

АВИАЦИЯ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Сборник материалов V Международной
научно-практической конференции
учреждения образования
«Белорусская государственная
академия авиации»
Минск, 22 октября 2020



УДК 629.73(06) + 656.7(06) + 378.662.9
ББК 39.5я431 + 74.58
А 20

Редакционный совет:

А. А. ЖУКОВА, к.т.н.,
О. М. БОРЗДОВА,
И. М. БЕРШОВА,
Т. И. КОЖЕЯКИНА

Под научной редакцией

А. А. ШЕГИДЕВИЧА
кандидата технических наук

А 20 Авиация: история, современность, перспективы развития: сборник материалов V международной научно-практической конференции БГАА. Минск, 22 октября 2020 г. / ред. А. А. Жукова [и др.]; под научн. ред. А. А. Шегидевича. – Минск: БГАА, 2020. – 901 с.

В сборнике представлены материалы исследований представителей академической, вузовской и отраслевой науки, посвященные анализу современных подходов к проблемам развития авиации, путям повышения эффективности авиационного образования, науки и производства. Сборник ориентирован на курсантов, магистрантов, аспирантов и преподавателей средних и высших учебных заведений, научных сотрудников и специалистов, занимающихся вопросами и проблемами авиационной отрасли.

НАПРАВЛЕНИЕ
«ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ»

УДК 517.977

П. В. Иванишин, В. А. Малкин, А. Я. Сенько

Государственное предприятие «Завод точной электромеханики»

СИСТЕМА НАВЕДЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО РЕАКТИВНОГО СНАРЯДА БАЛЛИСТИЧЕСКОГО ТИПА

Анализ мировых тенденций развития ударных систем вооружения показывает, что основным компонентом во всех видах ВС является ракетное оружие. Руководством государства было принято решение о создании в РБ собственного ракетного производства. В мае 2009 г. Указом Главы государства было создано предприятие РПУП «ЗТЭМ», основной задачей которого является разработка и производство ракетных систем вооружения. Опыт разработок тактических систем ракетного оружия показывает, что в передовых странах активно развиваются реактивные системы залпового огня, отличающиеся использованием высокоточных управляемых ракет.

В республике рядом предприятий ГВПК, в том числе и ЗТЭМ, были начаты работы по разработке и созданию комплекса управляемого ракетного оружия «Полонез». Наиболее сложным элементом комплекса является ракета. В докладе представлены основные направления работы по локализации ракеты, которые выполняются на предприятиях ГВПК, а также затронуты вопросы, касающиеся разработки системы наведения изделия. Ракета системы «Полонез» представляет собой высокоточную управляемую ракету баллистического типа. Траектория движения такой ракеты состоит из двух участков – баллистического и управляемого. В докладе представлены структура и особенности проектирования системы наведения такой ракеты.

Одним из наиболее важных вопросов, который необходимо решать при разработке системы управления ракетой, является получение аэродинамических характеристик объекта. На предприятии были разработаны способы получения таких характеристик расчетно-аналитическим методом и методом численного моделирования процесса обтекания (виртуальная продувка).

Полученные в результате применения обоих методов динамические коэффициенты позволили разработать алгоритмы стабилизации и управления изделием в полете. Контур стабилизации ракеты состоит из трех каналов, каждый из которых построен на основе адаптивного регулятора, коэффициенты которого изменяются в зависимости от скоростного напора и числа Маха. Разработанные алгоритмы регуляторов обеспечивают заданное качество регулирования на всех режимах управляемого полета изделия.

В процессе разработки изделия важнейшую роль играют лабораторные испытания составных элементов и ракеты в целом. Поэтому на предприятии большое внимание уделяется развитию лабораторно-испытательной базы.

Для обеспечения научных исследований в процессе проектирования, разработки и производства новых и совершенствовании существующих образцов ракетного оружия в 2017 г. в структуре научно-технического центра был образован сектор коллективного пользования испытательным оборудованием, основными направлениями деятельности которого являются проведение испытаний на воздействие внешних факторов окружающей среды, надежность, ударная устойчивость и измерение параметров электронной аппаратуры, а также исследование инерциально-спутниковых навигационных систем.

С целью проведения полунатурных испытаний ракеты на предприятии разработан программно-аппаратный комплекс КИМС. В докладе представлены структура и основные задачи, решаемые с помощью КИМС. Использование лабораторного оборудования и КИМС позволяет обеспечить подготовку изделия к проведению лётных испытаний.

УДК 621.396

С.Б. Калитин, О.Г. Лапука

ООО «Оборонные инициативы»

ЗАЩИТА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ОТ УПРАВЛЯЕМОГО РАКЕТНОГО ОРУЖИЯ

Ретроспектива развития противовоздушного управляемого ракетного оружия достаточно богата. Первая попытка создать управляемый дистанционно снаряд для поражения воздушных целей была предпринята в Великобритании Арчибальдом Лоу. Его «воздушная цель», названная так для введения в заблуждение немецкой разведки, представляла собой радиоуправляемый винтовой аппарат с поршневым двигателем ABC Gnat. После двух неудачных запусков в 1917 году программа была закрыта.

Интенсивные опыты по наведению авиационных и зенитных ракет на самолёт были предприняты в Германии во время Второй мировой войны. Усилия немецких конструкторов привели к созданию опытных образцов специализированных ракет «воздух-воздух» Ruhrstahl X-4 и «земля-воздух» Wasserfall. Ракеты прошли весь цикл испытаний и к началу 1945 года были готовы к запуску в серийное производство, которое так и не началось.

Революционный этап развития ракетная техника пережила в первые послевоенные десятилетия. Уже в середине 50-х первые ракеты класса «воздух-воздух» и «земля-воздух» принимаются на

вооружение в США, Великобритании, СССР и ряде других стран, а 24 сентября 1958 года истребитель ВВС Тайваня F-86 атаковал ракетой AIM-9B Sidewinder китайский МиГ-15 и сбил его. Эта победа считается первой, одержанной с помощью ракеты «воздух-воздух». На сегодняшний день можно определенно утверждать, что ракеты «воздух-воздух» и «земля-воздух» стали основной угрозой воздушных судов в бою. Доказательством тому служат многочисленные потери авиации в войнах и военных конфликтах последних лет.

Не менее опасным управляемое ракетное оружие стало и для гражданской авиации. С 1978 года, когда советские войска сбили самолет авиакомпании Korean Air, и по настоящее время управляемыми ракетами по различным причинам сбито семь пассажирских самолетов и один вертолет (только обнародованные инциденты). Всего в этих катастрофах погибло более 1200 человек. Таким образом, нет никаких сомнений, что защита воздушных судов от поражения управляемыми ракетами является актуальной научно-технической проблемой.

Решение данной проблемы является одним из основных направлений деятельности предприятия «Оборонные инициативы». Продукцией предприятия являются бортовые комплексы обороны «Талисман», «Амулет» и система предупреждения и противодействия ракетной атаке «Аура».

Бортовые комплексы обороны (БКО) предназначены для обеспечения индивидуальной защиты самолетов (БКО «Талисман») и вертолетов (БКО «Амулет») от управляемого ракетного оружия истребителей и зенитных ракетных комплексов (ЗРК).

Защита от управляемых ракет (УР) с радиолокационными головками самонаведения в БКО обеспечивается путем создания активных помех радиоэлектронным средствам управления оружием (РЭС УО) истребителей и ЗРК. При этом потенциальными объектами радиоэлектронного противодействия являются следующие РЭС УО:

- бортовые РЛС (БРЛС) самолетов-истребителей;

- РЛС обнаружения целей, РЛС сопровождения целей и наведения ракет, многофункциональные РЛС ЗРК;

- активные и полуактивные радиолокационные головки самонаведения ЗУР, АУР, а также их радиовзрыватели.

Защита от УР с оптико-электронными головками самонаведения обеспечивается путем радиолокационного обнаружения атакующих ракет с выдачей команды синхронного направленного отстрела тепловых ложных целей на дистанции, обеспечивающей гарантированный промах ракеты.

Состав БКО «Талисман» включает: два подвесных контейнера, пульт управления и индикации, кабельную сеть.

Подвесные контейнеры устанавливаются на крайние точки подвески самолета-носителя. Конструктивно подвесной контейнер выполнен в виде переходной балки для возможности подвески под ним средств поражения. Пульт управления и индикации (ПУИ) устанавливается в кабине экипажа. Между подвесными контейнерами и ПУИ прокладывается кабельная сеть.

Состав БКО «Амулет» включает: два навесных контейнера, блок центральный, пульт управления и индикации, кабельную сеть. Подвесные контейнеры устанавливаются на крайние точки подвески вертолета-носителя. Блок центральный устанавливается в грузовой кабине или в отсеке для бортового оборудования, пульт управления и индикации – в кабине экипажа. Между подвесными контейнерами, блоком центральным и ПУИ прокладывается кабельная сеть.

Система предупреждения и противодействия ракетной атаке (СППР) «Аура» предназначена для обеспечения индивидуальной защиты гражданского воздушного судна от управляемых ракет с радиолокационными головками самонаведения. В ходе работы СППРА «Аура» обеспечивает обнаружение атакующей ракеты и срыв ее наведения путем постановки активных помех. Конструктивно СППРА «Аура» выполнена в виде набора модулей и антенн, размещаемых конформно в планере воздушного судна и связанных между собой кабельной сетью.

Принципы функционирования БКО «Талисман», «Амулет» и СППРА «Аура» базируются на Концепции построения индивидуальной защиты воздушных судов от управляемого ракетного оружия. Положения данной Концепции разработаны сотрудниками предприятия и прошли все этапы становления: теоретические исследования, математическое моделирование, натурные экспериментальные исследования, внедрение в опытных разработках и серийных образцах.

Глубокая теоретическая и экспериментальная проработка положений Концепции определила основные преимущества БКО «Талисман», «Амулет» и СППРА «Аура» по сравнению с существующими современными мировыми аналогами:

- эффективная постановка помех моноимпульсным пеленгаторам – основным информационным источникам современного высокоточного радиоуправляемого оружия;

- инвариантность к перестройке параметров зондирующих сигналов подавляемых радиоэлектронных средств, в том числе к поимпульсной перестройке несущей частоты и параметров внутримпульсной модуляции;

- скрытность применения помех. Создаваемые помехи являются «сигналоподобными», имеют низкую мощность и не распознаются штатными средствами помехозащиты;

высокая пропускная способность, при которой постановка помех осуществляется индивидуально для каждого радиоэлектронного средства, а общее количество одновременно подавляемых средств может достигать десяти;

воздействие на радиолокационные головки самонаведения ракет не «ослеплением» их приемных каналов, а навязыванием интенсивного ложного маневрирования цели, которое исключает самоподсвет и приводит к существенному расходу энергобаллистических характеристик ракет вплоть до потери устойчивости;

возможность обнаружения атакующих ракет в сложных метеоусловиях, а также на фоне солнца и искусственных источников оптического излучения с сохранением низкого уровня ложных тревог;

измерение дальности и скорости сближения атакующей ракеты;

малые габариты и энергопотребление.

Приведенные отличительные особенности явились залогом высокой эффективности БКО «Талисман» и «Амулет», которая достоверно подтверждена в ходе их боевого применения в двух военных конфликтах.

УДК 629.13.014-506.4

Ю.Ф. Яцына, Ю.В. Гриднев, А.А. Щавлев

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси

КОНЦЕПЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ КОНВЕРТОПЛАНА

Конвертоплан – летательный аппарат самолетного типа с поворотными двигателями, которые при взлете и посадке создают подъемную силу в вертикальной плоскости, а в горизонтальном полете – как тянущие или толкающие с использованием подъемной силы за счет крыла самолета. Это, по сути, гибрид самолета и вертолета.

В настоящее время единственный серийно выпускаемый конвертоплан Ball V-22 Ospray, который разрабатывался в США. Он оснащен двумя двигателями, расположенными на концах крыла в гондолах, которые могут поворачиваться почти на 98 градусов. Винты с тремя лопастями связаны между собой синхронизирующим валом.

В России разработкой беспилотных конвертопланов занимаются «Кронштадт-технологии» и бюро «ВР – технологии», которые представили свои изделия на авиасалоне МАКС-2019. В

мае 2020 года концерн «Калашников» представил новый беспилотный конвертоплан, предназначенный для ведения разведки.

Отмечается, что конвертоплан – это дорогая, прихотливая и сложная в управлении авиатехника, создание которой является трудоемкой задачей. Важнейший недостаток гибрида – его высокая аварийность за счет очень сложной системы управления. Тяжелее всего конвертоплан переносит переход от вертикального набора высоты к горизонтальному полету. Также конвертоплан достаточно дорог в производстве и требует сложного технического обслуживания. Разработчики пока не смогли облегчить работу системы управления и всех систем конвертоплана в переходных режимах полета.

Для исследования путей решения данной проблемы была создана компьютерная модель работы всех основных систем конвертоплана.

Разработанная модель конструкции конвертоплана в общем виде основывается на модели беспилотного летательного аппарата (далее – БЛА) самолетного типа, но с двумя двигателями, винты которых вращаются в противоположном направлении. Центр масс конвертоплана расположен на продольной оси между двигателями при вертикальном полете, а в горизонтальном полете центр масс также на продольной оси, но впереди центра аэродинамических сил. При вертикальном движении конвертоплана вверх и вниз скорость полета определяется скоростью вращения винтов, а переход в горизонтальный полет определяется заданными оператором тягой двигателей, направлением и высотой полета.

При разработке модели конвертоплана за основу его управления взята разработанная в РУП «НПЦ многофункциональных беспилотных комплексов» НАН Беларуси (далее – предприятие) модель пилотажно-навигационного комплекса (далее – ПНК) в структуре БАК (рисунок 1). Основной проблемой при разработке модели было создание устойчивого вертикального взлета и переход в горизонтальный полет с использованием уже опробованного ПНК для горизонтального полета БЛА (рисунок 2). Предприятие выпускает несколько типов БЛА с различными модификациями основного ПНК. Такой ПНК включает схему формирования ошибок Δ по углам Эйлера-Крылова с динамическими фильтрами для обеспечения заданных качеств системы управления БЛА, планер БЛА как объект управления, датчики сигналов движения БЛА, фильтр Калмана и бесплатформенную интегральную навигационную систему (далее – БИНС). Такой вариант ПНК обеспечивает управляемость взлета при высокой скорости подъема. Эпюры сигналов ПНК по трем

углам Эйлера-Крылова при воздействии тестового сигнала единичной функции с шумами показаны на рисунке 3.

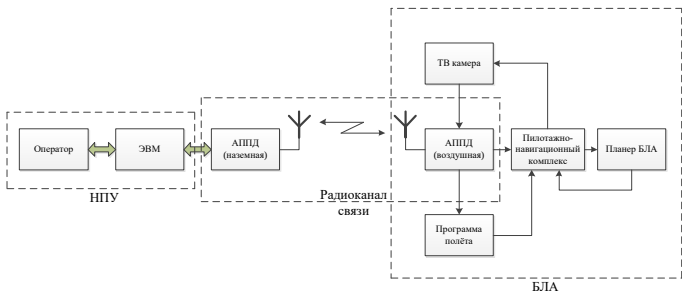


Рисунок 1 – ПНК в структуре БАК

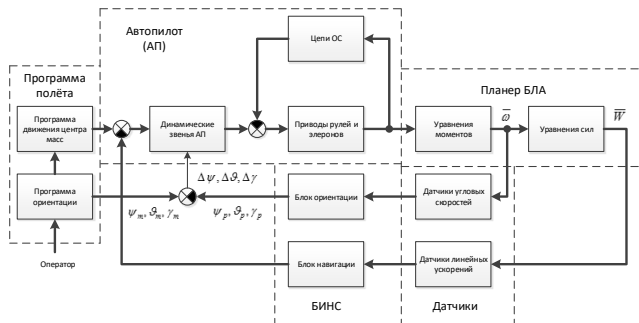


Рисунок 2 – ПНК в контуре САУ БЛА

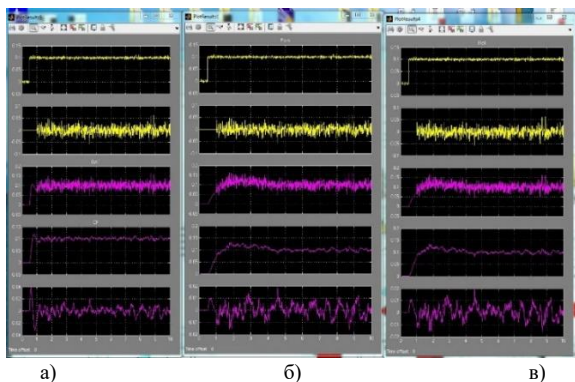


Рисунок 3 – Эпюры сигналов ПНК курса (а), тангажа (б), крена (в)

На взлете при достижении высоты $H = 150$ м конвертоплан переходит согласно программе полета в горизонтальный полет: вращающиеся винты резко изменяют свое положение из вертикального в горизонтальное направление (рисунок 4). При этом передняя часть конвертоплана наклоняется вперед, немного теряется достигнутая высота и начинается горизонтальный полет по маршруту. Моделирование с различными угловыми скоростями вращения винтов показало, что при малой скорости вращения винтов ПНК не обеспечивает управляемый полет и конвертоплан вертикально падает. При большой скорости вращения винтов происходит устойчивый управляемый переход от вертикального взлета к горизонтальному.

Для вертикальной посадки конвертоплана необходимо «БЛА остановить в воздухе» с изменением направления вращения винтов. ПНК не позволяет перейти БЛА из горизонтального полета в вертикальный режим за счет потери управляемости.

Созданная модель конвертоплана с математическими алгоритмами ПНК предприятия позволяет имитировать работу основных подсистем конвертоплана для дальнейшей настройки алгоритмов управления ПНК с подбором требований к функциональным возможностям, характеристикам основных подсистем конвертоплана, коэффициентам и алгоритмам системы управления для обеспечения надежного и устойчивого функционирования конвертоплана во всех режимах его полета.

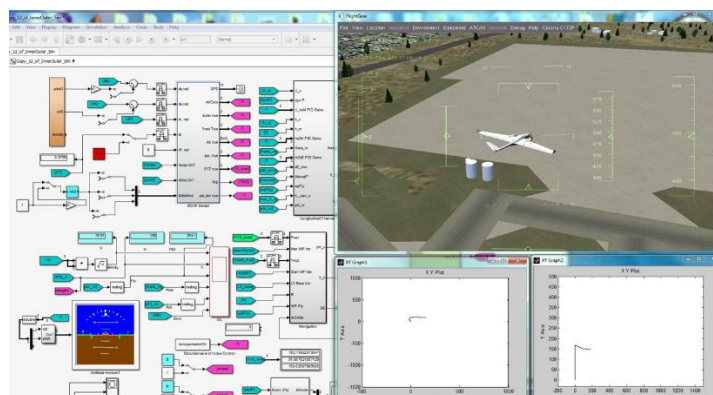


Рисунок 4 – БЛА $H = 150$ м

**НАПРАВЛЕНИЕ
«РАДИОЛОКАЦИЯ,
РАДИОНАВИГАЦИЯ
И СВЯЗЬ»**

УДК 621.396.933

Д.С. Алиев, Ю.Г. Пастернак, Е.С. Чесноков

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»*

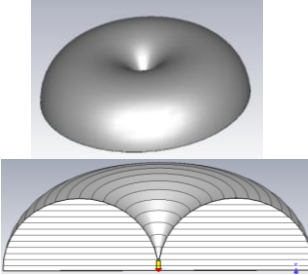
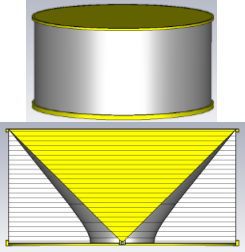
ПОЛНОАЗИМУТАЛЬНАЯ АНТЕННА С ВЫСОКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Представлены результаты моделирования антенн с тороидальной диаграммой направленности и увеличенным коэффициентом направленного действия на базе усеченной диэлектрической линзы различной формы (тороидального и гиперболического тела вращения).

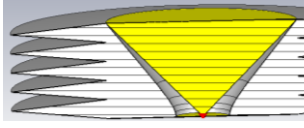
В ходе работы решалась задача по увеличению коэффициента направленного действия (КНД) антенны передающего оборудования канала передачи данных беспилотного летательного аппарата с ограниченными массогабаритными показателями.

Особенности рассматриваемых конструкций полноазимутальной антенны представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Общий вид полноазимутальной антенны различных типов

Тип антенны	Конфигурация антенны	Размеры антенны, мм	
Тип А		высота	25...40
		диаметр основания	140...160
		плечо вибратора	4...8
Тип Б		высота	25...40
		диаметр основания	70...90

Продолжение таблицы 1

Тип В		высота	25...40
		диаметр основания	140...160

Линза антенны «тип А» [1] установлена на медной подложке, а излучатель (активный антенный элемент) выполнен в виде несимметричного вибратора цилиндрической или конической формы, расположен на оси вращения линзы. Линза выполняется методом литья из полистирола ($\epsilon_r = 2,48$; $\operatorname{tg} \delta = 0,0005$). Медная экранирующая подложка принимает участие в формировании возбуждающего электромагнитного поля, а также позволяет снизить взаимное влияние металлических элементов конструкции носителя.

Выводы.

1. Размеры и форма данных антенн позволяет разместить их в нижней центральной части корпуса летательного аппарата и закрыть их радиопрозрачным обтекателем.

2. Расчётные значения КНД (таблица 2) в исследуемой полосе частот варьируются от 4 до 13 дБ.

3. Анализ расчётных значений номограмм Вольперта-Смита указывают на возможность обеспечения приемлемого согласования с приёмо-передающим трактом в широкой полосе частот без сложных согласующих цепей.

4. Антенна с идеально проводящей подстилающей поверхностью (медной экранирующей подложкой) имеет диаграмму направленности (ДН) в угло-местной плоскости шириной от $4,2^\circ$ до $14,8^\circ$ в полосе от 2 до 20 ГГц.

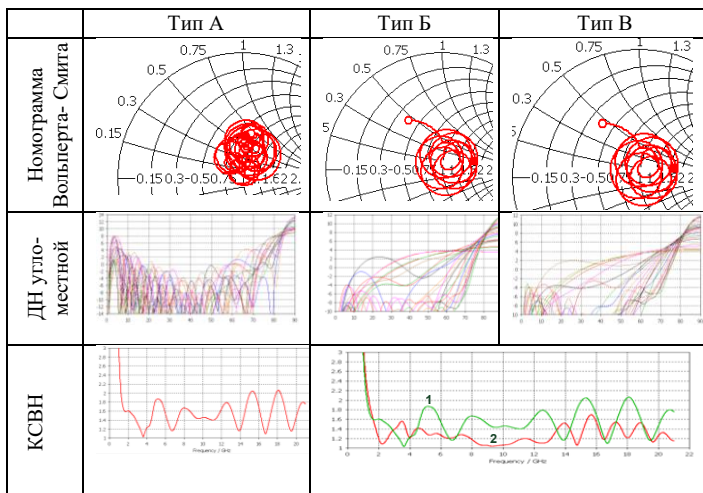
5. Форма излучателя антенны оказывает существенное влияние на ДН антенны:

– при запитке конусом обеспечивается хорошее согласование в полосе 4–20 ГГц, но вследствие появления высших мод вибратора в ДН на ряде частот появляются конические воронки, что вынуждает искать баланс между приемлемым качеством согласования и малым уровнем боковых лепестков;

– при запитке цилиндрическим штырем согласование ухудшается, но при длине плеча вибратора 5 мм форма ДН имеет форму наиболее близкую к идеальному тору в полосе частот 8–17 ГГц. При уменьшении длины плеча до 4 мм удаётся улучшить согласование и существенно подавить уровень боковых лепестков (приблизить ДН к идеальному тору) во всем исследуемом диапазоне.

6. При проектировании антенны возможен подбор требуемых характеристик путём изменения формы диэлектрической линзы [2]. Расчёт электродинамических характеристик проводился в диапазоне 2–20 ГГц. Полученные результаты приведены в таблице 2. Данное положение иллюстрирует сравнительный анализ расчётных значений КСВН (таблица 2, график КСВН для типа Б и В), где линией 1 показано изменение коэффициента стоячей волны (более высокие значения) антенны типа Б и линией 2 – (более низкие значения) антенны типа В.

Таблица 2 – Основные характеристики полноазимутальной антенны



7. Антенна может быть изготовлена при использовании аддитивных технологий (например, FDM), что скажется на снижении себестоимости конечного продукта.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Многослойная диэлектрическая тороидальная антенна: пат. 2713034 Российская Федерация / Д.С. Алиев, М.П. Беляев, С.Р. Войтенко, А.В. Иванов, Ю.Г. Пастернак. – Оpubл. 03.02.2020.
2. Алиев, Д.С. Полноазимутальная антенна наземного пункта управления [Текст] / Д.С. Алиев и др. // Перспективы развития комплексов с БПЛА, систем и средств технической эксплуатации: сб. ст. по материалам I Всероссийской НПК «Беспилотная авиация: состояние и перспективы развития», 5-6 марта 2019 г. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – С. 118–123.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СВОЕВРЕМЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В СИСТЕМЕ СВЯЗИ СОЕДИНЕНИЯ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ

Большой пространственный размах и высокая динамика ведения боевых действий соединением противовоздушной обороны, сложность построения боевых порядков, предъявляют высокие требования к качеству управления силами и средствами соединения, как при подготовке, так и при непосредственном выполнении боевых задач. В свою очередь, качество управления в немаловажной степени определяется способностью системы связи (как технической основы системы управления соединения противовоздушной обороны) устойчиво функционировать с требуемой пропускной способностью в условиях воздействия внешних и внутренних дестабилизирующих факторов [1,2].

В настоящее время в формированиях противовоздушной обороны для информационного обмена при управлении подчиненными силами и средствами у доверенных операторов связи арендуются цифровые каналы связи с фиксированной пропускной способностью. Однако, как показывает опыт проводимых учений и мероприятий подготовки войск, в часы наибольшей нагрузки пропускные способности данных каналов не всегда обеспечивают информационные потребности должностных лиц органов управления. При этом дополнительная аренда канального ресурса является достаточно затратной и нецелесообразной.

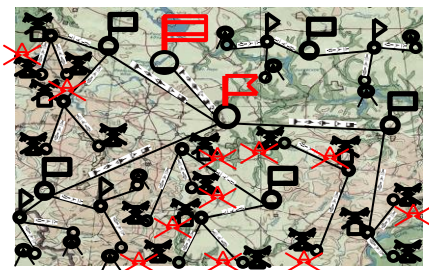


Рисунок 1 – Вариант размещения узлов связи соединения противовоздушной обороны

В то же время в системе связи формирования противовоздушной обороны между узлами связи развернуты и эксплуатируются линии прямой связи, образованные средствами радио, радиорелейной, тропосферной или спутниковой связи. Которые, в первую очередь, предназначены для резервирования проводных каналов связи, арендуемых у операторов связи, используются для информационного обмена только при выходе из строя проводных линий.

Предлагается каналный ресурс, образованный различными линиями радиосвязи, использовать для информационного обмена при перегрузке проводных каналов связи.

С одной стороны, это позволит путем повышения пропускной способности системы связи обеспечить своевременное прохождение всей необходимой информации без лишних затрат и привлечения дополнительных сил и средств.

Но с другой стороны это приведет к необходимости решения ряда проблемных вопросов:

- усложнение процессов обмена информацией и распределения информационных потоков по разнородным каналам связи;

- усложнение управления связью на оперативно-техническом и технологическом уровнях;

- возможное снижение разведывательной защищенности элементов системы связи формирования противовоздушной обороны.

Решение данных вопросов возможно проведением ряда технических и организационных мероприятий:

- объединение в единую сеть разнородных средств связи (проводных, радио, радиорелейных, тропосферных, спутниковых);

- разработка способов маршрутизации информационных потоков, учитывающих нагрузку на систему связи, возможности ее элементов по пропускной способности, приоритетность информации;

- ведение постоянного ложного радиообмена по интенсивности схожего с часами наивысшей нагрузки;

- разработка алгоритмов работы органов управления связью при организации связи и управления ею, а также комплексов средств автоматизации их реализующих.

Как известно структура большинства существующих информационно-телекоммуникационных сетей повторяет структуру системы управления формирования противовоздушной обороны и имеет иерархическую топологию (рисунок 2) [1].

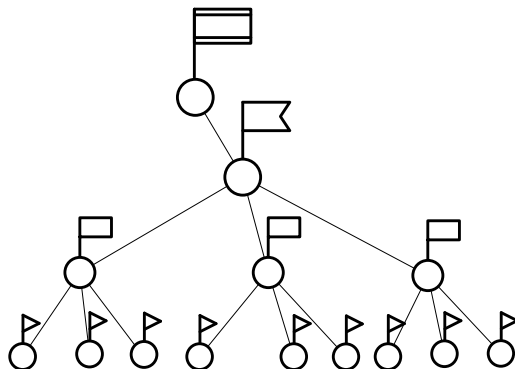


Рисунок 2 – Иерархическая топология сети связи соединения ПВО

В прогнозируемых условиях обстановки такие состав и структура сетей и общеизвестные способы распределение информационной нагрузки. Не в полной мере обеспечивают требуемую своевременность информационного обмена.

Предлагается строить систему связи соединения противовоздушной обороны на основе неоднородной тороидальной сети [3].

Возможный вариант построения информационно-телекоммуникационной сети, как основы системы связи соединения противовоздушной обороны представлен на рисунке 3.

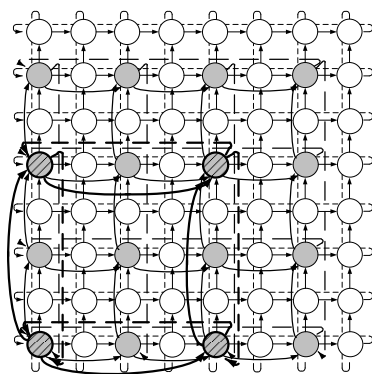


Рисунок 3 – Вариант сети с неоднородной тороидальной топологией

Представленная сеть состоит из трех взаимосвязанных (вложенных) тороидальных однородных структур, образованных узлами коммутации различного типа. Тип каждого узла коммутации зависит от состава используемой аппаратуры и пропускной способности подключенных каналов связи. Также тип узла коммутации определяется положением в структуре и степенью вершины (количеством линий связи инцидентных узлу).

Построение системы связи соединения противовоздушной обороны на основе информационно-телекоммуникационной сети с неоднородной тороидальной топологией позволит распределить потоки информации в иерархической структуре системы управления по всей сети, повысив тем самым пропускную способность системы связи в целом. Помимо этого возможно использование каналов связи с меньшей скоростью, по сравнению с каналами связи в сети с иерархической топологией, что позволит применять не только проводные каналы связи, но и низкоскоростные радиоканалы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ермишян, А.Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях: учебник / А.Г. Ермишян. – СПб.: ВАС, 2005. – Часть 1: Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи. – 740 с.
2. Словарь войск связи Вооруженных Сил Российской Федерации. – М.: Воениздат, 2008. – 216 с.
3. Способ распределения пакетов в цифровой сети связи с неоднородной тороидальной топологической структурой: пат. 2653242 С1 Российская Федерация / Головченко Е.В. [и др.]. – Оpubл. 07.05.18.

УДК 621.396

В.А. Безрядин, Р.А. Хворов, Б.Т. Ряхов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ КАНАЛОВ (ЛИНИЙ) СВЯЗИ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

Существующие возможности разведки противника по добычанию информации обуславливают возрастание роли контроля безопасности информационного обмена в системах связи. Кроме этого, происходят изменения парка применяемых средств связи, стали широко использоваться современные цифровые системы связи и передачи данных.

Ограниченность ресурса сил и средств, выделяемых для обеспечения безопасности информационного обмена, позволяет

осуществлять выполнение этих мероприятий выборочно, что предполагает определение объема выборки. Эта задача может быть решена на основе оценки информативности каналов (линий) связи с учетом потенциальной важности передаваемых по ним сообщений [1].

Показателем информативности конкретного канала (линии) связи является коэффициент информативности, учитывающий [2]:

уровни важности объектов защиты от разведки противника и мероприятий, проведение которых планируется на каждом объекте защиты;

количество и сроки проведения на объектах защиты мероприятий, представляющих интерес для разведки.

Коэффициент информативности каналов (линий) связи рассчитывается на каждом временном интервале (например, календарный день) по формуле:

$$K_j^{(u)} = \sum_{i=1}^N K_{ij}^{(u,v)}, \quad (1)$$

где i – номер объекта защиты ($i=1,2,...,N$), j – номер канала (линии) связи, $K_{ij}^{(u,v)}$ – частный коэффициент информативности j -го канала связи, характеризующий его информативность при использовании на i -м объекте защиты и рассчитываемый по формуле

$$K_{ij}^{(u,v)} = \begin{cases} U_i m_i; \\ 0, \text{ если } j\text{-ый канал на } i\text{-м объекте не используется.} \end{cases}, \quad (2)$$

где U_i – весовой коэффициент, который характеризует уровень важности i -го объекта при проведении на нем r – го мероприятия ($r=1,2,...,m_i$, где m_i – количество мероприятий, проведение которых планируется на i -м объекте на заданном временном интервале).

Весовой коэффициент U_i рассчитывается по формуле:

$$U_i = U_i^{(e)} \cdot \sum_{r=1}^{m_i} U_r^{(e)}, \quad (3)$$

где $U_i^{(e)}$ – весовой коэффициент, характеризующий уровень важности объекта защиты, $U_r^{(e)}$ – коэффициент, характеризующий уровень важности мероприятия, проводимого на объекте защиты.

Оценка информативности проводится в соответствии с методикой, предусматривающей проведение расчетов в табличной форме.

С целью упрощения расчетов в методике приняты следующие допущения [3]:

в связи с очевидной зависимостью интенсивности передаваемой информации (количества сообщений в единицу времени) от напряженности и срочности проводимых мероприятий на объекте защиты предполагается, что интенсивность передачи информации является незначительной на интервалах времени между мероприятиями и достигает максимального значения при подготовке и проведении непосредственно самого мероприятия;

важность объекта защиты для контроля определяется как важностью самого объекта защиты, так и важностью проводимых на объекте мероприятий;

состав используемых на объекте защиты каналов (линий) связи является постоянным в течение временного интервала планирования независимо от вида проводимых мероприятий.

Оценка информативности проводится в следующем порядке:

1. Объекты защиты упорядочиваются по уровням важности, нумеруются, каждому объекту и мероприятию, которое на нем проводится, в зависимости от уровня важности присваивается весовой коэффициент (в баллах).

2. На основе данных, получаемых от органов планирования деятельности объектов защиты, составляется календарный график проведения мероприятий на объектах защиты (таблица).

3. Заполняется таблица использования каналов связи должностными лицами объектов защиты.

4. Рассчитываются значения частного коэффициента информативности каждого канала связи последовательно на каждом временном интервале, в соответствии с (2) и использованием исходных данных из таблиц.

Далее определяется коэффициент информативности каждого j -го канала связи по формуле (1) на рассматриваемом временном интервале путем суммирования значений $K_{ij}^{(u,v)}$ для всех объектов, на которых используется данный канал.

Аналогичным способом рассчитывается информативность каналов (линий) связи на каждом временном интервале.

Таким образом, рассмотрен методический подход к оценке информативности каналов связи в интересах контроля безопасности информационного обмена объектов защиты от разведки противника. Данный подход обусловлен ограниченностью ресурса сил и средств контроля и позволяет определить коэффициент информативности каждого канала связи. Результаты оценки

информативности в дальнейшем могут использоваться для планирования мероприятий контроля безопасности информационного обмена для определения приоритетных задач контроля.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Михайлов, Р.Л. Радиоэлектронная борьба в Вооруженных силах США / Р.Л. Михайлов. – СПб.: Научное издание, 2018. – 131 с.
2. Железняк, В.К. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации / В.К. Железняк, Ю.К. Макаров, А.А. Хорев // Специальная техника. – 2000. – № 4. – С. 39 – 45.
3. Зюко, А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А.Г. Зюко. – М.: Радио и связь, 1985. – 247 с.

УДК 621.396

С.С. Белоусов, П.А. Федюнин

*ВУНЦ ВВС «ВВА» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ СВЯЗИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НЕПРЕРЫВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ ИСТРЕБИТЕЛЬНОЙ АВИАЦИИ

Современная теория и практика вооруженной борьбы, опираясь на опыт прошедших войн и военных конфликтов, а также тенденции развития отечественного и зарубежного авиастроения, в качестве наиболее значимого средства в достижении целей вооруженного противоборства рассматривает авиацию Воздушно-космических сил (ВКС), в которых немаловажную роль в ходе выполнения боевых задач играет истребительная авиация (ИА). В свою очередь, непрерывность управления ее силами и средствами становится решающим фактором достижения успеха в современной войне, так как успешность в реализации боевых возможностей авиационных комплексов ИА напрямую зависит от качества управления, в связи с чем, исследование указанных вопросов является актуальным.

Управление подразделением ИА заключается в целенаправленной деятельности командиров, штабов и других органов управления по поддержанию боевой готовности ИА при подготовке и в ходе выполнения задач по предназначению. В соответствии с требованиями [1] к управлению, оно должно быть устойчивым, непрерывным, оперативным и скрытным. Кратко рассмотрим каждое из перечисленных качеств управления.

Устойчивость управления силами ИА предполагает способность командования и ОУ достаточно эффективно выполнять свои функции в любой обстановке в том числе и в

условиях активного воздействия противника по системе управления.

Под оперативностью управления понимается способность системы управления выполнять задачи управления в ограниченные сроки, позволяющие обеспечить упреждение противника в действиях, быстро реагировать на все изменения боевой обстановки и своевременно влиять на ход боевых действий в интересах успешного выполнения поставленных задач.

Скрытность управления силами ИА предполагает свойство процесса управления сохранять в тайне от противника факт, время и место преобразования информации, а также ее содержание и принадлежность управляющим объектам.

Под способностью системы управления обеспечить процесс управления в необходимом темпе и функционирование управляемых сил без снижения их боевой готовности, устойчивости и эффективности в статье понимается непрерывность управления формированием ИА.

Процесс управления авиационными комплексами должен соответствовать не только требованиям по оперативности обмена информацией с ними, но и темпу действий противника, что главным образом отражается на непрерывности передачи управляющих воздействий, особенно на этапе наведения истребителей на воздушные цели. Именно превышение темпов обмена данными между воздушными судами и наземными пунктами управления существенно увеличивает вероятность потерь. В результате отсутствия или несвоевременного поступления необходимых данных возможно поражение воздушных судов как от сил противоборствующей стороны, так и формирований зенитных ракетных войск при нарушении порядка взаимодействия.

Предлагается считать потерей управления при наведении истребителя (группы истребителей) на воздушную цель неинформирование экипажа группой руководства полетами по его запросу в течение времени более $N_{мреб}$ периодов обзора радиолокатора (обновления информации) или неинформирование экипажа воздушного судна офицером боевого управления (расчета пункта управления авиации) по его запросу в течение более $\Delta t_{мреб}$ секунд. В случае превышения установленных сроков обновления информации, в результате снижения качества функционирования системы связи, возникает риск потери управления подразделением ИА, что повлечен за собой снижение вероятности успешного выполнения силами ИА задач по предназначению.

Исходя из описанного, система связи подразделения ИА, должна обеспечить своевременный обмен данными, наращивание

системы связи в соответствии со складывающейся обстановкой, передачу управления на другой командный пункт (КП) и восстановление нарушенной боеспособности в случае огневого и радиоэлектронного поражения противником средств связи.

Для обеспечения непрерывности управления с КП система связи должна иметь высокие значения показателей, характеризующих ее боевую готовность, мобильность, устойчивость, пропускную способность и разведывательную защищенность (рисунок 1).

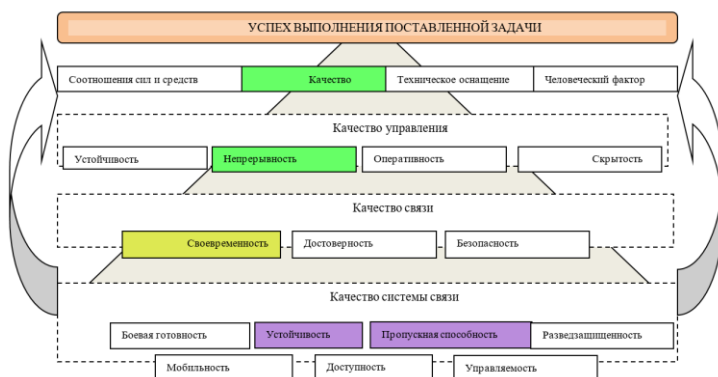


Рисунок 1 – Влияние качества системы связи на успех выполнения задачи

Из всех перечисленных свойств системы связи в статье предлагается рассмотреть устойчивость и пропускную способность, оказывающих наибольшее влияние на непрерывность управления, ввиду зависимости данного качества управления от временных интервалов потери управления и времени на его восстановление в кратчайший срок.

Устойчивость системы связи определяется ее живучестью, помехоустойчивостью и надежностью и характеризует ее способность обеспечивать управление силами ИА в условиях воздействия на ее элементы различных видов оружия противника, опасных факторов техногенного и природного характера, а также помех всех видов.

В свою очередь, пропускная способность системы связи характеризует ее потенциальные возможности по передаче потоков сообщений в единицу времени.

Объективная оценка и последующая реализация этих требований позволит разработать на основе совершенствования системы связи такие способы обеспечения непрерывности

управления формированиями ИА, при которых их боевые возможности смогут реализоваться максимально.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алтухов, П.К. Основы теории управления войсками / П.К. Алтухов. – М. : Воениздат, 1984. – 221 с.

УДК 621.396

М.А. Данилин, А.Н. Татаринов

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЧАСТОТНО-ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ АВИАЦИОННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ДЕСТРУКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОТИВНИКА

В настоящее время проблемы обеспечения радиосвязи авиационных формирований в дециметровом диапазоне длин волн (ДКМВ) связаны не только с дефицитом частотного ресурса, готовностью радиосредств и уровнем подготовки операторов, а в большей степени с радиоэлектронным воздействием противника. Силы и средства радиоэлектронного подавления (РЭП) постоянно совершенствуются, противник принимает на вооружение роботизированные комплексы, в качестве помех сложные радиосигналы и даже искусственный интеллект.

В таких сложных условиях в авиационных формированиях Вооруженных сил Российской Федерации сокращаются штатные силы и средства частотно-диспетчерской службы, нарушаются устоявшиеся принципы частотного планирования, такие как разделение участков частотного спектра между видами и родами войск. Вместе с тем наблюдается экспоненциальный рост численности объектов управления и радиосредств для управления ими, применение методов расширения базы радиосигналов (программная перестройка рабочей частоты, широкополосные сигналы и др.) и снижение качества планирования радиосвязи во всех органах военного управления из-за высокого уровня неопределенности. Вышеперечисленное не гарантирует в авиационных формированиях своевременность, достоверность и безопасность радиосвязи при выполнении задач в вооруженных конфликтах.

Из открытых источников [1] и информационно-телекоммуникационной сети «интернет» известно, что технически развитые государства исследуют воздействие на ионосферу с целью изменения условий распространения радиоволн, это может быть

«накачка» ионосферы мощным сверхвысокочастотным излучением, создание искусственных неоднородностей (зеркал) и др. Направлениями исследований являются создание благоприятных условий для обеспечения своей радиосвязи в определенных районах и затруднения информационного обмена противоборствующей стороне.

В прогнозируемых условиях радиоэлектронного противодействия противника осуществление бесподстроечной радиосвязи на фиксированных частотах в ДКМВ диапазоне между пунктами управления (ПУ), ПУ и экипажами воздушных судов, по мнению авторов, представляется маловероятным.

Таким образом, подбор рабочей частоты или группы частот в ДКМВ диапазоне будет занимать много времени, которое надо учитывать при планировании радиосвязи.

$$T_{ур/св} = T_{пч} + T_{настр} + T_{вх \text{ р/св}}$$

где $T_{ур/св}$ – время установления радиосвязи; $T_{пч}$ – время подбора рабочей частоты (группы); $T_{настр}$ – время настройки радиостанции; $T_{вх \text{ р/св}}$ – время вхождения в связь с корреспондентом.

Элементная база современных радиостанций позволяет сокращать время настройки и перестройки рабочих частот, а также автоматически входить в связь (путем отслеживания работы на несущей частоте, обмена служебными командами и др.), в тоже время разработке техники частотно-диспетчерской службы уделяется меньше внимания. Если ранее на узлах связи авиационных формирований применялись специализированная аппаратура, обладающая возможностями вертикального и наклонного зондирования ионосферы, то в настоящее время отсутствуют штатные должностные лица и техника, позволяющие в полном объеме осуществлять работу по подбору рабочих частот и кратковременному прогнозированию их использования в новых районах развертывания.

Одним из направлений совершенствования частотно-диспетчерской службы можно рассматривать применение программно-ориентированного радио (SDR технологии), которое позволяет визуально оценивать широкий участок спектра и контролировать работу на излучение радиосредств в режиме реального времени [2].

Устройства на базе SDR технологий позволяют в разы сократить продолжительность разработки прогноза при вертикальном и наклонном зондировании ионосферы, а также

открывает возможности обработки (применения) линейного частотно модулированных сигналов.

В прогнозируемых условиях вооруженного противоборства РЭП противник будет осуществлять с применением помех сложной сигнальной конструкции, интеллектуальное подавление (при наличии излучения радиосигнала), временное уплотнение работы передатчиков помех (подавление на нескольких частотах с определенной скважностью), передачей сигналов и команд, записанных ранее, их синтезированные вариации. На практике радиотелефонисту (телеграфисту) будет почти невозможно по встроенным приборам радиоприемника и на слух определить наличие помех и вообще осуществляется РЭП противником или имеется неисправность аппаратуры. SDRприемник со средствами индикации позволяет визуально определить наличие радиопомех на рабочих частотах и соответственно принимать меры по радиоэлектронной защите радиолиний.

Таким образом, в современных условиях технически развитого вооруженного противоборства обеспечение качественной радиосвязи в ДКМВ диапазоне невозможно без организации частотно-диспетчерской службы на узлах связи авиационных формирований. Одним из направлений совершенствования которой является применение SDR технологий, которая позволяет оценивать занятость частот в широкой полосе, оперативно контролировать работу своих радиостанций, прогнозировать радиоэлектронную обстановку в районе узлов связи, выявлять радиоэлектронное подавление противником. При планировании радиосвязи в авиационном формировании учитывать время на подбор рабочих частот, а также время перестройки на другие частоты, так как вероятность занятости и радиоэлектронного противодействия противником очень высока.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Информационные, специальные, воздушно-десантные и аэромобильные операции армий ведущих зарубежных государств: информационно-аналитический сборник / А.Н. Сидоркини и др. – М.: Воениздат, 2011. – 344 с.
2. Связь в Вооруженных силах Российской Федерации. – М.: «Информационный мост», 2020. – 250 с.

УДК 351.814.333

Д.И.Дербенкова, И.И.Барабан

Белорусская государственная академия авиации

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕДАЧИ В ОНЛАЙН-РЕЖИМЕ ПОЛЁТНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЕТЧЕРСКИЕ ПУНКТЫ УВД В ВОЗДУШНОМ ПРОСТРАНСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Формирование технических требований к каналу передачи данных.

В настоящее время широко используются *спутники связи*. Для обеспечения непрерывной передачи данных нам потребуется *спутниковый канал связи*.

Inmarsat Global Xpress (GX) – это первая в мире глобальная сеть спутниковой связи Ка-диапазона.

Ка-диапазон – диапазон частот сантиметровых и миллиметровых длин волн, используемых в основном для спутниковой радиосвязи и радиолокации.

По определению *Института инженеров электротехники и электроники* – IEEE (англ. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*), этот диапазон простирается от **26,5 до 40 ГГц** электромагнитного спектра (что соответствует длинам волн от 1,13 до 0,75 см). Название диапазона происходит от смеси английского и немецкого слов: «короткий» (нем. *kurz*) «над» (англ. *above*), что указывает на положение Ка-диапазона: «над» К-диапазоном (18–26,5 ГГц).

В спутниковой связи этот диапазон называется *Ка-диапазон 30/20 ГГц* и полосы частот, зарезервированные для этих целей, лежат между **18,3–18,8** и **19,7–20,2 ГГц** для линии Спутник – Земля, и между 27,5 и 31 ГГц для линии Земля – Спутник. То есть фактически канал Спутник – Земля полностью лежит в К-диапазоне, а канал Земля – Спутник в Ка-диапазоне

Космический сегмент сети GX основывается на трех геостационарных спутниках пятого поколения *Inmarsat 5 F1, F2, F3*, произведенных компанией *Boeing Satellite Systems*. Каждый из которых имеет 89 зональных лучей Ка-диапазона с покрытием всей видимой спутником части Земли.

Спутники компании *Inmarsat Global Xpress (GX)* способны обеспечивать необходимые принципы обслуживания воздушного движения (*Air Traffic Management*) выражаемые в концепции *CNS (Communication, Navigation, Surveillance)* для выполнения основных задач и функций в областях связи, навигации и наблюдения.

Inmarsat Global Xpress предоставляют услуги мобильной широкополосной связи на воздухе, море, суше и как для коммерческих и государственных клиентов (авиакомпаний,

морская промышленность, медиакомпаний, нефтегазовые платформы и т.д.), так и в военных целях.

Спутники *Inmarsat-5* расположены на геостационарной орбите на высоте **36 500** км от земли. Сеть из 3-х спутников обеспечивает глобальную спутниковую связь для всех её потребителей.

На спутнике установлено 89 транспондеров Ка-диапазона (частотный спектр 26,5 – 40 ГГц), обеспечивающих у конечного пользователя скорость загрузки данных до 50 Мбит/с, отдачи – до 5 Мбит/с. Шесть управляемых антенн позволяют перенаправлять лучи сигнала и обеспечивать дополнительные мощности в необходимом регионе.

Таким образом, исходя из вышеперечисленных фактов можно сделать вывод, для обеспечения непрерывной передачи полётной информации с бортовых регистраторов в онлайн-режиме на диспетчерские пункты УВД нам потребуется *спутниковый канал*. Целесообразно использовать возможность подобных систем в передаче данных от бортовых регистраторов. Осталось определить необходимое количество подобных спутников-ретрансляторов.

Расчет дальности действия

Для расчета дальности действия, передаваемого ФКМ сигнала от бортового передатчика на геостационарную орбиту, возьмём все соответствующие параметры и данные. Сперва рассчитаем длину волны по формуле:

$$\begin{aligned} c &= 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} && \text{скорость света} \\ \Delta f &= 0,0082 \text{ МГц} && \text{ширина спектра} \\ \lambda &= \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,0082} = 3,676 \cdot 10^4 \end{aligned} \quad (3.1)$$

После получения длины волны пользуемся известными параметрами то есть эффективная площадь рассеивания цели $S = 50 \text{ м}^2$.

Из этих данных будем пользоваться формулой дальности действия и рассчитаем максимальную дальность действия, передаваемого ФКМ сигнала от бортового передатчика до спутника на геостационарной орбите на высоте 35 600 км.

$$D = \frac{\lambda}{8\pi} \sqrt[3]{\frac{P_u \cdot G_u \cdot G_n \cdot S^2}{(4\pi)^2 \cdot P_n}} = \frac{3,676 \cdot 10^4}{8\pi} \sqrt[3]{\frac{400 \cdot 95 \cdot 60 \cdot 50^2}{(4\pi)^2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}}} = 35620 \text{ км} \quad (3.2)$$

Как видно из расчета можно отправить ФКМ сигнал на заданную геостационарную орбиту расположенный на высоте 35620 км.

Проанализировав направления и дальность этих маршрутов, можно сделать вывод о том, что для обеспечения полетов воздушных судов в воздушном пространстве Республики Беларусь достаточно будет иметь один спутник – ретранслятор, который с орбитальной позиции, например, 64 градуса восточной долготы, обеспечит обслуживание территорий Европы, Ближнего Востока, Африки и Азии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дос 9684-AN/951: Руководство по вторичным обзорным радиолокационным системам. – 3-е изд. – Монреаль, 2004. – 257 с.
2. Плясовских, А.П. Требования к функциям и техническим характеристикам бортовых авиационных навигационно-информационных систем / А.П. Плясовских, А.В. Разумов, О.И. Саута. – М., 2012. – 350 с.
3. Дос 8168 OPS 611: Правила аэронавигационного обслуживания, производство полетов воздушных судов, построение схем визуальных полетов и полетов по приборам. – Монреаль: ИКАО, 2006. – том II: Построение схем визуальных полетов и полетов по приборам. – 150 с.

УДК 351.814

И.С.Дмитриев, О.Н.Скрыпник

*Московский государственный технический университет
гражданской авиации,*

Белорусская государственная академия авиации

СИНХРОНИЗАЦИЯ НАЗЕМНЫХ СТАНЦИЙ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ПО СИГНАЛАМ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Известны системы навигации, терминалы которых удалены друг от друга на десятки километров и при этом должны работать в единой временной шкале. При этом требуется точная (единицы нс) синхронизация шкалы времени (ШВ). Примером таких систем являются многопозиционные системы наблюдения (МПСН), принцип работы которых основан на методе мультилатерации – приеме сигнала, излученного с борта воздушного судна (ВС) сетью разнесенных наземных станций и измерении разности времени прихода сигнала (Time Difference of Arrival – TDOA) на каждой из них [1]. Для такой системы критичной является работа всех станций в единой временной шкале, при этом точность определения местоположения ВС напрямую связана с точностью синхронизации.

Самый очевидный способ объединения наземных станций МПСН в одну временную шкалу – перенос на каждой станции принимаемого сигнала от бортового ответчика с частоты 1090 МГц,

на промежуточную частоту, передача этого сигнала по аналоговому проводному каналу связи с дальнейшей обработкой на центральном модуле (Master Station) МПСН. Однако данный способ требует крайне сложной калибровки аналоговых проводных трактов сигнала, что крайне усложняется в связи со значительными, порядка десятков и даже сотен километров, расстояниями от наземных станций до центрального модуля.

Другой способ синхронизации ШВ состоит в организации канала связи прямой видимости между каждой наземной станцией и Master Station для синхронизации по транспондеру. В контексте широкозонной МПСН этот способ сложен и малоэффективен, поскольку зачастую невозможно или экономически не целесообразно поднимать антенны наземных станций настолько высоко, чтобы обеспечить нужную дальность прямой видимости.

Наиболее эффективным и бюджетным решением является применение спутниковых навигационных систем – GNSS, по сигналам которых можно синхронизировать ШВ МПСН с временной шкалой GNSS, обеспеченной высокоточными атомными стандартами времени на борту спутников.

В таблице 1 приведено сравнение возможных методов синхронизации ШВ [2].

Таблица 1 – Сравнение методов синхронизации ШВ

Вид синхронизации	Точность	База между станциями	Высокая мачта	Прямая видимость между станциями
Аналоговый проводной тракт	2..20 нс	Малая или средняя	Нет	Нет
Транспондер	2..20 нс	Малая или средняя	Да	Да
One-Way (GNSS)	>20 нс	Любая	Нет	Нет
Common View (GNSS)	<2..5 нс	Большая	Нет	Нет

Существует несколько подходов к синхронизации наземных станций МПСН по сигналам GNSS. Самый простой называется One-Way Synchronization и подразумевает синхронизацию каждой станции со шкалой GNSS автономно по отношению к остальным станциям. Такая синхронизация достаточно проста: необходимо лишь наличие на каждом синхронизируемом объекте GNSS-приемника, который в стандартном режиме работы вычисляет свой вектор состояния, в который, помимо координат, входит и время.

GNSS-приемник для вычисления этого вектора состояния использует измерения псевдодальностей ρ_A [3]. Первичные измерения псевдодальности могут быть выражены следующим образом:

$$\rho_A = \rho_{slant} + c(\Delta t_{RX} - \Delta t_{SV}) + c\Delta t_I + c\Delta t_r + c\Delta t_M + c\Delta t_{equip} + c\Delta t_{eph} \quad (1)$$

где c – скорость света, Δt_{RX} – смещение временной шкалы приемника, Δt_{SV} – ошибка часов спутника, Δt_I и Δt_r – ионосферные и тропосферные ошибки, Δt_M – ошибка, вызванная многолучевым распространением сигнала, Δt_{equip} – погрешность приемника, Δt_{eph} – ошибка, вызванная неточностью эфемерид. При этом ρ_{slant} – фактическая наклонная дальность между приемником и спутником, которая вычисляется исходя из эфемерид спутников и позиции приемника:

$$\rho_{slant} = \sqrt{(x_{SV} - x_{RX})^2 + (y_{SV} - y_{RX})^2 + (z_{SV} - z_{RX})^2} \quad (2)$$

Из-за упомянутых выше ошибок точность синхронизации при использовании этого метода составляет порядка 20...100 наносекунд [2].

Существенного улучшения точности синхронизации можно достичь с использованием метода *Common View*, смысл которого состоит в попарном вычислении смещения временных шкал между наземными станциями, в ходе которого коррелированные ошибки компенсируются, что позволяет достичь точности синхронизации порядка единиц наносекунд.

В состав коррелированных ошибок входят ошибки часов спутника, ионосферная ошибка, ошибка, вызванная неточностью эфемерид. Тропосферные же ошибки коррелированы только при относительно небольшой базе между станциями, порядка единиц километров.

На рисунке 1 показана структура системы МПСН при синхронизации ШВ приемников методом *Common View* [1].

Преобразовав выражение (1), получим смещение временных шкал для пары станций (индексы А и В означают первую и вторую станцию из пары) для измерений по одному и тому же спутнику GNSS:

$$\begin{aligned} \Delta t_{A,B} = \Delta t_{RX,A}(t) - \Delta t_{RX,B}(t) = & \left(\frac{\rho_A - \rho_{slant,A}}{c} - \frac{\rho_B - \rho_{slant,B}}{c} \right) - (\Delta t_{I,A} - \Delta t_{I,B}) - \\ & - (\Delta t_{r,A} - \Delta t_{r,B}) - (\Delta t_{M,A} - \Delta t_{M,B}) - (\Delta t_{equip,A} - \Delta t_{equip,B}) - (\Delta t_{eph,A} - \Delta t_{eph,B}) \end{aligned} \quad (3)$$

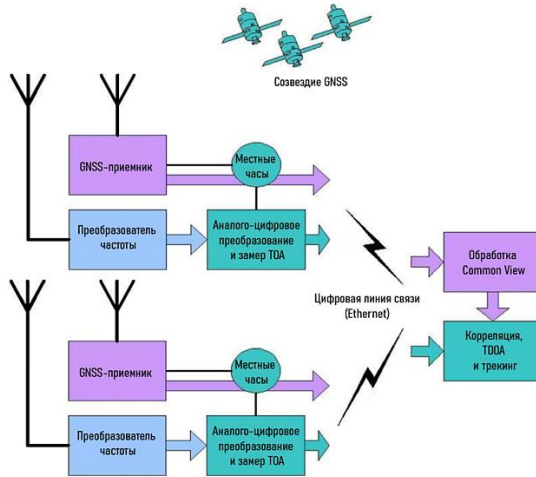


Рисунок 1 – Синхронизация наземных станций с помощью GNSS + Common View

В случае, когда измерения на обоих GNSS-приемниках выполнены одновременно, получаем наилучшую корреляцию ошибок, благодаря чему в выражении (3) минимизируется ошибка измерений. Отсюда:

$$\Delta t_{A,B} = \frac{\rho_A - \rho_B}{c} - \frac{\rho_{slant,A} - \rho_{slant,B}}{c} + \varepsilon \quad (4)$$

где псевдодальности ρ_A , ρ_B измерены, $\rho_{slant,A}$, $\rho_{slant,B}$ получаются из уравнения (2), ε – малая неизвестная составляющая некоррелированных погрешностей, включающая в себя ошибку, вызванную многолучевым распространением радиосигнала и шумом, остаточную ошибку прохождения сигнала через ионосферу и тропосферу и остаточную ошибку эфемерид.

Типичные значения остаточных ошибок приведены в таблице 2 [3].

Таблица 2 – Типичные значения остаточных ошибок

Источник ошибки	Ошибка синхронизации, СКО
Остаточные ошибки	
Часы спутников	0 нс
Эфемериды спутников	0,33 нс
Ионосферная ошибка	0,66 нс
Тропосферная ошибка	0,66 нс
Некоррелированные ошибки	
Многолучевое распространение (при измерении по коду)	1,67 – 3,34 нс
Многолучевое распространение (при измерении по несущей)	0,017 – 0,034 нс
Шум приемника (при измерении по коду)	0,83 – 1,66 нс
Шум приемника (при измерении по несущей)	0,003 – 0,006 нс

Для реализации режима *CommonView* достаточно одного спутника, видимого на каждой паре станций МПСН. Измерения в этом режиме по нескольким спутникам реализуются через усреднение смещения временных шкал для каждой пары станций. Таким образом, синхронизация удаленного оборудования по сигналам GNSS с использованием технологии *Common View* позволяет получить точность синхронизации порядка единиц наносекунд, что применительно к многопозиционной системе наблюдения потенциально обеспечит точность в единицы метров (конкретное значение точности зависит от геометрического фактора в МПСН).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Wide Area Multilateration Report on EATMP TRS 131/04. Version 1.1 / W.H.L. Neven, T.J. Quilter, R. Weedon, R.A. Hogendoorn.. – Brussel: Eurocontrol, 2005. – 320 p.
2. Leonardi, M. Synchronization of wide area multilateration systems by GNSS common view techniques / M. Leonardi, L. Bellipanni, G. Galati // Proceedings ESAVS. – 2010. – № 10. – P. 120.
3. Axelrad, P. Global Positioning System, Theory and Application / P. Axelrad Per Enge B.W. Parkinson, J.J.Spilker. – AIAA, 1996. – 250 p.

УДК 621.396

С.А. Дмитриев, А.В. Милохин, И.С. Зибров

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

РАЗРАБОТКА АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ШИРОКОПОЛОСНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Работа посвящена анализу и разработке антенных систем для комплекса широкополосной радиосвязи, который позволяет повысить эффективность использования широкополосного канала связи при его использовании для связи между объектами аэродрома и обеспечения безопасности полетов.

Эффективное применение ВВСТ для нужд обороны страны требует постоянного совершенствования пунктов управления, оснащенных современными средствами управления, связи и РТО.

Актуальность данной темы в том, что в современных условиях, все чаще возникает необходимость в передаче больших объемов информации с большими скоростями, особенно актуально это становится при использовании видеоконференцсвязи.

Для решения этих задач был разработан комплекс широкополосной радиосвязи, а также специальная антенная система СВЧ диапазона, которая позволяет с успехом решать поставленные задачи.

Комплекс широкополосной радиосвязи построен на базе отечественного одноплатного компьютера Module MB 77.07, который обеспечивает необходимый уровень производительности, поддерживает все современные интерфейсы, обладает высокопроизводительным графическим процессором.

В качестве приема-передающего устройства используется FPV приемо-передатчик, работающий в диапазоне 5.8 ГГц и 2.4 ГГц, что позволяет обеспечить как пространственное, так и частотное разнесение сигнала, что обеспечит необходимый уровень электромагнитной совместимости. Также данный тип передатчиков при использовании направленной антенны, позволяет создать радиомост дальностью более 5 км.

Внутри помещений для облегчения задачи по интеграции комплекса в систему связи, предлагается использовать диапазон в 2.4 ГГц, поддержку которого имеют все современные ЭВМ и другие мультимедийные устройства.

Так как в комплексе используется криптомаршрутизатор, через который создается защищенное соединение с помощью специальных протоколов передачи данных, а также учитывая то, что волны в данном диапазоне затухают довольно быстро, то создать контролируруемую зону для обеспечения безопасного

использования беспроводного сегмента локальной вычислительной сети не составит никакого труда [1].

Антенно-фидерная система представляет собой набор из трех антенн, предназначенных для различных вариантов использования. Все разработанные антенны были смоделированы в программной среде «mmapa-gal».

Микрополосковая антенна, состоит из тонкой металлической пластины, расположенной на малом расстоянии параллельно плоскому металлическому экрану и изготавливается по технологии печатных плат. Питание осуществляется штырем, проходящим через экран. Используется для создания радиомоста между объектами аэродрома. Антенна разработана для использования в диапазоне 5.8 ГГц, имеет узкую диаграмму направленности и коэффициент усиления равный 17.12 dB. Обладает наилучшими направленными свойствами в горизонтальной плоскости. Благодаря этому ее наиболее эффективно использовать для связи между объектами аэродрома для обеспечения электромагнитной совместимости с уже имеющимися средствами [2].

Антенна двойной квадрат и штыревая антенна работают в диапазоне 2.4 ГГц. Антенна двойной квадрат, обладает коэффициентом усиления 15.78 dB, что является очень хорошим показателем и позволит добиться уверенного уровня сигнала в практически любых условиях. Данная антенна имеет наибольший коэффициент усиления из моделируемых антенн и позволяет обеспечить высокий уровень сигнала внутри больших помещений.

Штыревая антенна, используется в экранированных помещениях, для использования беспроводного сегмента локальной вычислительной сети. В диапазоне 2.4 ГГц волна достаточно быстро затухает и большинство помещений не потребует использования специальных экранов. Данный тип антенны, также как и антенна двойной квадрат, предназначена для создания сети, внутри которой пользователи комплекса широкополосной радиосвязи смогут получать информацию с любых устройств поддерживающих протокол 802.11, что значительно упрощает интеграцию комплекса, так как поддержка данного стандарта имеется во всех современных мультимедийных устройствах. А следовательно не потребуется дорогостоящая разработка нового оборудования. Антенна имеет круговую диаграмму направленности и имеет коэффициент усиления 7.97 dB, этого хватит, для охвата помещения до 100 квадратных метров.

Исходя из данных полученных в ходе моделирования, можно сделать вывод о том, что микрополосковая антенна имеет наиболее узкую диаграмму направленности, работает в диапазоне частот в котором практически исключена возможность создания взаимных помех, а значит и решен вопрос электромагнитной совместимости с

действующими на аэродроме объектами связи и РТО и имеет наибольший коэффициент усиления, не только среди моделируемых антенн, но также и среди многих других антенн, предназначенных для работы в диапазоне 5.8 ГГц, что делает ее использование наиболее рациональным, для создания радиомоста в беспроводном сегменте ЛВС между объектами аэродрома в комплексе широкополосной радиосвязи связи [3].

Использование штывевой и антенны двойной квадрат, как уже говорилось выше, наиболее рационально внутри помещений, так как они изначально моделировались для использования в диапазоне 2.4 ГГц, а также имеют значительно худшие характеристики по сравнению с микрополосковой антенной.

Таким образом, использование данного комплекса широкополосной радиосвязи совместно с разработанными антеннами, позволяет обеспечить взаимодействие между объектами аэродрома и действиями дежурных сил на качественно новом уровне. А также повысит эффективность управления войсками и выполнение мероприятий по обеспечению безопасности полетов.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андруевич, Л.К. Антенны и распространение радиоволн / Л.К. Андруевич, А.А. Ищук, К.А. Лайко. – Новосибирск.: НГТУ, 2006. – 364 с.
2. Пуртов, А.М. Системы и сети передачи данных / А.М. Пуртов. – Омск: СибАДИ, 2010. – 72 с.
3. Рошан, П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. / П. Рошан, Д. Лиэри. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 304 с.

УДК 621.396

Р.Д. Дорохин, С.А. Дмитриев, Петухов Н.И.

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ШИРОКОПОЛОСНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Работа посвящена разработке специального комплекса широкополосной радиосвязи, который позволяет повысить эффективность использования широкополосного канала связи при его использовании для связи между объектами аэродрома и обеспечения безопасности полетов.

Актуальность данной темы в том, что в современных условиях, все чаще возникает необходимость в передаче больших объемов информации с большими скоростями, особенно актуально это становится при использовании видеоконференцсвязи.

Для решения этих задач был разработан комплекс широкополосной радиосвязи, который показывает, что

современные системы связи, могут быть намного доступнее, мобильнее и эффективнее, чем их предшественники и давать намного больше возможностей при выполнении главной задачи связи – управлении войсками, вооружением и военной техникой.

Область применения комплекса широкополосной радиосвязи достаточно обширна:

- охрана удаленных объектов аэродрома;
- выдача видеопотока на автоматизированное рабочее место группы руководства полетами для оценки состояния воздушного судна, заходящего на посадку;
- использование видеорегистрации посадки воздушного судна в интересах обучения летчиков и должностных лиц ГРП, а также анализа причин летных происшествий;
- создание доступной единой сети видеонаблюдения на территории воинской части для повышения уровня безопасности военной службы;
- передача данных между объектами аэродрома внутри локальной вычислительной сети.

На рисунке 1 представлен вариант размещения комплекса широкополосной радиосвязи на аэродроме. На рисунке представлена часть схемы типового аэродрома, расположение оборудования комплекса и показаны линии связи для передачи информации между объектами.

Вся информация, проходящая между абонентами внутри локальной вычислительной сети с одного из элементов комплекса, поступает в центр обработки информации, в котором находится сервер, следящий за общим состоянием всей системы и криптомаршрутизатор, который шифрует канал связи и создает так называемые VPN туннели для передачи информации. Далее с центра обработки информации, данные поступают на оконечное устройство, которым может являться, как компьютер, так автоматизированное рабочее место, построенное на базе комплекса широкополосной радиосвязи.

Комплекс широкополосной радиосвязи построен на базе отечественного одноплатного компьютера Module MB 77.07, который обеспечивает необходимый уровень производительности, поддерживает все современные интерфейсы, обладает высокопроизводительным графическим процессором, а также имеет блок криптообработки, позволяющий уменьшить вычислительную нагрузку на центральный процессор и увеличить скорость шифрования и дешифрования данных [1]. Также в комплексе широкополосной радиосвязи предусмотрен блок видеокамеры, использующий датчики движения и инфракрасную подсветку, для обеспечения хорошей видимости в условиях плохой освещенности.

Данный блок используется при передаче видеозображения между объектами аэродрома.

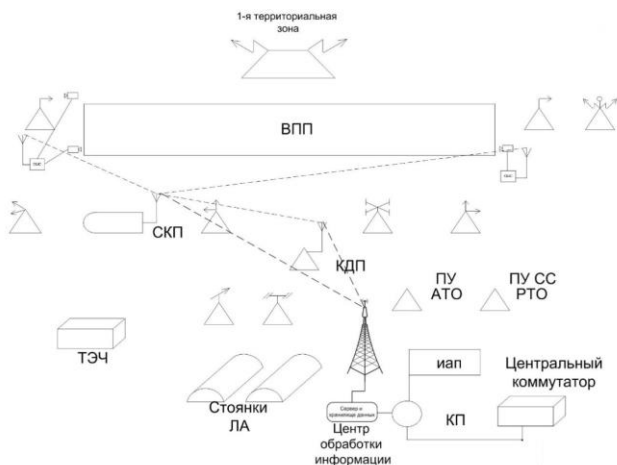


Рисунок 1 – Вариант размещения комплекса широкополосной радиосвязи на аэродроме

В качестве приемо-передающего устройства используется FPV приемо-передатчик, работающий в диапазоне 5.8 ГГц, а также встроенный в Module MB 77.07 передатчик, работающий в диапазоне 2.4 ГГц. Для связи между объектами аэродрома используется микрополосковая антенна, работающая в диапазоне 5.8 ГГц с коэффициентом усиления равным 17.12 dB. Это позволяет обеспечить как пространственное, так и частотное разнесение сигнала, за счет узкой диаграммы направленности антенны, а также необходимый уровень электромагнитной совместимости. FPV передатчик, при использовании направленной антенны, позволяет создать радиомост дальностью более 5 км [2]. Внутри помещений для облегчения задачи по интеграции комплекса в систему связи, предлагается использовать антенны двойной квадрат и штыревую, работающие в диапазоне 2.4 ГГц, поддержку которого имеют все современные ЭВМ и другие мультимедийные устройства. Все разработанные антенны были смоделированы в программной среде «mmana-gal».

В качестве операционной системы в комплексе широкополосной радиосвязи используется «motion eye os» – бесплатная система семейства Linux с открытым исходным кодом.

Одним из существенных преимуществ данной операционной системы следует отметить встроенные алгоритмы распознавания движения, поддержку более 100 одновременно работающих в одной сети устройств [3].

Таким образом, использование данного комплекса широкополосной радиосвязи совместно с разработанными антеннами, позволяет обеспечить взаимодействие между объектами аэродрома и действиями дежурных сил на качественно новом уровне, а также повысить эффективность управления войсками и выполнение мероприятий по обеспечению безопасности полетов.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андрусевич, Л.К. Антенны и распространение радиоволн / Л.К. Андрусевич, А.А. Ищук, К.А. Лайко. – Новосибирск.: НГТУ, 2006. – 364 с.
2. Пуртов, А.М. Системы и сети передачи данных / А.М. Пуртов. – Омск: СибАДИ, 2010. – 72 с.
3. Рошан, П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. / П. Рошан, Д. Лиэри. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 304 с.

УДК 621.372.512

И.А. Дубовик, П.В. Бойкачев, В.О. Исаев

Белорусская государственная академия авиации

ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ СИНТЕЗА ШИРОКОПОЛОСНЫХ СОГЛАСУЮЩИХ УСТРОЙСТВ К ИЗМЕНЯЮЩЕМУСЯ ИМПЕДАНСУ НАГРУЗКИ

В настоящее время широкое применение нашли методы синтеза широкополосных согласующих устройств (ШСУ), где в качестве нагрузки радиотехнических устройств (РТУ) рассматриваются антенные, усилительные и др. устройства, обладающие некоторым комплексным сопротивлением. Но при этом в методах синтеза ШСУ, не учитывается непостоянство комплексного сопротивления нагрузки, вызванное изменением условий их эксплуатации. Изменение величины комплексного сопротивления нагрузки приводит к рассогласованию тракта РТУ с нагрузкой. Это способствует появлению в тракте отраженной волны, что приводит к потерям мощности передаваемого (принимаемого) сигнала. Таким образом, необходимо оценить возможности применения существующих методов синтеза к синтезу ШСУ в задачах адаптации РТС к возмущающим воздействиям на них.

Исходя из поставленной задачи, был выполнен обзор и анализ (по ряду критериев [1]) методов синтеза ШСУ. По итогам проведенного обзора было установлено:

1. Использование аналитических методов синтеза [2–4] позволяет найти решение задачи синтеза ШСУ для нагрузок, имеющих невысокий порядок и представленных в виде эквивалента ограничиваясь при этом выбранной аппроксимирующей функцией. В то же время, современные РТУ представляются в виде сложных нагрузок [5], поиск эквивалента которых является непростой задачей. В связи с этим, использование аналитической теории для синтеза ШСУ, с учетом изменяющегося импеданса нагрузки, нецелесообразно, что подтверждается результатами обзора.

2. Параметрические и структурно-параметрические методы синтеза [6-7] всегда приводит к определенному результату, но они зависят от выбора начального приближения и способа формирования целевой функции. Существует проблемы сходимости, возможность получения только локальных оптимумов.

3. Использование графоаналитического метода синтеза [8] приводит к получению простых Г – или L – образных согласующих цепей, нагруженной на комплексное сопротивление нагрузки. Методика является трудоемкой при расчете ШСУ.

Для анализа методов синтеза были синтезированы ШСУ, обеспечивающие максимальный уровень передачи мощности в нормированном диапазоне частоты (от 0 до 1 Гц). В качестве сопротивления генератора использовалось активное сопротивление $R_{BX} = 1$ Ом, а в качестве сопротивления нагрузки использовались нагрузки различных классов [3], отличающиеся друг от друга расположением нуля передачи. Результаты синтеза ШСУ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты синтеза ШСЦ

Класс нагрузки	Методика синтеза			
	Метод вещественных частот	Графоаналитический метод Вольперта-Смитта	Структурно-параметрический метод на основе аппарата Т-матрицы	Обобщенный метод Дарлингтона
I класс ($R_1=0.2$ Ом, $R_2=3$ Ом, $C=0.05$ Ф)				-
II класс ($R=1$ Ом, $C=1.414$ Ф)				

Продолжение таблицы 1

Класс нагрузки	Методика синтеза			
	Метод вещественных частот	Графоаналитический метод Вольперта-Смитта	Структурно-параметрический метод на основе аппарата Т-матрицы	Обобщенный метод Дарлингтона
III класс ($L_1=4$ Гн, $L_2=0.75$ Гн, $L_3=0.3$ Гн, $C=2$ Гн)				-
IV класс ($C = 0.2$ Ф, $R = 5$ Ом)				

По результатам проведенного анализа было установлено, что использование структурно-параметрических методов синтеза позволяют синтезировать ШСУ, которые обеспечивают оптимальное значение целевой функции. Но так, как структура цепи известна лишь на последнем этапе синтеза, то данные ШСУ не будут обеспечивать минимальную чувствительность. Исходя из этого, для решения задачи синтеза ШСУ с учетом влияния изменения параметров нагрузки, предлагается использовать параметрический метод синтеза. Это обусловлено тем, что в параметрических методах синтеза структура ШСУ известна, а использование комбинационного подхода, обеспечивать как высокий уровень КПМ, так и минимальную чувствительность.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ланнэ, А.А. Оптимальный синтез линейных электрических цепей / А.А. Ланнэ. - М.: Связь, 1969. – 423 с.
2. Youla, D.C., A new theory of broadband matching / D.C. Youla // IEEE Trans. – 1964. – 11(1). – P. 30-50.
3. Chen, W.K. Synthesis of optimum Butterworth and Chebyshev broad-band impedance-matching networks / W.K. Chen // IEEE Trans. – 1977. – 5(24). – P. 157-169.
4. Филиппович, Г.А. Широкополосное согласование сопротивлений / Г.А. Филиппович. – Минск, 2004. – 320 с.

5. Васильев, А.Д. Структурно-параметрический синтез многополосных согласующе-фильтрующих схем на основе аппарата Т-матриц / А.Д. Васильев // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2010. – №1. – С. 73–80.
6. Yarman, B.S. Design of Ultra Wideband Power Transfer Networks / B.S. Yarman. – Hoboken, NJ: Wiley, 2010. – 200 p.
7. Carlin, H. Broadband Matching. Anales des telecommunications / H. Carlin, P. Amstutz // IEEE Trans. – 1981. – 28 (5). – P. 401-405.
8. Yarman, B.S. Real frequency broadband matching using linear programming / B.S. Yarman. – RCA Rev. – 1982. – 43 (4). – P. 626-654.
9. Курушин, А.А. Проектирование СВЧ устройств с использованием электронной диаграммы Смита / А.А. Курушин; под ред. Б.Л. Когана. – М: МЭИ, 2008. – 380 с.

УДК 621.391

В.В. Евсеев, А.А. Агжитов

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

РАЗЛИЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОМЕХ СРЕДСТВАМ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ

Характерной особенностью современных систем связи и радиотехнического обеспечения (РТО) полетов авиации является их функционирование в условиях сложной помеховой обстановке. В этой связи для рационального применения средств помехозащиты, оптимизации характеристик излучающих сигналов, обеспечения электромагнитной совместимости для средств связи и РТО актуальна задача различения помех по структуре [1].

Независимо от природы возникновения все внешние помехи, в том числе организованные, по своей структуре с точки зрения распределения мощности могут быть разделены на импульсные, сосредоточенные и шумовые [2]. Поэтому совокупность действующих в радиоканалах аддитивных помех может быть представлена в виде

$$\xi(t) = n(t) + r(t) + \eta(t), \quad (1)$$

где $n(t)$, $r(t)$, $\eta(t)$ – соответственно шумовая, сосредоточенная по спектру и импульсная составляющие комплексной помехи. В основе подхода к различению помех по структуре может быть использовано их вероятностное представление. Самой простой вероятностной моделью сигналов и помех является их одномерная плотность распределения вероятностей (ПРВ) мгновенных значений [2].

Учитывая, что на практике для вероятностного представления составляющих (1) используются различные ПРВ, целесообразно

аппроксимировать их ограниченным числом вероятностных моделей. В качестве аппроксимирующих были использованы распределения, полученные путем функционального преобразования гауссовской ПРВ. В частности, для аппроксимации распределений мгновенных значений смеси шумовой и импульсной помех использовалась ПРВ

$$p_a(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi} \cdot \beta \cdot \sqrt{b^2 x^2 + 1}} \exp \left[-\frac{\text{Arsh}(b \cdot x)^2}{b^2 \cdot \beta^2} \right], \quad (2)$$

где b, β – параметры распределения. Распределение (2) получено путем функционального преобразования вида $x = \frac{1}{b} \text{sh}(b y)$ гауссовской ПРВ.

Для аппроксимации распределений мгновенных значений смеси шумовой и сосредоточенной по спектру помехи использовалась ПРВ вида

$$p(x) = \frac{\text{ch}(b \cdot x)}{\sqrt{\pi} \cdot \beta} \exp \left[-\frac{\text{sh}(b \cdot x)^2}{b^2 \cdot \beta^2} \right], \quad (3)$$

полученная из гауссовской ПРВ путем функционального преобразования вида $x = \frac{1}{b} \text{Arsh}(b y)$. В качестве критерия

оценки точности аппроксимации использовалась величина модуля разности расстояний между аппроксимируемой и аппроксимирующей ПРВ, выраженная в процентах и представленная соотношением [3]

$$\Delta = 100 \int_{-\infty}^{\infty} |p(x) - p_a(x)| dx. \quad (4)$$

Установлено, что точность аппроксимации известных ПРВ, используемых для представления смеси шумовой и импульсной помех распределением (2), а также смеси шумовой и сосредоточенной помех распределением (3) $\Delta = 3-5 \%$ для различных значений параметров, что позволяет сделать вывод о возможности использования ПРВ (2) и (3) для статистического представления смеси шумовой, а также импульсной и сосредоточенной помех соответственно. Это позволяет свести задачу различения действующих помех по структуре к идентификации ПРВ действующего процесса. Такую идентификацию можно произвести на основе топографической классификации законов распределения [2, 3]. Для идентификации распределений (2) и (3) использовались абсолютные степенные начальные моменты, определяемые в виде

$$m_s = \int_{-\infty}^{\infty} p(x) x^s dx, \quad (5)$$

где s – порядок момента, x – значения действующей помехи. Для удобства идентификации использовались не непосредственно моменты, а отношения моментов различных порядков в виде коэффициентов K_1 и K_2 , определяемых выражениями [3]

$$K_1 = \frac{m_2^2}{m_4}, \quad K_2 = \frac{m_3(m_4 - m_2^2)}{2m_2(m_1m_4 - m_2m_3)} - 1. \quad (6)$$

На практике распознавание помех сводится к определению оценок коэффициентов $\hat{K}_1$ и $\hat{K}_2$ в соответствии с соотношениями

$$(6) \text{ по выборочным моментам } \hat{m}_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i|^s, \quad x_i - \text{выборочные}$$

значения действующей помехи; $s=1, 2, 3, 4$; n – объем выборки. Установлено, что если $\hat{K}_1 \approx 1$, $\hat{K}_2 \approx 1$, то принимается решение о действии шумовой помехи (для описания входного процесса можно использовать гауссовскую ПРВ). Если $\hat{K}_1 > 1$, $\hat{K}_2 < 1$ – во входной реализации смесь шумовой и сосредоточенной помехи (для описания используется ПРВ (3)). Если $\hat{K}_1 < 1$, $\hat{K}_2 > 1$ – на входе приемника смесь шумовой и импульсной помехи (для описания используется ПРВ (2)).

Представленный подход к решению задачи различения структуры действующих помех может быть реализован для рационального управления средствами помехозащиты перспективных средств связи и РТО полетов, функционирующих в сложной сигнально-помеховой обстановке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колданов, А.П. Построение устойчивых алгоритмов распознавания помех / А.П. Колданов // Радиотехника. – 2001. – № 9. – С.17–20.
2. Шелухин, О.И. Негауссовские процессы в радиотехнике / О.И. Шелухин. – М.: Радио и связь, 1999. – 310 с.
3. Карпов, И.Г. Методы обобщенного вероятностного описания и идентификации случайных величин и процессов: монография / И.Г. Карпов, М.Г. Карпов, Д.К. Проскурин. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2010. – 172 с.

УДК 621.372.512

В.О. Исаев, П.В. Бойкачев, И.А. Дубовик

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

**РЕЗУЛЬТАТЫ АППРОКСИМАЦИИ ЧАСТОТНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ,
ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ЧИСЛЕННОМ ВИДЕ, НА
ДИСКРЕТНОМ РЯДЕ ЧАСТОТ**

В настоящее время во всем мире наблюдается стремительное развитие радиоэлектронных систем в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ): систем сотовой и радиорелейной связи, радионавигации и радиолокации, телевидения и т.д. Убедиться в этом нетрудно, обратившись к широкому спектру самой передовой продукции в диапазоне СВЧ, выпускаемой ведущими корпорациями в этом секторе: TriQuint Semiconductor, Hittite Microwave Corporation, Excelics, RFMD, Mimix Broadband и рядом других. Компоненты, в частности СВЧ транзисторы, выпускаемые этими корпорациями, как правило, имеют технический паспорт – «Datasheet», в котором указывается основная информация о рабочих параметрах, режимах работы и характеристиках транзистора. Частью этой информации являются заданные на дискретном ряде частот значения (модуль и фаза) элементов матрицы рассеяния (рисунок 1).

При проектировании СВЧ радиоэлектронных устройств (РЭУ) (СВЧ транзисторные усилители, преобразователи и умножители частоты, активные фильтры, антенные устройства и др.) важное значение имеет решение задач широкополосного согласования. При задании параметров рассеивания согласуемых СВЧ устройств в виде численных дискретных зависимостей модуля и аргумента от частоты задача согласования может быть решена исключительно численными методами.

По-иному обстоит дело, когда согласующая цепь находится аналитическими методами. Здесь успех в решении задач согласования напрямую связан с определением адекватных математических моделей (дробно–рациональных функций) согласуемых нагрузок вида:

$$f(s) = \frac{a_0 + a_1s + a_2(s)^2 + \dots + a_n(s)^n}{b_0 + b_1s + b_2(s)^2 + \dots + b_m(s)^m}, \quad (1)$$

где s – комплексная частота.

малошумящий СВЧ ПТШ 3П373

Малошумящие арсенидгаллиевые полевые СВЧ транзисторы типа 3П373А,Б,В -2.5 предназначены для применения в радио-усилительной аппаратуре с общей герметизацией.

- Диапазон частот 1-8 ГГц;
- Коэффициент усиления по мощности $K_{уп.отт}>11.5$ дБ (4 ГГц);
- Коэффициент шума $K_{ш.мин}<0.4$ дБ (4 ГГц);
- Длина затвора 0.3 мкм;
- Ширина затвора 800 мкм.

Предельные режимы			Классификация по типам			
Параметр	Величина		Тип транзистора	Классификационные параметры		
$U_{д.м.макс.}$ В	4.5		3П373А-2.5	$K_{ш.мин.}$ дБ	$K_{уп.отт.}$ дБ	$K_{ш.макс.}$ дБ
$U_{д.м.макс.}$ В	-3.0			не более	не менее	не менее
$U_{д.м.макс.}$ В	-7.0		3П373Б-2.5	0.4	11.5	12.5
$P_{м.макс.}$ мВт	100		3П373В-2.5	0.5	11	12
Т, град С	-60 + 85		3П373Б-2.5	0.6	10	11

Электрические параметры транзисторов 3П373А,Б,В-2.5 при температуре 25°С

Параметр	Обозначение	Размерность	Электрический режим		Значение	
			$U_{д.з.}=3В$ $U_{д.з.}=0В$		не менее	типичное
Начальный ток стока	$I_{с.нач.}$	мА	$U_{д.з.} = -2.5 В$		35	73
Ток утечки затвора	$I_{з.ут.}$	мА	$U_{д.з.} = 3.0 В$ $I_{с.з.} = 20 мА$ $I_{с.з.} = 10^{-4} А$ ГГц		30	69
Крутизна	S	мА/В	$U_{д.з.} = 3.0 В$ $I_{с.з.} = 20 мА$ $I_{с.з.} = 10^{-4} А$ ГГц		5	—
Порог перегрузки транзистора	$P_{вых.макс.}$	мВт			—	—

S-параметры транзисторов 3П373А,Б,В-5

Частота f, ГГц	S ₁₁		S ₂₁		S ₁₂		S ₂₂	
	Мод	φ(град)	Мод	φ(град)	Мод	φ(град)	Мод	φ(град)
0.5	0.9911	-18.5845	5.5308	166.8671	0.0284	78.9917	0.5119	-13.8621
1.0	0.9671	-36.4208	5.2944	154.3208	0.0542	68.5704	0.4945	-27.1196
1.5	0.9340	-52.9650	4.9601	142.7660	0.0761	59.1415	0.4705	-39.3502
2.0	0.8982	-67.9537	4.5835	132.3657	0.0935	50.8684	0.4440	-50.3757
2.5	0.8640	-81.3537	4.2060	123.0954	0.1069	43.7274	0.4184	-60.2079
3.0	0.8338	-93.2687	3.8512	114.6319	0.1170	37.5955	0.3954	-68.9605
3.5	0.8081	-103.8623	3.5294	107.4209	0.1245	32.3191	0.3757	-76.7812
4.0	0.7869	-113.3106	3.2430	100.7137	0.1300	27.7503	0.3595	-83.8152
4.5	0.7698	-121.7797	2.9903	94.5819	0.1341	23.7615	0.3464	-90.1901
5.0	0.7561	-129.4162	2.7679	88.9203	0.1370	20.2481	0.3362	-96.0128
5.5	0.7452	-136.3454	2.5721	83.6443	0.1390	17.1266	0.3286	-101.3713
6.0	0.7367	-142.6726	2.3953	78.6873	0.1404	14.3313	0.3231	-106.3370
6.5	0.7302	-148.4854	2.2461	73.9963	0.1412	11.8103	0.3196	-110.9687
7.0	0.7253	-153.8567	2.1097	69.5297	0.1416	9.5230	0.3177	-115.3145
7.5	0.7218	-158.8468	1.9877	65.2541	0.1416	7.4375	0.3173	-119.4142
8.0	0.7194	-163.5058	1.8781	61.1429	0.1414	5.5285	0.3181	-123.3011

Рисунок 1 – «Datasheet» транзисторов 3П373А, Б, В 5

Таким образом, актуальным является вопрос о нахождении математических моделей СВЧ РЭУ, представленных в численном виде на дискретном ряде частот, которые бы описывали параметры этих устройств с требуемой точностью. Это позволит эффективнее применять современные аналитические методики широкополосного согласования и послужит толчком для их дальнейшего развития.

Результаты и выводы.

В качестве примера, на рисунке 2 показаны результаты аппроксимации параметра S₁₁ транзистора 3П373 (рис.1) способом, представленным в [1]. При решении данной задачи использовался метод наименьших квадратов (2), заключающегося в минимизации суммы квадратов отклонений наблюдаемых значений зависимой переменной от значений, аппроксимированных моделью [2].

$$\sum_{i=1}^k (S_{11}(\omega_i) - \rho(\omega_i))^2 \leq \delta \quad (2)$$

где k – количество точек аппроксимации.

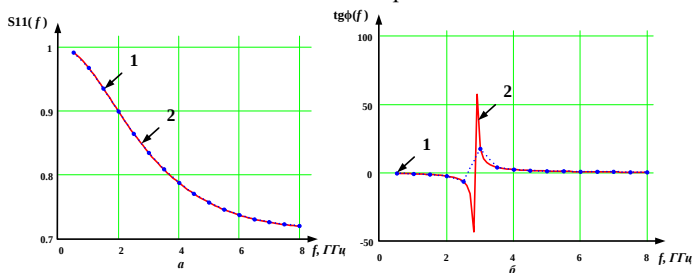


Рисунок 2 – Зависимость изменения модуля (а) и фазы (б) параметра S11 транзистора 3ПЗ73 в рабочей полосе частот:

1 – значения, представленные в «Datasheet»;

2 – аппроксимированные значения

Представленные результаты были получены при абсолютной погрешности аппроксимации $\Delta S_{11} = 0.0227\%$ и $\Delta \varphi = 0.0244\%$, что соответствует относительной погрешности не более 10%, и обеспечивают высокую степень адекватности полученной аналитической математической модели (АММ) рассматриваемого транзистора.

Сформированная АММ позволяет достаточно точно оценить характер изменения характеристик (коэффициента передачи по мощности, КСВ и других параметров.) транзистора за счет получения функции коэффициентов S-параметров. Следует заметить, что полученные АММ возможно использовать при реализации согласующих цепей в дальнейших исследованиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Исаев, В.О. Алгоритм аппроксимации частотных характеристик СВЧ транзисторов, представленных в численном виде на дискретном ряде частот / В.О. Исаев, А.А. Свириденко, Р.А. Шанчук // Информационные технологии и системы: материалы междунар. науч. конф. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2018. – С. 300.
2. Жданюк, Б.Ф. Основы статистической обработки траекторных измерений / Б.Ф. Жданюк. - Москва: Советское радио, 1978. — 384 с.

УДК 621.396

Е. П. Кайдаш, М. Б. Гутуев

*ВУНЦ ВВС «ВВА» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*

КРИТЕРИИ ВЫБОРА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СЕТЕЙ СВЯЗИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

Информационно-телекоммуникационная сеть – это сложная система, включающая множество самых разнообразных компонентов, таких как объекты информатизации, серверное оборудование различных типов, специальное и пользовательское программное обеспечение, сетевые адаптеры, концентраторы, коммутаторы и маршрутизаторы, мультиплексоры, межсетевые экраны, средства шифрования и защиты информации, и кабельную систему [1].

Основная задача военной промышленности и военнотружующих, эксплуатирующих телекоммуникационное оборудование, состоит в том, чтобы эта сложная система как можно лучше справлялась с обработкой потоков данных, циркулирующих между должностными лицами, и позволяла им принимать правильные и своевременные решения. Исходя из вышеизложенного, именно от определения рационального перечня телекоммуникационного оборудования, во-многом, будет зависеть эффективность функционирования сети связи в ходе выполнения задач по предназначению [2]. Кратко рассмотрим требования к каждому элементу, составляющему сеть связи военного назначения.

Кабельная система для эффективной работы должна будет иметь основные и резервные трассы, кроме того каждый объект информатизации или оконечное оборудование связи соединяется непосредственно с коммутационным оборудованием или кроссом соответственно в телекоммуникационном шкафу. Максимальная длина любого кабельного сегмента из меди не должна превышать 100 м (в зависимости от типа кабеля). Одной из основных проблем «медных» кабелей является их уязвимость к электромагнитным помехам, в связи с чем при проектировании кабельных трасс необходимо учитывать расположение потенциальных источников помех, специализированной аппаратуры и вида передаваемой информации.

При выборе телекоммуникационных шкафов, необходимых для размещения в них активного оборудования или коммутационных кроссов, обращают внимание на следующие условия:

- количество оборудования, размещаемого в шкафу;
- защита серверов, пассивного и активного оборудования;
- повышение плотности монтажа элементов;
- обеспечение простоты монтажа и конфигурирования;
- повышение требований к безопасности;
- повышение требований к удобству обслуживания.

Переходя к выбору витой пары основным критерием является учет ее электромагнитных характеристик таких как:

- полное волновое сопротивление в диапазоне частот;
- величина перекрестных наводок NEXT в зависимости от частоты сигнала;
- затухание;
- суммарное переходное затухание на ближнем конце;
- защищенность на дальнем конце;
- активное сопротивление.

Основным критерием при выборе активного оборудования (сетевой коммутатор, маршрутизатор, межсетевой экран, мультиплексор, автоматическая телефонная станция) по-прежнему остается гарантия выполнения ими своих технически заявленных характеристик, кратко коснемся основных функций оборудования.

Сетевой коммутатор – устройство, предназначенное для соединения нескольких узлов компьютерной сети в пределах одного или нескольких сегментов сети на канальном (втором) уровне модели OSI. Для соединения нескольких сетей на основе сетевого уровня служат маршрутизаторы (3 уровень OSI).

Маршрутизатор – это устройство пакетной сети передачи данных, предназначенное для объединения сегментов сети и ее элементов, и служит для передачи пакетов между ними на основе каких-либо правил. Также для построения закрытого сегмента сети передачи данных используется криптомаршрутизатор для шифрования потока данных.

Межсетевой экран – программный или программно-аппаратный элемент компьютерной сети, осуществляющий контроль и фильтрацию проходящего через него сетевого трафика в соответствии с заданными правилами.

Мультиплексор - предназначен для эксплуатации на сетях связи общего пользования в качестве каналаобразующего оборудования плезиохронной цифровой иерархии.

Автоматическая телефонная станция (АТС) – система устройств, обеспечивающая автоматическое (без участия оператора или телефонисток) соединение и поддержание телефонной связи между абонентами этой АТС, пользующимися для этого специальными конечными устройствами – телефонными аппаратами, факсами и др.

При выборе источника бесперебойного питания (ИБП) необходимо учитывать следующие критерии:

- выходная мощность, измеряемая в вольт-амперах или ваттах;
- выходное напряжение;
- время переключения, то есть время перехода ИБП на питание от аккумуляторов;
- время автономной работы, определяется ёмкостью батарей и мощностью подключённого к ИБП оборудования;
- ширина диапазона входного (сетевого) напряжения, при котором ИБП в состоянии стабилизировать питание без перехода на аккумуляторные батареи;
- срок службы аккумуляторных батарей.

Кроме того, при выборе ИБП необходимо учитывать потребляемую мощность оборудования, для которого необходима установка ИБП.

Таким образом, учет описанных критериев выбора телекоммуникационного оборудования при построении сетей связи и применение их при организации связи на заданных информационных направлениях позволит гибко реагировать на изменения требований к системе связи как технической основе системы управления в соответствии с поставленной авиационному формированию задачи и максимально реализовать их боевые возможности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Берлин, А.Н. Телекоммуникационные сети и устройства: учебное пособие / А.Н. Берлин. – Москва: Бином. Лаб. Знаний, 2008. – 319 с.
2. Вишневский, В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишневский. – Москва: Техносфера, 2003. – 512 с.

УДК 629.1

А.В. Косых, В.А. Красковский

Белорусская государственная академия авиации

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЛАЗЕРНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ВИЗУАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ

Цели исследования: повышение безотказности работы систем посадки за счет их резервирования системами лазерных излучателей и визуальной автоматизированной системой посадки.

Предмет исследования: лазерные излучатели визуальной автоматизированной системы посадки

Актуальность темы: создание системы посадки устойчивой к воздействию электромагнитного излучения и обладающей полной совместимостью с любыми радиотехническими системами посадки.

Разработка системы лазерных излучателей визуальной автоматизированной системы посадки состоит из двух этапов: разработки лазерных излучателей на земле и визуальной автоматизированной системы на борту воздушного судна (ВС). Первый этап представляет собой создание оптико-электронной системы формирования изображения в пространстве.

Лазерная система посадки ВС относится к системам оптической навигации. Необходимость внедрения такой системы в Республику Беларусь объясняется ее мобильностью (подвижностью), возможностью применения в ночное время суток и возможностью посадки летательных аппаратов (ЛА) на малоразмерные площадки [2].

При этом такая система не лишена глиссады (траектории полета ЛА, по которой он снижается перед посадкой). На аэродромах глиссада задается при помощи двух радиомаяков – глиссадного и курсового, которые посылают в направлении заходящего на посадку ЛА радиосигналы (радиомаяк). В случае светового маяка в сторону ЛА посылаются световые сигналы определенной мощности. Здесь появляется проблема выбора мощности источника излучения светового маяка, поскольку появится вероятность ослепления пилота ЛА.

Помимо этого, выделяют световые курсоглиссадные системы посадки ЛА, работающие на малых расстояниях от ВПП (несколько километров (км)) и на расстояниях несколько десятков км. В данной работе определено создание лазерной системы посадки на больших расстояниях в 15-20 км от взлетно-посадочной полосы (ВПП). При этом предполагается использовать минимальное количество лазерных маломощных источников излучения. Наиболее удобной и известной системой для дальнейшего сканирования таких лучей является система излучения, состоящая из лазеров красного и зеленого цвета, которые путем сложения двух цветов позволяют создать другие цвета [1]. Так, в пространстве будет создан кадр света, который включает в себя несколько секторов различной цветности. В связи с этим, планируется создать семь секторов, работающих на разных частотах мерцания.

Для этапа разработки лазерной наземной системы посадки необходимо: определить режим работы лазера, выбрать тип активного элемента, определить схему накачки, выявить структуру лазерной установки; определить безопасную мощность лазерного луча для глаз, выбрать схему управления усилением; обеспечить достаточную мощность для видимости лазера камерой.

Лазер может работать в непрерывном режиме (лазер непрерывного излучения) или генерировать лазерную энергию в виде импульсов. Импульсные лазеры являются более опасными при одинаковой средней мощности, однако является наиболее эффективным при работе на больших высотах благодаря фиксированному пространственному разрешению. Непрерывный же лазер может быть использован, к примеру, для детектирования низковысотного сдвига ветра или микропорывов на ответственных участках глиссады [4].

При проведении анализа установлено, что импульсный режим системы лазерных излучателей является наиболее применимым, в виду нескольких факторов: простотой реализации, высокого временного разрешения, высокой пиковой мощности импульса, простоты отвода тепла из активной среды. Кроме этого, режим наиболее применим для распознавания камерами визуальной автоматизированной системой посадки.

Все известные типы лазеров условно подразделяются на следующие группы: лазеры на основе конденсированных сред, газовые лазеры, эксимерные лазеры и лазеры на свободных электронах. К лазерам на основе конденсированных сред относятся: твердотельные лазеры, полупроводниковые (ПП) лазеры и жидкостные лазеры.

Необходимо, чтобы система обладала: достаточной мощностью, высокой контрастностью (важна при плохих метеоусловиях), безопасностью, экономической выгодой (преимуществом перед использованием посадочных огней) и достаточной дальностью.

При проведении анализа выявлено, что ПП лазеры имеют следующие преимущества: малые габариты и вес, мгновенную готовность к работе (необходимый фактор при автоматизированном управлении), высокую надежность, низкое напряжение электрического питания, отсутствие водяного охлаждения, высокую эффективность, высокий КПД, и низкую стоимость [3]. Помимо этого, ПП лазеры обладают высокой плотностью сема энергии с единицы объема материала. Такие преимущества реализованы в инжекционных гетеролазерах, где имеется возможность независимого осуществления как электронного, так и оптического ограничения.

В дальнейшем планируется выбор остальных составляющих лазерного излучателя, а также расчет экономической целесообразности использования такой системы.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Aircraft laser system for landing on low-sized strips: пат. RU2494018C1 / В.И. Анисимов, В.В. Бутузов, В.П. Пасюк. –

Опубл. 11.03.2012.

2. Ковров, А. Совместное использование наземных лазерных сканеров и цифровых камер / А.Н. Ковров. – Интерэкспо ГЭО-Сибирь. – Вып. 2, т. 1. – 2006. – С. 36-41.

3. Олихов, И.М. Полупроводниковые лазерные излучатели с электронной накачкой в курсоглиссадной системе посадки воздушных судов / И.М. Панов, А.Н. Гольченко. – Фотоника. – 2013. – № 4. – С.76 - 93.

4. Олихов, И.М. Лазерные курсоглиссадные системы посадки воздушных судов / И.М. Олихов, Г. Столяров, В. Степанов. – Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2013. – № 6. – С. 123-132.

УДК 351.814.334

А.И. Кравчук, А.В. Дубовский

Белорусская государственная академия авиации

ПЕРСПЕКТИВЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАВИСИМОГО НАБЛЮДЕНИЯ

АЗН-В (англ. ADS-B) – система, представляющая собой комплекс оборудования, включающий в свой состав спутник, ВС, оснащенное GPS (или аналогичным) приёмником и приемопередающим устройством, а также наземную станцию, способную принять информацию с борта ВС и передать её для отображения на ИВО авиадиспетчеру посредством спутниковой связи.

Согласно концепции CNS/ATM, роль первичных и вторичных радиолокаторов будет постепенно уменьшаться в угоду более совершенных систем автоматического зависимого наблюдения.

Система автоматического зависимого наблюдения (ADS-B) обеспечивает безопасность полетов и управления полетами на основе вещательных сигналов с зоной покрытия по всему миру с минимальными затратами и расходами.

Система ADS-B имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с вторичными и первичными радиолокаторами.

При автоматическом зависимом наблюдении с воздушного судна в автоматическом режиме периодически передается вся информация о его состоянии (не только местоположение, скорость и направление движения, но и запасы топлива, режимы работы двигателей и т.д.).

Поскольку любой радар обладает погрешностью в определении координат, то сведения, полученные с борта и, следовательно, в высшей степени достоверные, позволяют на земле принимать более обоснованные решения. При этом на ИВО самолет выглядит так же, как при наблюдении за ним с помощью радара.

Система ADS-B имеет ряд таких достоинств, которые не может обеспечить ни один вторичный радиолокатор в мире. Она

может использоваться для предотвращения столкновений, позволяет получать более точную и актуальную информацию о местоположении ВС, позволяет сократить количество приемных станций и, наконец, благодаря данной системе можно вести наблюдение за всем воздушным пространством вплоть до поверхности земли. Однако в определении координат воздушного судна мы вынуждены полагаться на оборудование этого же судна, а не на наземное оборудование, что и делает наблюдение зависимым. При отказе средства определения координат – спутниковое наблюдение делается невозможным, чего не может произойти при использовании независимых средств наблюдения (ПРЛ), при отключении радиопередатчика на борту ВС, летательный аппарат становится «невидимым» с земли, ADS-B имеет незащищенный канал передаваемых данных. Отправленные таким образом сигналы могут быть легко перехвачены и подделаны хакерами. При взломе сигнала злоумышленники могут заставить пилотов выполнить ненужный или опасный манёвр.

Как видно, из вышеперечисленного, система ADS-B имеет больше достоинств, чем недостатков. Не смотря на достоинства ADS-B, существующие недостатки являются непредвиденными, а порой и вовсе не устранимыми с земли, которые однозначно приведут к трагическим последствиям и никаких вариантов решения данной проблемы не будет.

Следовательно, на основе вышеприведённой информации, можно сделать вывод, что полностью отказываться от применения радиолокаторов неправильно и неразумно. Следует рекомендовать использовать систему ADS-B в силу ряда достоинств, которые может обеспечить только эта система, но не отказываться от первичных и вторичных радиолокаторов, а применять их в качестве резервных. Этот вариант вырисовывается, как наиболее верный и безопасный способ использования системы ADS-B.

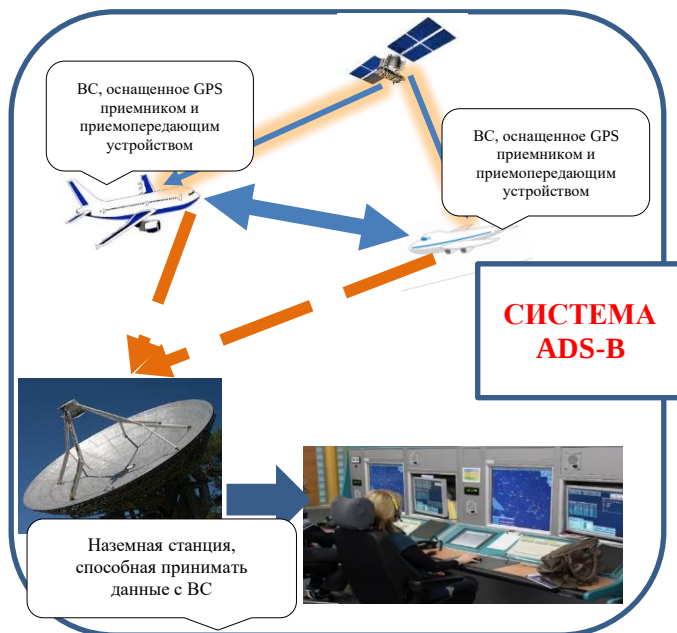


Рисунок 1 – Компоненты системы ADS-B

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дос 9694-AN/995: Руководство по применению линий передачи данных в целях обслуживания воздушного движения / утв. Ген. секретарем и опубл. с его санкции. – 1-е изд. – Канада, Монреаль: ИКАО, 1999. – 120 с.
2. Дос 9758-AN/966: Основные принципы учета человеческого фактора в системах организации воздушного движения (АТМ) / утв. Ген. секретарем ИКАО и опубл. с его санкции. – 1-е изд. – Канада, Монреаль: ИКАО, 2000. – 95 с.
3. Дос 9750-AN/963: Глобальный аэронавигационный план применительно к системам CNS/АТМ. – 3-е изд. – Канада, Монреаль: ИКАО, 2007. – 214 с.
4. Дос 9854-AN/458: Глобальная эксплуатационная концепция ОрВД / утв. Ген. секретарем и опубл. с его санкции. – 1-е изд. – Канада, Монреаль: ИКАО, 2005. – 88 с.
5. Системы CNS/АТМ: методические указания по изучению дисциплины / сост. В.А. Казаков. – Ульяновск: УВАУ ГА (И), 2009. – 11 с.
6. Применение линий передачи данных для ОВД в системах CNS/АТМ: учебное пособие/ сост. В.А. Казаков – Ульяновск: УВАУ ГА, 2004. – 128 с.

УДК 681.514.015

С.В. Купов, С.З. Абдуллаев

*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ КАСКОДНЫХ АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Каскодным усилителем называют каскад, выполненный на двух активных приборах (АП) (транзисторах или лампах), первый из которых включен по схеме с общим эмитирующим электродом (эмиттером, если это биполярный транзистор; истоком, если полевой и катодом, если это лампа), а второй – по схеме с общим управляющим электродом (соответственно базой, затвором и управляющей сеткой). Появление каскодных усилителей было вызвано необходимостью снижения собственных шумов широкополосных ламповых усилителей слабых сигналов. Свое название «Каскод», такая схема соединения получила от слияния слов «КАСКад через катОД». С точки зрения уменьшения шумов в первых каскадах ламповых устройств широко применялись триоды. Это позволяло повысить отношение сигнал/шум (с/ш) на выходе усилителя и увеличить его динамический диапазон.

Однако недопустимо большая входная емкость триодов, часто достигающая десятков и даже сотен пикофард (пФ), препятствует их использованию в широкополосных усилителях. Одним из решений данной проблемы стало применение каскодных аналоговых электронных усилителей. Было доказано, что такой усилительный каскад обладает многими свойствами каскада на пентоде и в то же время имеет уровень собственных шумов почти такой же, как и каскад на одном триоде.

Поскольку физические принципы работы, характеристики и свойства транзисторов совершенно иные по сравнению с лампами, каскодные усилители на транзисторах не могут обладать преимуществами с точки зрения шумовых свойств. В транзисторах нет многочисленных шумящих сеток, как в электронных лампах. Интерес к каскодным схемам на транзисторах значительно возрос после внедрения технологий массового производства качественных транзисторов и область их применения непрерывно расширяется. Достаточно сказать, что каскодные усилители используют в трактах телевизоров, в высококачественной радиоприемной и измерительной аппаратуре, они являются основой целого ряда интегральных микросхем (ИМС). Наиболее распространенными типами ИМС являются каскодные схемы К2УС241, К2УС247, К2УС283 и дифференциально-каскодные К2УС246, 2УС282. Дифференциально-каскодные схемы (балансные) удобны тогда,

когда в аналоговом электронном усилителе предусматривается автоматическая регулировка усиления [1, 2].

Для анализа свойств каскодного усилителя, его особенностей, достоинств и недостатков рассмотрим виды соединений транзисторов в каскодном усилителе и способы подачи на них питающих напряжений. Как и в обычных многокаскадных усилителях, связь между транзисторами каскодного усилителя может быть либо емкостной, либо непосредственной, а по цепям питания их можно соединить последовательно или параллельно. Также необходимо учитывать и структуру используемых транзисторов, чтобы обеспечить требуемый режим их работы по постоянному току. В качестве примера на рисунке 1 приведены две возможных схемы каскодных аналоговых электронных усилителей, отличающихся способами соединений транзисторов и подачи напряжений питания, а также применением транзисторов разных структур.

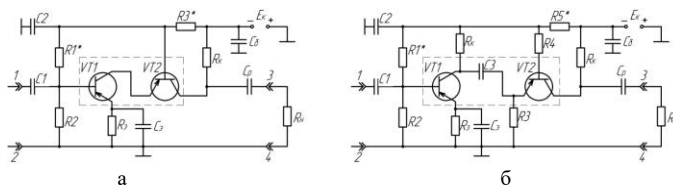


Рисунок 1 – Принципиальные схемы каскодных аналоговых электронных усилителей

Усилитель по схеме на рисунке 1а собран на транзисторах одной структуры с непосредственной связью между ними. По цепи питания транзисторы соединены последовательно. Усилитель, схема которого показана на рисунке 1б, отличается от предыдущего тем, что по цепям питания транзисторы (также одной структуры) разделены (параллельная схема питания), и, кроме того, связь между транзисторами – емкостная (конденсатор $C3$). Вместо транзисторов структуры $p-n-p$ в обоих усилителях можно использовать транзисторы структуры $n-p-n$, изменив при этом полярность источника питания на обратную.

Рассмотренные усилители принципиально не отличаются друг от друга и обладают примерно одинаковыми усилительными свойствами. При выборе одного из них обычно руководствуются удобством построения устройства в целом или условиями согласования с последующими каскадами. Так, например, при работе на низких частотах, когда емкости конденсаторов связи получаются очень большими, следует использовать усилители с непосредственной связью (рисунок 1а). Если напряжение питания

составляет 8–12 В, лучше использовать усилитель с последовательным питанием транзисторов (рисунок 1а): он содержит меньше элементов и более экономичен. Режимы транзисторов по постоянному току устанавливаются подбором резисторов, помеченных на схеме звездочкой [3].

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Делик, В.М. Схемотехника аналоговых электронных устройств: учебник / В.М. Делик, А.М. Межуев, Л.В. Каверина. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – 289 с.
2. Павлов, В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: учебник для вузов / В.Н. Павлов, В.Н. Ногин. – М.: Горячая линия-Телеком, 2001. – 320 с.
3. Межуев, А.М. Устройства приема и преобразования сигналов: учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию / А.М. Межуев, А.Н. Четвертаков, С.В. Куцов, А.Л. Тюрина. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – 128 с.

УДК 621.396.0.081.518

А.В. Лебедев, Ле Чунг Зунг

ВУНЦ ВВС “ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина” (г. Воронеж)

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ

В современных условиях, остается актуальной задача повышения эффективности цифровой обработки сигналов в радиосистемах. Дополнительные возможности в этом смысле открывает использование введенных в [1] алгоритмов скалярного пересечения-объединения, имеющих вид:

$$z_{\cap} = x \cap y = |x + y| - |x - y|, \quad (1)$$

$$z_{\cup} = x \cup y = |x + y| + |x - y|. \quad (2)$$

Здесь x и y входные сигналы произвольного вида. Базовыми является алгоритм (1), на основе которого может быть реализовано большинство функциональных преобразований в радиоэлектронике [2] при отсутствии самой трудоемкой для цифровой обработки операции умножения.

Пусть на вход устройства обработки поступает сигнал следующего вида:

$$x(t) = \sum_{i=1}^n A_i \sin(\omega_i t + \varphi_i) \quad (3)$$

При этом каждый из сигналов, входящих в (3) определен на ограниченном временном интервале $[t_s^i, t_f^i]$. Осциллограмма сигнала (3), включающего в себя три импульса в условиях импульсных помех приведена на верхнем графике рис 1. Результат решения задачи обнаружения в виде цифрового сигнала приведен на нижнем графике рисунка 1.

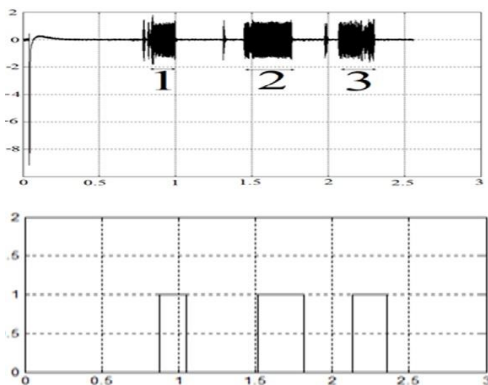


Рисунок 1 – Исходный сигнал и результат работы алгоритма распознавания.

Алгоритм обнаружения сигнала может быть представлен в виде схемы, которая приведена на рисунке 2. Здесь 1 – элементы задержки на временной интервал τ ; 2 – элемент пересечения, 3 – сглаживающий фильтр; 4 – пороговое устройство.

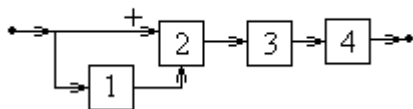


Рисунок 2 – Схема обнаружения сигнала

В схеме используется сглаживающий фильтр первого порядка, определяемый разностным уравнение:

$$x_{\text{сг}}(t+1) = ax_{\text{сг}}(t) + bx_{\text{вх}}(t) \quad (4)$$

При этом на вход фильтра поступает сигнал, предварительно преобразованный в однополярный. Коэффициенты фильтра выбираются исходя из заданной амплитудной частотной характеристики, которая должна иметь частоту среза, меньшую чем любая из частот гармоник, входящих в (3). Фактически данный фильтр представляет собой цифровую реализацию амплитудного детектора. Данный фильтр может быть реализован без использования операции умножения. В этом случае коэффициенты фильтра должны быть степенью двух (2^n). В этом случае (4) может быть представлено в виде:

$$x_{вых}(t+1) = x_{вых}(t) + \Delta \tau (x_{вх}(t) - x_{вых}(t)) \quad (5)$$

где $\Delta \tau$ – интервал времени дискретизации сигнала;

f – частота среза фильтра.

На первом шаге коэффициент $k = \Delta \tau f$ выбирается исходя из требований заданного качества функционирования амплитудного детектора импульсов (3), на втором шаге подбирается ближайший к нему коэффициент, являющийся степенью двух, при котором не нарушается сформулированное требование к частоте среза.

Набор параметров алгоритма определения сигнала помимо коэффициента фильтра включает в себя

τ – интервал времени задержки сигнала при реализации операции пересечения

p – порог, необходимый для функционирования блока 4.

Выбор данных параметров зависит от длительности импульсных помех и коэффициента фильтра. Для их обоснованного выбора необходимо построить зависимость вероятности безошибочного обнаружения от тройки параметров k, τ, p . При этом сигнал считается обнаруженным безошибочно, если единичный сигнал на выходе схемы 1 более чем на 90 % перекрывает импульсный сигнал. Такая зависимость может быть построена по обучающей последовательности сигналов.

Работоспособность предложенного подхода иллюстрируется рис 16. применительно к обнаружению dtmf-тонов в условиях импульсных помех. Реализация данного алгоритма в блоке цифровой обработки сигналов не требует существенных вычислительных затрат и может быть реализована на простых вычислительных устройствах с не высоким энергопотреблением.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гордиенко, В.И. Алгоритм обнаружения сигналов на основе операции «скалярное пересечение» / В.И. Гордиенко // Изв. Вузов. Радиоэлектроника. – 1992. – № 7 – С. 8.

2. Универсальный многофункциональный структурный элемент систем обработки информации / В.И. Гордиенко, С.Е. Дубровский, Р.И. Рюмшин, Д.В. Фенев // Изв. Вузов. Радиоэлектроника. – 1998. – № 3. – С. 13.

УДК 629.7

В.В. Медведев, Д.А. Смольский

Белорусская государственная академия авиации

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ГИРОСКОПА КОМБИНИРОВАННОГО НАВИГАЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ БЛА

Разрабатываемые математические модели ошибок комбинированных ИНС могут быть использованы как в инерциальных математических моделях процесса наведения ЛА для оценки точности наведения, так и в бортовых алгоритмах комбинированных навигационных систем для компенсации некоторых видов ошибок.

Комбинированные навигационные системы широко используются для управления как пилотируемыми, так и беспилотными летательными аппаратами. Разработка методов оценки погрешностей определения навигационных параметров с помощью такой системы является актуальной научной задачей. Особенно остро этот вопрос ставится при разработке систем, в которых в качестве измерителей используются первичные датчики сравнительно низкой точности, выполненные по технологии МЭМС.

Случайные погрешности гироскопов состоят из пяти составляющих, которые можно представить в виде:

$$\sigma_r = \sigma_{qn} + \sigma_{arw} + \sigma_{bi} + \sigma_{rrw} + \sigma_{rn}$$

где σ_{qn} – шум квантования;

σ_{arw} – случайное блуждание угла;

σ_{bi} – нестабильность смещения нуля;

σ_{rrw} – случайное блуждание угловой скорости;

σ_{rn} – шум ухода.

Модель шума случайного блуждания угла примет вид:

$$\sigma_{qn}(t) = Q\sqrt{T_0}\xi(t)$$

Модель случайного блуждания угла:

$$\sigma_{arw}(t) = N\xi(t)$$

Модель фликкер-шума:

$$\dot{\sigma}_{bi}(t) = -\beta\sigma_{bi}(t) + \beta B\xi(t)$$

Модель случайного блуждания угловой скорости:

$$\dot{\sigma}_{rrw}(t) = K\xi(t)$$

При переходе от передаточной функции к дифференциальному уравнению модель шума ухода можно описать с помощью стохастического дифференциального уравнения:

$$\ddot{\sigma}_{rn}(t) + \sqrt{2}\omega_0 \dot{\sigma}_{rn}(t) + \omega_0^2 \sigma_{rn}(t) = R\xi(t)$$

Путём расширения вектора состояния получили марковскую модель шума ухода:

$$\dot{\sigma}_{rn1}(t) = \sigma_{rn2}(t);$$

$$\dot{\sigma}_{rn2}(t) = -\beta_4\sqrt{2}\omega_0\sigma_{rn2}(t) + \beta_5\omega_0^2\sigma_{rn1}(t) + R\xi(t).$$

Объединяя уравнения ошибок, получим модель случайных погрешностей гироскопа в виде системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{\sigma}_{qn}(t) = -\beta_1\sigma_{qn}(t) + \beta_1 Q\sqrt{T_0}\xi(t); \\ \dot{\sigma}_{arw}(t) = \beta_2\sigma_{arw}(t) + \beta_2 N\xi(t); \\ \dot{\sigma}_{bi}(t) = -\beta_3\sigma_{bi}(t) + \beta_3 B\xi(t); \\ \dot{\sigma}_{rrw}(t) = K\xi(t); \\ \dot{\sigma}_{rn1}(t) = \sigma_{rn2}(t); \\ \dot{\sigma}_{rn2}(t) = -\beta_4\sqrt{2}\omega_0\sigma_{rn2}(t) + \beta_5\omega_0^2\sigma_{rn1}(t) + R\xi(t). \end{cases}$$

На основании системы уравнений получим векторно-матричное стохастическое дифференциальное уравнение ошибок гироскопа:

$$\dot{E} = A \times E + R \xi(t)$$

где $E^m = (\sigma_{qn}, \sigma_{arw}, \sigma_{bi}, \sigma_{rrw}, \sigma_{rn1}, \sigma_{rn2})$ – вектор производных ошибок гироскопа;

$$A = \begin{bmatrix} -\beta_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\beta_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \beta_5\omega_0^2 & -\beta_4\sqrt{2}\omega_0 \end{bmatrix} \quad - \quad \text{матрица}$$

коэффициентов ошибок;

$E^m = (\sigma_{qn}, \sigma_{arw}, \sigma_{bi}, \sigma_{rrw}, \sigma_{rn1}, \sigma_{rn2})$ – вектор ошибок гироскопа;

$R^m = (\beta_1 Q\sqrt{T_0}, \beta_2 N, \beta_3 B, K, 0, R)$ – вектор весовых коэффициентов шумов ошибок;

$\xi(t)$ – случайный процесс, представляющий белый шум единичной интенсивности.

В полученной системе дифференциальных уравнений имеются пять неизвестных Q, N, B, R, K , решение СДУ невозможно, т.к. эти коэффициенты не определены. В настоящее время широкое применение для оценки случайных составляющих погрешностей

акселерометра и гироскопа получил метод вариации Аллана. Таким образом, для определения коэффициентов в системе дифференциальных уравнений по экспериментальным данным целесообразно использовать метод вариации Аллана.

В соответствии с полученными марковскими моделями ошибок гироскопа, разработана программа для имитационного моделирования этих ошибок. Программа написана на языке Matlab и позволяет по известным коэффициентам моделей получать реализации, как всех составляющих ошибок, так и суммарную ошибку гироскопа. На графиках (рис.1) представлены результаты моделирования ошибок гироскопа, полученные при значениях коэффициентов $R=8,91 \times 10^{-8}$, $K=6,12 \times 10^{-3}$, $B=3,41 \times 10^{-5}$, $N=2,231 \times 10^{-4}$, $Q=6,867 \times 10^{-4}$ полученных методом наименьших квадратов. Для удобства второй и третий графики смещены вдоль оси ординат на 1 и 2 единицы соответственно.

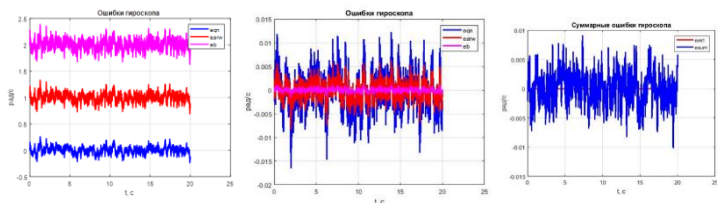


Рисунок 1 – Графики реализаций ошибок гироскопа

где ε_{qn} – шум квантования;

ε_{arw} – случайное блуждание угла;

ε_b – нестабильность смещения нуля.

Так, ошибки инерциального блока определяются ошибками первичных датчиков, а также видом алгоритмов формирования навигационных параметров. Ошибки первичных датчиков наиболее полно описываются с помощью вариации Аллана. Метод вариации Аллана предполагает выделение составляющих шума измерений.

В докладе рассматривается методика разработки комплексной модели ошибок комбинированной ИНС. Математической основой разработки такой модели является теория динамических систем со случайно изменяющейся структурой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матвеев, В.В. Инерциальные навигационные системы: учеб. пособие / В.В. Матвеев. – Тула: ТулГУ, 2012. – 320 с.
2. Бабиц, О.А. Обработка информации в навигационных комплексах / О.А. Бабиц. – М.: Машиностроение, 1991. – 170 с.

УДК 621.396.2

А.М. Межуев, Д.Л. Стуров

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЛАСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ МОБИЛЬНОЙ РАДИОСЕТИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО ВХОДНОГО ТРАФИКА

Широкое применение средств мобильной радиосвязи, имеющих ряд значительных достоинств перед стационарными, обуславливает необходимость постоянного совершенствования комплексов мобильной связи и, построенных на их основе, мобильных радиосетей (МРС). При возрастании входного трафика и сильном влиянии помех со стороны противника, сетевые ресурсы используются наиболее интенсивно, практически на пределе технических возможностей МРС. В связи с этим особенно актуальной является задача оценки эффективности информационного обмена в МРС при изменении условий информационной и помеховой обстановки [1, 2], а также определение областей для приемлемой работы сети с учетом допустимых потерь информации.

Цель работы – определить границы и ввести классификацию областей информационных потерь с использованием функции информационной эффективности в условиях высокого входного трафика и воздействия помех, которая может быть использована для повышения качества и устойчивости информационного обмена в МРС.

В качестве альтернативы общепринятым подходам к оценке информационной эффективности МРС предлагается использование обобщенного показателя – коэффициента полезного действия (КПД) передачи информации, учитывающего передачу, хранение и предельные физические возможности сети в смысле информационного обмена, равный:

$$\eta_{МРС} = \frac{P_{МРС}}{P_{полн}}, \quad (1)$$

где $P_{МРС}$ – кибернетическая мощность МРС, $P_{полн}$ – полная кибернетическая мощность [1]. При рассмотрении простейшего случая учета влияния помех на качество функционирования сети используется известный показатель помехоустойчивости – логарифм вероятности ошибки одиночной элементарной посылки. В связи с этим показатель КПД передачи информации, учитывающий воздействие помех $\eta_{пом}$ вычисляется как произведение выражения (1) на показатель помехоустойчивости.

Работа процедур управления параметрами и характеристиками МРС на сетевом, канальном и физическом уровнях согласно Эталонной модели взаимодействия открытых систем сводятся к поддержанию в области близкого к максимальному значению функции информационной эффективности $\eta_{ном}(\gamma_{вх})$ – зависимости КПД передачи информации от изменения входного трафика при ограничении на временную задержку, с учетом влияния помех и заданного порогового уровня $\eta_{пор}$, выбираемого с учетом минимально допустимых требований к качеству информационного обмена [3].

Другим наиболее значимым показателем оценки эффективности информационного обмена является тангенс угла полосовой эффективности, который определяется выражением:

$$tg \alpha = \lim_{\Delta \gamma_{вх} \rightarrow \Delta \gamma_{вх пор}} \frac{\Delta \eta}{\Delta \gamma_{вх}}, \quad (2)$$

который, физически характеризует скорость изменения качества функционирования сети и, в том числе, степень (меру) устойчивости работы МРС при изменениях входного трафика, при

этом минимальная мера изменения входного трафика $\Delta \gamma_{вх пор}$ определяется произведением количества каналов связи в МРС на минимальное изменение входного трафика в каждом канале связи за единицу времени (1 пакет/с или 1 бит/с) [3].

Применение тангенса позволяет выделить три явно выраженные области на функции $\eta_{ном}(\gamma_{вх})$ (рисунок 1), которым соответствуют различные значения потерь информации:

1. *Область малых потерь*, в которой потери характеризуются системными ошибками при информационном обмене и влиянием внешних дестабилизирующих факторов. Лежит в пределах изменения входного трафика от минимального значения входного трафика (точка 1) до окончания линейного участка функции информационной эффективности МРС (точка 3), когда все БЗУ заполнены, а возрастание КПД обусловлено ростом производительности сети.

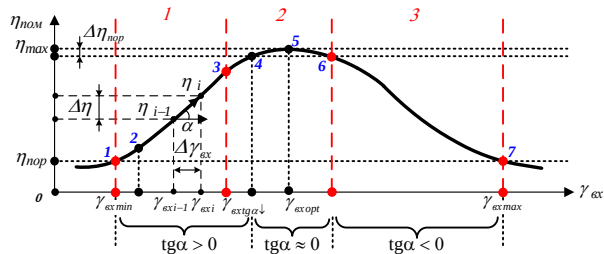


Рисунок 1 – Функция эффективности информационного обмена MPC

2. *Область умеренных потерь*, в которой информационные потери характеризуются ограничением на временную задержку в допустимых пределах, определяемых коэффициентом потерь с учетом требований к MPC. Слева область ограничена (точка 3) величиной входного трафика, соответствующей началу участка выпуклости функции или снижения $\operatorname{tg} \alpha$ (при $\gamma_{\text{вх}} \operatorname{tg} \alpha$), а справа уровнем $\eta_{\text{max}} - \Delta \eta_{\text{пор}}$ (точка 6), который определяется минимально допустимыми требованиями, предъявляемыми к MPC по достоверности и своевременности информационного обмена, где $\Delta \eta_{\text{пор}}$ – пороговое значение изменения КПД, которое определяется системно-техническими характеристиками MPC, и как показывают результаты многочисленного моделирования, значение допуска может быть принято равным менее 0,1 %.

3. *Область высоких потерь*, является неприемлемой для функционирования MPC, так как характеризуется существенными потерями информации и может повлечь за собой полный сбой работы сети.

Таким образом, разработанная классификация областей информационных потерь на основе обобщенного показателя оценки информационной эффективности может быть использована для реализации многоконтурной адаптации на различных уровнях адаптивного управления сетевыми ресурсами (параметрический, алгоритмический, структурный), что позволит обеспечить повышение качества и устойчивости информационного обмена в MPC.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №17-47-680748p_центр_a).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пасечников, И.И. Методология анализа и синтеза предельно нагруженных информационных сетей: монография / И.И. Пасечников. – М.: Машиностроение, 2004. – 216 с.

2. Межуев, А.М. Тензорные методы в теории оценки информационной эффективности и анализа элементов цифровых радиосетей: монография / А.М. Межуев. – Тамбов: ИНТЕГРАЦИЯ, 2008. – 262 с.

3. Межуев, А.М. Определение порога для расчета полосы пропускания информационной сети по входному трафику / А. М. Межуев, И. И. Пасечников, В. В. Тарасов // Молодежные чтения памяти Ю.А. Гагарина: сб. статей по материалам докладов III Межвузовской научно-практической конференции, 18 мая 2016 г. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – С. 103-107.

УДК 621.396.2

А.М. Межуев, Е.И. Шамаев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕНЗОРНОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА АВИАЦИОННОЙ ЦИФРОВОЙ РАДИОСЕТИ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОМЕХ

Решение задачи оценивания эффективности информационного обмена (информационной эффективности) авиационных цифровых радиосетей (ЦРС), функционирующих в условиях высокого входного трафика, требует обязательного учета внешних дестабилизирующих (в том числе помеховых) воздействий на итоговый показатель качества работы системы. Результаты проведенных исследований подтверждают существенные отклонения итоговых оценок информационной эффективности ЦРС, вследствие влияния дестабилизирующих факторов (помех), на величины до нескольких раз. В связи с этим задача адекватного учета помех при формировании итоговой оценки информационной эффективности авиационных ЦРС является актуальной и имеет важное практическое значение [1–3].

В данной работе предлагается использовать новую систему обобщенных универсальных показателей оценки информационной эффективности авиационных ЦРС в условиях высокого входного трафика, которая включает следующие основные параметры и показатели: кибернетическая мощность сети $P_{ЦРС}$, коэффициент полезного действия передачи информации $\eta_{ЦРС}$, полоса пропускания ЦРС по входному трафику $\Pi_{\tau_{вх}(\eta_{пор})}$, тангенс угла

полосовой эффективности $tg\alpha = \eta'_{ЦРС}(\gamma_{ex})$ (производная функции информационной эффективности ЦРС по входному трафику), позволяющих одновременно оценивать свойства сети по передаче и хранению информации [4].

В качестве модели авиационной ЦРС, позволяющей адекватно учесть влияние помеховой обстановки на качество информационного обмена на сетевом уровне, предлагается модернизированная тензорная ортогональная модель [5]. Использование такой модели позволяет в процессе анализа и оценки информационной эффективности ЦРС одновременно учитывать физическую (статическую) структуру сети и протекающие в ней процессы (динамическую потоковую структуру), включающую полезную информационную нагрузку и помеховые воздействия. В этом случае в рассмотрение вводится дополнительное пространство-структура помеховой обстановки, которое математически описывается новыми составляющими в тензорных ортогональных уравнениях поведения сети (тензорных уравнениях, построенных по формуле Литтла) и учитывается компонентами тензора преобразования. Фактически общая модель ЦРС объединяет в себе три пространства системы: статическое дискретное пространство-структуру самой сети (представленную отдельными элементами – узлами коммутации и каналами связи), динамическое пространство информационных потоков и динамическое пространство помехового трафика (последние два пространства накладываются на структуру сети посредством использования тензоров преобразования). Результатом применения данного подхода является нахождение мощности информационных потерь в ЦРС

$$P_{ИП} = N_{пот} \gamma_{повт.пер} \Big|_{T \leq T_{доп}, C_{кан}}, \quad (1)$$

где $N_{пот} = N_{он} + N_{но}$ – число потерянных пакетов, определяемое количеством ошибочно принятых пакетов $N_{он}$ и количеством недоставленных пакетов $N_{но}$ (при ограничении по временной задержке $T \leq T_{доп}$), $\gamma_{повт.пер}$ – интенсивность потока повторных передач, ограничиваемая пропускной способностью каналов связи ($C_{кан}$).

На основе значения $P_{ИП}$ производится получение уточненного значения кибернетической мощности сети с учетом вызванных влиянием дестабилизирующих факторов (помех) потерь информации

$$P'_{\text{ЦРС}} = P_{\text{ЦРС}} - P_{\text{инт}}. \quad (2)$$

В результате оценка информационной эффективности ЦРС осуществляется показателем — КПД передачи информации ЦРС с учетом информационных потерь

$$\eta_{\text{ЦРС инт}} = \frac{P'_{\text{ЦРС}}}{P_{\text{полн}}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где $P_{\text{полн}}$ — полная кибернетическая мощность идеальной модели ЦРС без потерь и повторных передач, в которой максимально используются возможности каналов связи и узлов коммутации по передаче и хранению информации.

Имитационное и аналитическое моделирование подтвердило работоспособность предлагаемого подхода и адекватность получаемых оценок с учетом воздействия дестабилизирующих факторов (помех) на качество информационного обмена. Достоверность результатов также подтверждается их соответствием характеру функционирования реальных систем передачи информации в аналогичных условиях. Построенные функции информационной эффективности ЦРС отражают адекватные оценки КПД передачи информации и определяют интервалы входного трафика, в которых обеспечиваются наилучшие условия работы радиосети при одновременном изменении информационного потока и помеховой обстановки. Подобный подход с успехом может быть использован для реализации методов и алгоритмов комплексной многоконтурной адаптации авиационных ЦРС к сложным условиям информационного обмена на основе компромиссных решений по обеспечению управления входным трафиком (на основе определения основных параметров сетевого функционирования в тензорной модели) и мер повышения помехоустойчивости информационного обмена.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Межуев, А.М. Алгоритм и модели оценки информационной эффективности автоматизированных систем дециметрового радиосвязи в условиях изменения трафика и помеховой обстановки / А.М. Межуев, А.И. Родзевич, А.Н. Роза. — Вестник ВИ ФСИН России. — 2016. — № 4. — С. 17-26.
2. Харкевич, А.А. Очерки общей теории связи / А.А. Харкевич. — М.: Рипол Классик, 2013. — 134 с.
3. Зюко, А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А.Г. Зюко, А.И. Фалько, И.П. Панфилов и др.; под ред. А.Г. Зюко. — М.: Радио и связь, 1985. — 272 с.
4. Межуев, А.М. Анализ функции эффективности информационной сети и алгоритм оценки режимов информационного обмена на основе производных обобщенного показателя / А.М. Межуев,

И.И. Пасечников, А.В. Коренной // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2017. – № 5. – С. 12 – 22.

5. Межуев, А.М. Тензорная ортогональная модель с учетом влияния помеховой обстановки при оценке информационной эффективности инфокоммуникационных сетей / А.М. Межуев, И.И. Пасечников, А.В. Коренной // Радиотехника. – 2018. – № 10. – С. 96 – 108.

УДК 681.3:519.1

С.А. Никулин

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ VPN ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

В настоящее время актуальной становится задача безопасного межсетевого информационного взаимодействия должностных лиц авиационных частей и соединений при обмене оперативной информации или передачи срочных сигналов оповещения через сети связи общего пользования. При этом, необходимо решать две основные задачи: предотвращение несанкционированных воздействий с внешней стороны и защита информации.

Использование VPN технологий (виртуальных частных сетей) при организации информационного обмена позволит объединить территориально-удаленные объекты, работать на базе общедоступной сетевой инфраструктуры и обеспечить защищенную (закрытую от внешнего доступа) связь при наличии высокоскоростного интернета. Это означает, что корреспонденты общаются в закрытой частной сети, к которой устройства подключаются виртуально – по разным каналам, беспроводным и проводным, и из разных мест. При этом вся передаваемая внутри информация надежно защищается алгоритмами шифрования, которые образуют безопасные туннели. Подключение через VPN позволяет объединить, например, штабов авиационных частей и соединений с территориально-распределенной структурой для обмена информацией.

Туннельный режим устанавливается для шлюзов и является, по существу, IP-туннелем с аутентификацией и шифрованием. Это наиболее распространенный режим функционирования. Он необходим при коммутациях типа «шлюз-шлюз» и «хост-шлюз».

Для создания VPN соединения используют аппаратное оборудование с сетевыми шлюзами. Подключиться к такому шлюзу можно при наличии компьютера с любой операционной системой, в которую интегрирован VPN-клиент, способный работать с виртуальными портами других сетей на базе протокола TCP/IP. Основное преимущество VPN заключается в том, что такая сеть моментально масштабируется, обеспечивая целостность и

конфиденциальность данных, а также аутентификацию пользователей из разных операционных систем. В отличие от обычной сети, VPN подключение делает передаваемую информацию недоступной извне и защищает ее от незаконного использования [1].

Такие технологии могут быть реализованы в различных технических решениях внутрисетевого взаимодействия между авиационными частями и соединениями, а также при создании межсетевых виртуальных частных сетей с удаленным доступом, например, от КП истребительного полка до пунктов наведения и целеуказания (ПНЦ *иа*).

Доступ удаленного пункта управления истребительной авиации к ресурсам защищенного сегмента VPN позволяет организовать защищенный канал между удаленным ПНЦ *иа* и локальной сетью должностных лиц КП полка (рисунок 1). Рассмотрим предлагаемое проектное решение.

Организация защиты информации в процессе ее передачи по открытым каналам связи между корреспондентами предлагаемой распределенной инфокоммуникационной системы истребительного авиационного полка и противодействие несанкционированным воздействиям заключается в создании виртуальных «туннелей» между корреспондентами. Туннельный режим устанавливается для шлюзов и является, по существу, IP-туннелем с аутентификацией и шифрованием.

С этой целью криптографический шлюз комплектуется сервером доступа, на котором, посредством учетных записей регистрируются удаленные корреспонденты (до 4-5 пунктов наведения истребительной авиации). Защищенное соединение между удаленным корреспондентом и сервером доступа устанавливается после их успешной взаимной аутентификации, которая осуществляется на основе сертификатов открытых ключей. Посредством такого подхода появляется возможность сопряжения двух локальных серверов сети контроля доступа ПНЦ *иа* и КП полка через ГИС «Интернет» со скоростью 10 МБит/с и системы передачи данных МО РФ. Для исключения потери скорости выхода в ГИС «Интернет» предлагается установить маршрутизацию через узел ПАО «Ростелеком».

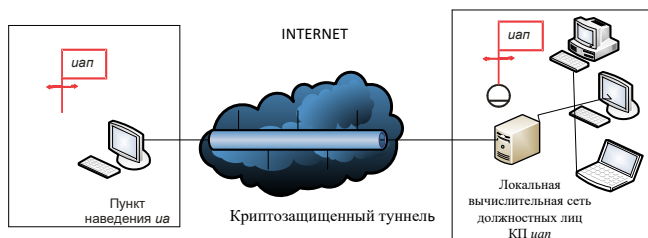


Рисунок 1 – Организация межсетевых виртуальных частных сетей с удаленным доступом

Практическая реализация предложенных проектных решений на базе сетевых операционных систем позволит обеспечить целостность, доступность и конфиденциальность информационного обмена между должностными лицами военного управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Никулин, Д.В. Практическая реализация виртуальных защищенных сетей при организации информационного обмена / Д.В. Никулин, С.А. Никулин, В.Н. Кармнов // Материалы VIII Международной НТК, посвященной 100-летию образования войск связи / ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – Минск, 2019. – С. 45-47.

УДК 355.424

А.С. Петрович, А.В. Линник, А.Г. Никифоров

Белорусская государственная академия авиации

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, СВЯЗИ И РАЗВЕДКИ (С4И) АРМИИ США

Решение задачи практической реализации в ВС США ключевых положений «сетевцентрической» концепции «управления ведением боевых действий на основе единого информационно-коммуникационного пространства» лежит в плоскости комплексного внедрения новейших цифровых технологий при формировании интегрированных друг с другом информационно-вычислительных сетей различного масштаба – от локальных до глобальных, обладающих высокой мобильностью, пропускной способностью и быстротой развертывания.

Автоматизация процессов управления войсками в любом звене управления, особенно в тактическом, как наиболее динамичном, имеет большое значение в двух основных областях:

1. **Ситуационная осведомленность (СО)** – это состояние понимания общей обстановки, выработанное на основе знаний,

базирующихся на точной и своевременной информации о месте дислокации своих сил, сил противника, союзных и нейтральных сил, а также гражданского населения (некомбатантов). Понимание ситуации отражается в формировании единой релевантной картины поля боя, разложенной на элементы по различным уровням заинтересованности и потребностей;

2. Оперативное (боевое) управление - это процесс руководства командиром подчиненными силами в соответствии с выполняемой задачей. Командующий осуществляет функции боевого управления (БУ) за счет планирования, направления и контроля действий своих сил согласно выполняемой задаче.

АСУ FBCB-2 является ключевым компонентом АСУ СВ США ABCS. Аппаратно-программные средства системы размещаются на боевой технике бригад СВ различного типа и функционального предназначения, а также в пунктах управления дивизионного и корпусного уровня с целью обеспечения действий боевых бригад.

Информация о боевой обстановке, например, о местоположении противника, вводится командиром отделения в АРМ АСУ FBCB-2 и с помощью радиостанции SINCGARS ASIP через интернет-контроллер поступает на тактический радиотерминал системы EPLRS взвода или роты для дальнейшего распределения по сети АРМ FBCB-2.

Каждое наземное транспортное средство бригады передает в сеть FBCB-2 данные о своем местоположении, полученные с помощью КРНС «Навстар».

АСУ FBCB-2 обеспечивает: распределение данных по тактической обстановке; повышение навигационных возможностей, точности определения географического положения, согласование действий сил, четко обозначая замысел, намерения командира и схемы маневра; улучшение управления МТО/использованием материальных средств; возможность техническим средствам системы управления работать в движении; лучшую интеграцию различных технических средств разведки (датчиков) в комплекс технического обеспечения системы управления; снижение вероятности поражения своим огнем собственных войск; обозначение последующих целей (задач); сосредоточение усилий/огня; улучшение планирования боевых действий; добавление дополнительных средств, которые можно использовать при выработке и принятии решения.

Командование СВ США высоко оценивает результаты использования автоматизированных систем управления и связи в конфликтах конца XX - начала XXI века и заинтересовано в их дальнейшем совершенствовании путем создания единой инфраструктуры, позволяющей существенно улучшить взаимодействие органов управления всех уровней, повысить

качество принимаемых их командирами решений и их доведение до подчиненных, обеспечить достижение подавляющего превосходства над любым противником.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богодель, А.П. Организация и тактика соединений, воинских частей и подразделений иностранных армий (бригада (бригадная боевая группа) – отделение): пособие / А. П. Богодель [и др.]. – Минск: ВА РБ, 2014. – 179 с.
2. Саврасов, С. Г. Концепция применения оружия нелетального действия в боевых операциях сухопутных войск ВС США / С.Г. Саврасов // Зарубеж. воен. обозрение. – 2009. – № 10. – С. 25-29.

УДК 621.396.96

А.А. Петьков, И.С. Садовский, В.П. Бринкевич

ОАО «КБ Радар» - управляющая компания холдинга «Системы радиолокации»

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Одной из важнейших проблем современных радиолокационных средств (РЛС) военного и двойного назначения является обнаружение и устойчивое сопровождение малоразмерных беспилотных летательных аппаратов (БЛА). В последнее время эти относительно недорогие дистанционно управляемые воздушные средства получили широкое распространение во многих сферах [1, 2]. В течение нескольких последних лет номенклатура БЛА нарастала лавинообразно, а их функциональные свойства многократно расширились. Именно поэтому задача создания РЛС обнаружения и сопровождения БЛА является крайне актуальной, а при ее решении необходимо учитывать специфические особенности БЛА как объектов радиолокационной разведки, наиболее значимыми из которых являются [3–5]:

слабые отражающие свойства малоразмерных БЛА во всех диапазонах рабочих частот РЛС, характеризующиеся величиной эффективной площади рассеяния (ЭПР) $0,001...0,1 \text{ м}^2$;

возможность полета на предельно малых высотах (менее 200 м) над подстилающей поверхностью;

высокая маневренность в сочетании с малыми скоростями полета (менее 30 м/с) и возможность «зависания» в воздушном пространстве.

Стоит также отметить особенность БЛА, обусловленную принципами их боевого применения в условиях военного конфликта. Для большинства традиционных средств воздушного нападения в условиях военного конфликта, как правило, можно

определить вероятные направления их полета к прикрываемым объектам удара и ожидать появления этих средств с соответствующих направлений на дальней границе зоны обнаружения РЛС. Однако такая логика в отношении БЛА бессмысленна, поскольку эти средства могут появиться в зоне обнаружения РЛС с любого направления и на любой дальности.

Проблемность задачи обнаружения и сопровождения малоразмерных БЛА также усугубляется рядом факторов, связанных с внешней средой, на фоне которой решается данная задача. Обнаруживать БЛА приходится в условиях интенсивных отражений от подстилающей поверхности и разных объектов, как в приземном слое атмосферы, так и непосредственно на подстилающей поверхности. Уровень отражений от различных объектов на местности и от подстилающей поверхности (определяемый ЭПР этих объектов в элементе разрешения РЛС) может превышать уровень эхо-сигналов малоразмерных БЛА на несколько порядков.

Проблема еще больше усугубляется при решении задачи обнаружения сигналов от малоразмерных БЛА на фоне флуктуирующих пассивных помех от покрытой густой растительностью поверхности земли, водной (морской) поверхности и распределенных в пространстве гидрометеоров. Вследствие влияния подстилающей поверхности и различных объектов на структуру отраженного от БЛА сигнала его поляризационный базис постоянно изменяется, при определенных условиях уменьшая или увеличивая соотношение между ортогональными поляризационными составляющими принимаемого РЛС эхо-сигнала от БЛА. Как следствие возникают замирания эхо-сигналов и пропуски отметок сопровождаемых БЛА.

Кроме того, скорости и траектории движения БЛА во многих случаях аналогичны скоростям и траекториям движения многих наземных объектов (автомобилей, тракторов и так далее), а также стай и отдельных крупных птиц, что значительно усложняет задачу выделения малоразмерных БЛА из совокупности всех наблюдаемых объектов.

Исходя из особенностей БЛА как объектов радиолокационной разведки и проблемности задачи их эффективного обнаружения и сопровождения, можно сформулировать базовые принципы построения РЛС обнаружения, предназначенных для решения данной задачи.

Во-первых, в таких РЛС вследствие неопределенности направлений и дальностей появления БЛА должен обеспечиваться круговой обзор пространства в горизонтальной (азимутальной) плоскости на всех дальностях от минимально возможной (300...500 м) до максимальной, которая с учетом отражающих

свойств малоразмерных БЛА и диапазона высот полета таких объектов может составлять не более 10...20 км. Исходя из этих требований, выбираются темп обзора пространства и параметры цикла излучения и приема сигналов.

Во-вторых, для эффективного обнаружения малоразмерных БЛА на фоне пассивных помех, создаваемых отражениями от подстилающей поверхности и различных объектов на земле и в приземном слое атмосферы, предназначенные для этих целей РЛС должны обладать высокими разрешающими способностями по дальности и угловым координатам. Уменьшение размеров элемента разрешения РЛС по дальности и по угловым координатам обуславливает снижение ЭПР поверхностно и пространственно распределенных источников пассивных помех в элементе разрешения, и, как следствие, улучшает показатели качества обнаружения БЛА на фоне пассивных помех.

В-третьих, в РЛС, предназначенных для обнаружения и сопровождения БЛА, должны реализовываться перспективные технические и технологические решения в области построения радиолокационных систем и их основных элементов. К их числу следует отнести:

- применение активных фазированных антенных решеток на основе интеграции антенных решеток и твердотельных приемопередающих модулей в рамках единых конструктивных форм;

- цифровое формирование диаграмм направленности антенны РЛС и возможность оперативного изменения положения антенных лучей в режимах излучения и приема сигналов при изменении режимов обзора пространства в вертикальной (угломестной) плоскости;

- цифровое формирование законов модуляции зондирующих сигналов и возможность оперативного изменения параметров составных циклов излучения и приема сигналов при изменении режимов обзора пространства по дальности (основных режимов работы РЛС);

- применение в составных циклах излучения и приема сигналов широкополосных зондирующих сигналов, обеспечивающих при малой, средней и большой длительности сигналов выполнение единых требований к разрешению по дальности и к точности измерения дальности воздушных объектов;

- реализацию постоянного мониторинга текущей радиоэлектронной (помеховой) обстановки с целью адаптации режимов работы РЛС к воздействию внешней среды и автоматического выбора рабочей частоты, наименее подверженной воздействию помех;

- реализацию комплекса мер по защите РЛС от мешающих отражений от подстилающей поверхности и различных объектов на

земле и в приземном слое атмосферы, включающего обеспечение истинной внутренней когерентности сигналов и подавление мешающих отражений на основе сочетания различных методов междупериодной и межобзорной селекции движущихся целей и пассивных помех.

Эти базовые принципы построения были использованы при создании опытного образца РЛС «Родник» и предполагаются к реализации в новой трехкоординатной РЛС «Родник 3Д».

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. U.S. Army Roadmap for Unmanned Aircraft Systems 2010-2035. – Alabama: U.S. Army UAS Center of Excellence, 2010. – 126 p.
2. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / под ред. В.С. Фетисова. – Уфа: Фотон, 2014. – 217 с.
3. Nakamura, R. Characteristics of ultra-wideband radar echoes from a drone / R. Nakamura, H. Hadama // IEICE Communications Express – 2017. – Vol. 1–6. – P. 25-30.
4. Jian M. Drone Detection and Tracking Based on Phase-Interferometric Doppler Radar / M. Jian // Radar Conference, 2-18 IEEE. – IEEE, 2018. – P.1146–1149.
5. Ананенков, А.Е. К вопросу о наблюдении малоразмерных беспилотных летательных аппаратов / А.Е. Ананенков и др. // Труды МАИ. – 2016. – № 91. – С. 78-85.

УДК 629.7

О.Н. Скрышник

Белорусская государственная академия авиации

СИСТЕМА БАЗОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАК МЕХАНИЗМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОРВД

Безопасность полетов (БП) является ключевым и приоритетным направлением в деятельности авиационной транспортной системы. Мировое авиационное сообщество, и прежде всего ИКАО, проводят значительную работу в этом направлении. Так, на 13-й аэронавигационной конференции (2018 г.) обсуждались положения Глобального плана обеспечения БП (Дос. 10004), обновленная редакция которого принята на период 2020-2022 гг. План содействует внедрению государственной системы контроля за обеспечением БП, применению основанного на оценке риска подхода к управлению БП, а также координированному подходу к сотрудничеству между государствами, регионами и авиационной отраслью. В Плане изложен комплекс мер и даны рекомендации, с помощью которых авиационное сообщество (государства, группы государств, организации в регионах) смогут скоординированно выявлять факторы опасности и уменьшать риски для БП [1].

Одним из критических элементов системы контроля за обеспечением БП ИКАО указывает технический инструктивный материал, средства и предоставление важной для безопасности полетов информации. Это подразумевает наличие и использование при оценке уровня БП четких не только качественных, но и количественных показателей, характеризующих тот или иной элемент, влияющий на безопасность полетов.

К таким показателям (для государства) относится введенный с 2020 г. индекс контроля за обеспечением БП. Индекс контроля за обеспечением БП – это математическая функция, сопоставляющая показатель ЕІ государства и объем движения с целевым показателем ЕІ системы контроля за обеспечением БП, который рассчитывается с помощью логарифмической регрессии на глобальной основе. Индекс контроля за обеспечением БП будет иметь тенденцию к уменьшению, если объем движения увеличивается, а показатель ЕІ остается без изменений. Поставлена цель достичь всеми государствами уровня ЕІ больше 1.

Индекс контроля за обеспечением БП подразделяется на три функциональные категории, одной из которых является аэронавигация – в этой категории сгруппированы показатели, касающиеся аэродромов и наземных средств (AGA) и аэронавигационного обслуживания (ANS). Таким образом, через индекс контроля за БП достигается одна из целей Плана – наличие надлежащей аэронавигационной инфраструктуры для обеспечения БП.

Важнейшую роль в решении задач аэронавигации с обеспечением требуемого уровня безопасности полетов играет система организации воздушного движения (ОрВД), направления развития которой отражены в Глобальном аэронавигационном плане (ГАНП) [2] и соответствующих дорожных картах.

В 6-й редакции ГАНП впервые предложена концепция базовых фундаментальных блоков (BBB - Basic Building Blocks), по сути – базовых показателей, в виде требований в отношении наличия надлежащей инфраструктуры для предоставления основных видов обслуживания. Концепция BBB является основой любой современной и надежной аэронавигационной системы с указанием базовых видов аэронавигационного обслуживания, которое необходимо предоставлять международной гражданской авиации в соответствии со стандартами и рекомендуемой практикой (SARPS) ИКАО и Правилами аэронавигационного обслуживания (PANS).

Базовыми видами обслуживания (рисунок 1) определены: эксплуатация аэродромов, ОрВД, поиск и спасание, метеорологическое обеспечение и аэронавигационная информация. Предоставление таких этих видов обслуживания составляет основу

для любого эксплуатационного усовершенствования, направленного на повышение эффективности системы в рамках блочной модернизации авиационной системы (ASBU).



Рисунок 1 – Базовые виды обслуживания согласно концепции БВВ

В системе БВВ также определяются конечные пользователи базовых видов обслуживания средства и технологии, которые необходимо задействовать для предоставления таких видов обслуживания (инфраструктура связи, навигации и наблюдения).

Согласно 4-х уровневой модели ГАНП, концепция БВВ является независимой системой, неким базовым уровнем, а не отдельным блоком в системе ASBU (рисунок 2). Этот базовый уровень устанавливается на основании базовых видов обслуживания, согласованного государствами – членами ICAO, с тем, чтобы международная гражданская авиация могла развиваться безопасным и упорядоченным образом. При этом через систему БВВ предоставляется требуемый инструментарий для проведения комплексных анализов экономических моделей в целях реализации их конкретных эксплуатационных усовершенствований. Следует отметить, что блочная модернизация авиационной системы (ASBU) должна быть взаимосвязана с предоставлением основных видов обслуживания, указанных в системе ключевых компонентов (БВВ).



Рисунок 2 – Многоуровневая структура ГАНП для глобального, регионального и национального аэронавигационного планирования

Система ключевых компонентов BBB представляет собой набор качественных и, желательно, количественных характеристик, которым должна удовлетворять система (виды аэронавигационного обслуживания воздушных судов) на национальном, региональном и глобальном уровне.

Компоненты BBB являются обязательными видами обслуживания, которые должны предоставляться в соответствии со Стандартами и Правилами аэронавигационного обслуживания (PANS) ИКАО. В отличие от нее, ASBU представляет собой ряд эксплуатационных усовершенствований, направленных на повышение на добровольной основе эффективности аэронавигационной системы. Поэтому на национальном уровне государствам следует обеспечить предоставление предлагаемых компонентов BBB, прежде чем внедрять эксплуатационные усовершенствования в рамках ASBU. Для этого рекомендовано включать планы предоставления базового обслуживания, указанного в системе ключевых компонентов (BBB), в национальные аэронавигационные планы.

В качестве примера применения концепции BBB, на рисунке 3. представлен набор устанавливаемых на ее основе качественных показателей для характеристики одного из базовых видов обслуживания – эксплуатация аэродромов, а также пользователи этого вида обслуживания.

Таким образом, предложенная в 6-й редакции ГАНП концептуальная модель блочной модернизации авиационной системы (ASBU), предусматривает внедрение масштабируемых эксплуатационных усовершенствований только по завершении работы по организации базовых видов обслуживания, определенных в качестве BBB.

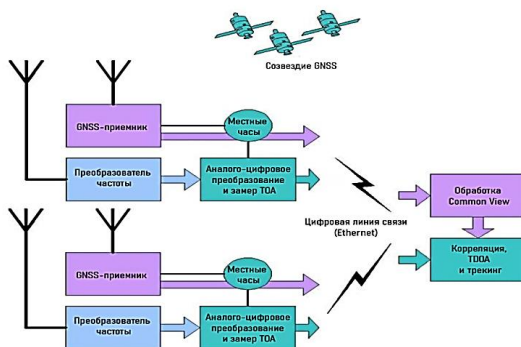


Рисунок 3 – Набор базовых показателей и пользователи вида обслуживания «Эксплуатация аэродрома»

В существующей концептуальной модели BBB отсутствуют требования об обеспечении качества предоставляемых аэронавигационных данных и информации. В связи с особым значением качества данных для любых базовых видов обслуживания в рамках деятельности служб аэронавигационной информации и всеобщей потребностью в обмене аэронавигационными данными это может оказать отрицательное влияние на глобальную систему. В этой связи на 40-й Ассамблее ИКАО было принято решение о включении в систему BBB требования об обеспечении качества предоставляемых аэронавигационных данных и информации, а также о разработке положений по обеспечению единообразия моделей обмена аэронавигационной информацией (AIXM) и их эволюции в целях внедрения эксплуатационных усовершенствований в области управления аэронавигационной информацией в рамках концептуальной модели ASBU.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дос 10004: Глобальный план обеспечения безопасности полетов. – Монреаль, 2020. – 120 с.
2. Дос 9750: Глобальный аэронавигационный план. – Монреаль, 2019. – 88 с.

УДК 519.23; 629.056.8

О.Н. Скрыпник, Р.О. Арефьев, Н.Г. Арефьева

Белорусская государственная академия авиации, Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОМОБИЛЬНЫХ ПСЕВДОСПУТНИКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

В соответствие с рекомендациями ИКАО удовлетворение требований к точности навигационного обеспечения этапа посадки воздушных судов (ВС) возможно при функциональном дополнении спутниковых систем навигации (ССН) средствами дифференциальной коррекции. Однако в качестве функционального дополнения можно рассматривать и псевдоспутники (ПС) – радиомаяки, излучающие сигналы в формате ССН [1]. При этом возникает задача оптимального размещения ПС в зоне аэродрома для достижения наилучшей точности позиционирования по ССН.

Известно, что в ряде случаев определяющее влияние на точность позиционирования в ССН оказывает геометрический фактор (ГФ) системы. Ввиду изменения геометрии ССН с течением

времени из-за орбитального движения навигационных спутников (НС), оптимальное положение наземного ПС также будет изменяться. Поэтому для достижения наилучшей точности позиционирования на каждый момент времени необходим мобильный ПС.

Применение мобильного ПС наземного базирования имеет ряд проблем, например, затенение его сигналов, ограничения на скорость и зону перемещения и другие. Поэтому предлагается рассмотреть применение ПС, размещенного на беспилотном летательном аппарате (БПЛА). Аэромобильность существенно расширяет динамические свойства ПС и возможности устойчивого приема его сигналов [2], а также позволяет применить такой метод при заходах ВС на посадку по гибким траекториям. При этом необходимо решить задачу нахождения оптимальной траектории перемещения БПЛА в зоне аэродрома. Под оптимальной траекторией полета БПЛА будем понимать такую, которая обеспечивает наилучшую точность позиционирования ССН в точках траектории захода ВС на посадку.

Точность позиционирования ССН можно характеризовать значением пространственного ГФ *PDOP* (*Position Dilution of Precision*) или его составляющих – вертикального *VDOP* и горизонтального *HDOP* ГФ в точке наблюдения. При этом $PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2$, а точность определения местоположения (горизонтальных координат) и точность определения высоты полета ВС связаны со значениями соответствующих ГФ выражениями

$$\sigma_r = \sigma_R \cdot HDOP, \quad \sigma_H = \sigma_R \cdot VDOP,$$

где σ_r – среднеквадратическая погрешность (СКП) определения местоположения, σ_H – СКП определения высоты, σ_R – СКП измерения псевдодалности до навигационных спутников.

Задача нахождения оптимальной траектории полета БПЛА решалась методом Хука-Дживса. Рассмотрена гибкая траектория захода ВС на посадку, образованная совокупностью 20 дискретных точек (рисунок 1) с расстоянием между ними около 700 м. Криволинейная часть траектории проходит на высоте 600 м от точки *IA* (*Initial Approach*) до точки *FA* (*Final Approach*). Точка *FA* расположена на расстоянии около 7 км от начала взлетно-посадочной полосы (ВПП). Прямолинейная часть траектории проходит от точки *FA* до точки касания ВПП с углом наклона глиссады 3 градуса. Рассмотрены задачи оптимизации траекторий одного и двух БПЛА при скорости их полета, равной скорости ВС (250 км/ч).

В качестве критерия оптимизации использовался минимум пространственного ГФ $PDOP$ для навигационных определений в ВС в дискретных точках его траектории посадки:

$$G\Phi_i(\bar{X}_{ПСi} | \bar{X}_{BCi}, \bar{X}_{НС1}, ..., \bar{X}_{НСki}) \rightarrow \min, \text{ и}$$

$$G\Phi_i(\bar{X}_{ПС1i}, \bar{X}_{ПС2i} | \bar{X}_{BCi}, \bar{X}_{НС1}, ..., \bar{X}_{НСki}) \rightarrow \min$$

где $\bar{X}_{ПСi}, \bar{X}_{ПС2i}$ – искомые вектора координат 1-го и 2-го ПС (БПЛА) в i -й точке траектории в i -й момент времени, $\bar{X}_{BCi}$ – координаты ВС в i -й точке траектории в i -й момент времени, $\bar{X}_{НСi}$ – известные координаты НС, находящихся в зоне видимости, k – количество видимых НС.

На рисунке 1 показаны траектории полета БПЛА, полученные при решении задачи оптимизации по критерию минимума $PDOP$ для следующих сценариев: а) – один БПЛА, высота полета $H_1=300$ м (кривая 1), $H_1=50$ м (кривая 2); б) – два БПЛА, H_1 (кривая 1)= H_2 (кривая 2)=50 м; в) – два БПЛА, $H_1=150$ м (кривая 1), $H_2=50$ м (кривая 2).

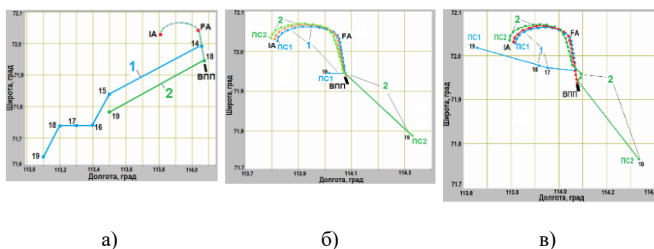


Рисунок 1 – Оптимальные траектории полета при применении:

а) одного БПЛА; б, в) двух БПЛА

Для оценки эффективности использования аэромобильных ПС проведено сопоставление с результатами, опубликованными в [3] для оптимально расположенных наземных (стационарных) ПС. Проведенные исследования показали, что применение аэромобильных ПС, размещенных на БПЛА, движущихся по оптимальным траекториям, позволяет повысить точность позиционирования за счет снижения величины ГФ. Так, величина $PDOP$ уменьшилась на 30 % с 1,66 (ПС установлен в точке FA) до 1,16 (один аэромобильный ПС) и на 28–21 % с 1,53–1,4 (два наземных ПС, установлены на удалении соответственно 1 км и 10 км относительно друг друга симметрично оси ВПП) до 1,1 (два аэромобильных ПС).

Проведенные исследования также позволяют определить следующие основные особенности применения аэромобильных псевдоспутников:

при оптимизации по минимуму $PDOP$ ($VDOP$) траектории БПЛА располагаются вблизи траектории захода ВС на посадку до тех пор, пока траектория полета ВС выше траектории полета БПЛА.

при снижении ВС ниже высоты полета БПЛА оптимальные траектории значительно отклоняются от траектории полета ВС, что затрудняет их реализацию на практике;

для получения реализуемых на практике оптимальных траекторий необходимо использовать БПЛА на возможно более низких высотах полета.

применение двух аэромобильных ПС не дает существенного выигрыша в точности (5–7 %).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабуров, В.И. Исследование точности навигационных определений летательных аппаратов по системе ГЛОНАСС и псевдоспутникам в арктическом регионе России / В.И. Бабуров, Н.В. Васильева, Н.В. Иванцевич // Региональная информатика и информационная безопасность: сб. трудов. – СПб: СПОИСУ, 2016. – С.340–344.

2. Jones, Michael. Army pseudolites: What, why and how? GPS World. August 9, 2017. [Электронный ресурс] / Michael Jones. – Режим доступа: <https://www.gpsworld.com/army-pseudolites-what-why-and-how/>. – Дата обращения 30.03.2020.

3. Арефьев, Р.О. Совершенствование аэронавигационного обеспечения этапа посадки путем оптимизации размещения псевдоспутников ГЛОНАСС / Р.О. Арефьев, Н.Г. Арефьева, О.Н. Скрыпник //Труды МАИ. – 2017. – № 92. – С. 28.

УДК 621.396.969

В.Г. Тарасюк, С.В. Крескиян

Белорусская государственная академия авиации

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАЗЕРНОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА В СИСТЕМЕ ОБЗОРА ЛЁТНОГО ПОЛЯ

Одним из основных направлений деятельности гражданской авиации является обеспечение безопасности полётов (далее – БП). БП воздушных судов – комплексная характеристика деятельности в области авиации, определяющая способность выполнения полетов воздушных судов без угрозы для жизни и (или) здоровья граждан [1]. Обеспечение БП должно осуществляться на всех этапах функционирования воздушных перевозок. Одними из самых

сложных этапов полёта являются взлёт и посадка ВС. Именно здесь происходит больше всего авиационных происшествий. Для контроля за передвижением объектов по взлётно-посадочной полосе, рулёмным дорожкам, перрону на территории гражданского аэродрома устанавливается радиолокатор обзора лётного поля (далее – РЛ ОЛП). Полученная информация с РЛ ОЛП поступает на индикатор обзора диспетчеру УВД. На индикаторе показано передвижение воздушных судов, спецавтотранспорта и другой техники. Однако кроме вышеперечисленных объектов на полосе могут оказаться животные, которые могут помешать воздушному судну осуществить руление, разбег или посадку. Так, в Российской Федерации за 10 лет произошло 13 случаев столкновения воздушных судов с дикими животными, а также 85 инцидентов, обусловленных угрозой столкновения ВС с дикими животными, вышедшим

на ВПП [2]. У современных радиолокаторов недостаточная разрешающая способность для обнаружения и идентификации малоразмерных объектов. Одним из способов повышения разрешающих характеристик системы обзора лётного поля может быть применение лазерного интерферометра в качестве датчика углового положения объектов. Алгоритмы работы данного устройства известны. Однако в реальных условиях аэропорта лазерный интерферометр должен работать при наличии помех, которые искажают сигнал и затрудняют определение углового положения объектов.

Для исследования характеристик лазерного интерферометра в условиях аэропорта была разработана имитационная модель в среде моделирования SIMULINK. Чтобы получить как можно более точные характеристики, модель запускалась 200 раз для каждого условия [3]. В модели предусмотрено варьирование таких параметров как: число ячеек матричного фотоприёмника, мощность сигнала, соотношение сигнал/шум и др.

Была проведена проверка на нормальность полученных результатов по критерию согласования Пирсона [4]. На рисунке 1 показана гистограмма распределения эмпирических частот и теоретической кривой.

Согласно критерию согласования Пирсона, можно сделать вывод, что полученные результаты подчиняются нормальному закону распределения случайных величин.

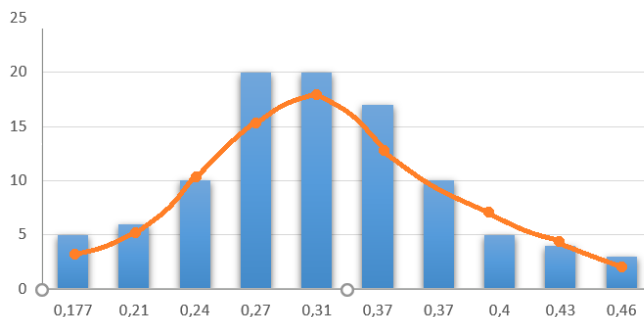


Рисунок 1 – Гистограмма распределения эмпирических частот и теоретической кривой

Также с помощью модели были получены значения дисперсии и среднеквадратического отклонения (далее – СКО) угла рассогласования при изменении характеристик модели (имитации различных условий). Угол рассогласования выбирался равным 0 радиан. На рисунке 2 представлен график зависимости СКО угла рассогласования при различных мощностях излучения когерентного источника.

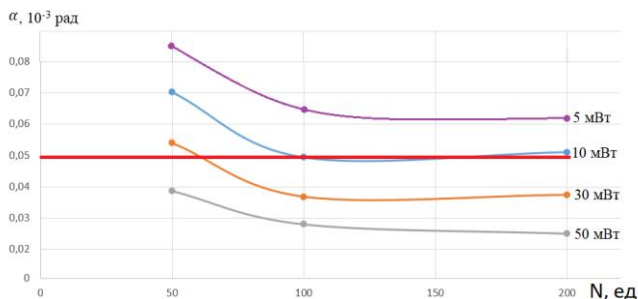


Рисунок 2 – Графики зависимости СКО угла рассогласования от количества ячеек фотоприёмника при различных мощностях

Мощность излучения варьировалась от 5 до 50 мВт. Количество ячеек фотоприёмника от 50 до 200 единиц. Точность определения угловых координат принимается равной $0,5 \cdot 10^{-4}$ радиан (обозначена красной линией на рисунке 2).

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

– при увеличении мощности излучения уменьшается значение СКО угла рассогласования и как следствие повышается точность определения углового положения объекта;

– значение СКО угла рассогласования уменьшается при увеличении количества ячеек фотоприёмника с 50 до 100 единиц, дальнейшее увеличения количества ячеек до 200 единиц несущественно влияет на СКО угла рассогласования и как следствие на увеличение точности;

– мощность излучения в 5 мВт не обеспечивает заданную точность определения угловых координат, при увеличении мощности до 10 мВт и увеличении количества ячеек с 50 до 100 заданная точность обеспечивается.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении Национальной программы по безопасности полетов гражданской авиации Республики Беларусь: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 22.08.2019, N 563 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Наццo центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

2. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. - М.: Высшая школа, 2003. - 479 с.

3. Черненко, В.Д. Высшая математика в примерах и задачах / В.Д. Черненко. – СПб.: Политехника, 2003. - 476 с.

УДК 629.7.058

С.О. Федченко, С.В. Крескиян

Белорусская государственная академия авиации

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ СЕТЕЙ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ В СИСТЕМЕ УВД

Структура обмена информацией между диспетчером управления воздушного движения (УВД), пилотом воздушным судном (ВС) и аэронавигационным оборудованием представлена на рисунке 1.

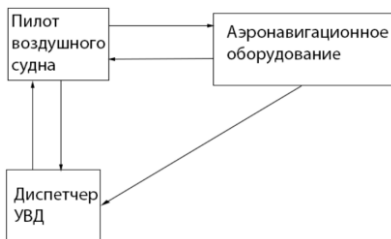


Рисунок 1 – Существующая система обмена информацией в системе УВД

Основную роль в процессе УВД возлагается на человека. Диспетчер УВД получает аэронавигационные данные и поддерживает связь с пилотом ВС, передавая последнему необходимые инструкции для успешного выполнения полетного задания [1]. В свою очередь на командире воздушного судна лежит окончательное принятие решений по управлению ВС.

Данная организация УВД недостаточно неэффективна, так как в случае неправильно принятого решения по управлению ВС неизбежны авиакатастрофы [2]. С целью повышения авиационной безопасности полётов, а также сокращению простоев ВС следует автоматизировать процесс управления, путём обновления автоматизированных систем управления воздушного движения.

В первую очередь автоматизация управления включает в себя исключение неэффективных и излишних источников информации (к ним относят ряд наземных локационных и навигационных станций, при условии перевода их функционала на спутниковые системы слежения). Данный аспект уже имеет технически возможную реализацию, данная задача решится в скором времени [1]. Второй этап автоматизации состоит в исключении человека из системы управления (подразумевается исключения диспетчера УВД и пилотов ВС).

Таким образом, вся полётная информация будет представлять собой большой поток непрерывно передающихся данных. Для организации такой системы требуются большие вычислительные мощности и высокая скорость передачи информации между вычислителем ВС и наземным вычислительным комплексом (рисунок 2). Кроме того, благодаря оцифровки органов управления, станет возможно наблюдать малейшие отклонения в откликах бортовых система ВС, что позволит оперативно доставлять необходимые комплектующие и тем самым сокращать время ремонта и обслуживания ВС в целом. Высокая точность работы автоматизированных систем позволяет сокращать время простоев ВС с включенным двигателем, что положительно скажется на экологии воздушной отрасли перевозок. За счёт исключения человека из системы УВД и переоборудованию ВС и диспетчерских пунктов УВД стоимость авиаперевозок сократиться.

Для связи всех элементов в единую систему можно использовать сетевое облако. Данный принцип закладывает минимальные эксплуатационные затраты и позволяет оперативно реагировать на изменения в вычислительных потребностях без внедрения в летальные аппараты новых вычислителей.



Рисунок 2 – Перспективная система обмена информацией в системе УВД

Вывод. Для дальнейшего анализа возможности обновления автоматизированных систем УВД требуется сформировать требования к данной сети, создать её модель, провести статистическое моделирование и обработать результаты. На ранних этапах исследования основным критерием является скорость передачи данных, так как вычисления будут производиться в реальном масштабе времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. New trends in civil aviation: NTCA 2017: сборник докладов. - CRC Press, 2018. – 432 с.
2. Gero, D. Aviation Disasters - the World's Major Civil Airliner Crashes Since 1950 / D. Gero. - The History Press, 2013. – 397 с.

УДК 621.396.6

К.А. Федюкович, В.А. Красковский

Белорусская государственная академия авиации

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ КАМЕР ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ВОЗДУШНОМ СУДНЕ

На современном этапе развития авиации существует множество перспективных направлений. Одним из таких является разработка визуальной автоматизированной системы посадки (лазерная система посадки). Данная система базируется на получении изображений с камеры, установленной на борту воздушного судна (ВС), обработке полученных данных и выводе информации для захода на посадку [1].

Структурная схема такой системы представлена на рисунке 1.

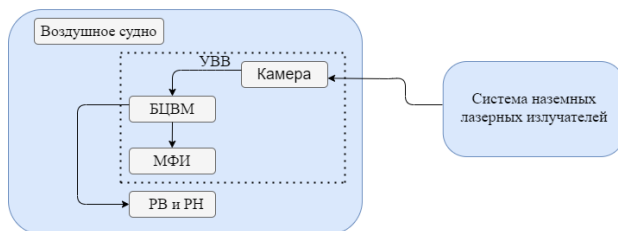


Рисунок 1 – Структурная схема лазерной системы посадки:
 УВВ – устройство ввода-вывода; БЦВМ – бортовая цифровая вычислительная машина; МФИ – многофункциональный индикатор;
 РВ – руль высоты; РН – руль направления

Собственно говоря о выборе камеры для видеонаблюдения с ВС, стоит отметить несомненные преимущества цифровой камеры. Основными достоинствами цифровой обработки являются:

1. передача сигнала в цифровом формате с меньшими помехами;
2. изображение является более чётким и качественным;
3. существуют возможности видеоаналитики (распознавание объектов, пересечение линий и т.д.);
4. сигнал от нескольких камер может передаваться по одному кабелю и др.

Касаемо наиболее важных параметров любой камеры, стоит отметить значимость разрешающей способности, чувствительности и стабилизации.

Разрешающая способность видеокамеры измеряется в ТВЛ (телевизионные линии) – это параметр, характеризующий детальность изображения. Таким образом, чем больше разрешение видеокамеры, тем чётче можно наблюдать отдельные детали.

Что касаемо стабилизации камеры, существует два основных вида: механическая и электронная. Для разработки системы посадки был выбран электронный вид. Стабилизация здесь происходит на программном уровне и заключается в работе процессора, который непрерывно сравнивает поступающие кадры, определяя изменение картинки. Это позволяет не потерять изображение при сильной тряске, экстремальных температурах и т.д. [2].

Для цели посадки самолёта будет достаточно 200–300 кадров в секунду, что значительно увеличивает спектр для выбора наиболее подходящей камеры.

Проанализировав некоторые характеристики различных типов камер, выбор был остановлен на камере производства Baumer. Данный тип камер применяется для обеспечения различных задач

машинного зрения с высокими требованиями к качеству и четкости изображения. Высокая чувствительность и качество позволяют обеспечить точную и надежную оценку изображения.

Говоря о конкретной модели данного типа камер, была выбрана модель Baumer LXC. Эта серия камер позволяет осуществить качественную съемку без потерь изображения и пересылку полученных данных на бортовой компьютер. Основные характеристики выбранной камеры представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики камеры Baumer LXC-20C

Наименование характеристики	Номинальное значение
Напряжение питания	+12...24 В
Разрешение	2048 × 1088 пкс
Выдержка	0,03 ... 1000 мс
Матрица	2/3" К-МОП
Диапазон температур	+5 ... +64 °С
Крепление объектива	C-mount
Ширина	60 мм
Высота	60 мм
Вес	≤285 г
Материал корпуса	Алюминий

Матрица CMOS (complementary metal-oxide-semiconductor) выигрывает в выборе ввиду меньшего энергопотребления и стоимости. Также такой тип матрицы оцифровывает каждый пиксель сразу, в отличие, например, от матрицы CCD (charge-coupled device).

В связи с упомянутыми выше требованиями к работе камеры компьютерного зрения, модель Baumer LXC-20C полностью удовлетворяет корректному получению и обработке изображений [3].

В авиации для коммутации внешних устройств с БЦВМ используют стандарты ARINC. Для осуществления организации межсистемного обмена информацией используется стандарт ARINC 429. Сообщения передаются со скоростью 12,5 или 100 кБит/с на другие элементы системы, которые контролируют сообщения шины данных [3].

Что касается размещения камеры на борту ВС, есть множество вариантов: крепление на крыло самолета, в носовой части, в области приемника воздушного давления, на переднюю стойку шасси и т.д. Так как данный вид съемки необходим для получения информации с целью посадки ВС, нужно учитывать влияние погодных условий, перепадов давления и т.д. Таким образом,

наиболее приемлемым вариантом будет установить камеру под носовым обтекателем в герметичном и устойчивом корпусе.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Олихов, И.М. Лазерные курсоглиссадные системы посадки воздушных судов / И.М. Олихов, Г. Столяров, В. Степанов. – Электроника НТБ. – 2013. – № 5. – С.124 - 132.
2. Гурский, Ю.А. Цифровая фотография. Трюки и эффекты / Ю.А. Гурский. – СПб.: Питер, 2010. – 448 с.
3. Камеры с CMOS сенсорами высокого разрешения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cameraiq.ru/catalog/series/seriia-LXC-videokamery-mashinnogo-zreniia>. – Дата доступа: 27.09.2020.
4. Авиационная радиокорпорация ARINC [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.npcas.ru/wiki/aviatsionnaya-radiokorporatsiya-arinc.html#title5>. – Дата доступа: 01.10.2020.

УДК 621.315:629.7

И.А. Фролов, А.Г. Гасилин

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ПРИМЕНЕНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ПУЛЬ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Достигнутый прогресс в исследовании нелинейно-оптических интерференционных систем указывает на перспективность их использования для обработки и коррекции световых полей в реальном времени, передачи информации, осуществления частотного преобразования изображений, формирования заданных пространственно-временных структур лазерного излучения, осуществления логических операций, реализации систем ассоциативной памяти. Постоянный интерес к подобным исследованиям связан с возможностью привнесения в технику обработки информации преимуществ оптических методов, включая коммутацию большого числа каналов, прямое хранение изображений и осуществление интегральных преобразований. Оптический диапазон частот обеспечивает более широкую полосу пропускания и предельно допустимое быстродействие.

В последнее время возрос интерес к исследованию устойчивых локализованных световых волн, ограниченных нелинейными механизмами по всем трем пространственным направлениям, трехмерными оптическими пучками, которые открывают возможности практических приложений, таких как сверхбыстрые полностью оптические системы обработки данных или высокоточная интерферометрия.

Диссипативные оптические пули, могут формировать многосолитонные комплексы, отличаются значительной устойчивостью, разнообразием структур, более простым формированием, вследствие чего могут найти применение в различных областях. Значимыми является даже малейшая разбалансировка баланса между усилением и потерями. И вместо одного баланса мы рассматриваем сложный баланс между несколькими физическими явлениями.

Приближенный метод моментов с аппроксимацией поля трехмерным гауссовым распределением позволяет найти ориентировочные параметры, при которых могут существовать пули, однако надежные результаты получаются только при численном решении.

За начальные брались близкое к симметричному распределение интенсивности и постоянное значение фазы. Переходный процесс включал стадию формирования волн переключения, движущихся в радиальном направлении, и резкое увеличение пиковой интенсивности после их столкновения. Возбуждение пули жесткое (пороговое).

Начальные структуры излучения с малой энергией постепенно рассасываются, а при больших формируется расширяющаяся сферическая волна переключения, отвечающая постепенному увеличению объема переключенной в генерационное состояние области. Деформации волнового фронта связаны с нелинейной фокусировкой. Переходный процесс включает осцилляции, затухающие при больших z , что подтверждает устойчивость оптических пуль. В некотором диапазоне имеются метастабильные осцилляции локализованных структур. Они могут быть стабилизированы слабой пространственной неоднородностью.

Существование устойчивых движущихся пуль и солитонных комплексов позволяет рассматривать их столкновения. Результат столкновения сильнее всего зависит от скорости, прицельного расстояния и разности фаз. Численное моделирование столкновений выявило присущий только для трехмерных лазерных солитонов сценарий - формирование волны переключения, расширяющейся и последовательно переключающей все пространство в режим генерации. Значение коэффициента усиления, при котором наблюдается этот сценарий, значительно превышает соответствующее максвелловское значение, при котором одномерные и двумерные солитоны не существуют.

Ориентация комплексов и их движение зависят от симметрии пространственно-временных характеристик схемы, которые можно контролировать выбором эффективных коэффициентов параметров диффузии искусственных сред и от симметрии расположения солитонов в комплексе.

Диссипативные оптические пули могут быть реализованы в усилителе с насыщающимся усилением и поглощением или в протяженном резонаторе, заполненном средой с нелинейными усилением и поглощением. Для сигналов с большей интенсивностью потери компенсируются, и среда для них становится прозрачной, что благоприятно при обработке информации и связи с высоким отношением сигнала к шуму.

Существует несколько возможностей для практического использования данных оптических структур. Например, оптический захват и транспорт нейтральных атомов, которые могут эффективно удерживаться в центре оптического вихря за счет действия оптической дипольной силы в поле лазера. Подобная ловушка в состоянии сохранить порядка 10^8 атомов рубидия в узкоограниченной области 2 мм в отсутствии магнитных полей [2].

Другой возможностью использования оптических вихрей является перспектива их применения в телекоммуникационных системах.

Важная особенность использования оптических вихрей в качестве носителей информации – использование дополнительной степени свободы для увеличения объема кодируемой информации. Представлены практически принципы такого кодирования, когда четыре пучка с различными значениями орбитального углового момента $S = -8, 10, 12, -14$ создавались после отражения от спиральных фазовых масок, попарно смешивались с использованием трех светоделителей в суперпозиционное состояние. Обратный процесс сводился к повторному отражению сформированного пучка от спиральных фазовых пластинок [1]. Представленный способ мультиплексирования нескольких информационных каналов позволяет добиться скорости передачи информации порядка 2 Тбит/с, что устанавливает новый предел плотности передачи данных в оптических каналах связи.

Пространственная периодическая модуляция свойств среды позволяет управлять частотной дисперсией и дифракцией волн. К числу наиболее перспективных относится нелинейно-оптическое направление современной оптики, поскольку именно с ее свойствами фотонных кристаллов связан возросший в последнее время интерес к оптической бистабильности, оптической памяти, переключению и оптической обработке информации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кившарь, Ю. С. Оптические солитоны. От волоконных световодов до фотонных кристаллов / Ю.С. Кившарь, Г.П. Агравал. – М.: Физматлит, 2005. – 648 с.

УДК 621.396.96

В.В. Харченко, С.В. Рудый, Д.В. Харченко

*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»*

МОДЕЛЬ МНОГОЧАСТОТНОЙ АНТЕННЫ СИСТЕМЫ СОТОВОЙ СВЯЗИ

При организации радиосвязи часто возникает необходимость обеспечить возможность передачи информации в различных частотных диапазонах. Для решения такой задачи возможно использование совокупности антенно-фидерных устройств, каждое из которых обеспечит передачу информации в определенном диапазоне частот. Однако перспективным видится использование антенных систем, которые позволят реализовать функции нескольких антенн в одной антенной конструкции, что, несомненно, улучшит показатели надежности и экономическую эффективность комплексов связи в целом.

В условиях постоянно усложняющейся электромагнитной обстановки в районах эксплуатации большого числа радиотехнических средств антенные системы комплексов радиосвязи должны отвечать все более высоким требованиям, предъявляемым к ним. Улучшение показателей, по которым оценивается эффективность функционирования комплекса радиосвязи в целом, в большой степени зависит от характеристик антенных систем, структурно входящих в этот комплекс.

В последние годы в связи с развитием систем сотовой связи новых поколений возникла необходимость разработки многочастотных антенн для базовых станций в диапазонах 900, 1800, 2000 МГц и выше.

В частности, для повышения скорости передачи данных, пропускной способности канала связи, связанной с ней помехоустойчивостью и улучшения электромагнитной обстановки возможно применение многочастотных антенных решеток, которые позволят заменить целый ряд антенно-фидерных устройств, каждое из которых функционирует в своем частотном диапазоне [1].

В качестве многочастотной антенны системы сотовой связи может рассматриваться цилиндрическая антенная решетка щелевых излучателей, варианты построения которой представлены на рисунке 1.

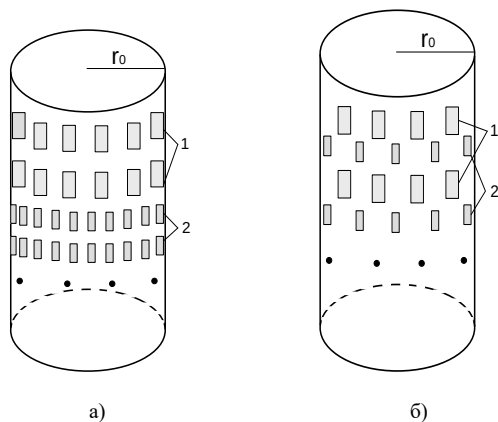


Рисунок 1 – Варианты построения многочастотной антенны

Варианты построения многодиапазонной цилиндрической АР, представленные на рисунках 1а и 1б отличаются геометрическим расположением излучателей, формирующих кольцевые антенные решетки 1 и 2. Предполагается, что на одной несущей конструкции можно будет расположить 3–4 кольцевые антенные решетки, работающие в разных частотных диапазонах. При этом должны быть учтены все электродинамические особенности размещения излучателей в соседних решетках, и, в первую очередь, их взаимная связь в решетках.

В системах сотовой связи важным вопросом является возможность обеспечить передачу данных в заданном направлении. Причем в азимутальной плоскости антенной системы должна быть обеспечена передача в диапазоне углов от 0 до 360 градусов. Предлагаемая цилиндрическая конструкция антенны позволит это осуществить электрическим способом, при этом излучающая система находится на одной несущей поверхности в отличие от используемых в настоящее время секторных антенных систем.

Кроме того, известно [2, 3], что наиболее полно совокупности требований по обеспечению заданного сектора сканирования, возможности быстрого углового перемещения главного максимума диаграммы направленности (ДН), независимости характеристик излучения от направления сканирования удовлетворяет цилиндрическая антенная решетка (ЦАР). При этом, для снижения уровня бокового и заднего излучения в таких антеннах может быть использовано спадающее амплитудно-фазовое распределение в излучающем раскрыве антенной решетки (АР).

Особенностью электродинамического анализа предлагаемой модели многочастотной антенны является то, что рассмотренный в [4] подход хоть и является общим, для каждого диапазона будет отличаться значениями частотно-зависимых геометрических и электрофизических параметров антенной конструкции. Кроме того, при решении задач синтеза и анализа многочастотной антенны одним из основных вопросов будет являться оценка и учет взаимной связи излучателей не только в составе решетки (одного диапазона), но и в большей степени взаимного влияния излучателей кольцевых решеток различного диапазона.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сканирующие многочастотные совмещенные антенные решетки / под ред. Л.И. Пономарева. – М.: Радиотехника, 2009. – 328 с.
2. Метод расчета проводимости щелей на круговом цилиндре под слоем магнетодиэлектрика / Д. Д. Габриэлян, М.Ю. Звездина, О.С. Лабушко, В.В. Харченко // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2005. – Вып. 5. – С. 24-29.
3. Инденбом, М.В. Антенные решетки подвижных обзорных РЛС. Теория, расчет, конструкции: монография / М.В. Инденбом. – М.: Радиотехника, 2015. – 416 с.
4. Петров, Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн: учебник / Б.М. Петров. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 558 с.

УДК 621.396.96

С.В. Цуприк, А.С. Солонар

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСТРЕМАЛЬНО- КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ В ОПТИКО- ЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ЗА СЧЁТ ФОРМИРОВАНИЯ ОЦЕНКИ ОПОРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Введение. Область применения оптико-локационных систем (ОЛС) затрагивает как гражданскую, так и военную сферу. Особенно актуальным за последние годы стало применение ОЛС в качестве бортовых комплексов беспилотных летательных аппаратов (БЛА), которые активно используются для: рекогносцировки местности, мониторинга окружающей среды, обеспечения безопасности охраняемых объектов, патрулирования границ, контроля дорожного движения и т.д. При этом главной задачей ОЛС является слежение за наземными объектами, решению которой посвящено множество отечественных и зарубежных публикаций [1–5].

Обзор и анализ данных публикаций показал, что наиболее эффективно задача слежения за наземными объектами может быть

решена в процессе экстремально-корреляционной обработки [3,4]. Экстремально-корреляционная обработка является оптимальной по критерию максимального правдоподобия при условии нулевого фона и наличия истинного изображения объекта и обладает рядом существенных достоинств. К ним относятся: высокая точность выделения объекта на изображении при малых отношениях сигнал-шум, высокая эффективность работы для любых типов и линейных размеров объектов. Главным ограничивающим фактором применения экстремально-корреляционной обработки является неустойчивость к геометрическим изменениям и изменениям яркости, происходящим с изображением объекта в процессе наблюдения.

В таких условиях, повышение эффективности экстремально-корреляционной обработки может быть достигнуто путём формирования оценки опорного изображения по результатам наблюдений. В докладе будет подробно рассмотрен способ формирования оценки опорного изображения.

Теоретический анализ. В простейшем случае, в качестве опорного изображения объекта может быть использована разовая оценка этого изображения, полученная в процессе наблюдения. Такой подход к формированию опорного изображения приводит к частым потерям объекта из-за быстрого накопления ошибки в оценке координат, вызванной ошибками дискретизации и шумами изображения, вносимыми в опорное изображение [1].

Для более эффективного формирования опорного изображения могут применяться различные линейные фильтры. Они широко применяются для выделения объектов на изображении и подавления шумов. Среди линейных фильтров, наиболее эффективным для формирования опорного изображения является экспоненциальный фильтр. Он представляет собой рекуррентный фильтр с бесконечной памятью, который можно описать следующим выражением:

$$\hat{\Theta}_{k+1}(i, j) = \alpha \times \tilde{\Theta}_k(i, j) + \Theta_{k+1}(i, j) \times (1 - \alpha), \quad (1)$$

где $\hat{\Theta}_{k+1}(i, j)$ – значения яркости (i, j) пикселя опорного изображения на текущем $k+1$ -ом кадре; $\tilde{\Theta}_k(i, j)$ – значения яркости (i, j) пикселя фильтрованного изображения на предыдущем k -ом кадре; $\Theta_{k+1}(i, j)$ – значения яркости (i, j) пикселя текущего изображения на $k+1$ -ом кадре; α – параметр фильтра.

При $\alpha=1$ формирование опорного изображения не происходит, а при $\alpha=0$ происходит покадровая смена опорного изображения. Исследования, проводимые в [1] показали, что наиболее приемлемые значения параметра α выбираются в диапазоне 0,9–0,95. Наличие памяти в фильтре делает метод экспоненциальной фильтрации более помехоустойчивым по отношению к случайным сбоям при формировании нового опорного изображения. Однако, модели процессов, используемые при синтезе линейных фильтров, не всегда являются адекватными и соответствуют реальным процессам, протекающим на изображениях.

Результаты исследований. Проведённые исследования в работе [2] показывают, что процессы, протекаемые на изображении ОЛС является нелинейными и нестационарными, а так же обладают межкадровой корреляцией. Поэтому на основании данных исследований предложен способ формирования оценки опорного изображения (рисунок 1).

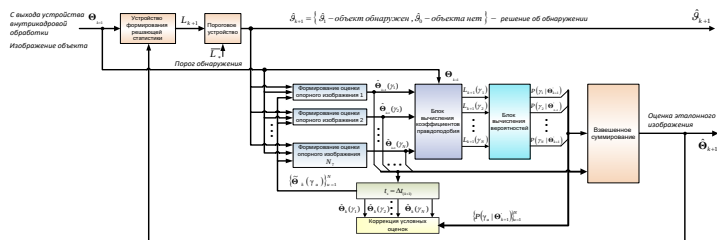


Рисунок 1 – Структурная схема формирования оценки опорного изображения

Оценка опорного изображения $\hat{\Theta}_{k+1}$ формируется на основании $\gamma_n = 1 \dots N_\gamma$, где N_γ – число гипотез, предполагающих, что яркость пикселя во времени может изменяться с различной интенсивностью. Формирование $\hat{\Theta}_{k+1}$ осуществляется в соответствии со следующим выражением:

$$\hat{\Theta}_{(k+1)} = \sum_{i=1}^{L_x} \sum_{j=1}^{L_y} \left(\hat{\Theta}_{i,j(k+1)}(\gamma_1) \times P(\gamma_1 | \mathbf{L}_{k+1}) + \hat{\Theta}_{i,j(k+1)}(\gamma_2) \times P(\gamma_2 | \mathbf{L}_{k+1}) + \dots + \hat{\Theta}_{i,j(k+1)}(\gamma_n) \times P(\gamma_n | \mathbf{L}_{k+1}) \right), \quad (2)$$

Где $\hat{\Theta}_{i,j(k+1)}(\gamma_1), \hat{\Theta}_{i,j(k+1)}(\gamma_2), \dots, \hat{\Theta}_{i,j(k+1)}(\gamma_n)$ – яркости (i, j) пикселей опорных изображений, сформированных в соответствии с гипотезами N_γ ; $P(\gamma_1 | \mathbf{L}'_{k+1}), P(\gamma_2 | \mathbf{L}'_{k+1}), \dots, P(\gamma_n | \mathbf{L}'_{k+1})$ – апостериорные вероятности гипотез $\gamma_n = 1 \dots N_\gamma$; L_x – размер опорного изображения по горизонтали; L_y – размер опорного изображения по вертикали.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Б.А. Алпатов, П.В. Бабаян, О.Е. Балашов, А.И. Степашкин. – М: Радиотехника, 2008. – 176 с.
2. Автоматическое обнаружение и сопровождение динамических объектов на изображениях, формируемых оптико-электронными приборами в условиях априорной неопределённости. Методы и алгоритмы / О.Б. Гузенко, А.Н. Катулев, А.А. Храмичёв, С.В. Ягольников. – М.: Радиотехника, 2015. – 280 с.
3. Теоретические основы цифровой обработки изображений: учеб. пособие / В.А. Сойфер, В.В. Сергеев, С.Б. Попов, В.В. Мясников. – Самара: Самарский гос. аэрокосмич. ун-вер. им. академика Королева, 2000. – 256 с.
4. Баклицкий, В.К. Корреляционно экстремальные методы навигации и наведения / В.К. Баклицкий – Тверь: ТО «Книжный клуб», 2009. – 360 с.
5. Гонсалес, Р. Принципы распознавания образов / Р. Гонсалес, Дж. Ту; пер. с англ.; под ред. Ю.И. Журавлева. – М.: Мир, 1978. – 414 с.

УДК 629.056:058

Д.Н. Черняковский, Р.В. Фёдорцев, А.О. Михайлов,
А.А. Односторонцев, А.В. Вихренко

ООО «НТЛаб-ИС»

БАЗОВЫЙ МОДУЛЬ НАВИГАЦИОННОГО ПРИЁМНИКА ДЛЯ ГРАЖДАНСКИХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Современные спутниковые радионавигационные системы (СРНС) являются сложными комплексами устройств, включающими в себя орбитальные спутники, наземную систему управления и контроля и аппаратуру потребителя, которые позволяют с высокой точностью определять географические координаты наземных, морских и воздушных транспортных средств. Точность определения навигационной аппаратурой потребителя данных о местоположении, скорости и направлении движения объектов во многом зависит от технических характеристик, используемых навигационных приёмников.

Аппаратура потребителя, устанавливаемая на подвижном объекте, осуществляет приём навигационных сигналов от навигационных космических аппаратов (НКА), находящихся в зоне видимости. Навигационный приёмник обрабатывает поступающие сигналы от НКА, декодирует информацию о параметрах излучаемого со спутника сигнала, а также данных об орбитальных параметрах движения самого ИСЗ (эфемеридная информация) и по заложенным внутренним алгоритмам определяет географические координаты подвижного объекта, скорость и направление его движения [1].

На российском сегменте рынка ведущее положение занимают такие предприятия как: ООО «НВС Навигационные Технологии», выпускающее мультисистемные высокоточные навигационные приёмники моделей NV08C-RTK и CSM, NVS-GNSS и др.; компания «Trimble Inc.» предлагает двухчастотный модуль Trimble MB-Two, способный обеспечивать определение местоположения с сантиметровой точностью и направлений ориентации, а также трёхчастотные приёмники BD940, 960, 980; ООО «ИРЗ Связь», разрабатывает компактные мультисистемные навигационные приёмники серии МНП-M; U-blox AG (NEO-M8) и многие др.

Группа компаний «НТЛаб» осуществляет разработку и производство навигационных приемников для применения в различных отраслях. В частности для использования в гражданской авиации была выполнена разработка изделия Базовый модуль навигационного приёмника для гражданских воздушных судов (БМНП), который представляет собой законченный функциональный электронный блок, предназначенный для вычисления текущих значений географической широты, долготы и высоты места, углов пространственной ориентации (рыскания, тангажа и крена), путевого угла, составляющих путевой скорости, других навигационных параметров по сигналам от ИСЗ и выдачи этой информации во внешние устройства по интерфейсам ARINC-429, RS-232, RS-422.

БМНП обеспечивает решение следующих задач:

- Приём и обработку спутниковых сигналов ГЛОНАСС в диапазонах частот L1, L2 (сигналы открытого доступа);
- Приём и обработку спутниковых сигналов GPS в диапазонах частот L1, L2, L5 по открытым кодам;
- Приём и обработку спутниковых сигналов GALILEO в диапазонах частот E1B, E1C, E5a, E5b по кодам открытой службы OS;
- Приём и обработку спутниковых сигналов BEIDOU по открытым гражданским кодам СТ и C/A;

- Приём, хранение и обновление эфемерид и альманахов глобальных навигационных спутниковых систем (далее по тексту – ГНСС);

- Непрерывное определение географических координат местоположения объекта относительно поверхности референц-эллипсоида Земли в системах координат WGS84, СК42, ПЗ90, высоты, углов ориентации (рыскания, тангажа и крена), путевого угла, трех составляющих вектора путевой скорости, времени в формате UTC, других навигационных параметров;

- Формирование навигационного решения как по сигналам отдельных ГНСС, так и совместно по всем системам ГНСС;

- Выдачу навигационного решения с частотой 1–40 Гц по интерфейсам RS-232 и RS-422 по протоколам NMEA и NTCBinary;

- Выдачу выходных информационных слов по интерфейсу ARINC-429 в соответствии с требованиями протокола ARINC-743A и SARPs;

- Приём входных информационных слов по интерфейсу ARINC-429 в соответствии с требованиями протокола ARINC-743A и SARPs;

- Приём, обработку и учёт корректирующих поправок широкодиапазонных дифференциальных подсистем функциональных дополнений ГНСС SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN);

- Приём различных команд управления;

- Автономный контроль целостности навигационных полей рабочих ГНСС с функциями обнаружения и исключения аномальных измерений и прогноз автономного контроля целостности в полете в планируемом пункте и в расчетное время с формированием и выдачей соответствующей информации.

Структурная схема базового модуля навигационного приёмника представлена на рисунке 1. В состав БМНП входят следующие функциональные узлы и блоки: блок центрального процессора; навигационные модули А1, А2, А3; навигационные спутниковые антенны АА, АА2, АА3; модуль внешнего интерфейса.

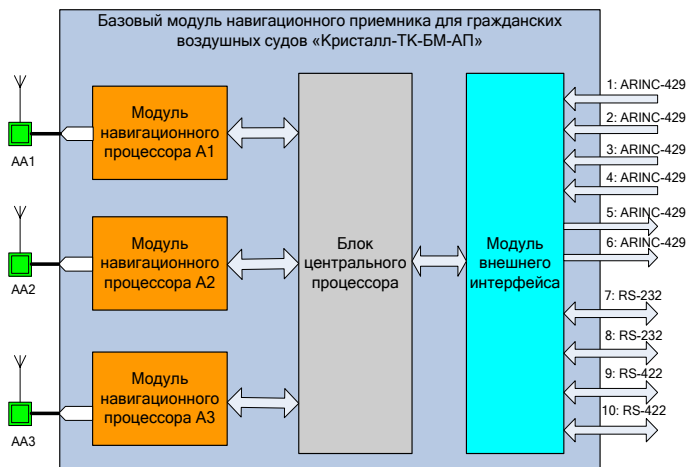


Рисунок 1 – Структурная схема базового модуля навигационного приемника

Базовым узлом всего устройства является блок центрального процессора, который осуществляет полный контроль и управление всей системой. Блок центрального процессора выполняет начальную инициализацию и загрузку всех модулей и узлов, посылку различных команд управления, приём и обработку сырых данных от всех трех навигационных модулей, вычисление на основе этих данных всей необходимой выходной навигационной информации и выдачу этой информации во внешний интерфейс в различных форматах и протоколах.

Необходимую для расчёта информацию блок центрального процессора получает от трех специализированных навигационных OEM-модулей A1, A2, A3. К антенным входам каждого из модулей подключаются активные навигационные антенны AA1, AA2, AA3 для приёма сигналов ГНСС ГЛОНАСС/GPS/GALILEO/BEIDOU в соответствующих частотных диапазонах. Напряжение питания антенн подается на соответствующие контакты разъёмов.

Навигационные модули осуществляют приём и первичную обработку сигналов различных систем ГНСС, приём, хранение, обновление эфемерид и альманахов, вычисление координат, путевой скорости и времени, формирование и выдачу сырых измерений в блок центрального процессора в формате специализированного протокола NOVATEL OEMv4, а также ряд других функций.

После подачи питающего напряжения и выполнения полной диагностики модулей, проводимой центральным процессором, модули А1, А2, А3 формируют начальные сообщения из сырых данных, которые передаются в блок центрального процессора для дальнейшей обработки. Выдача пакета сообщений, относящихся к одному моменту времени, привязана к наличию координатно-временного решения. В случае если координатно-временное решение не получено (недостаточно данных, данные некорректны), пакет сообщений или не выводится, или содержит нули. По мере получения и накопления навигационной информации начинают генерироваться различные пакеты данных. Каждым модулем осуществляется решение навигационной задачи в автономном режиме: вычисление координат, высоты, путевой скорости, а также формирование синхронизированных по времени дальномерных измерений по дальномерному коду и фазе несущей. Среднее время вычисления координат, высоты и скорости – 45 сек. Среднее время вычисления углов пространственной ориентации – 5 минут.

Алгоритмы дифференциального позиционирования RTK позволяют с высокой точностью вычислить координаты фазовых центров антенн АА2 и АА3 относительно фазового центра антенны АА1. На основании этих данных рассчитываются углы пространственной ориентации системы, образованной тремя антеннами. После получения навигационного решения центральный процессор передает эти данные во внешний интерфейс в виде различных информационных пакетов в соответствии с выбранным протоколом обмена (протокол NT или протокол NMEA), а также в соответствии со стандартом ARINC-429. Модуль внешнего интерфейса содержит 4 входных интерфейса типа ARINC-429, 2 выходных интерфейса типа ARINC-429, 2 двунаправленных интерфейса типа RS-232 и 2 двунаправленных интерфейса типа RS-422. Кроме этого, в модуле внешнего интерфейса имеются специализированные интерфейсы RS-232 Debug и USB, которые используются для сервисных технологических целей. На все эти разъемы выводится различная информация. Основные технические характеристики БМНП представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики БМНП

№ п/п	Наименование параметра	Численное значение
	Погрешность автономного определения (по сигналам ГНСС)	
1	плановых координат	4 м
2	высоты	5,6 м
3	составляющих вектора скорости	0,5 м/с

Продложение таблицы 1

№ п/п	Наименование параметра	Численное значение
4	угла крена	10 мин
5	Угла тангажа	10 мин
6	Время «холодного/тёплого старта»	< 60/40 с
7	Погрешность синхронизации формируемой шкалы времени к шкале UTC (SU) с вероятностью 0,95	< 100 нс
8	Протокол обмена	бинарный
9	Номинальное напряжение питания постоянного тока	3 – 5,5 В
10	Мощность, потребляемая от источника питания	< 5 Вт
11	Гарантийный ресурс работы	15 000 ч
12	Продолжительность непрерывной работы	24 ч

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Приёмники спутниковых радионавигационных систем: метод. указания к лаб. работе по курсу «Сетевые технологии и сигнализация в телекоммуникациях» для студ. спец. 1-45 01 03 «Сети телекоммуникаций» всех форм обуч. / сост. И.И. Астровский. – Минск: БГУИР, 2009. – 22 с.

УДК 621.396.96

И.В. Чигирь, Н.К. Кузьмичев

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

СОВМЕСТНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ-ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОЙ ИМИТИРУЮЩЕЙ И МАСКИРУЮЩЕЙ ПОМЕХИ В РАДИОЛОКАТОРАХ ТОЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ НАЗЕМНОГО И ВОЗДУШНОГО БАЗИРОВАНИЯ

Введение. Наибольшей эффективностью подавления импульсно-доплеровских радиолокационных станций (ИД РЛС) обладают комбинированные имитирующие и маскирующие помехи (КИМ-помехи) [1]. КИМ-помеха представляет собой аддитивную смесь узкополосной протяженной по дальности ответной шумовой и уведящих помех (УП) по дальности и скорости [1]. Для работы устройства компенсации маскирующей составляющей КИМ-помехи в канале сопровождения цели по дальности, а также более точного сопровождения постановщика помех по угловым координатам помимо обнаружения ответной шумовой помехи

(ОШП) возникает необходимость оценки вектора ее параметров

$$\mathbf{a}_{\text{ОШП}} = \left\| \Delta f_{\text{ОШП}} \quad T_{0\text{ОШП}} \right\|^T [1].$$

Таким образом, возникают две задачи – обнаружения протяженной по дальности коррелированной ОШП и оценки ее параметров $\mathbf{a}_{\text{ОШП}}$.

Постановка задачи. В начальный момент постановки КИМ-помехи (t_0) и в течение некоторого времени ($\leq \sim 1$ с) время запаздывания и частота Доплера УП соответствуют времени запаздывания и частоте Доплера ОС $t_{\text{УП}} = t_{\text{ОС}}$, $F_{\text{ДУП}} = F_{\text{ДОС}}$ [1]. Учитывая сказанное выше, обнаружение КИМ-помехи сводится к обнаружению протяженной по дальности коррелированной ОШП помимо сопровождаемого сигнала (УП и/или ОС), который является мешающим и подлежит декорреляции [1]. Обнаружение КИМ-помехи осуществляется в условиях априорной неопределенности относительно вектора параметров ОШП $\mathbf{a}_{\text{ОШП}}$. В связи с этим, целью данной работы является совместное обнаружение-измерение параметров ОШП на фоне сопровождаемого сигнала с адаптацией к вектору ее параметров $\mathbf{a}_{\text{ОШП}}$.

Результаты и их обсуждение. По результатам обработки принятого сигнала формируется матрица M_{ij} , составленная из достаточных статистик в элементах разрешения по времени запаздывания и частоте Доплера (рисунок 1). Количество элементов разрешения по дальности J определяется периодом повторения импульсов $T_{\text{п}}$ и временем дискретизации Δt , количество элементов разрешения по частоте Доплера I определяется количеством когерентно накапливаемых импульсов, что для случая ИД РЛС соответствует числу импульсов в пачке L .

Следящие системы по времени запаздывания и радиальной скорости обеспечивают работу алгоритма обнаружения-измерения ОШП данными о сопровождаемом сигнале (УП и/или ОС) – соответствующие номера элементов дальности и частоты. Далее алгоритм оценивания распараллеливается на два алгоритма – алгоритма оценивания радиальной протяженности ОШП по развертке частотных фильтров в элементе дальности, соответствующего сопровождаемому сигналу (ССг) и алгоритма оценивания ширины полосы частот ОШП по развертке дальности в фильтре, соответствующем ССг (на рисунке 1 данные развертки выделены красным цветом и вынесены за пределы осей ординат и абсцисс).

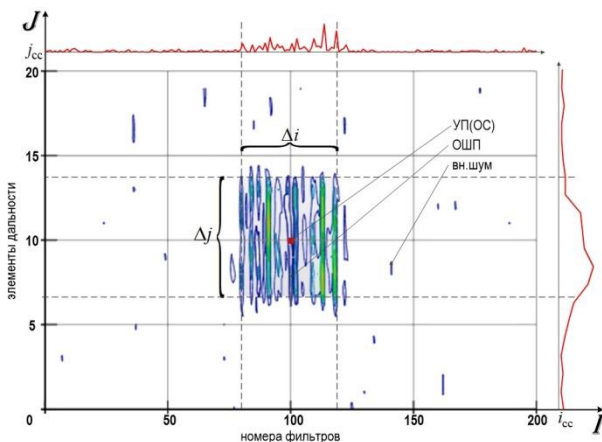


Рисунок 1 – Матрица принятия решения

Обнаружение ОШП осуществляется путем сравнения с порогом результатов свертки принятой реализации с прямоугольными эталонами различной длины. Оценка мощности фона $\sigma_{\text{фона}}^2$ производится в четырех окнах, включающих в себя по Δ_j элемента дальности и Δ_i элементов частоты, с выбором минимума для уменьшения влияния остатков компенсации мешающих отражений и других воздушных целей.

В начале алгоритма открывается цикл по длине прямоугольного эталона $\Delta i(\Delta j)$. Максимально возможная длина эталона ограничена величиной $\Delta i(\Delta j)_{\text{max}}$. Величина $\Delta i(\Delta j)_{\text{max}}$ выбирается исходя из [1]. После открытия цикла по $\Delta i(\Delta j)$ вычисляется адаптивный порог обнаружения $Z_{-i(j)} = \sigma_{\text{фона}}^2 \cdot \lambda_{i(j)} \cdot \sqrt{\Delta i(\Delta j)}$. Величина относительного порога $\lambda_{i(j)}$ вычисляется согласно [2] с учетом размерности $\Delta i(\Delta j)$. Затем открывается цикл по дискретам окна частоты (дальности) $I(j)$. В этом цикле производится скользящее суммирование $i(j)$ дискретов реализации и сравнение их с порогом $Z_{-i(j)}$. С порогом сравниваются лишь значения скользящих сумм при $\Delta i(j) > \Delta i(j)_{\text{min}}$. Величина $\Delta i(j)_{\text{min}}$ выбирается исходя

из [1]. Местоположение (номер начального дискрета $i(j)$) прямоугольника, его длина и величина $\Delta i(j)$ скользящей суммы запоминаются, если последняя превышает порог. По окончании цикла по $i(j)$, скользящие суммы (амплитуды), которые были записаны в оперативно-запоминающее устройство (ОЗУ) в течении предыдущих циклов по $\Delta i(\Delta j)$, пересчитываются для сопоставления со вновь обнаруженными целями (участками целей) при следующем значении длины прямоугольника $\Delta i(\Delta j)$. На выходе алгоритмов формируются оценки начальных элементов частоты (дальности) – $\hat{i}_{\min}(\hat{j}_{\min})$, соответствующих ОШП и протяженности по частоте и дальности – $\Delta \hat{i}(\Delta \hat{j})$.

Далее происходит формирование результирующей статистики для обеспечения работы алгоритма обнаружения. Формирование решающей статистики производится по выражению

$$Z = \sum_{k=\hat{i}_{\min}}^{\hat{i}_{\min} + \Delta \hat{i}} \sum_{l=\hat{j}_{\min}}^{\hat{j}_{\min} + \Delta \hat{j}} M_{kl}, \quad (1)$$

которое сравнивается с порогом обнаружения

$$Z_* = \Delta \hat{i} \cdot \Delta \hat{j} \cdot \lambda_{ij}(F, \Delta \hat{i} + \Delta \hat{j}) \quad (2)$$

Величина относительного порога $\lambda_{ij}(F, \Delta \hat{i} + \Delta \hat{j})$ вычисляется согласно [2, с. 239].

Заключение. По результатам моделирования установлено, что достоверность оценивания $\alpha_{\text{ОШП}}$ снижается при отношениях ОШП-шум менее 14–15 дБ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чигирь, И. В. Анализ воздействия комбинированной имитирующей и маскирующей помехи на системы сопровождения по дальности и скорости радиолокаторов точного измерения координат / И. В. Чигирь, С. А. Горшков, Н. К. Кузьмичев // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2018. – № 1 (58). – С. 71–81.
2. Охрименко, А. Е. Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба / А. Е. Охрименко. — М. : Воениздат, 1983. – Ч. 1. Основы радиолокации. – 457 с.

УДК 654.164

А.Г. Щербий

Белорусская государственная академия авиации

ВЛИЯНИЕ 5G НА АВИАТРАНСПОРТНУЮ ОТРАСЛЬ

Переход от проводной телефонии к сотовой, а в дальнейшем и к мобильному интернету, значительно повлияло на индустрию, опирающийся на интернете. 5G поднимает планку промышленных возможностей, распространяя цифровые технологии на все отрасли и предприятия без исключения. Прежде всего потому, что они позволяют одновременно быстро и гибко подключать несколько цифровых устройств, передавать огромные объемы данных с датчиков на мощные серверы на высокой скорости и использовать производственные данные в реальном времени [1].

С появлением 5G мобильная связь больше не является технологическим преимуществом, а является основной необходимостью и ресурсом для большинства отраслей. С массовой цифровизацией, внедрением информационных и коммуникационных технологий в основные системы, сотовые сети последнего поколения влияют на все производственные процессы, отрасли, экономику в целом, быстро и кардинально меняя их. Технологии и услуги 5G становятся основой цифровой трансформации, инфраструктуры и технологий для новых бизнес-моделей и сценариев развития отрасли.

Чтобы добиться быстрого и всеобъемлющего эффекта от цифровизации, необходимо развивать инфраструктуру 5G, научиться использовать ее при создании сервисов и приложений для широкого круга организаций, отдельных отраслей и их сегментов.

В начале массового внедрения 5G во всем мире уже были протестированы различные проводные и беспроводные решения для оптимизации и автоматизации производства. Как 5G переосмысливает и выводит отраслевые технологии на новый уровень, обеспечивая большую гибкость, большую прибыльность и скорость новых услуг и бизнес-моделей в традиционных отраслях [1].

Одно из преимуществ 5G – это гибкая программируемая платформа услуг. Мощное облачное вычислительное ядро сотовой сети пятого поколения, развернутое в интересах корпоративного пользователя, точно в соответствии с запросом конкретного потребителя согласует его технологические потребности с необходимыми базовыми возможностями 5G по охвату (покрытию), задержке сигнала, пропускной способности (абонентской емкости и скорости передачи данных), синхронизации, надежности и безопасности.

В 5G интегрирован высокий уровень информационной безопасности на уровне стандартов и архитектуры, как за счет

использования специальных протоколов и решений на уровне ядра сети, всех ее узлов, так и в облачной инфраструктуре.

Новые сети позволят передавать огромные потоки данных для обеспечения безопасного и предсказуемого наблюдения за аэропортом в режиме реального времени. Это повысит эффективность сотрудничества между аэропортами, авиакомпаниями, авиадиспетчерами, операторами наземного обслуживания и подрядчиками.

Результатом станет интеллектуальный мониторинг очередей по всему аэропорту, а также отслеживание и управление автономными транспортными средствами, которые помогают пассажирам передвигаться. Транспортные средства, оборудованные аппаратами, будут обслуживаться самолетами или буксирами для перевозки багажа. Инвалидные коляски, мобильные киоски и роботы-помощники будут управляться дистанционно [2].

Дело не только в пропускной способности. Короткое время ожидания сделает беспилотные автомобили намного безопаснее. С 5G скорость обмена цифровыми командами в аварийной ситуации намного выше, что позволит вам мгновенно принять необходимые меры безопасности.

Алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ) – ключ к решению серьезных проблем в аэропортах. Например, биометрическая идентификация пассажиров и их багажа станет обычным и простым делом. ИИ сможет распознавать царапины, складки и особенности материала, различать похожие сумки и сопоставлять их с владельцем [2].

Компьютерное или искусственное зрение будет постоянно сканировать зоны выхода на посадку, интеллектуально прогнозировать проблемы с ручной кладью на рейсах и позволять персоналу принимать соответствующие меры перед посадкой.

Все ресурсы аэропорта будут объединены и связаны, что значительно упростит мониторинг производительности и оптимизацию использования. Такая технология, например, предложит инструменты для повышения эффективности транспортных средств в аэропорту. В результате общая стоимость топлива и ресурсов, включая рабочую силу, снизится.

Пассажиры увидят возможности дополненной реальности и персонализированных мобильных сервисов, объединяющих все данные из различных приложений и взаимодействующих с объектами виртуальной реальности. Аэропорт будет предоставлять пассажирам самую свежую информацию и необходимую помощь или развлекательные услуги.

Фильмы в формате HD можно загрузить за секунды, а целые эпизоды сразу станут доступны для просмотра в автономном

режиме. Кроме того, пассажиры смогут в высоком качестве транслировать прямые трансляции спортивных событий вне зависимости от нынешней «загруженности» сети аэропорта [2].

Наиболее перспективные промышленные сервисы требуют именно возможностей 5G, потому что только они позволяют массовое и быстрое подключение цифровых устройств, обеспечивают их гибкую настройку и синхронную работу с минимальными задержками. 5G - первая и пока единственная технология, которая позволяет гибко комбинировать сервисы платформы на единой технологической основе, избавляя корпоративного клиента от необходимости создавать собственную сетевую инфраструктуру. Эти особенности делают 5G основой масштабируемых сервисов, что значительно сокращает время их разработки и внедрения во многих различных отраслях.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ПАО «Ростелеком» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.company.rt.ru/press/news/files/5G_%D1%81%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B8.pdf. – Дата обращения 06.10.2020.

2. CCS Insight [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ccsinsight.com/wp-content/uploads/2019/02/CCS_Insight_5G_Forecast_Sample.pdf. – Дата обращения 05.10.2020.

УДК 623.1.7

С.П. Юрченко, Д.А. Камнев

*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
г. Воронеж*

ОЦЕНКА ДАЛЬНОСТИ СВЯЗИ С ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОКАНАЛОВ С ПРОГРАММНОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЫ

В настоящее время в авиационных радиосетях специального назначения все чаще используют радиостанции с программной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ). На практике для оценки дальности радиосвязи применяют известные формулы:

$$D = 3,57 \sqrt{H_{pc}^2 + H_{sc}^2}, \quad (1)$$

$$R_{nn} = \frac{K}{K^2 - 1} (L_n + L_{pc}), \quad K > 1, \quad (2)$$

$$R_n = \frac{K}{1 - K^2} (L_n + L_{pc}), \quad K < 1, \quad (3)$$

где D – в формуле (1) дальность радиосвязи при отсутствия помех; R_n, R_{nn} – в формулах (1), (2) соответственно радиусы подавления и неподавления, которые зависят от коэффициента подавления радиолинии K , удаления постановщика помех и радиостанции от некой условной линии.

В формулах 1–3 не в полной мере учитываются особенности реального распространения радиоволн, выигрыша в обработке сигналов и воздействие преднамеренных помех на цифровые радиоканалы.

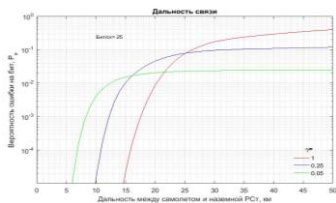
На основе рекомендации Международного союза электросвязи МСЭ-R P.528.3 [1] были получены данные об отношении мощностей полезного сигнала к помехе в зависимости от дальности между радиостанциями и воздушным судном. Интерфейс разработанной программы с исходными данными представлен на рисунке 1.

РАДИОСТАНЦИЯ-ЗЕМЛЯ		РАДИОСТАНЦИЯ-ВОЗДУХ		СТАНЦИЯ ПОМЕХ	
Высота антенны, м	12	Высота подъема, м	1000	Высота антенны, м	12
Расстояние, км	150	Расстояние, км	10	Расстояние, км	
Мощность передатчика, Вт	40	Рабочая частота, МГц	150	Мощность передатчика, Вт	1000
Коэффициент усиления антенны, дБ	3	Доля времени действия расчетного ослабления	0.95	Коэффициент усиления антенны, дБ	20
		Коэффициент усиления антенны, дБ	1.5		
Затухание сигнала		148,21 дБ			
Напряженность поля, эквивалентная заданным потерям передачи		20,64 дБ (мВ/м)			
Напряжение на входе приемника		2,57 мВ			
Медианное значение отношения полезного сигнала к помехе		-77,65 дБ			
Коэффициент защиты для заданного процента времени		-84,92 дБ			

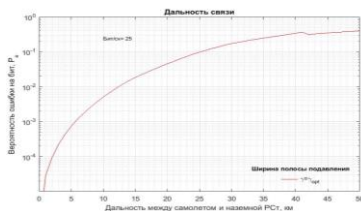
Рисунок 1 – Интерфейс программы и исходные данные для оценки качества воздушной радиолинии

Используя полученные данные в формуле 4, дают возможность оценить дальность радиосвязи при преднамеренной шумовой помехи для заданной достоверности [2], результаты расчета представлены на рисунках 1, 2.

$$P_c = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{G_0}{E_s} + \frac{P_j}{\gamma \cdot K_s \cdot P_s} \right)^{-1} \right] + \frac{1}{2} \cdot (1 - \gamma) \cdot \exp \left(-\frac{E_s}{G_0} \right), \quad (4)$$



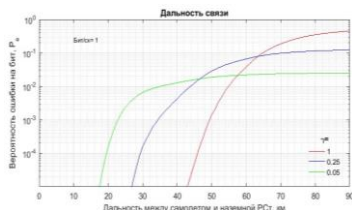
а)



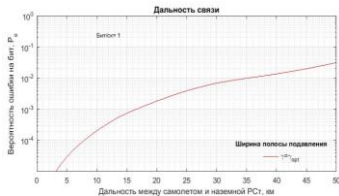
б)

Рисунок 2 – Определение вероятности ошибки при передаче на одном частотном скачке 25 бит:

а) для неоптимальной; б) оптимальном шумовой помехи



а)



б)

Рисунок 3 – Определение вероятности ошибки при передаче на одном частотном скачке 1 бита:

а) для неоптимальной; б) оптимальном шумовой помехи

Представленные зависимости на рисунках 2 и 3 позволяют определить дальность авиационной радиосвязи в условиях воздействия шумовой помехи для заданной вероятности ошибки на бит. Например, для 10^{-5} и $\gamma = 0,05$ (5 %) (части полосы занимаемой помехой) дальность связи 6 км, а с увеличением γ возрастает до 15 км по причине снижения спектральной мощности помехи, рисунок 2а. При воздействии оптимальной шумовой помехи с $\gamma = \gamma_{opt} \approx \frac{2P_j}{K_s P_s}$, (случайным образом перестраиваемая в

полосе частот канала) наблюдается существенное снижение дальности связи, рисунок 2б.

На рисунке 3 показано увеличение дальности радиосвязи в случае передачи одного информационного бита в течении одного скачка частоты. Это связано с увеличением такого показателя системы радиосвязи с ППРЧ, как коэффициента расширения спектра K_s , формула 4.

Таким образом рассмотренный подход позволяет рассчитать дальность радиосвязи с воздушными судами по цифровым каналам радиосвязи с учетом условий распространения радиоволн при воздействии преднамеренный шумовых помех.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рекомендация Международного союза электросвязи МСЭ-R P.528-3. – Ж.: МСЭ, 2013. – 49 с.
2. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты / В.И. Борисов и др. - М.: Радио и связь, 2000. - 384 с.

УДК 621.389

С.М. Ященко, А.В. Попов, А.А. Порошин

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОДУЛЯЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В современных условиях систем передачи данных, приобретают актуальность цифровые военные радиосредства. Интерес к этим методам передачи сигнала объясняется, в первую очередь тем, что они позволяют значительно увеличить среднюю мощность передатчиков, а, следовательно, за счет роста превышения сигнала над помехой в точке приема, обеспечить превышение помехоустойчивости, в таких системах радиосвязи преимуществом цифровой радиосвязи является также уменьшение накоплений помех при ретрансляции, путем регенерации сигнала на линиях связи, а также повышение надежности аппаратуры и возможности использования для обработки сигнала информации микропроцессорных устройств ЭВМ.

Наиболее широкое применение в современном оборудовании средств связи находят цифровые системы передачи данных, работающие в цепях низкой и промежуточной частот [1]. Ведущая роль в качестве устройства обработки сигнала авиационных средств связи отведена модуляторам и демодуляторам квадратурного типа,

аналоговым и цифровым, работающим в цепях высокой и промежуточной частот [2, 3].

Модулятор с квадратурной амплитудной модуляцией (КАМ-16) является наиболее перспективным направлением в развитии цифровой техники связи. Преимуществом работы, которого является повышение скорости передачи данных до максимального за счет использования квадратурной амплитудной модуляции со значительным снижением помех при ретрансляции. Также ее применение максимально повышает среднюю мощность передатчиков и их надежность, по сравнению со всеми другими видами модуляции.

Устройства квадратурной модуляции и демодуляции разработаны для сигналов – квадратурной амплитудной модуляции (КАМ) (манипуляции). Несущее колебание сигнала квадратурной амплитудной модуляции формируется по амплитуде и фазе, простейшая схема такой модуляции показана на рисунке 1.

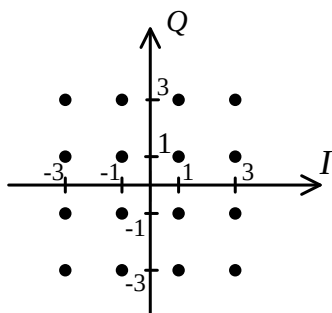


Рисунок 1 – Структура сигнала КАМ-16

Формирователь квадратурной амплитудной модуляции сигнала представлен на упрощенной структурной схеме (рисунок 2). Основным элементом модулятора считается перемножитель. Разработанный перемножитель создан на четырёх биполярных транзисторах в качестве балансной схемы с дифференциальными входами сигнала и несущего колебания, и таким же выходом.

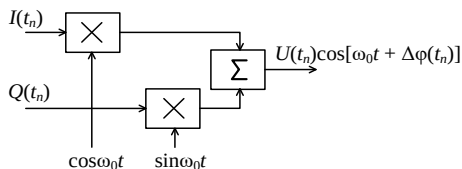


Рисунок 2 – Структурная схема КАМ модулятора

При квадратурной амплитудной модуляции (КАМ, QAM - Quadrature Amplitude Modulation) изменяется как фаза, так и амплитуда сигнала, что позволяет увеличить количество кодируемых бит и при этом существенно повысить помехоустойчивость. В применяемых военных авиационных средствах существуют виды модуляции, в которых количество позиций сигнала в сигнальном пространстве от 256 до 512.

Немодулированная несущая имеет вид:

$$u(t) = U_m \cdot \cos \omega t, \quad (1)$$

где U_m – модулированное значение амплитуды.

В результате квадратурной амплитудной модуляции такой несущей сигналами u_I (Inphase) и u_Q (Quadrature) передаваемый сигнал будет представлен в виде:

$$u(t) = u_I \cdot \cos \omega t + u_Q \cdot \sin \omega t. \quad (2)$$

В результате применения в современных средствах радиосвязи устройств с квадратурной амплитудной модуляцией удается значительно повысить скорость передачи данных, среднюю мощность передающих устройств, обеспечить высокую помехоустойчивость и закрытость каналов связи [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шлеев, С. Е. Элементная база и архитектура цифровых радиоприемных устройств / С.Е. Шлеев // Цифровая обработка сигналов. – 1999. – № 1. – С. 35.
2. Парамонов А. Цифровая обработка при когерентной демодуляции сигналов / А. Парамонов, О. Куропаткин // Chip News. – 2000. – № 8. – С. 2.
3. Гольцова, М. Быстродействующие широкополосные ЦАП / М. Гольцова // Электроника: НТБ. – 2001. – № 2. – С. 24.
4. Герасимов Н.Д. Разработка модулятора квадратурной амплитудной модуляции цифровой системы передачи данных / Н.Д. Герасимов, С.А. Зайцев, С.М. Яценко // Молодежные чтения, посвященные памяти Ю.А. Гагарина: матер. межвуз. науч.-практ. конф., Воронеж, 2020. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2020. – С. 69.

**НАПРАВЛЕНИЕ
«АВИОНИКА, СИЛОВЫЕ
УСТАНОВКИ
И КОНСТРУКЦИИ ВОЗДУШНЫХ
СУДОВ»**

MINIMIZATION OF THE PROBABILITY OF POSITION OF ERRORS OF THE SECOND KIND DURING TECHNICAL DIAGNOSTICS USING FUZZY LOGIC

The diagnostic process includes the inevitable occurrence of errors [1]. The most common causes of their occurrence: an error in the measurement and conversion of a controlled quantity; inaccuracies in comparing the measured parameter value with the lower and upper acceptable limits; unreliable functioning of the means of monitoring diagnosed parameters [2].

The task is to choose the nominal value Z_0 of the parameter Z in such a way that for $Z < Z_0$ & $Z \in S_1$ a decision should be made on the absence of failure (the object is operational), and for $Z > Z_0$ & $Z \in S_2$ a decision on the presence of failure (the object is inoperative) [12].

Taking into account errors in diagnosing the membership function of the parameter Z is shown in Figure 1 [3, 4]. It can be seen from the figure that the sets of values for healthy S_1 and faulty S_2 states intersect, therefore, it is fundamentally impossible to choose the value Z_0 at which an error-free decision would be made [1].

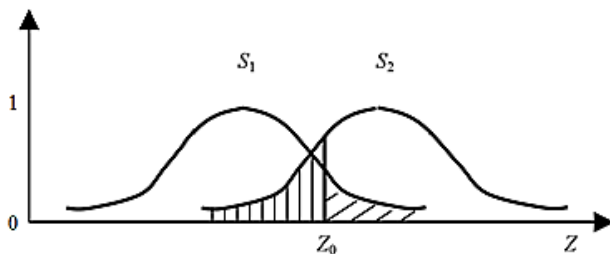


Figure 1 – Accessory functions of parameter Z

The degree of belonging of the elements of the set of working condition corresponding to $Z > Z_0$ expresses the conditional probability of the situation that a working (working) object is recognized as faulty (inoperative) as a result of diagnosis [1, 2].

The degree of belonging of the elements of the set of malfunctioning states, corresponding to $Z < Z_0$, expresses the conditional probability of the situation that a malfunctioning (inoperative) object is recognized as serviceable (operational) as a result of diagnosis [1, 2].

The quality of the process and the result of diagnosis is characterized by the meaning of errors, therefore, they should be taken into account when determining and setting diagnostic parameters [2]. To increase quality indicators, this procedure should be performed before the start of the diagnosis process.

Let us consider in more detail one of the approaches to solving this problem. For example, when measuring a controlled parameter, the membership function may occupy a certain position in the tolerance field for which it is impossible to determine the parameter's membership, that is, to which section of the scattering field the measured quantity belongs (operational or inoperative state).

To eliminate the danger of the occurrence of errors of the second kind (as the most undesirable) during control in the case when the tolerance field exceeds the field covered by the membership function, it is necessary to use the settings to ensure the location of this function in such a way that its point of maximum degree of belonging is not far from the size limits less than 3σ (where σ is the standard deviation of the membership function) [2, 3].

Thus, assuming the similarity of the membership function and the distribution function, it seems possible to use the apparatus of the classical probability theory to solve problems on minimizing the appearance of second-type errors in the case of diagnosing objects using fuzzy logic rules [2].

LIST OF USED SOURCES:

1. Krestin, EA Diagnostics of machines and equipment: Textbook / E.A. Krestin, I.E. Christening - St. Petersburg: Lan, 2016. – 376 c.
2. Shtovba, S.D. Designing fuzzy systems using MATLAB / S.D. Shtovba. - M.: Hot line - Telecom, 2007. – 288 p.
3. Leonenkov, A. Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH / A. Leonenkov. - SPb.: BHV-Petersburg. 2003. – 736 p.

УДК 629.7.054.07

А.А. Авершин, Н.А. Ус, М.В. Муравлев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

МАТРИЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВНЕШНЕГО ОПТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА-РАСЩЕПИТЕЛЯ ДЛЯ КОЛЬЦЕВОГО МОНОБЛОЧНОГО ГИРОСКОПА С ЛАЗЕРНЫМ ДИОДОМ

В настоящее время развитие современной науки позволило передовым странам создать качественно новые бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС). Сегодня эти системы являются незаменимым автономным средством навигации

и востребованы широким классом потребителей, так как обладают рядом преимуществ тактического характера: автономностью, невозможностью воздействия на них помех, непрерывностью и глобальностью функционирования в любое время года и суток на воздушных, морских и наземных объектах. В основе современных точных и высокоточных БИНС лежат чувствительные элементы (ЧЭ) на базе оптических гироскопов.

В работе рассматривается новый сегмент оптических гироскопов, используемых в качестве ЧЭ для БИНС – кольцевой моноблочный гироскоп с лазерным диодом (КМГ с ЛД) [1]. Особенность такого типа гироскопов является наличие внешнего оптического резонатора-расщепителя специальной конструкции, разделяющего оптический луч от лазерного диода на два равных по величине оптических луча, которые по открытым оптическим каналам моноблока гироскопа идут навстречу друг другу [2].

Оптимальное конструктивно-технологическое решение внешнего оптического резонатора-расщепителя позволит уменьшить количество переотражений внутри его конструкции и минимизирует отклонение выходного луча относительно оси оптического канала моноблока, это позволит реализовать эффект Саньяка в общей схеме оптического гироскопа.

Для проектирования конструкции внешнего оптического резонатора-расщепителя необходим определенный математический аппарат. В исследовании предложен метод ABCD-матриц, суть которого заключается в том, что внешний оптический резонатор-расщепитель представляется в виде системы, состоящей из последовательности оптических промежутков, в которых лазерный луч свободно распространяется, и преломляющих поверхностей, оказывающих воздействие на луч [3]. Каждому такому оптическому элементу соответствует своя матрица вида:

$$M = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \quad (1)$$

Для формирования общей матрицы оптической схемы внешнего оптического резонатора-расщепителя состоящего из N элементов с матрицами M_i и M_i^{-1} , необходимо схематично построить путь лазерного излучения внутри конструкции объекта исследования (рисунок 1).

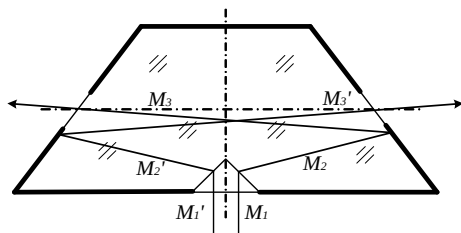


Рисунок 1 – Внешний оптический резонатор-расщепитель

Для анализа конструктивно-технологических особенностей и работы внешнего оптического резонатора-расщепителя достаточно рассмотреть один проход оптического излучения через объект исследования. Для прямого и обратного прохождения излучения порядок перемножения матриц обратный, согласно порядку расположения соответствующих оптических элементов и участков. Общий вид матриц прохода оптического излучения имеет вид:

$$M = M_3 \times M_2 \times M_1 \quad (2)$$

$$M' = M_1' \times M_2' \times M_3' \quad (3)$$

Матричный метод расчета является более наглядным и приемлемым для численного моделирования внешнего оптического резонатора-расщепителя, он позволяет уменьшить время расчета оптической схемы и погрешность вычислений при варьировании конструктивно-технологическими параметрами объекта исследования. Рассчитанная оптимальная конструкция внешнего оптического резонатора-расщепителя позволяет использовать его в оптической схеме ЧЭ КМГ с ЛД.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лазерный гироскоп: пат. 2488773 Российская Федерация, МПК G01N. [Текст] / Н.А. Ус. – Опубл. 27.07.2013.
2. Ус, Н.А. Моделирование внешнего оптического резонатора-расщепителя лазерного луча кольцевого моноблочного гироскопа / Н.А. Ус, А.А. Авершин // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2018. – № 4 – декабрь 2018. – С.16-20.
3. Кудашов В.Н. Комплексные ABCD-преобразования для кольцевых оптических резонаторов с потерями и усилением / В.Н. Кудашов, А.Б. Плаченов, А.М. Радин // Квантовая электроника. – 1999. – Т. 27, №1. – С. 87–92.

УДК 623.74

С.В. Аникин, В.И. Демидов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВИАЦИОННОЙ БОМБЫ ОФАБ-250-270 В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SOLIDWORKS

Среди задач, стоящих перед Воздушно-космическими силами, большое значение имеют задачи по осуществлению полного или частичного вывода из строя различных объектов противника, расположенных на земле (под землей) или на воде (под водой), при помощи авиационных бомбардировочных средств поражения. К авиационным бомбардировочным средствам поражения принято относить [1]: неуправляемые авиационные бомбы; авиационные мины и торпеды; управляемые авиационные бомбы; разовые бомбовые кассеты и связки. Из перечисленных средств поражения наибольшее распространение получили неуправляемые авиационные бомбы (АБ). Боевое применение АБ по типовым объектам противника должно обеспечивать эффективное их поражение, что требует более тщательного и точного решения задачи о движении АБ после ее отделения от летательного аппарата (ЛА) [2, 3, 4].

Целью исследования является разработка методики создания трехмерной модели осколочно-фугасной авиационной бомбы ОФАБ-250-270 в среде 3D-моделирования SolidWorks.

Методика создания трехмерной модели включает следующие этапы:

1. Выбор исходных данных. Исходя из цели работы в качестве объекта исследований была выбрана осколочно-фугасная авиационная бомба ОФАБ-250-270, основные характеристики которой представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики авиационной бомбы ОФАБ-250-270

Масса бомбы, кг	270
Длина, мм	1456
Диаметр корпуса, мм	325
Размах стабилизатора, мм	410

2. Создание проекта и эскиза АБ. В меню программы необходимо выбрать пункт «Файл→Новый» или нажать иконку создания нового проекта, после чего в появившемся окне выбрать «Деталь». Выбираем координатную плоскость, в которой будет проводиться построение. Пусть такой плоскостью будет *ОХУ*, левой

кнопкой мыши (ЛКМ) нажимаем на плоскость «Спереди», соответствующую плоскости OXY в дереве модели, затем на иконку «Эскиз». В результате будет создан объект «Эскиз 1», расположенный на плоскости OXY , в рамках которого будет создаваться схематическое изображение модели.

Процесс создания эскиза состоит в основном из комбинаций прямых линий, образующих контур левой или правой половины АБ относительно осевой линии. На месте пересечения двух линий необходимо выбрать инструмент «Скругление» на панели инструментов, выбрать прямые, между которыми будет образовано скругление, задать радиус и подтвердить создание элемента.

К полученному контуру половины АБ необходимо применить функцию «Повернутая бобышка/основание». Выбирать эскиз в дереве исследований, а затем - функцию «Повернутая бобышка/основание» во вкладке «Элементы» в панели задач.

3. Формирование дополнительных элементов АБ. К дополнительным элементам конструкции АБ относятся: стабилизатор (калиберных и надкалиберных перьев с кольцами) и подвесных ушков. Моделирование надкалиберных перьев стабилизатора начинается с создания эскиза пера. Процесс создания эскиза пера стабилизатора аналогичен созданию эскиза тела АБ, для получения модели пера применяется инструмент «Вытянутая бобышка/основание». АБ ОФАБ-250-270 имеет четыре надкалиберных пера стабилизатора, равномерно расположенных по ее конусообразной хвостовой части с шагом 90 градусов. Нажимаем стрелочку под инструментом «Линейный массив» и в появившемся контекстном меню выбираем пункт «Круговой массив», далее в пункте «Функции и грани» выбираем перо стабилизатора, щелкнув на него в теле модели, и задаем ось вращения и угол сектора, на который необходимо размножить компонент и на количество компонентов.

Создание калиберных перьев стабилизатора начать необходимо с создания плоскости для эскиза, которая будет располагаться под углом 45° относительно плоскости надкалиберных перьев. Выбираем инструмент «Справочная геометрия» на панели инструментов и в контекстном меню выбрать пункт «Плоскость». Затем в качестве «ссылок» выбрать грани соседних надкалиберных перьев. Далее, аналогично созданию надкалиберных перьев, строится эскиз калиберного пера. Построение колец стабилизатора (внутреннего и внешнего) начинается с подбора плоскости для построения эскизов. Для этого нужно щелкнуть ЛКМ на торцевую часть одного из перьев и выбрать пункт «Эскиз». Затем формируется эскиз колец, и выполняется операция выдавливания.

АБ ОФАБ-250-270 имеет 3 подвесных ушка – 2 сверху и 1 снизу. Построение будет состоять из нескольких этапов:

- построение площадок для ушков. Принцип построения эскизов площадок аналогичен построению эскизов предыдущих элементов;

- построение самих ушков. Для этого необходимо построить вспомогательные плоскости. Для построения эскиза ушка заходим в режим эскиза, ориентируемся перпендикулярно ранее построенной вспомогательной плоскости, после чего рисуем эскиз ушка и выполняем операции выдавливания и скругления наружных и внутренних кромок.

В итоге получена трехмерная модель осколочно-фугасной авиабомбы ОФАБ-250-270.

Таким образом, в ходе проведенного исследования разработана методика создания трехмерной модели осколочно-фугасной авиационной бомбы ОФАБ-250-270 в среде 3D-моделирования SolidWorks, позволяющая создавать трехмерные модели авиационных средств поражения для импорта их геометрии в программные комплексы газо- и гидродинамики, в частности, например, FlowVision. Решение такой задачи обусловлено дальнейшим совершенствованием методического аппарата баллистического обеспечения авиационных средств поражения различного назначения в целях повышения эффективности боевого применения ЛА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиационные боеприпасы: учебник для слушателей и курсантов высших инженерных военно-учебных заведений ВВС / Ф.П. Миропольский и др. – М.: Изд. ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2010. – 407 с.

2. Постников, А.Г. Внешняя баллистика авиационных неуправляемых снарядов: учебник для слушателей и курсантов инженерных ВВУЗов ВВС / А.Г. Постников. – М.: Издание Военно-воздушной инженерной академии имени профессора Н.Е. Жуковского, 2003. – 396 с.

3. Авиационные прицельно-навигационные системы: учебник для слушателей и курсантов ВУЗов ВВС / А.М. Краснов и др. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2006. – 623 с.

4. Эффективность боевого применения комплексов авиационного вооружения: учебник для курсантов и слушателей высших военно-учебных заведений Военно-воздушных сил / Г.С. Веремейчук и др. – Ставрополь: Изд. Ставропольское ВВАИУ (военный институт) имени маршала авиации В.А. Судца, 2005. – 584 с.

ТРЕБОВАНИЯ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТЕНДУ ПО ПРОВЕРКЕ СЕРВОПРИВОДОВ

Сервоприводом (англ. servo) называется такой привод, точное управление которым осуществляется через отрицательную обратную связь, и позволяет таким образом добиться требуемых параметров движения рабочего органа.

Механизмы этого типа имеют датчик, отслеживающий конкретный параметр, например скорость, положение или усилие, а также блок управления (механические тяги или электронную схему), задача которого – поддерживать в автоматическом режиме необходимый параметр в процессе работы устройства, в зависимости от сигнала с датчика в каждый момент времени.

Система управления беспилотного летательного аппарата построена на базе сервоприводов, которые выступают, в первую очередь, в качестве приводов на аэродинамических поверхностях. Их эксплуатация связана с рядом проблем, которые выражаются отказах на земле и в полете, некорректной работе. Это приводит к авиационным инцидентам, потере летательного аппарата, а значит напрямую влияет на безопасность полетов.

Основная проблема сервоприводов заключается в износе шестеренок при длительной эксплуатации, а также несоответствие электрических параметров сервопривода расчетным значениям. Кроме того многие производители сервоприводов не дают полной информации о параметрах их изделий. Решением этой проблемы является стенд по проверке сервоприводов.

Рассмотрим основные требования, предъявляемые к стенду по проверке сервоприводов:

- Потребляемый ток и напряжение необходимо измерять для того, чтобы знать какой ток потребляет сервопривод и какую АКБ устанавливать для его нормальной работы, а также определять, есть ли отклонения по току от установленных значений;
- Работа сервопривода под нагрузкой и без нагрузки определяет проблему износа шестеренок, которая заключается в проскивании через изношенный зуб шестерни на следующий;
- Угол установки вала поможет нам определить, на какие углы может поворачиваться вал сервопривода;
- Скорость поворота вала поможет на определить, с какой скоростью вал может повернуть на заданный угол.

Данный стенд нужен для выявления на этапе предварительной подготовки к полетам выхода параметров работы сервопривода за пределы технических требования, что может привести к отказу.

Стенд представляет собой коммутационную коробку, состоящую из микросхемы и микроконтроллера Arduino MEGA, крепление сервопривода, тяга от сервопривода к элерону, элерон с подвесом для груза. К этому стенду предъявляются следующие требования, которые он должен определять: потребляемый ток, напряжение, работа сервопривода под нагрузкой и без нагрузки, угол установки вала сервопривода, скорость поворота вала сервопривода.

УДК 355.358.4

А.А. Голымгрейн, И.В.Чуприков

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия г Воронеж, Россия

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ СИСТЕМ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЛЕТЧИКА О ПРИБЛИЖЕНИИ К ОПАСНЫМ РЕЖИМАМ

В зависимости от каналов поступления к летчику информации, систему предупреждения летчика (СПЛ), можно подразделить на световые, визуальные (приборные), акустические, тактильные.

Тактильные СПЛ включают в себя электромеханические вибраторы РУС, рычажно-импульсные датчики РУС, пневмотактильные датчики, электромеханические датчики на запястьях летчика, кожногальванические датчики, вибраторы педалей и другие.

Большое разнообразие применяемых на ЛА СИЛ свидетельствуют об отсутствии методики оценки их эффективности.

Предлагаются некоторые частные критерии оценки СПЛ с использованием пилотажного стенда на примере СПЛ о приближении к границе сваливания ЛА.

Предъявим к СПЛ ряд требований.

I. Максимально-возможное использование маневренных свойств ЛА при условии несрабатывания активного ограничителя, уводящего ЛА на пониженные режимы по углу атаки.

Для этого на пилотажном стенде выполняется серия реализаций одного вида маневра. Для оценки степени полноты удовлетворения указанному требованию вводится показатель эффективности использования угла атаки – J_α .

$$J_\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k \frac{1}{\Delta t_i} \int_{t_1}^{t_2} \alpha dt,$$

где n – общее число реализаций маневра; k – число реализация без срабатывания активного ограничителя; $\Delta t = t_2 - t_1$ – время выполнения заданного маневра.

Для оценки эффективности СПЛ при наличии помех вводится дополнительная задача, например, параллельно с выполнением маневра на предельном угле атаки летчик должен совмещать маркер прицела с перемещающейся по азимуту до определенной программе меткой цели. Введем показатель: E_n – среднеинтегральная ошибка прицеливания.

$$E_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k \frac{1}{\Delta t_i} \int_{t_i}^{t_2} |E_y| dt,$$

где E_y – регистрируемое расстояние между маркой и меткой; J_α^n – показатель эффективности использования угла атаки с учетом выполнения прицеливания.

Зная величины J_α и J_α^n , можно оценить помехоустойчивость СПЛ коэффициентов помехоустойчивости – k_n :

$$k_n = \frac{J_\alpha - J_\alpha^n}{J_\alpha}.$$

Предпочтительной можно считать СПЛ, имеющую максимальный показатель J_α и минимальные величины E_y , k_n .

II. Точность восприятия и обработки сигналов СПЛ в зависимости от длительности освоения процесса пилотирования по сигналам СПЛ.

Оценку предполагается осуществлять путем подачи через СПЛ серии сигналов, пропорциональных тестовым значениям угла атаки – α_T , летчик должен количественно оценить угол атаки

$$E_{ec} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (\hat{\alpha}_j - \alpha_{Tj})^2,$$

где E_{ec} – среднеквадратическая ошибка оценки уровня воспринимаемого сигнала; k – число тестовых значений угла атаки в диапазоне работы СПЛ; $\hat{\alpha}_j$ – количественная оценка сигнала пропорционального α_{Tj} .

Можно предположить, что с увеличением числа серий реализаций уровень ошибки восприятия и обработки сигналов СПЛ будет уменьшаться по некоторому экспоненциальному закону.

Используя методы аппроксимации экспериментальных данных, можно получить аналитическую зависимость изменения величины ошибки от числа серий реализаций – $E_{ec}(m)$ в виде:

$$E_{ec}(m) = A + e^{-\lambda m},$$

где A – некоторая постоянная величина, характеризующая уровень ошибки восприятия сигнала при $m \rightarrow \infty$; λ – параметр, характеризующий интенсивность адаптации летчика к работе с СПЛ; n – число реализаций в одной серии; m – число серий реализаций.

Очевидно, что СПЛ, имеющую минимальные показатели A , $E_{вс}$ и максимальное значение λ , можно считать более соответствующей предъявленному требованию.

III. Легкость управления на предельных режимах по сигналам СИЛ.

В качестве критерия легкости управления предлагается использовать интегральную среднеквадратическую величину отклонения летчиком органов управления – L при решении совмещенной задачи пилотирования и прицеливания. Факт выхода на срабатывание активного ограничителя «наказывается» уведомом РУС на пикирование и колебаниями ЛА по курсу и крену.

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{x_a^2 + x_{\alpha}^2 + x_{\text{нео}}^2} dt,$$

где n – общее число реализаций выполнения маневра с прицеливанием; $x_a^2, x_{\alpha}^2, x_{\text{нео}}^2$ – регистрируемое движение РУС по тангажу, крену и педалям;

На основании предложенных критериев, можно ввести комплексный показатель эффективности СПЛ – $W_{\text{СПЛ}}$.

$$W_{\text{СПЛ}} = a_1 \frac{J_a}{J_{a_{\text{баз}}}} + a_2 \frac{\lambda}{\lambda_{\text{баз}}} - (a_3 \frac{E_n}{E_{n_{\text{баз}}}} + a_4 \frac{K_n}{K_{n_{\text{баз}}}} + a_5 \frac{E_{вс}}{E_{вс_{\text{баз}}}} + a_6 \frac{A}{A_{\text{баз}}} + a_7 \frac{L}{L_{\text{баз}}}),$$

где $a_1, \dots, a_7$ – фиксированные для оцениваемых СПЛ весовые коэффициенты; $(J_a, \dots, L)_{\text{баз}}$ – базовые значения критериев принимаются равными их максимальным значениям, выбранным из совокупности оцениваемых СПЛ.

В первом приближении весовые коэффициенты можно выбрать на основании экспертных попарных сравнений отдельных критериев по методике, изложенной в [2].

Таким образом предполагается, что изложенная выше методика может быть так же использована на этапе оптимизации СПЛ, выбранной из числа оцениваемых. Изменяя технические параметры, такие как порог срабатывания СПЛ, частоту подачи сигнала, закон изменения сигнала в зависимости от величины и темпа нарастания ограничиваемого параметра, ширину диапазона работы СПЛ и т.д. Можно достичь максимизации комплексного показателя – $W_{\text{СПЛ}}$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Активные системы управления самолетом: Обзор ОНТИ ЦАГИ. – М., 1976. – ч. II. – 168 с.
2. Справочник по инженерной психологии. – М.: Машиностроение, 1982. – 197 с.
3. Бонднер, В.А. Информационное взаимодействие летчика с системами ограничения предельных режимов полета / В.А. Бонднер. – М.: Воениздат, 1989. – 212 с.

УДК 629.70168

Ю.А. Гондаренко, Д.И. Беляев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПЛЫВОВ КРЫЛА МАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА НА ЕГО НЕСУЩИЕ СВОЙСТВА

Применение различных форм наплывов – один из путей повышения несущих свойств крыла маневренного самолета. В общем случае наплыв можно рассматривать как дополнительную аэродинамическую поверхность малого удлинения и большой стреловидности, расположенную перед крылом. Главной особенностью крыла с наплывом является одновременное наличие линейного и нелинейного обтекания [1], что оказывает влияние на аэродинамические характеристики (АДХ) летательного аппарата на различных режимах и этапах полета. Характер этого влияния является весьма сложным и неоднозначным.

Авторами проведены исследования влияния наплывов крыла маневренного самолета на его несущие свойства. Метод исследования основан на решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (*Reynolds Averaged Navier-Stokes*) с помощью программного комплекса *ANSYS FLUENT*. Объектом исследования являются трехмерные модели крыльев с различными формами наплывов (рисунок 1).

Методика разработки модели в графической среде Solid Works предполагает:

- разработку эскизов сечений модели в строительных плоскостях (эскиз модели в сечении создан в двухмерном виде, с помощью двухмерных инструментов);
- создание трехмерного каркаса модели (при этом характерные точки эскизов сечений соединялись с помощью трехмерных сплайнов);
- создание поверхностной модели несущей поверхности (по трехмерному каркасу модели была «натянута» сплошная поверхность);

– построение твердотельной модели несущей поверхности (путем сшивки всех поверхностей в одну).

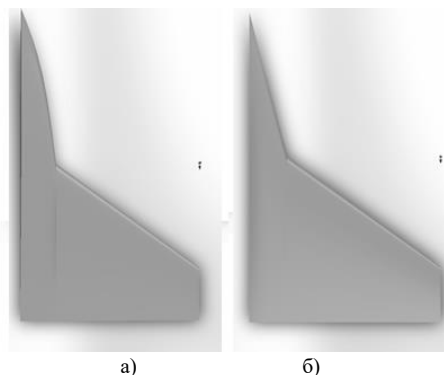


Рисунок 1 – Трехмерные модели крыльев с различными формами напльвов:

а – с готическим напльвом; б – с треугольным напльвом

Для использования метода конечных объемов при решении поставленной задачи была сгенерирована неструктурированная расчетная область для определения АДХ несущей поверхности (рисунок 2).

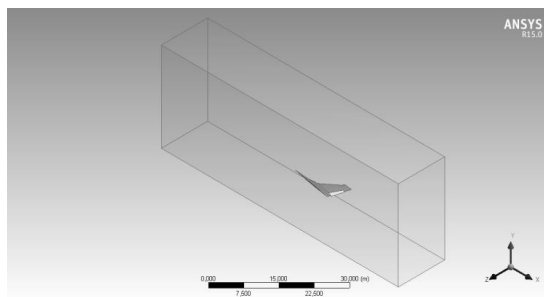


Рисунок 2 – Расчетная область для определения АДХ несущей поверхности

Задача рассматривалась в трехмерной постановке. Геометрические размеры модели равны физической модели крыла самолета Су-27. Расчетная область имела следующие характеристики в направлении (-X) в 4 раза больше корневой хорды

крыла, в направлении (-Z) в 2 раза больше размаха крыла, в направлении (+X) 2 раза больше корневой хорды крыла. На входной границе задавалась величина скорости потока 100 м/с, а также граничное условие – *Velocity inlet*.

Авторами были проведены расчеты трехмерных моделей крыльев с различными формами наплывов для разных углов атаки и чисел Маха, с помощью которых получены зависимости коэффициента подъемной силы от угла атаки (рисунок 3).

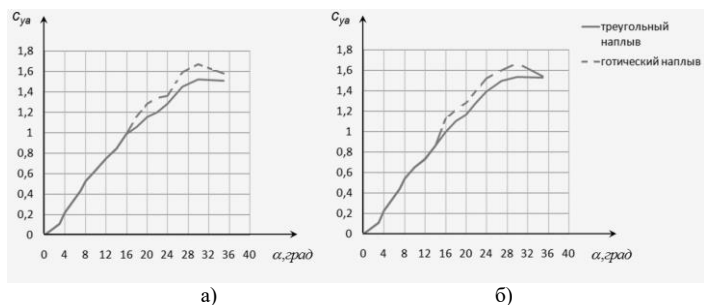


Рисунок 3 – Трехмерные модели крыльев с различными формами наплывов:
а – $M=0,4$; б – $M=0,6$

В результате анализа установлено, что готическая форма наплыва крыла по сравнению с треугольной на больших углах атаки имеет лучшие несущие свойства (рисунок 3) и при оптимальной форме наплыва крыла можно увеличить несущие свойства маневренного самолета от 8 % до 10 %.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Желанников, А.И. Аэродинамика / А.И. Желанников. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2007. – 345 с.

УДК 629.70168

Ю.А. Гондаренко, И.В. Кунов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АЭРОДИНАМИКИ

В настоящее время численное моделирование и решение задач аэродинамики при помощи различных математических моделей, занимает все большее место в процессе создания и совершенствования летательных аппаратов (ЛА). Это связано с развитием вычислительной техники, позволяющей создавать

математические модели, адекватно отражающие сложные физические процессы обтекания различных элементов ЛА [1].

Использование современных методов численного моделирования при решении задач аэродинамики ЛА позволяет во многом дополнить и частично заменить сложные и дорогостоящие модельные эксперименты в аэродинамических трубах и не всегда безопасные летные испытания.

Авторами проведены исследования маневренного самолета на режимах с отрывно-вихревой структурой обтекания воздушным потоком несущих поверхностей. Метод исследования основан на решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (*Reynolds Averaged Navier-Stokes*) с помощью программного комплекса *ANSYS FLUENT*. Объектом исследования является трехмерная модель маневренного самолета с внешними подвесками.

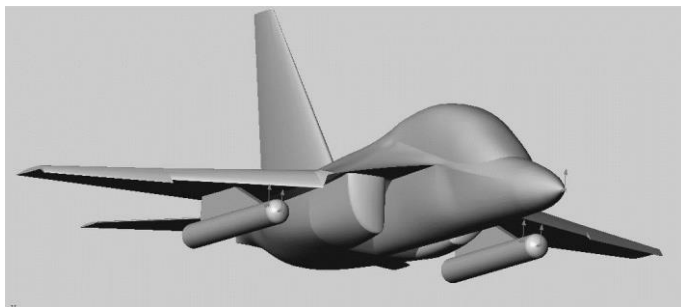


Рисунок 1 – Трехмерная модель маневренного самолета с внешними подвесками

Для решения задачи вычислительной аэродинамики был выбран метод конечных объемов, реализованный в программном комплексе *Ansys Fluent*.

Задача рассматривалась в трехмерной постановке. Геометрические размеры модели равны физической модели самолета Як-130УБС. Расчетная область имела следующие характеристики в направлении (-X) в 4 раза больше корневой хорды крыла, в направлении (-Z) в 2 раза больше размаха крыла, в направлении (+X) 2 раза больше корневой хорды крыла. На входной границе задавалась величина скорости потока 100 м/с, а также граничное условие – *Velocity inlet*.

На верхней и боковых границах расчетной области задается условие симметрии – symmetry: $V_y = 0$, $\frac{\partial p}{\partial y} = 0$, на тыльной стороне – условие свободного выхода и равенства нулю избыточного давления – *pressure outlet*, а на нижней поверхности – экран.

Для достижения требуемой точности и сходимости решения была построена неструктурированная расчетная сетка в редакторе *ANSYS MESHING* с использованием стандартных инструментов *Sizing* и *Inflation*.

Для создания модели объекта исследования задавались следующие параметры:

- число расчетных ячеек сетки 4,2 (в области внешней подвески было произведено уменьшение ячеек пространственной сетки и шагов по времени, так как ее габаритные размеры намного меньше габаритных размеров модели самолета, что позволило получить сеточно-независимое (точное) решение уравнений RANS);

- количество подслоев расчетной сетки пограничного слоя 20 (количество подслоев пограничного слоя выбиралось из условий моделирования отрыва потока при помощи инструмента *Inflation*, так как сетка должна быть измельчена в зоне отрыва, прилегающей к обтекаемому телу, для максимального разрешения вихревых структур в рециркуляционной зоне);

- модель турбулентности $k-\omega$ SST– метод RANS (в ходе проведенных исследований данная низкорейнольдская модель турбулентности позволила наиболее точно и с наименьшими трудозатратами получить зону отрыва и присоединения на поверхности по сравнению с тестовой моделью при использовании спектрального анализа);

- значение параметра расчетной сетки $y^+ = 0,89$ (значение y^+ не превысило 1, что является важным параметром для построения расчетной сетки и сходимости численных расчетов);

- качество сетки по ортогональному качеству (*orthogonal quality* 0,2).

На рисунке 2 показаны зависимости коэффициента подъемной силы полной компоновки маневренного самолета от угла атаки при различных скоростях его изменения для двух вариантов размещения внешних подвесок.

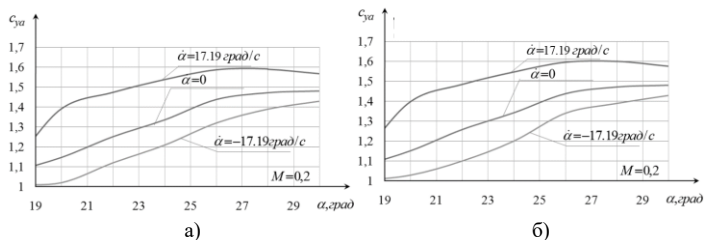


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента подъемной силы полной компоновки маневренного самолета от угла атаки при различных скоростях его изменения:
а – 1-ый вариант подвески; б – 2-ой вариант подвески

При увеличении угла атаки $\dot{\alpha} > 0$ («прямой ход») значения C_{ya} больше соответствующих статических значений, при уменьшении $\dot{\alpha} < 0$ («обратный ход») – меньше. Физически это связано с тем, что при прямом ходе происходит запаздывание разрушения вихревых структур по сравнению со статическими условиями. При обратном – запаздывание восстановления вихревой структуры из состояния глубокого отрыва.

В данной статье представлены основные результаты методических исследований по выбору параметров математической модели процесса обтекания воздушным потоком маневренного самолета в области предельных по углу атаки режимов полета с использованием численного метода конечных объемов, реализованного в программном комплексе Ansys Fluent.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бюшгенс, Г.С. Аэродинамика, устойчивость и управляемость сверхзвуковых самолетов / Г.С. Бюшгенс. - М.: Наука, 1998. – 816 с.
2. Снегирев, А.Ю. Высокопроизводительные вычисления в технической физике. Численное моделирование турбулентных течений: учебное пособие / А.Ю. Снегирев. – СПб. : Изд-во Политехн. Ун-та, 2009. – С. 66-69.

КОНВЕРСИЯ МОТОЦИКЛЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Двигатель является важнейшей составной частью силовой установки летательного аппарата (ЛА).

Несмотря на то, что современные авиационные силовые установки обладают высокими показателями надежности, его отказ, как правило, приводит к развитию аварийной или катастрофической ситуации, вследствие трудности или невозможности его парирования.

В настоящее время в беспилотной авиации самое массовое применение нашли бесколлекторные электрические двигатели, принцип работы которых основан на частотном регулировании с самосинхронизацией, суть которого заключается в управлении вектором магнитного поля статора в зависимости от положения ротора.

К основным достоинствам бесколлекторного электрического мотора можно отнести:

во-первых, в конструкции двигателя отсутствуют вращающиеся и переключающиеся контакты механического типа. Эти элементы в электрических двигателях на постоянных магнитах служат основным источником потерь энергии;

во-вторых, простота конструкции и как следствие высокие показатели надежности;

в-третьих, высокие эксплуатационные качества.

В то же время, емкость литий полимерных батарей, применяемых в качестве источника энергии БЛА, не позволяет осуществлять продолжительный полет. Увеличение массы полезной нагрузки БЛА, потребной дальности и продолжительности его полета требуют применения двигателей внутреннего сгорания (далее – ДВС).

Наибольшее распространение в настоящее время нашли именно двухтактные двигатели ввиду ряда преимуществ, в первую очередь, относительной простоты их конструкции и большей удельной мощности.

В то же время четырехтактные двигатели превосходят двухтактные по ресурсным показателям, кроме того они более экономичны и имеют циркуляционную систему смазки.

Конечно же, сегодня налажено производство серийных авиационных ДВС многими ведущими зарубежными фирмами, но стоимость их приобретения, обслуживания и ремонта оставляют

желать лучшего. На некоторые образцы введены ограничения на приобретение как на товары двойного назначения, в то время как потребность в недорогих ДВС для БЛА (ЛА) назрела уже давно и становится все более актуальной.

Поэтому все большую популярность находит конверсия двигателей авто-мототранспорта для применения последних на ЛА. Они находят применение в сверхлегкой, беспилотной авиации, мотодельтапланах и мотопарапланах.

Для авиационных двигателей для сверхлегкой и беспилотной авиации мощностью до 50 л.с. целесообразно взять серийный мотоциклетный четырехтактный двигатель фирм Honda или Rotax. Конверсия (доработка) такого двигателя делает возможным его применение в качестве силовой установки, как беспилотных летательных аппаратов, так и легких или сверхлегких пилотируемых летательных аппаратов, в первую очередь, индивидуальной постройки.

Доработка данного двигателя в основном заключается в изготовлении ременного (рисунок 1) или шестеренного редуктора. При этом кривошипно-шатунный механизм, поршневая группа и системы двигателя не подлежат изменениям.

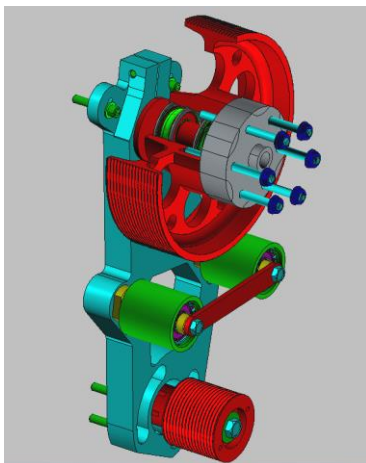


Рисунок 1 – Общий вид поликлинового редуктора

Таким образом, возможность относительно простой доработки транспортных ДВС, способно покрыть потребность в недорогих

авиационных двухтактных двигателях внутреннего сгорания мощностью от 20 до 60 л.с.

Возможность самостоятельного изготовления деталей подобного редуктора не представляет большой сложности и активно изучается в рамках деятельности военно-научного общества и дипломного проектирования.

УДК 623.55.023

С.Ю. Григоров, Д.Д. Соляников, В.А.Симаков

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

(г. Воронеж)

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СОПРОВОЖДЕНИЯ МАНЕВРИРУЮЩЕЙ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ ПО УГЛОВЫМ КООРДИНАТАМ

Эффективность ведения ближних воздушных боев во многом определяется точностью решения задачи сопровождения маневрирующих воздушных целей (МВЦ). Слабым местом современных алгоритмов сопровождения является их расходимость при маневрировании ВЦ, в условиях низкого темпа обновления информации, что в дальнейшем приводит к потере тактического превосходства и поражению в бою. К мерам устранения таких недостатков относятся устройства (алгоритмы) обнаружения маневра и коррекции (адаптации) их параметров или структуры [1]. В работах [2, 3] определены параметры моделей второго порядка, Зингера и Сонга для двух каналов – по дальности и по угловым координатам.

Однако случайный характер возмущающего воздействия в условиях маневренного воздушного боя (помехи или маневр цели), требуют применения метода имитационного моделирования в интересах оценки точности. Поэтому **целью работы** является разработка имитационной модели процесса сопровождения маневрирующей воздушной цели по угловым координатам с учетом типового маневра цели и ошибок первичного измерителя.

Для решения задачи примем следующие допущения:

- основным датчиком информации о параметрах движения МВЦ является бортовая радиолокационная станция (БРЛС);

- в качестве основных типовых маневров в горизонтальной плоскости – «Виращ», в вертикальной – «Переворот» и «Петля Нестерова» и к пространственным маневрам отнесем «Боевой разворот» и «Косая петля»;

- модель относительного движения МВЦ – модель Сонга, как наиболее оптимальная по критерию минимума среднеквадратической отклонение (СКО) ошибки [3].

В интересах достижения цели исследования производилось воспроизведение процесса сопровождения МВЦ на имитационной модели с сохранением логической структуры составляющих процесса и последовательности, происходящих в ней явлений для обеспечения возможности получения информации о состоянии процесса в определенный момент времени для их оценки.

Алгоритм имитационного моделирования процесса сопровождения МВЦ сводился к следующему.

1. Имитировалось измерение углов пеленга в горизонтальной и вертикальной плоскости БРЛС до МВЦ, выполняющей типовой маневр. Случайная составляющая представляла собой изменения углов пеленга МВЦ. Значения углов пеленга состоят из детерминированной и случайной величины, при этом случайная составляющая представляет собой совокупность двух ошибок с учетом маневра ВЦ и ошибок первичного измерителя.

В допущении принято, что в условиях МВЦ движется по одной из пяти траекторий, то есть случайное событие, имеющие пять возможных результатов с одинаковой вероятностью. Тогда вероятность выполнения того или иного типового маневра равна 0,2.

Формирование случайной величины типа маневра осуществлялось с помощью средств системы компьютерной алгебры «MathCad 15». В соответствии с генерации типа маневра принадлежащего области $m = \overline{1,5}$, осуществляется выдача значений углов пеленга в горизонтальной и вертикальной плоскости из блока детерминированных величин.

2. Из блока шумов измерений задавались ошибки для соответствующих углов ΔZ с гауссовым законом распределения с нулевым математическим ожиданием $m\{\Delta Z\} = 0$ и дисперсией $D\{\Delta Z\} = \sigma_{изм}^2$. Формируемые таким образом значения будут имитировать измерения углов пеленга до МВЦ первичным измерителем – БРЛС.

3. В блоке детерминированных величин хранятся данные, полученные при полунатурном моделировании типовых маневров ближнего маневренного боя, характеризующие перемещение истребителя и МВЦ [2]. С учетом этих данных были сформированы случайные и детерминированные составляющие имитационного моделирования. Эта информация поступает в модель истребителя и выдается непосредственно в фильтр сопровождения для соответствующего маневра ВЦ.

4. В фильтре сопровождения осуществляется оценка угловых координат МВЦ, реализованный по фильтру Калмана В качестве модели относительного движения МВЦ использовалась модель

Сонга с коэффициентами маневренности, полученными в работе [3] для каждого маневра.

5. Сформированные оценки координат поступают в блок оценки точности. В нем осуществляется оценка ошибок фильтрации с использованием метода статистических испытаний. В случае если ошибка фильтрации превышает ошибку первичного измерителя, то происходит срыв сопровождения, в противном - сопровождение.

Для проверки работоспособности имитационной модели проведена оценка точности фильтрации.

Анализ представленных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- рассмотренный в работе алгоритм фильтрации является работоспособными, ввиду высокой сходимости истинных и оцененных значений, так погрешность не превышает четырех градусов. Это позволит существенно повысить точность определения угловых координат МВЦ по сравнению с их измеренными значениями;

- недостатком фильтра Калмана на основе модели Сонга является большая инерционность. Так время переходных процессов при фильтрации угловой координаты МВЦ может достигать 10 секунд и более, в то время как переходные процессы в фильтре при использовании упрощенных моделей гораздо меньше. Другим недостатком фильтра являются, очевидно, большие трудозатраты на его реализацию;

- следует ожидать, что использование фильтра Калмана на основе моделей более высоких порядков (Зингера, Сонга) с уточненными параметрами при сопровождении МВЦ, выполняющих маневры, отличные от рассмотренных в работе, приведет к снижению показателя точности фильтрации по сравнению со стандартными алгоритмами. Для устранения данного недостатка целесообразно дополнительно применять специальные процедуры снижения априорной неопределенности относительно вида маневра ВЦ.

Таким образом, на основе разработанной имитационной модели возможно оценить точность фильтрации угловых координат МВЦ, которая отличается включением в состав структуры дополнительного блока – блок маневров, имитирующих типовой маневр цели. При этом в работе тип маневра генерируется как случайная величина, распределенная по равномерному закону. Однако с учетом опыта боевых действий возможно использовать реальный закон распределения типовых маневров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Канащенко, А.И. Облик перспективных бортовых радиолокационных систем. Возможности и ограничения / А.И. Канащенко, В.И. Меркулов, О.Ф. Самарин. – М.: ИПРЖР, 2002. – 176 с.

2. Испулов, А.А. Экстраполяция координат и параметров движения маневренной воздушной цели с использованием модели Сонга [Электронный ресурс] / А.А. Испулов, С.Л. Иванов, Н.П. Зledenный // Труды МАИ. – 2016. – Вып. № 85. – Режим доступа: www.mai.ru/science/try/. – Дата обращения: 18.09.2017.

3. Испулов, А.А. Оценка точности алгоритмов фильтрации при сопровождении маневрирующей воздушной цели по угловым координатам [Электронный ресурс] / А.А. Испулов, С.Л. Иванов // Труды МАИ. – 2017. – Вып. № 97. – Режим доступа: www.mai.ru/science/try/. – Дата обращения: 18.02.2018.

УДК 621.313.2:621.3.07

А.С. Гулецкий, М.И. Полуянов

Белорусская государственная академия авиации

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ПОЛЕТЕ

Комплексное исследование технического состояния компонентов и систем воздушных судов с целью определения возможности их дальнейшей эксплуатации является актуальной задачей эксплуатационных и ремонтных организаций [1]. Генераторы и электродвигатели систем электроснабжения и потребления электроэнергии являются теми элементами, которые (наряду с элементами других функциональных систем) определяют безопасность полетов воздушных судов. При этом исследовать их состояние для снижения эксплуатационных затрат целесообразно без снятия с воздушного судна и даже без исключения из рабочей схемы. Современные методы технической диагностики и возможности вычислительной техники позволяют выполнить диагностические операции на нормально работающих электрических машинах, что обеспечивает получение наиболее достоверной информации об их состоянии.

Применительно к машинам постоянного тока и переменного тока промышленной частоты в настоящее время используется ряд методов: вибрационный, акустический, тепловизионный, измерения магнитного потока в зазоре между ротором и статором, измерения сопротивления изоляции токоведущих частей, вихретоковый, спектральный. Некоторые из перечисленных методов диагностики выполняются на отключенных или разобранных машинах, требуют установки дополнительных датчиков, достаточно сложной измерительной аппаратуры, в силу чего не могут быть применены

для диагностирования электрических машин на воздушных судах. Возможностью применения на воздушных судах даже в режиме полета без разборки и выключения электрических машин из нормальных схем обладает спектральный метод диагностирования состояния электрических машин, для реализации которого необходим компактный измерительный комплект с последующим лабораторным анализом результатов измерений [2,3].

Спектральный метод позволяет выявить дефекты электрической машины и приводимого механизма (межвитковые замыкания и повреждения изоляции обмоток статора, обрывы стержней ротора, работу на двух фазах, дисбаланс ротора, несоосность валов двигателя и механизма, повреждения подшипников и другие неисправности). При этом длительность выполнения измерений потребляемых напряжений и токов не превышает нескольких минут, а анализ полученных результатов выполняется программно-аппаратным комплексом в лабораторных условиях. Спектральный метод утвержден стандартом [4] для диагностирования состояния электрических машин переменного тока, предлагается и используется и для машин постоянного тока.

Согласно [4], каждому виду повреждения соответствует определенная частота в спектре модулей векторов Парка токов и напряжений, кратная промышленной частоте 50 Гц или частоте вращения ротора. При диагностировании авиационных электрических машин частотой 400 Гц с более высокими частотами вращения требуются перерасчеты характерных частот для каждого вида повреждения к частоте 400 Гц или более высоким частотам вращения роторов авиационных электрических машин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Войцехович, Е. Методология и практика реализации модели синхронной модернизации / Е. Войцехович // Наука и инновации. – 2019. – № 9. – С. 35 – 42.
2. Петухов, В.С. Диагностика электродвигателей. Спектральный анализ модулей векторов Парка напряжения и тока / В.С. Петухов. – Новости электротехники. – 2008. – №1 (48). – С. 19 – 24.
3. Сафин, Н.Р. Совершенствование методики токовой диагностики асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором: автореф...канд. техн. наук / Н.Р. Сафин. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2017. – 152 с.
4. Контроль состояния и диагностика машин. Сигнатурный анализ электрических сигналов трехфазного асинхронного двигателя: ГОСТ ISO 20958. – Введ. - М.: Стандартинформ, 2019. – 29 с.

УДК 623.55.023

Г.А. Гуляев, Д.А. Черкасов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ СОПРОВОЖДЕНИИ МАНЕВРИРУЮЩЕЙ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ ПО УГЛОВЫМ КООРДИНАТАМ

Аннотация. В тезисе рассмотрены три модели относительного движения воздушной цели. На основе данных полунатурного моделирования и метода спектрального анализа определена эффективная ширина спектра случайных процессов углового ускорения и рывка при выполнении воздушной цели боевого разворота. Методом статистического моделирования для каждого алгоритма оценен прирост показателя точности фильтрации.

Ключевые слова. Маневрирующая воздушная цель, модель Зингера, модель Сонга, коэффициент маневренности, боевой разворот, среднее квадратичное отклонение

В условиях ведения воздушного боя (ВБ) одним из направлений повышения эффективности истребителей является увеличение количества одновременно поражаемых воздушных целей (ВЦ) [1, 2]. Удовлетворение этого требования возможно за счет получения достаточно полной информации о параметрах движения ВЦ при работе авиационных прицельных систем (АПРС) истребителей в режиме обзора пространства.

В настоящее время алгоритмы оценки координат и параметров движения ВЦ реализованы на основе упрощенных алгоритмов фильтрации, в частности алгоритмов α, β -фильтрации и α, β, γ -фильтрации. К основным недостаткам данных алгоритмов относят: недостаточно точное и устойчивое сопровождение маневрирующих ВЦ при низком темпе обновления информации и отсутствие адаптации к быстро изменяющимся условиям ВБ [2]. Причины этих недостатков объясняются неадекватностью применяемых математических моделей состояний и измерений исследуемого процесса, а также несоответствием параметров и структуры фильтра к изменяющимся условиям функционирования, необходимой для адаптации. Для алгоритмов α, β -фильтрации и α, β, γ -фильтрации прогнозирование осуществляется на основе моделей равномерного прямолинейного движения и равноускоренного движения соответственно, а коррекция прогноза с помощью постоянных значений коэффициентов α , β , γ , что в условиях маневренного ВБ и низкого темпа обновления информации является недостаточным, чтобы обеспечить эффективное применения средств поражения. Такие условия требуют использования более сложных моделей относительного

движения ВЦ с уточненными параметрами не только для дальномерного канала [3], но и для угломерного канала.

Цель работы – сравнительная оценка точности фильтрации при сопровождении маневрирующей ВЦ по угловым координатам с использованием алгоритмов α, β -фильтрации и фильтра Калмана (ФК) для моделей Зингера и Сонга с уточненными параметрами при низком темпе обновления информации о цели.

Для достижения цели работы примем следующие допущения:

- основным пространственным маневром ВЦ в ВБ является маневр типа «Боевой разворот»;

- основной источник информации радиолокационный канал сопровождения ВЦ по угловым координатам, как основной используемый в алгоритмах стрельбы (пуска) средств поражения.

В этом случае правило формирования экстраполированной оценки угловых координат ВЦ имеет вид для:

- модели равномерного прямолинейного движения [2].

Анализ представленных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- рассмотренные в работе алгоритмы фильтрации являются работоспособными, позволяющими существенно повысить точность определения угловых координат маневрирующей ВЦ по сравнению с их измеренными значениями;

- наибольшей точностью фильтрации угловых координат ВЦ характеризуется алгоритм III, экстраполиатор которого функционирует на основе модели Сонга с уточненными параметрами. Так в установившемся режиме прирост показателя точности фильтрации может достигать до 40 % по сравнению с алгоритмом α, β -фильтрации, и до 10 % по сравнению с фильтром Калмана на основе модели Зингера;

- использование в ФК более простой модели взаимного перемещения ВЦ Зингера с уточненными параметрами позволяет повысить точность фильтрации угловых координат цели по сравнению с α, β -фильтром до 30 %;

- недостатком ФК на основе модели Сонга является большая инерционность. Так время переходных процессов при фильтрации угловой координаты ВЦ в вертикальной плоскости может достигать 10 секунд и более, в то время как переходные процессы в фильтре при использовании модели Зингера завершаются вдвое быстрее. Другим недостатком фильтра на основе модели Сонга, являются, очевидно, большие трудозатраты на его реализацию;

- следует ожидать, что использование ФК на основе моделей Зингера и Сонга с уточненными параметрами при сопровождении ВЦ, выполняющих маневры, отличные от «Боевого разворота», приведет к снижению прироста показателя точности фильтрации по сравнению с алгоритмом α, β -фильтрации. Для устранения данного

недостатка целесообразно дополнительно применять специальные процедуры снижения априорной неопределенности относительно вида маневра ВЦ. Примеры таких процедур рассмотрены в [4, 5, 6].

Таким образом, для обеспечения высокой точности сопровождения маневрирующей ВЦ по угловым координатам в условиях ВБ при низком темпе обновления информации в современных АПрС целесообразно применять фильтры, использующие модели относительного движения цели высоких порядков с уточненными параметрами. Показатель прироста точности фильтрации для ФК с моделью Сонга по сравнению с α, β -фильтром достигает 40 %, а для ФК с моделью Зингера 30 %. Однако в случае изменения маневра ВЦ требуется реализация процедур адаптации параметров фильтра к типу маневра. Кроме этого, выбор алгоритма фильтрации должен выполняться либо по критерию минимума ошибки оценивания либо по критерию минимального времени переходных процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Канащенков, А.И. Облик перспективных бортовых радиолокационных систем. Возможности и ограничения / А.И. Канащенков, В.И. Меркулов, О.Ф. Самарин. – М.: ИПРЖР, 2002. – 176 с.

2. Шатовкин, Р.Р. Моделирование функционирования систем управления вооружением истребителя в режиме радиолокационного молчания: монография / Р.Р. Шатовкин. – Воронеж: Изд. ВАИУ, 2010. – 328 с.

3. Испулов, А.А. Экстраполяция координат и параметров движения маневренной воздушной цели с использованием модели Сонга [Электронный ресурс] / А.А. Испулов, С.Л. Иванов, Н.П. Зледенный // Труды МАИ. – 2016. – Вып. № 85. – Режим доступа: www.mai.ru/science/true/. – Дата обращения: 18.09.2017.

4. Авиационные системы радиоуправления: в 2 т. / под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2003. – Т.1. Принципы построения систем радиоуправления. Основы синтеза и анализа. – 191 с.

5. Авиационные системы радиоуправления: в 2 т. / под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2003. – Т.2. Радиоэлектронные системы самонаведения. – 192 с.

6. Рязанцев Л.Б. Фазоразностный способ определения ускорения сближения истребителя с воздушной целью / Л.Б. Рязанцев, В.П. Лихачев, Р.Р. Шатовкин // Труды МАИ. – 2015. – Вып. № 84. – С. 82-85.

УДК 681.51

К.А. Журавский, П.С. Костин, Д.А. Минлибаев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРНЫМ ДВИЖЕНИЕМ СОВРЕМЕННОГО УЧЕБНО-БОЕВОГО САМОЛЕТА

Управление маневренным самолетом в полете является непростой задачей для его экипажа, учитывая широкий диапазон полета современного самолета и большое количество решаемых им задач. Ошибочные действия экипажа могут привести к различного рода авиационным происшествиям, связанными с гибелью человека и (или) с потерей самолета. Один из путей решения данной проблемы – это автоматизация управления полетом, при этом необходимо чтобы логика алгоритма автоматического управления была близка к логике управления экипажем. Одним из способов реализации данного решения является применение теории нечетких множеств (или нечеткой логики) в алгоритмах управления.

В качестве примера представлена такая целевая задача пилотирования, как выдерживание курса в прямолинейном горизонтальном полете моделью учебно-боевого самолета в программно-моделирующем комплексе Matlab@Simulink [1]. Исследуемая модель самолета близка по аэродинамическим, геометрическим и массовым характеристикам учебно-боевому самолету Як-130. Управление моделью реализована на основе нечетких регуляторов.

Нечеткая логика в Matlab@Simulink реализована с помощью встроенного пакета Fuzzy Logic Toolbox [2], в котором можно спроектировать нечеткую систему, представленную в Simulink-модели в виде нечеткого регулятора (рисунок 1).



Рисунок 1 – Структура нечеткого регулятора

Для выдерживания курса летчику необходимо контролировать сам курсовой угол и угол крена γ . Эти параметры будут входными

параметрами в нечеткий регулятор. А выходным параметром будет управляющее воздействие, в данном случае угол отклонения элеронов $\delta_{эл}$, при изменении которого создается крен, который через горизонтальную составляющую подъемной силы обеспечивает разворот самолета в сторону заданного курса. В программной среде Matlab в конструкторе FIS Editor нечетких множеств пакета Fuzzy Logic Toolbox, представленный на рисунке 2.

Входные параметры необходимо фаззифицировать, то есть преобразовать в лингвистические переменные, соответствующие конкретным функциям принадлежности. Эти функции составляются на основе результатов полунатурных испытаний и экспертного оценивания качественными категориями самих летчиков. Далее идет составление правил базы знаний по типу «если – то», которые логически связывают входные параметры с выходным параметром. Правила формируются на основе результатов опросов летчиков, выполнявших выдерживание самолета по курсу. На последнем этапе формирования нечеткой логики необходимо дефаззифицировать выходной параметр, то есть преобразовать нечеткое множество в четкое числовое значение. В Simulink-модели данная логика представлена нечетким регулятором «Fuzzy Logic».

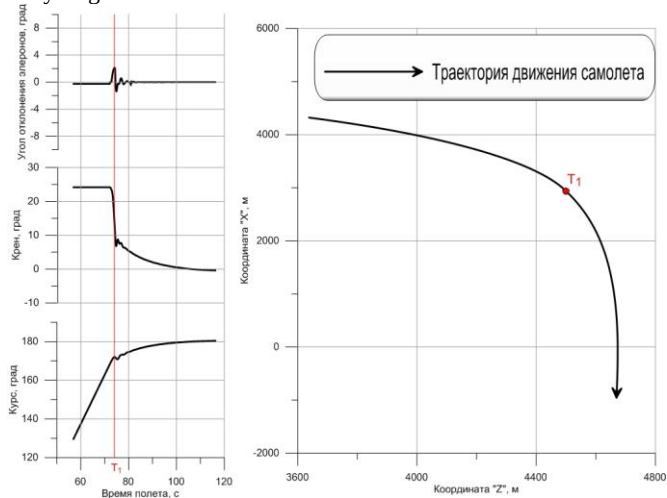


Рисунок 2 – Структура нечеткого регулятора

На рисунке 2 представлены параметры и траектория движения модели самолета в процессе перехода из разворота в

прямолинейный горизонтальный полет, на котором выдерживается курс с помощью нечеткой логики. Моменту времени T_1 соответствует переключение алгоритмов управления, после чего нечеткий регулятор выводит модель самолета из разворота на заданный курс (180°) и выдерживает его, создавая крен отклонением элеронов.

Итак, используя теорию нечетких множеств можно решить широкий диапазон задач автоматического управления самолетом, что было продемонстрировано в данном тезисе статьи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Верещиков, Д.В. Прикладная информатика: Применение Matlab@Simulink для решения практических задач: учебное пособие / Д.В. Верещиков, Д.В. Разуваев, П.С. Костин. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016 - 104 с.

2. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

УДК 53.072.001.57

К.А. Журавский, А.В. Носов, Д.А. Нехорошев

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСАДОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОЛЕТА ПУТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Проведение натурных летных экспериментов для определения характеристик самолета является сложным, дорогим и небезопасным процессом. На современном этапе развития науки и техники, в связи с развитием ЭВМ, рациональным является применение математического моделирования для исследования динамики движения самолета [1, 2].

Одним из наиболее опасных режимов движения самолета является посадка, поэтому было решено исследовать данный режим на предмет определения влияния эксплуатационных и конструктивных факторов на длину пробега самолёта.

Для исследования посадки самолета в программном комплексе Matlab@Simulink была разработана математическая модель (система (1)) продольного движения самолета [3], имеющего схожие аэродинамические, геометрические, массовые и инерционные характеристики с самолетом Як-130 [4].

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dV_x}{dt} = \omega_z V_y + \frac{1}{m} [R_x - mg \sin \vartheta], \\ \frac{dV_y}{dt} = -\omega_z V_x + \frac{1}{m} [R_y - mg \cos \vartheta], \\ \frac{d\omega_z}{dt} = \frac{1}{I_z} M_{R_z}, \\ \frac{d\vartheta}{dt} = \omega_z, \\ \frac{dH}{dt} = V_x \sin \vartheta + V_y \cos \vartheta, \\ \frac{dL}{dt} = V_x \cos \vartheta - V_y \sin \vartheta, \\ V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}, \\ \alpha = -\arctg \frac{V_x}{V_y}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где V_x, V_y – проекции воздушной скорости V на оси связанной системы координат, ω_z – скорость тангажа, ϑ – угол тангажа,

H – высота и L – дальность, m – масса самолета, R_x, R_y , – проекции результирующей силы (аэродинамической силы и силы тяги) на оси Ox и Oy связанной системы координат, M_{R_z} – момент тангажа (составляющая результирующего момента по оси Ox связанной системы координат), g – ускорение свободного падения, α – угол атаки.

Для моделирования заданного продольного движения самолёта при посадке были разработаны алгоритмы управления:

$$\varphi_{cm} = k_H (H - H_3) + k_{\Delta \dot{H}} \Delta \dot{H} + k_{\omega_z} \omega_z + k^I \int (H - H_3), \quad (2)$$

$$\varphi_{cm} = k_{V_{yg}} (V_{yg} - V_{yg3}) + k_{\dot{V}_{yg}} \dot{V}_{yg} + k_{\omega_z} \omega_z + k^I \int (V_{yg} - V_{yg3}), \quad (3)$$

где ϕ_{cm} – угол отклонения стабилизатора, $k_H, k_{\Delta \dot{H}}, k_{\omega_z}, k^I$ – коэффициенты усиления, H – действительное значение высоты, H_3 – заданное значение высоты, V_{yg}, V_{yg3} – действительное и заданное значения вертикальной земной скорости, $k_{V_{yg}}, k_{\dot{V}_{yg}}, k_{\omega_z}$ и k^I – коэффициенты усиления.

Алгоритм управления силовой установкой отклоняет рычаг управления двигателем по закону (4)

$$\alpha_{py\partial} = k_V(V_z - V) + k_{\dot{V}}\dot{V} + k_{\omega_z}\omega_z + k^I \int (V_z - V) dt, \quad (4)$$

где $\alpha_{py\partial}$ – угол установки лимба рычага управления двигателем, k_V , $k_{\dot{V}}$, k^I и k_{ω_z} – коэффициенты усиления, V_z и V – заданная и текущая скорости полёта.

Коэффициенты усиления, входящие в выражения (2), (3) и (4), выбирались опытным путём, из расчёта достижения заданных параметров полёта со временем регулирования и величиной перерегулирования близким к реальному движению самолёта.

Для реализации работы шасси в Matlab@Simulink была создана модель, рассчитывающая реакции опор и моменты, возникающие от них в процессе пробега самолёта по ВПП. В модели реакции опор шасси самолёта представлены в виде двух составляющих: демпфирующей и упругой, которые формализуются в виде:

$$R_w = k_D \dot{h} + k_{упр} \Delta h, \quad (5)$$

где R_w – реакция опоры, k_D – коэффициент демпфирования амортизатора, $\dot{h}$ – скорость обжатия амортизатора, $k_{упр}$ – коэффициент упругости амортизатора, Δh – обжатие амортизатора.

По результатам имитационного моделирования посадки самолёта были построены графические зависимости, отображающие изменение посадочных характеристик при изменении эксплуатационных и конструктивных факторов (рисунок 1).

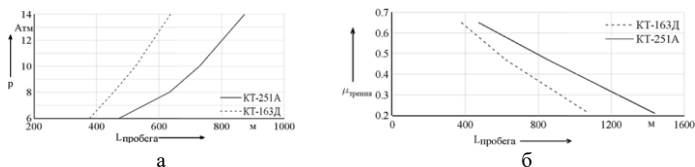


Рисунок 1 – Результаты имитационного моделирования:
а – зависимость длины пробега от зарядки авиационного колеса при посадке на сухую ВПП; б – зависимость длины пробега от состояния ВПП при зарядке колеса

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мышкин, Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники: теория и практика / Л.В. Мышкин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 304 с.
2. Малышев, В.А. Моделирование систем и процессов: учебное пособие / В.А. Малышев. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 270 с.
3. Ефремов, А.В. Динамика полета / А.В. Ефремов, В.Ф. Захарченко, В.Н.Овчаренко. – М.: Машиностроение, 2011. – 776 с.
4. Самолёт Як-130УБС. Аэродинамика и лётные характеристики / Е.Д. Икрянников и др. – М.: Машиностроение, 2015. – 348 с.

УДК 623.54

В.Н. Забавников, А.А. Гойвинович, Д.Ю. Михайлин

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ВЫБОР МЕТОДА АППРОКСИМАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Точность решения задачи наведения управляемого объекта в намеченную область (точку) обусловлена необходимостью наличия полной информации о его аэродинамических характеристиках (АДХ), их изменениях в полете и функциональной связи их с другими параметрами [1, 2, 3]. Удовлетворение этих требований возможно за счет совершенствования научно-методического аппарата баллистического обеспечения.

В настоящее время разработан достаточно мощный научно-методический аппарат баллистического обеспечения авиационных средств поражения (АСП) [4, 5, 6, 7, 8]. В частности, в работе [7] разработана методика определения поправки баллистического коэффициента авиационного артиллерийского снаряда на основе аппроксимации методом наименьших квадратов (МНК), в работе [8] разработана методика учета характеристической скорости авиационной бомбы за счет аппроксимации ее кубической сплайн-интерполяцией (КСИ).

Таким образом, разработка методики выбора метода аппроксимации АДХ управляемого объекта.

Методика включала в себя следующие последовательные этапы выполнения:

1. Создание базы данных объектов исследования.

Геометрические модели объектов разработаны в среде 3D-моделирования SolidWorks, которая позволяет создавать трехмерные модели для импорта их геометрии в программные комплексы газо- и гидродинамики. База данных содержит модели средств поражения изложенных в [9, 10].

2. Импорт геометрии объекта в среду численного моделирования.

Импорт геометрии представляет собой процесс переноса модели объекта в среду численного моделирования (СЧМ) ANSYS,

что исключает необходимость создания моделей во встроенном редакторе геометрии СЧМ.

3. Моделирование расчетной области и генерация расчетной сетки.

Расчетная область представляет собой геометрию потока воздуха в виде цилиндрического жидкого тела диаметром 12 м и длиной 18 м, из которого вырезана геометрия снаряда.

Одним из основных условий корректного расчета является необходимость правильно оптимизировать расчетную сетку, что является следующим этапом, с целью нахождения компромисса между точностью и быстротой расчета.

4. Задание исходных данных атмосферы и начальных условий.

5. Моделирование процесса взаимодействия атмосферы и объекта.

В результате взаимодействия атмосферы и объекта, размещенной под различными углами атаки, получены поля давления и скорости, а также зависимости коэффициентов сопротивления и подъемной силы от числа

6. Выбор метода аппроксимации АДХобъекта.

Существует достаточно большое количество методов аппроксимации [11, 12], в работе выбраны наиболее распространенные.

6.1 Сплайн-интерполяция. Такой вид аппроксимации позволяет заменить экспериментальную функцию отрезками кубического вида, которые проходят через три узловые точки.

6.2 Метод наименьших квадратов. Является наиболее распространенным методом аппроксимации. В этом методе при сглаживании опытных данных аппроксимирующую кривую стремятся провести так, чтобы её отклонения от экспериментальных данных по всем узловым точкам были минимальными.

6.3 Нейронная сеть. Это система, состоящая из многих простых вычислительных элементов, работающих параллельно, функция которых определяется структурой сети, а вычисления производятся в самих элементах или узлах. На вход подавались данные чисел Маха, а на выход экспериментальные значения коэффициента сопротивления. Численейронов в скрытом слое задавалось и составляло 15, в выходном слое – один нейрон.

Анализ аппроксимации нейронной сетью свидетельствует о высокой точности данного метода, однако на участке от 2 до 3 Маха ошибка растет. Следует также отметить преимущество нейросетевого алгоритма, которое заключается в способности лучше обучаться с ростом выборки экспериментальных данных.

6.4 Сравнительный анализ методов аппроксимации.

В качестве показателя эффективности метода аппроксимации принято среднееквадратическое отклонение (СКО) ошибки экспериментального и теоретического индивидуального закона сопротивления объекта σ , а в качестве критерия минимум этой ошибки – $\min \sigma$.

Таким образом, в ходе проведенного исследования разработана методика выбора метода аппроксимации АДХ управляемого объекта, отличающаяся тем, что разработана база данных объектов в среде 3D-моделирования SolidWorks и проведена сравнительная оценка методов аппроксимации (сплайн-интерполяция, МНК и нейронная сеть) по критерию минимума СКО ошибок и по коэффициенту корреляции полученных значений в СЧМ индивидуального закона сопротивления с теоретической функцией. Это позволит получать АДХ современных средств поражения при разных условиях применения и использовать полученные результаты для разработки моделей движения управляемых объектов. Следует также отметить, что по всем показателям преимущество у нейросетевого алгоритма, с одной стороны, но, с другой стороны, для других методов возможно получение аналитической зависимости, что при решении конкретных задач важнее.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Эффективность боевого применения комплексов авиационного вооружения / под ред. В.Г. Глушкова. – Ставрополь: СВВАИУ (ВИ), 2005. – 584 с.
2. Прицельные системы стрельбы / под ред. Р.В. Мубаракшина. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1973. – 332 с.
3. Авиационные прицельно-навигационные системы / под ред. А.М. Краснова. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2006. – 623 с.
4. Внешняя баллистика авиационных неуправляемых снарядов / под ред. А.Г. Постникова. – М.: ВВИА, 2003. – 395 с.
5. Дмитриевский, А.А. Внешняя баллистика / А.А. Дмитриевский. – М.: Машиностроение, 1972. – 584 с.
6. Дмитриевский, А.А. Внешняя баллистика: учебник для студентов / А.А. Дмитриевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005. – 608 с.
7. Должиков, В.И. Определение аэродинамических характеристик вращающегося летательного аппарата при неуправляемом полете с помощью систем инженерного анализа / В.И. Должиков, А.В. Николаев // Вестник Московского авиационного института. – 2015. – Т.22, №3. – С. 45-51.
8. Замолоцких, О.А. Методика расчета баллистических характеристик идентичных моделей в условиях аэродинамической интерференции от носителя [Электронный ресурс] / О.А. Замолоцких, Ал.В. Николаев, Ан.В. Николаев // Труды МАИ. – 2018. – № 99. – Режим доступа: <http://trudymai.ru/published.php?ID=92050>. – Дата обращения: 01.02.2019.

9. Управляемые авиационные ракеты. Устройство и принцип действия ракет Р-27Р (Р-27ЭР), Р-27Т (Р-27ЭТ), Р-27П (Р-27ЭП): учебное пособие / А.Н. Абричкин. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017. – 356 с.

10. Авиационные боеприпасы: учебник для слушателей и курсантов высших инженерных военно-учебных заведений ВВС / А.Н. Абричкин и др. – М.: Изд. ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2010. – 407 с.

11. Практическое руководство по сплайнам: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1985. – 304 с.

12. Малышева, Т.А. Численные методы и компьютерное моделирование. Лабораторный практикум по аппроксимации функций: учеб.-метод. пособие / Т.А. Малышева. – СПб. : Университет ИТМО, 2016. – 33 с.

УДК 623.54

О.А. Замолоцких, И.С. Обозный, А.И. Маляр

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА БОМБОМЕТАНИЯ С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ОТ НОСИТЕЛЯ

Аннотация. В тезисе приведена разработка имитационной модели процесса бомбометания, в которой аэродинамическая интерференция характеризуется изменением угла атаки авиационной бомбы вследствие возникновения схода воздушного потока на стабилизаторе авиационной бомбы.

Определение координат траектории движения неуправляемых средств поражения, в частности авиационных бомб (АБ), является одной из основных задач авиационной внешней баллистики [1]. Ввиду действия различных факторов стохастического характера точки падения АБ при одинаковых начальных условиях сброса различаются. Одним из таких факторов является неоднородность и турбулентность воздушного потока вблизи носителя, возникающие в ходе обтекания расположенных близко друг к другу фюзеляжа, балочного держателя и авиационной бомбы (явление аэродинамической интерференции). В результате этого изменяется картина обтекания и формы линий потока, вихревого следа и возмущений, вызванных каждым элементом самолета в отдельности, что приводит к перераспределению сил давления и возникновению угла атаки

В процессе математического моделирования динамики АБ широко используются функциональные зависимости коэффициентов аэродинамических сил и моментов от наиболее существенных параметров движения, к которым относят скорость

полета относительно воздуха и ее направление относительно АБ, характеризуемое углами атаки и скольжения и др. При этом наибольшее значение имеет изменение силы лобового сопротивления, характеристикой которой является коэффициент лобового сопротивления (КЛС) [2].

Существующая модель полета АБ, используемая в качестве основы для современных баллистических алгоритмов, не учитывает изменение КЛС при возникновении угла атаки, что приводит к возникновению методической составляющей ошибки прицеливания. В соответствии с ранее проведенными экспериментами [3] получены значения КЛС с учетом изменения угла атаки. Совокупность таких данных позволяет определить статистические данные для моделирования и в последующем оценить эффективность применения АБ при изменении аэродинамических характеристик

Структурная схема имитационной модели представлена на рисунке 1.

Для функционирования имитационной модели в качестве генератора случайных чисел принимается ошибка определения КЛС, распределенная по нормальному закону со статистическими характеристиками, указанными выше. В блоке параметров атмосферы задавались значения температуры T , функции плотности воздуха от высоты H (h), давления p . Начальные значения носителя задаются в блоке параметров летательного аппарата (высота H_0 и скорость V_0). Система дифференциальных уравнений (1) заложена в блоке модели полета АБ, в которую входят все параметры.

$$\begin{cases} \dot{v} = -F_x m^{-1} - g \sin(\lambda) \\ \dot{\lambda} = 2\mu - g \cos(\lambda) v^{-1} \\ \dot{\alpha} = \omega_z \\ \dot{\omega}_z = -\beta\alpha - 2\chi\omega_z \\ \dot{x} = v \cos(\lambda) \\ \dot{y} = v \sin(\lambda) \end{cases}, \quad (1)$$

где v – скорость АБ, x, y – текущие координаты, F_x – сила лобового сопротивления, g – ускорение свободного падения, λ – угол наклона вектора скорости к горизонту, $\mu = \pi \rho_0 d^2 H(y) v c_y^a / 8m$ – величина, характеризующая зависимость баллистических свойств АБ (масса – m , диаметр – d ,

C_y^α – коэффициент подъемной силы от угла атаки) от параметров окружающей среды (плотность воздуха у поверхности Земли ρ_0 , $H(y) = 20000 - y/20000 + y$ – функция плотности воздуха от высоты), α – угол атаки, ω_z – угловая скорость движения АБ, $\beta = \pi \rho_0 H(y) v^2 m_z^\alpha / 8 I_z$, $\chi = \pi \rho_0 d^2 l^2 H(y) v m_z^{\omega_z} / 8 I_z$ – величины, характеризующая инерциальные свойства АБ (I_z – момент инерции относительно оси Z , $m_z^{\omega_z}, m_z^\alpha$ – безразмерные коэффициенты статического и демпфирующего моментов инерции).

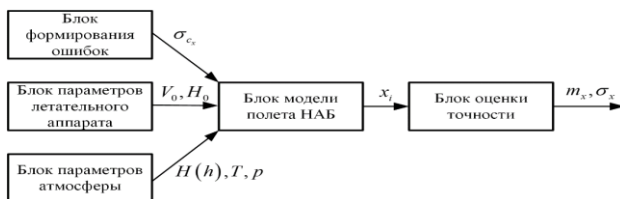


Рисунок 1 – Структурная схема имитационной модели

На выходе данного блока формируются значения отношения x_i , где $i = 1 \dots N$, N – количество испытаний (реализаций). В качестве примера при исходных данных из таблицы 1 для модели с учетом изменения угла атаки, а также: скорость $V_0 = 200$ м/с, высота сброса $H_0 = 5000$ м, температура $T = 255$ К, значение плотности на заданной высоте $H(h) = 0.73$ кг/м³, давление $p = 54$ кПа, количество реализаций $N = 1000$ получено значение точечной оценки $\sigma_x = 19$ м. В ходе определения точности и надежности полученной оценки установлено, что при доверительной вероятности $\beta = 0.9$ доверительный интервал $I_\beta = (19 - 0.98; 19 + 0.98)$.

При аналогичном моделировании с использованием стандартной модели полета АБ без учета угла атаки значение точечной оценки $\sigma_x = 24$ м, при доверительной вероятности $\beta = 0.9$ доверительный интервал $I_\beta = (24 - 1.37; 24 + 1.37)$.

Таким образом, результаты имитационного моделирования показали, что учет характеристик аэродинамической

интерференции и последующего изменения угла атаки позволяет уменьшить среднее квадратическое отклонение отношения АБ на 21 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Постников, А.Г. Внешняя баллистика авиационных неуправляемых снарядов / А.Г. Постников. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2003. – 396 с.
2. Численные методы динамики летательного аппарата в условиях аэродинамической интерференции / Н.А. Баранов и др. – М.: Наука, 2001. – 207 с.
3. Замолодских, О.А. Методика расчета баллистических характеристик идентичных моделей в условиях аэродинамической интерференции от носителя / О.А. Замолодских, Ал.В. Николаев, Ан.В. Николаев // Труды МАИ. – 2018. – Вып. № 99. – С. 42-45.

УДК 623.54

А.А. Испулов, Д.А. Битюков, И.А. Якушев

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

КУБИЧЕСКАЯ СПЛАЙН-ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ БОМБ

Аннотация. В тезисе описана последовательность кубической сплайн-интерполяции массива значений индивидуальных законов сопротивления авиационных бомб.

В современных бортовых баллистических алгоритмах с недавнего времени, появилась возможность использования индивидуальных законов сопротивления (ИЗС) неуправляемых авиационных средств поражения (НАСП). Это связано с рядом причин, в частности с повышением производительности бортовых цифровых вычислительных машин, сокращением используемой номенклатуры НАСП, а также получением удовлетворительных по качеству данных об аэродинамических коэффициентах силы лобового сопротивления боеприпаса. Однако получение достоверных данных об аэродинамических качествах НАСП не в полной мере решает задачу повышения точности решения задачи баллистики.

Дело в том, что трудности в определении коэффициента силы лобового сопротивления тесно связана со способом его представления. Большинство задач внешней баллистики, как прямых, так и обратных, связано с интегрированием уравнений движения СП, а поскольку нелинейные уравнения в конечном виде не решаются, то для получения решения используют численные методы. В свою очередь, точность получаемого решения (или время решения задачи) зависит прежде всего от гладкости функций,

входящих в правые части дифференциальных уравнений. Особенно остро это обстоятельство проявляет себя и обратных оптимизационных задачах, связанных с решением систем уравнений высокого порядка с большим числом неизвестных. Здесь даже незначительные разрывы и изломы при аппроксимации принципиально гладких функций приводят к плохой обусловленности системы уравнений и, как следствие, медленной сходимости процесса их решения, а иногда к самовозбуждению колебательного несходящегося процесса [1].

Получаем кубический интерполирующий сплайн, график которого представлен на рисунке 1.

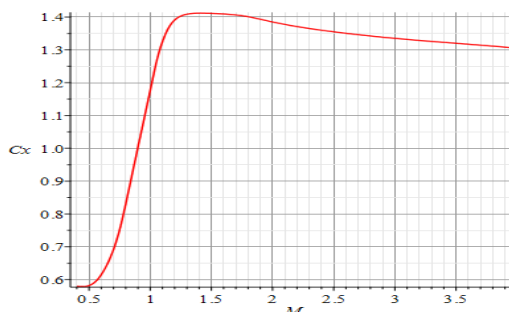


Рисунок 1 – График сплайн-интерполяции

Таким образом, в статье рассмотрена возможность использования кубической сплайн-интерполяции в задаче восстановления функции по табличным данным. Стоит отметить, что важным достоинством данного метода интерполяции заключается в равенстве значений в точках вплоть до второй производной. Поэтому метод кубической сплайн-интерполяции можно использовать для аппроксимации аэродинамических данных авиационных средств поражения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Постников, А.Г. Внешняя баллистика авиационных неуправляемых снарядов / А.Г. Постников. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2003. – 396 с.

УДК 629.7.016.82

М.А. Казарин, А.А. Энкин

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ НАБОРА ВЫСОТЫ УЧЕБНО-БОЕВЫМ САМОЛЕТОМ С ПОМОЩЬЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА

При планировании использования авиации зачастую возникает необходимость оптимизации траекторий движения летательных аппаратов. Наиболее часто рассматривают две задачи.

Во-первых, это поиск траекторий, позволяющих улучшать характеристики дальности и продолжительности, т.е. формирование такого высотно-скоростного режима полета, который позволяет минимизировать затраты топлива.

Вторая задача связана с определением высотно-скоростного режима полета, который позволяет минимизировать время выхода в заданные условия полета. Эта задача наиболее актуальна для военной авиации, выполняющей задачи по уничтожению воздушных объектов.

В статье рассмотрено решение второй из представленных задач. В частности, представлены результаты определения оптимального набора заданной высоты и скорости за минимальное время самолётом Як-130.

Изменение высотно-скоростного режима полёта или увеличение полной механической энергии может выполняться различными способами с отличающимися программами изменения высоты и скорости.

Приближенно такая задача решается следующим образом. Задается несколько программ набора высоты $H(V)$. Для каждой программы определяется время набора высоты и выбирается та, которая дает минимум времени. Однако видно, что точное решение таким способом требует перебора бесконечного количества вариантов.

В связи с этим для решения поставленной задачи был использован энергетический метод Остославского-Лебедева [1]. С его помощью выполнен поиск оптимального управления путем определения программы изменения высоты и скорости полёта $H(V)_{opt}$, которая обеспечит минимальное время накопления полной механической энергии от заданных начального $H_{\text{н}}$ до конечного $H_{\text{к}}$ значений.

Для этого решается уравнение движения в энергетической форме:

$$\frac{dH_{\text{э}}}{dt} = V n_{\text{ха}}, \quad (1)$$

где $H_{\text{э}}$ – энергетическая высота, t – время, V – скорость полёта, $n_{\text{ха}}$ – тангенциальная перегрузка.

В правую часть этого уравнения входят тяга силовой установки (принят «максимальный» режим работы силовой установки) и сила лобового сопротивления летательного аппарата, которые при принятых допущениях зависят только от высоты и скорости полёта.

Необходимо решить уравнение (1) относительно времени:

$$t = \int_{H_{\text{э}0}}^{H_{\text{эк}}} \frac{1}{V n_{\text{ха}}} dH_{\text{э}} = \int_{H_{\text{э}0}}^{H_{\text{эк}}} F(H_{\text{э}}, H) dH_{\text{э}}. \quad (2)$$

Очевидно, что для минимизации времени набора высоты, необходимо, чтобы величина $1/V n_{\text{ха}}$ (функционала $F(H_{\text{э}}, H)$) была минимальной.

В качестве начальных условий приняты скорость и высота полёта самолёта Як-130УБС [2], соответствующие завершению воздушного этапа взлёта, т.е. 320 км/ч и 500 м.

Конечные условия полёта самолёта Як-130УБС приняты следующие:

- высота полёта – 12000 м;
- скорость полёта – 970 км/ч.

Проведя исследования всех изолиний энергетических высот от начальной $H_{\text{э}0}$ до конечной $H_{\text{эк}}$, получим оптимальную программу высоты и скорости $H(V)_{\text{опт}}$ перевода ЛА с одного заданного энергетического уровня на другой за минимальное время. Полученная программа представлена на рисунке 1.

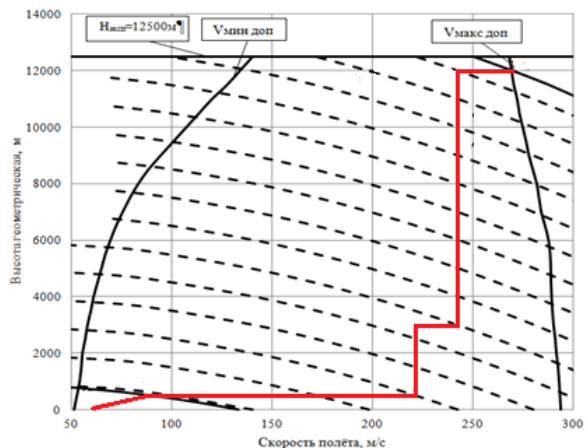


Рисунок 1 – Оптимальная программа достижения заданной энергетической высоты за минимальное время

Данная программа включает следующие характерные этапы:

- взлёт и набор высоты в 500 м;
- разгон без набора высоты до 220 м/с;
- установившийся набор высоты 3000 м на скорости 220 м/с;
- разгон без набора высоты до 240 м/с;
- установившийся набор высоты 12000 м;
- прямолинейный горизонтальный разгон без набора высоты до 270 м/с;

Разница времени набора высоты при расчёте по методу Остославского-Лебедева и при расчёте времени набора высоты с постоянной (близкой к максимальной) скоростью полета составит 228 секунд.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тарасенков, А.М. Динамика полета и боевого маневрирования летательных аппаратов / А.М. Тарасенков, В.Г. Брага, В.Т. Тараненко. – М.: ВВИА им. Н.Е.Жуковского, 1984. – 512 с.
2. Самолёт Як-130УБС. Аэродинамика и лётные характеристики / Е.Д. Икрянников и др. – М.: Машиностроение, 2015. – 348 с.

УДК 623.54

А.В. Казьменко, А.А. Казьменко, К.А. Казьменко

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ НЕУПРАВЛЯЕМЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ВНЕШНИХ ПОДВЕСКАХ

Одной из проблем, возникающих при создании моделей объектов, является отсутствие достоверных сведений о характеристиках исследуемого объекта. В частности, например, при моделировании динамики отделения подвесных грузов остро стоит проблема определения аэродинамических интерференционных характеристик груза.

Установлено [1], что тела, расположенные близко друг к другу в потоке воздуха, оказывают взаимное влияние на характер их обтекания. В результате этого изменяются картина обтекания и формы линий тока, вихревого следа и возмущений, вызванных каждым элементом самолета в отдельности, что приводит к перераспределению сил давления. В результате взаимного влияния частей самолета отдельно взятые элементы – в данном случае фюзеляж, балочный держатель и средство поражения (СП), расположенные рядом, соединенные в единую конструкцию, частично теряют свои индивидуальные аэродинамические характеристики и приобретают новые. Данное явление характеризует аэродинамическую интерференцию.

Аэродинамические интерференционные характеристики представляют собой функциональные зависимости коэффициентов дополнительных аэродинамических сил и моментов от относительного расположения самолета-носителя и подвесного груза, а также условий полета носителя. Величины скоростей возмущенного потока зависят главным образом от геометрии самолета-носителя, режимов полета (скорость, углы атаки и скольжения), координат точек пространства относительно связанной системы координат $O_{1c}X_{1c}Y_{1c}Z_{1c}$, в которых рассчитываются скорости возмущенного потока.

Представленные результаты показывают, что в некоторых случаях вертикальная составляющая возмущенной скорости воздушного потока может достигать значений в несколько десятков метров в секунду. Таким образом, возмущенный самолетом воздушный поток существенно изменяет картину аэродинамического обтекания находящегося вблизи него подвесного груза. Как следствие, изменение картины обтекания средства поражения приводит к изменению действующих на него

аэродинамических сил и моментов, что в результате приводит и к изменению траектории движения СП.

Проблема идентификации характеристик аэродинамической интерференции, решается несколькими способами, которые имеют те или иные недостатки. Все методы исследования АИ можно разделить на три большие группы:

- определение характеристик АИ на основе продувок в аэродинамической трубе;
- идентификация характеристик АИ по результатам летного эксперимента;
- численные методы исследования АИ.

При экспериментальном определении характеристик аэродинамической интерференции на основе продувок в аэродинамических трубах имеют место ошибки, которые можно разделить на две группы:

- систематические погрешности эксперимента;
- случайные погрешности эксперимента.

Известны также методы экспериментального исследования, основанные на измерении собственных аэродинамических характеристик элементов с помощью внутримодельных тензометрических весов [2].

Методы идентификации АИ по результатам проведения лётного эксперимента [3] по старту (пуску или сбросу) подвесных грузов имеют своей целью качественную оценку траекторий отделения их (грузов) от носителя и обусловленного стартовыми возмущениями характера автономного полёта. Анализ кинематических параметров траектории полёта отделяемого груза даёт возможность путём решения обратной задачи динамики полёта определить действующие на летящий (отделяющийся) груз силы и моменты.

Задачу определения сил и моментов, действующих на отделяемое тело в процессе его старта, можно разделить на ряд этапов:

- формирование циклограмм по недостающим параметрам;
- решение обратной задачи динамики полёта для «груза» (исследуемого тела), определение сил и моментов, выделение аэродинамических сил и моментов и коэффициентов этих сил и моментов;
- выделение сил, моментов и коэффициентов аэродинамического интерференционного влияния носителя на груз;
- формирование циклограмм по кинематическим параметрам носителя в целях определения значений относительных координат (линейных и угловых) груза.

Достоинством методов идентификации АИ по результатам летного эксперимента является наличие характеристик, присущих

реальному поведению СП в процессе отделения и на начальном этапе траектории. Недостатками являются большие временные и материальные затраты (эксперимент влечет за собой уничтожение образца исследования), недостаточная надежность получаемых при этом данных, возникающая из-за погрешности измерительной аппаратуры и невозможности точно выделить условия эксперимента, а также невозможность оценить степень влияния каждого из факторов (случайные ошибки; действие на СП в полете разного рода неконтролируемых возмущений).

Для подтверждения справедливости вышесказанного авторами проведен вычислительный эксперимент процесса обтекания воздушным потоком самолета Су-34 для получения коэффициентов силы лобового сопротивления для каждой точки подвески в условиях АИ. Для создания модели самолета Су-34 в варианте загрузки 4 х ОФАБ 250-270 использован программный комплекс SolidWorks.

Отличительной особенностью эксперимента является использование для расчета обтекания потоком СП положениями из теории клеточных автоматов, а конкретно – методами решеточных уравнений Больцмана (LBM) [4].

Суть метода LBM заключается в том, что исследуемая область разбивается на конечное число прямоугольных ячеек с жидкими частицами, между которыми на каждом шаге по времени происходит перенос вещества в соответствии с заданным видом кинетического уравнения и интеграла столкновений.

В целом, проведенный анализ показывает, что аэродинамическая интерференция оказывает существенное влияние на динамику движения отделяемых грузов в окрестности самолета-носителя, что определяет необходимость достоверного определения ее характеристик. При исследовании интерференции рационально использовать не один метод, а совокупность подходов, различных по условиям эксперимента. К примеру, данные, полученные на основе численных методов, уточнять значениями результатов идентификации АИ в летном эксперименте или результатами продувок в аэродинамической трубе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мхитарян, А.М. Аэродинамика / А.М. Мхитарян. – М.: ЭКОЛИТ, 2012. – 448 с.
2. Васенев, Л.Г. Метод экспериментального исследования интерференции элементов летательных аппаратов при сверхзвуковых скоростях / Л.Г. Васенев, А.М. Харитонов // Ученые записки ЦАГИ. – 1978. – Т. IX, №1. – С. 101-107.
3. Васильев, И. В. Оценка аэродинамических интерференционных характеристик по результатам летного эксперимента / И.В. Васильев // VI Всероссийская конференция молодых ученых по математическому

моделированию и информационным технологиям, Кемерово. – Кемерово: КГУ, 2005. – С. 33-35.

УДК 623.726

Р.М. Калинин, И.Д. Камбалин, А.Г. Ганжин

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

РАСЧЕТ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Современные технологии и перспективы их развития позволяют беспилотным летательным аппаратам (БпЛА) успешно выполнять задачи, лежавшие ранее на других типов авиации.

Составляющие, которые позволяют оценить эффективность применения БпЛА, следующие: летно-технические характеристики (ЛТХ), стоимость обслуживания и эксплуатации, способы управления и передачи полученных данных, возможность автономного выполнения задач и др.

Для проведения расчетов характеристик силовой установки (СУ) и параметров проточной части двигателя предполагается, что [1]:

а) во всех проточных элементах газо-воздушного тракта течение является установившимся;

б) отсутствует теплообмен между воздухом (газом), проходящим по тракту двигателя, и окружающей двигатель средой;

в) воздух подчиняется уравнению состояния идеального газа с газовой постоянной $R=287$ Дж/(кг*К) и имеет показатель адиабаты $k=1,4$, что соответствует теплоемкости $C_p=1004,5$ Дж/(кг*К);

г) уравнению состояния идеального газа также подчиняются продукты сгорания в газотурбинных двигателях;

д) при постоянном давлении теплоемкость газа не зависит от температуры;

е) для процессов, протекающих в основной камере сгорания с использованием авиационного топлива (керосина), определение потребного количества теплоты, может быть произведено с использованием условной теплоемкости такого процесса;

ж) теплотворная способность топлива (керосина), равна $H_u=43000$ кДж/кг.

Расчет проточной части СУ проводится для БпЛА с тягой двигателя на максимальном режиме равной $P=32549$ Н. Для создания такого двигателя были заданы исходные данные представленные в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Исходные данные для проектирования силовой установки БПЛА

Наименование	Значение	Наименование	Значение
Высота, км	0	Относительный расход воздуха, отбираемый на $g_{отб}$	0,03
Число Маха	0	КПД КНД	0,88
Степень повышения давления	17	КПД КВД	0,88
Температура газа перед турбиной, К	1550	КПД ТВД	0,91
Степень двухконтурности	1,2	КПД ТНД	0,92
Тяга, кН	36,5	КПД механический	0,99
Коэффициент восстановления полного давления во втором контуре, σ_{II}	0,98	Теплоемкость топлива, H_u , кДж/кг	43000
Коэффициент восстановления полного давления в ОКС, $\sigma_{КС}$	0,98	Коэффициент истечения газов из сопла, φ_c	0,99
Относительный расход воздуха, отбираемый на охлаждение турбины, $g_{охл}$	0,05	Количество валов	2

При расчетах характеристик двигателя и его проточной части с помощью ПЭВМ были получены следующие графические зависимости: рабочая линия компрессора низкого давления (КНД), рабочая линия компрессора высокого давления (КВД), запас газодинамической устойчивости КНД при изменении частоты вращения ротора низкого давления, запас газодинамической устойчивости КВД при изменении частоты вращения ротора высокого давления, изменение степени повышения давления при изменении приведенной частоты вращения двигателя, линия предельных режимов работы двигателя.

После проведения расчетов при помощи ЭВМ была получена программа управления (зависимость управляемых параметров от управляющих факторов), показанная на рисунке 1.

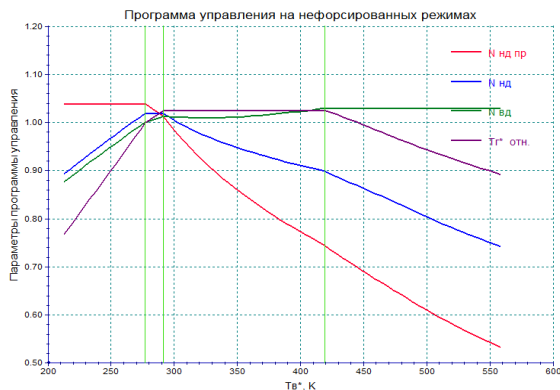


Рисунок 1 – Программа управления проектируемым двигателем

По итогам расчетов были получены высотно-скоростные характеристики двигателя, которые характеризуют его эффективность (изменение удельного расхода топлива или тяги на высотах $H=0$ км, 3 км, 7 км, 9 км и 11 км), а также проточная часть силовой установки (рисунок 2).

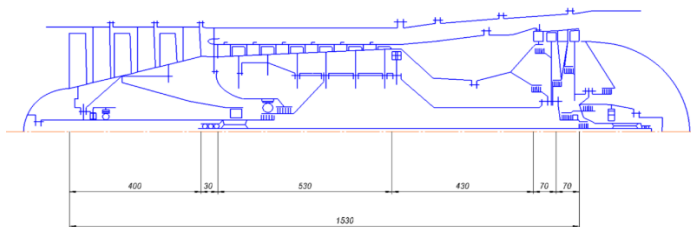


Рисунок 2 – Проточная часть проектируемого двигателя с указанием размеров основных элементов

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федоров, Р.М. Расчет параметров и характеристик ТРДД и ТРДДСМ / Р.М. Федоров, А.С. Полев, А.С. Дрыгин. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2002. – 280 с.
2. Теория авиационных двигателей: в 2 ч. / под ред. Ю.Н. Нечаева. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2012. – Ч. 2. – 185 с.

НЕЧЕТКИЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

В работе показано, что эффективность нечеткого регулятора обусловлена регулирующим воздействием, которое зависит от получаемых сигналов согласно созданным правилам. Правила создаются на основе лингвистических переменных (термов) и присвоенных весов для предсказания входных данных, а значит более эффективного регулирования выходного сигнала.

Для создания правил нечеткой логики ошибка управления была определена термами, где N – отрицательная ошибка, P – положительная ошибка, $S/M/B$ – величина ошибки малая, средняя и большая соответственно. Согласно теории вероятностей, в работе рассчитано регулирующее воздействие « u » исходя из отклонения « e » и дискретной скорости его изменения « Δe » (таблица 1). Если интервал квантования, сравнительно мал, вычисленное по этой формуле значение корреляционной функции практически равно нулю. Таким образом, плотность распределения термов в клетках таблицы алгоритма функционирования регулятора равна произведению соответствующих плотностей распределения отклонения и скорости изменения отклонения [1, 2].

Таблица 1 – Расчет регулирующего воздействия согласно условной вероятности

e	Δe							
	NB	NM	NS	$Z0$	PS	PM	PB	
NB	NB	NB	NM	NM	NS	NS	$Z0$	u
NM	NB	NM	NM	NS	NS	$Z0$	PS	
NS	NM	NM	NS	NS	$Z0$	PS	PS	
$Z0$	NM	NS	NS	$Z0$	PS	PS	PM	
PS	NS	NS	$Z0$	PS	PS	PM	PM	
PM	NS	$Z0$	PS	PS	PM	PM	PB	
PB	$Z0$	PS	PS	PM	PM	PB	PB	

Так как каждому значению базовой переменной « e » и « Δe » на входе регулятора может соответствовать несколько соседних термов с различными плотностями вероятностей, то для вычисления плотности распределения регулирующего воздействия приходится использовать формулу полной вероятности [1, 2, 3]. Для создания нечеткого регулятора в *MatLab* выбрана структура

типа *Mamdani*, в связи с тем, что выходные функции членства будут нечеткими. После объединения базовых переменных, для каждой выходной переменной существует нечеткое множество, которое нуждается в дефазификации (преобразование нечеткого множества в четкое множество). Согласно таблице 1 создано 49 правил, учитывающих плотность распределения регулирующего воздействия (рисунок 1) [4].

Для оценки качества регулирования разработана схема синхронного генератора с регулятором на базе выпрямителя и *RC*-цепи (рисунок 2) и проведено сравнение с регулятором на базе нечеткой логики. Нечеткий регулятор внедряется в контур по отклонению и стабилизирует напряжение генератора путем изменения тока поля возбуждения.

Анализ графиков работы регуляторов при случайных возмущениях по цепям нагрузки и управления показывает: быстроедействие сокращается с 0,25 с до 0,1 с в системе с нечетким регулятором; величина перерегулирования уменьшается в 5 раз; нечеткий регулятор на более чем 60 % сокращает разницу амплитудных значений напряжения в сравнении с регулятором на базе выпрямителя и *RC*-цепи, что говорит о высокой робастности нечеткого регулятора; постоянная ошибка регулирования сводится к нулю при использовании нечеткого регулятора.

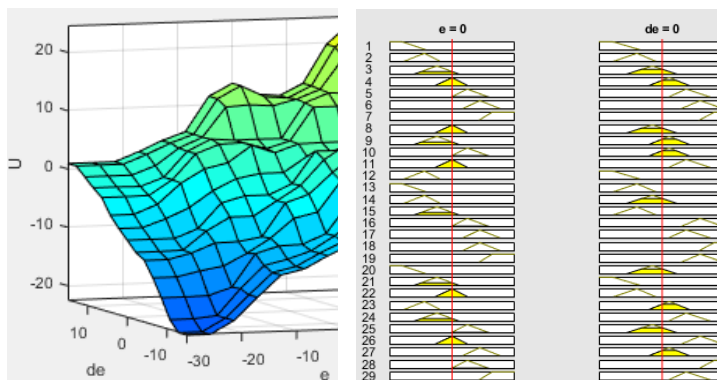


Рисунок 1 – Визуальное отображение правил нечеткого регулятора

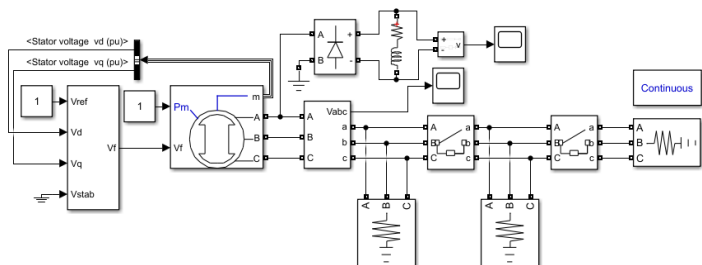


Рисунок 2 – Имитационная схема синхронного генератора с регулятором на базе выпрямителя и RC-цепи

Таким образом, применение нечеткого регулятора в системах управления синхронными генераторами позволяет повысить качество работы не только генератора, но и всех энергозависимых систем, благодаря повышению устойчивости и сокращению времени переходных процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баер, П. GotAI.NET. Введение в нечеткую логику и системы нечеткого управления [Электронный ресурс] / П. Баер, С. Новак, Р. Винклер. – Режим доступа: <http://www.gotai.net/documents/doc-l-fl-001.aspx>. – Дата доступа: 14.04.2020
2. Tsireshchanka, K. Simulation of the aviation synchronous generator with a fuzzy logic controller in the matlab / K. Tsireshchanka // Proceedings of Internationalscientific conference “Universum N VI”. – Morrisville, Lulu Press., 2019. – P. 9-13.
3. Капустин, А. Г. Автоматика и управление: конспект лекций / А. Г. Капустин. – Минск: МГВАК, 2012. – 112 с.
4. Mamdani, E.H. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller / E.H. Mamdani, S. Assilian. – International Journal of Man-Machine Studies. – 1975. – Vol. 7, No. 1. – P. 1-13.

УДК 629.7.017.1

Д.В. Ковальчук, М.Ю. Рыжков, Расевич Д.А.

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЖИВУЧЕСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ ПРИ ИХ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Авиастроение традиционно является наиболее наукоемкой отраслью современной промышленности. Облик современного самолета за последние 100 лет изменился до неузнаваемости. На место самолетов – бипланов, выполненных из фанеры и ткани, пришли сверхзвуковые истребители, способные выдерживать огромные нагрузки и подниматься на высоту более 12 км. Все это стало возможно благодаря использованию современных материалов в конструкции планера самолета. Если в начале 30-х годов XX века таким материалом стал дюралюминий, то в веке XXI ему на смену пришли полимерные композиционные материалы (ПКМ).

ПКМ, обладая меньшей плотностью по отношению к традиционным металлическим сплавам, превосходят их по удельной прочности и упруго-жесткостным характеристикам [1]. В то же время, за счет анизотропии свойств, довольно сложно предсказать поведение конструкции из ПКМ при воздействии на них баллистического удара, например от воздействия поражающих элементов (ПЭ) дистанционных средств поражения. Поэтому актуален вопрос исследования боевой повреждаемости и живучести конструкций из таких материалов, в частности, с применением программно-моделирующих комплексов.

Руководствуясь алгоритмом подготовки и расчета модели, в программный комплекс Ansys Autodyn была экспортирована модель композиционной пластины. В качестве объекта исследования использовалась слоистая модель прямоугольной панели размерами 150x200 мм из углепластика КМУ-3Л толщиной 4,56 мм со следующей схемой укладки в пакете – $[\pm 45_5/0_5/-45/90/90/\pm 45_3/0_3/-45]_2$. Характеристики монослоя приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики монослоя КМУ-3Л

$E_{11} = \frac{K_2}{\text{мм}^2}$	$E_{22} = \frac{K_2}{\text{мм}^2}$	$G_{12} = \frac{K_2}{\text{мм}^2}$	ν_{12}	$t, \text{мм}^2$	$\rho = \frac{K_2}{\text{мм}^3}$	$\sigma_1 = \frac{K_2}{\text{мм}^2}$	$\sigma_2 = \frac{K_2}{\text{мм}^2}$	$\tau_{12} = \frac{K_2}{\text{мм}^2}$
12000	600	510	0,286	0,15	$1,3 \cdot 10^{-6}$	80	13,4	6,0

Проведен численный эксперимент по моделированию баллистического удара стальным поражающим элементом кубической формы размерами 5x5 мм. Такая форма ПЭ является наиболее характерной в составе боевой части управляемых ракет. Эксперимент заключался в пробитии шарнирно закрепленной пластины из ПКМ в условиях подхода ПЭ под углом 90 градусов при скорости встречи 2000 м/с. В результате получены картины разрушения и повреждения пластины.

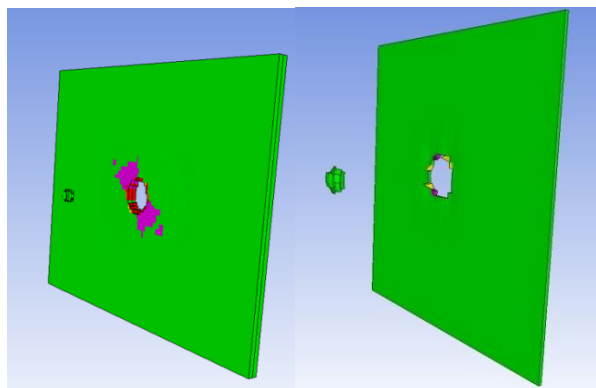
Анализируя результаты эксперимента, выявлено, что при пробитии композиционной пластины помимо зоны отверстия имеется зона подповерхностных разрушений. Общая площадь повреждения конструкции составляет 712 мм².

Для проверки живучести конструкции были проведены статические расчеты на прочность поврежденной и целой пластин. Расчетная модель представляла собой защемленную с одной стороны пластину, к противоположной стороне которой приложена растягивающая нагрузка 20000 Н. В качестве критериев прочности для пластины из ПКМ были выбраны критерий максимальных напряжений и критерий Цая-Ву [2]. При расчете вычислялся инверсивный запас прочности, равный отношению действующей нагрузки к разрушающей нагрузке. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета на прочность пластины из ПКМ

Критерии разрушения	Растяжение	
	Пластина без повреждения	Пластина с повреждением
Цай-Ву	0,15	0,26
Максимальные напряжения	0,17	0,25

Аналогичный эксперимент был проведен для алюминиевой пластины из сплава Д16. Для сравнительного анализа пластины должны обладать равнопрочностью, т.е. одинаково воспринимать действующие на них нагрузки. В качестве критерия равнопрочности было выбрано значение разрушающей нагрузки $P = 13\,333$ Н при растяжении, найденной из предыдущего эксперимента. Исходя из этого, были подобрана толщина алюминиевой пластины $t = 2,5$ мм, выполненной из сплава Д16, была определена площадь зоны повреждения конструкции при воздействии ПЭ, равная 144 мм² (рисунок 1,б), значительно меньшая, чем у аналогичной пластины из ПКМ (рисунок 1,а).



а) пластина из ПКМ б) алюминиевая пластина

Рисунок 1 – Повреждение пластин поражающим элементом

Также были определены запасы прочности алюминиевых пластин без повреждений и с повреждением. Для алюминиевой конструкции критерием прочности стали эквивалентные напряжения. По результатам расчета выявлено, что запас прочности при растяжении конструкции из сплава Д16 уменьшается на 20 %.

Таким образом, проведенные численные эксперименты позволяют утверждать:

- площадь повреждения пластины из алюминиевого сплава значительно меньше, чем у пластины из ПКМ;
- при условии равнопрочности конструкций пластины из ПКМ при их повреждении ПЭ обладают большей живучестью при статическом нагружении, чем пластины, выполненные из алюминиевых сплавов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Батаев, А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение / А.А. Батаев, В.А. Батаев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 384 с.
2. Гришин, В.И. Прочность и устойчивость элементов и соединений авиационных конструкций из композитов / В.И. Гришин, А.С. Дзюба, Ю.И. Дударьков. – М. : Издательство физико-математической литературы, 2013. – 272 с.

УДК 369.2

Н.А. Коломийцев

ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

**СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА В
ПРОГРАММНО-МОДЕЛИРУЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ
MATLAB@SIMULINK**

При проектировании рулевых приводов затрачиваются большое количество ресурсов и времени на их разработку. Поэтому, целесообразно проводить работы с использованием ЭВМ, в частности применять программное обеспечение MATLAB Simulink [1].

В качестве объекта исследования в работе выбрана рулевая машина РМ-190. Рулевая машина предназначена для работы в качестве исполнительного механизма в системе управления отклонения носками самолета Су-27.

При проектировании, блоки SimHydraulics представляют собой непосредственно элементы гидравлической системы. При этом набор стандартных блоков достаточно широк и позволяет моделировать практически любые гидравлические системы. Сборку модели следует начинать с разработки принципиальной схемы и выбора функциональных элементов электрогидравлического привода из библиотеки SimHydraulics пакета Simulink среды MATLAB, так же для визуализации работы агрегатов применяется библиотека SimMechanics. Как правило, даже самая простейшая гидравлическая система включает в себя:

- гидробак для хранения и охлаждения рабочей жидкости;
- насос для подачи рабочей жидкости из бака и создания давления в системе;
- различные клапаны (предохранительные, переливные, редукционные, обратные, гидрозамки и другие);
- фильтр для отчистки рабочей жидкости от твердых частиц;
- гидролинии соединяющие элементы гидравлической системы между собой (рисунок 1).

Для функционирования гидравлической системы необходимо задать характеристики гидравлической жидкости [2].

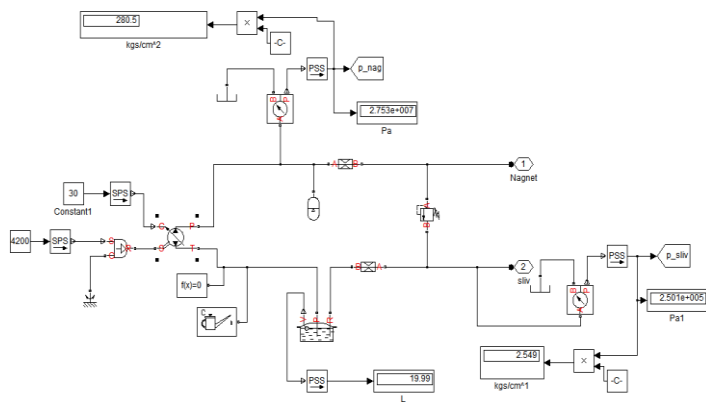


Рисунок 1 – Схема гидравлической системы нагнетания

Схема потребителей может содержать большое количество элементов, таких как различные золотники, гидравлические приводы, сопло-заслонки, клапаны, фильтры и т.д. (рисунок 2).

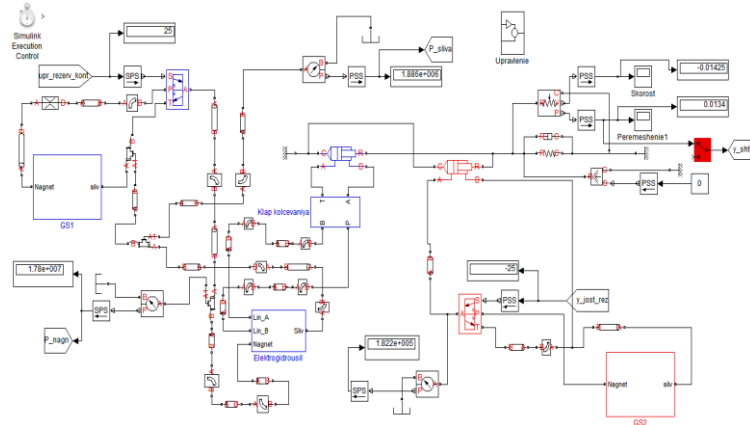


Рисунок 2 – Схема гидравлической системы потребителя

Для визуализации работы смоделированного агрегата, применяется библиотека SimMechanics. С помощью этой библиотеки создается трехмерная модель привода, позволяющая визуализировать движение исполнительных элементов (рисунок 3).

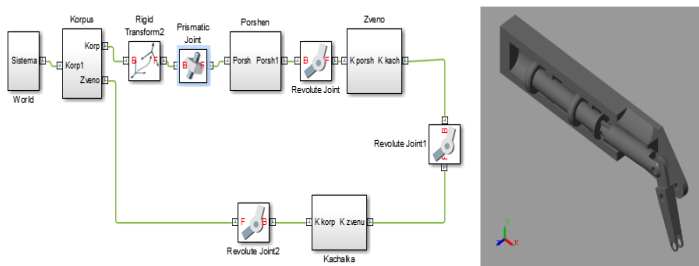


Рисунок 3 – Функциональная и 3D модель принципиальной схемы

Таким образом, получается полная наглядная картина работы гидравлического привода. В дальнейшем планируется интегрировать данную электронную модель на авиационные тренажеры для проведения анализов и диагностики систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Верещиков, Д.В. Прикладная информатика: Применение Matlab@Simulink для решения практических задач: учебное пособие. / Д.В. Верещиков, Д.В. Разуваев, П.С. Костин. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 104 с.
2. Моделирование гидравлических систем в Matlab: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2009. – 172 с.

УДК 629.7

М.В. Кондалов, С.Г. Бабич, Э.И. Аббасов

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*

СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА БОЕВОГО МАНЕВРЕННОГО САМОЛЁТА ЗА СЧЕТ УПРАВЛЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЕМ НОСКОВ КРЫЛА

Одним из способов повышения аэродинамического качества самолёта, является адаптация основного несущего элемента самолёта – крыла к режимам полета. На ряде летательных аппаратах эту задачу позволяет решать применение электро-дистанционных систем управления (ЭДСУ), с возможностью настройки автоматического отклонения механизации крыла к параметрам установившегося горизонтального полёта. Такие доработки позволяют повысить маневренность самолёта в воздушном бою, а также увеличить аэродинамическое качество на крейсерских скоростях [1].

Учебно-боевой самолет Як-130 (УБС) имеет ряд некоторых особенностей аэродинамической компоновки. Самолет выполнен по нормальной схеме с гибридным (имеющим центральный наплыв) крылом умеренной стреловидности и удлинения, интегрально скомпонованным с фюзеляжем, что обеспечивает уменьшение лобового сопротивления, дополнительные внутренние объемы самолета и способствует увеличению несущих свойств планера. При этом отклонение носков крыла в полете для адаптации к режимам полета имеет всего 2 фиксированных положения ($\delta_{\text{нос}} = -20^\circ$, $\delta_{\text{нос}} = -30^\circ$) и не позволяет реализовать максимальное аэродинамическое качество на всех режимах полета, рисунок 1а.

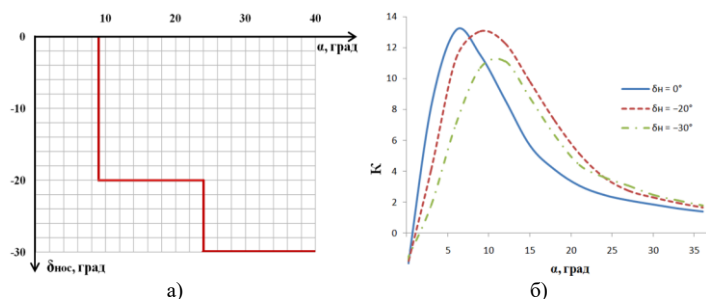


Рисунок 1 – Отклонение носков крыла Як-130:

а – закон управления отклонением носков крыла;

б – зависимость $K = f(\alpha)$ при ступенчатом отклонении носков крыла

Ступенчатое отклонение носков крыла УБС приводит к провалам аэродинамического качества. Это связано с появлением приращений составляющих аэродинамических сил возникающих при изменении обтекания крыла, как показано на рисунке 1б.

Для любого коэффициента подъемной силы c_{ya} есть оптимальный угол отклонения носков крыла, обеспечивающий наименьший коэффициент лобового сопротивления c_{xa} [2]:

$$c_{xa} = c_{xa0} + c_{xi},$$

где c_{xa0} – коэффициент лобового сопротивления при нулевой подъемной силе,

c_{xi} – коэффициент индуктивного сопротивление, обусловленное подъемной силой:

$$c_{xi} = Ac_{ya}^2,$$

$$A = \frac{1}{C_{ya}^\alpha} - \frac{C_T}{C_{ya}^2}$$

где A – коэффициент отвала поляры

Для увеличения аэродинамического качества, на малых углах атаки необходимо разработать адаптивный к углу атаки закон управления плавным отклонением носков крыла современного учебно-боевого самолета, обеспечивающий компенсацию индуктивного сопротивления за счет увеличения подсасывающей силы C_T .

Расчет аэродинамических характеристик осуществлялся методом дискретных вихрей. На рисунке 2 изображена схематизированная модель крыла УБС в виде бесконечно тонкой пластины с размещенными на ней присоединенными и свободными вихрями для расчета с отклоняемыми передними кромками.

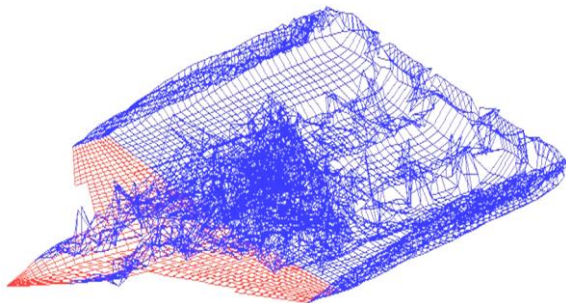


Рисунок 2 – Расчетная вихревая схема крыла УБС

После проведения многочисленных расчетов модели крыла под разными углами атаки и при различных фиксированных положениях носков крыла. Анализ данных зависимостей позволил на каждом угле атаки из семейства зависимостей $K = f(\alpha)$ выбрать максимальное значение аэродинамического качества $K_{\max}$, которому соответствует значение угла отклонения носков крыла. График $\delta_{\text{нос}} = f(\alpha)$ адаптивного отклонения носков крыла к углу атаки при обеспечении максимального аэродинамического качества, изображенный на рисунке 3.

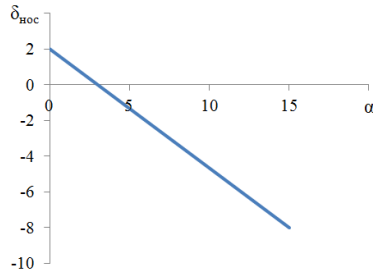


Рисунок 3 – Зависимость $\delta_{\text{нос}} = f(\alpha)$ при $K_{\text{макс}}$

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Особенности проектирования легких боевых и учебно-тренировочных самолетов / под ред. Н.Н. Долженкова, В.А. Подобедова. – М.: Машиностроение, 2005. – 368 с.
2. Аэромеханика / под ред. А.И. Желанникова. – М: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2007. – 396 с.
3. Кондалов, М.В. Выбор численного метода определения аэродинамической компоновки дозвукового беспилотного летательного аппарата / М.В. Кондалов, М.Ю. Попов, А.С. Гладких // Перспективы развития летательных аппаратов и силовых установок: сборник научных статей по материалам IV Всероссийской НПК «Академические Жуковские чтения», Воронеж, 23-24 ноября 2016 г. – Воронеж: ВУНЦ ВВС, 2014. – С. 131-134.

УДК 629.7

Д.А. Корсун

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Анализ распределения отказов и неисправностей по системам АТ авиации ВВС и войск ПВО Республики Беларусь в 2011–2019 годах показывает, что основное их количество (39,5 %) приходится на отказы авиационного двигателя (АД). Для уменьшения числа отказов АД, приводящих к авиационным событиям, необходимо своевременно выявлять предотказные состояния. Основной проблемой при эксплуатации двигателей, установленных на самолетах третьего поколения, является их низкая контролепригодность, что отрицательно сказывается на эффективности системы технического обслуживания и ремонта. Для повышения контролепригодности требуется внедрение автоматизированных систем диагностики. Информация о работе двигателя со штатных датчиков фиксируется в бортовых

устройствах регистрации (БУР) полетной информации во время полетов и при опробовании двигателей на «газовке». Данная информация накапливается на цифровом носителе в группах объективного контроля (ОК). Большой объем таких данных потенциально может быть избыточным в случае его правильной обработки при оценке технического состояния (ТС) авиационных двигателей. Однако на сегодняшний день такая возможность не используется в полной мере. В [1] для оценки ТС АД типа Д-30КУ-154 предложено описывать ТС двигателя системой из восьми линейных многомерных уравнений, идентифицируемых, в свою очередь, с помощью регрессионного анализа, проводимого на базе всей регистрируемой полетной информации (зафиксированной БУР и вручную) для установившегося режима работы двигателя на крейсерском участке полета. В качестве диагностических признаков используются коэффициенты регрессии (влияния). Однако применять рассматриваемую модель для двигателя Р95Ш невозможно из-за ограниченного числа регистрируемых параметров, фиксация дополнительных параметров в ручном режиме во время полета невозможна. Для решения данной задачи было принято проанализировать сигналограммы с зарегистрированными БУР условиями полета и параметрами работы заведомо исправных двигателей на установившемся режиме работы двигателя во время полета (положение рычага управления двигателем (РУД) – «Малый газ»; частота вращения ротора низкого давления (РНД) $n_1 = 40...64 \%$; диапазон высот $H = 400...4000$ м; диапазон скоростей $V_{np} = 400...800$ км/ч [2]).

В результате исследований определен общий перечень зависимых (диагностируемых) и независимых параметров (таблица 1).

Таблица 1 – Перечень параметров

Зависимый параметр	Независимые параметры
T_4^*	$H, M, T_H^*, p_H^*, n_2, s, \alpha_{руд}, n_x, n_y, n_z$
n_2	$H, M, T_H^*, p_H^*, T_4^*, s, \alpha_{руд}, n_x, n_y, n_z$
$\alpha_{руд}$	$H, M, T_H^*, p_H^*, T_4^*, s, n_2, n_x, n_y, n_z$

Анализ полученных данных показал, что не все параметры регистрируются БУР, но часть из них (T_H^* , P_H^* , s) можно рассчитать по иным параметрам, зарегистрированным в полете.

Исходя из особенностей взаимовлияния различных параметров, допускаемой степени разброса многомерная корреляционная связь между параметрами работы авиационного двигателя может быть охарактеризована линейным уравнением регрессии (5) [3].

В результате исследований был разработан алгоритм формирования модели технического состояния газотурбинного двигателя на базе многофакторного корреляционно-регрессионного анализа данных объективного контроля (рисунок 1).

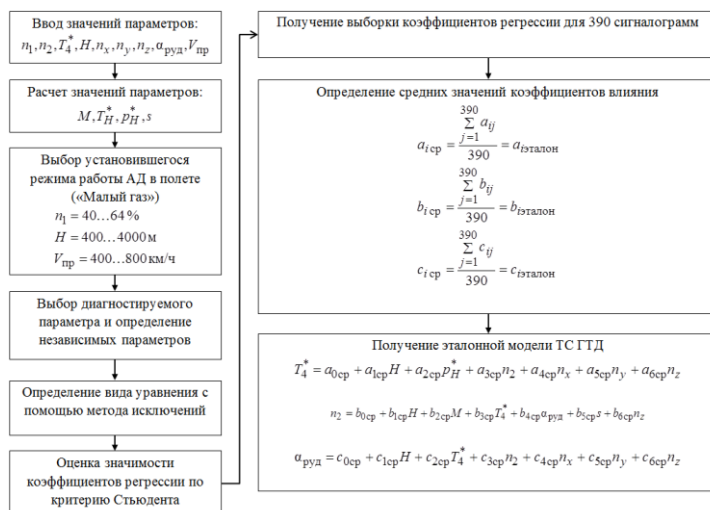


Рисунок 1 – Алгоритм формирования эталонной модели технического состояния ГТД

Модель технического состояния ГТД, полученная по предложенному алгоритму отличается от уже известных учетом нерегистрируемых параметров M, T_H^*, P_H^*, s , полученных по иным регистрируемым параметрам $H, V_{пр}, n_1, n_2$, что позволяет производить оценку технического состояния ГТД самолетов третьего поколения при ограниченном числе датчиков первичной

информации. Реализация разработанной диагностической модели в наземном устройстве обработки «Двина-М» позволит оперативно контролировать ТС ГТД при проведении ОК.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абдулаев, П.Ш. Совершенствование методики диагностирования газотурбинных двигателей на основе полетной информации: дис. ... канд. тех. наук : 05.22.14 / П. Ш. Абдулаев. – СПб, 2001. – 232 с.
2. Двигатель Р95Ш. Руководство по технической эксплуатации. – М., 1980. – 348 с.
3. Алабин, М. А. Корреляционно-регрессионный анализ статистических данных в двигателестроении / М. А. Алабин, А. Б. Ройтман. – М. : Машиностроение, 1974. – 124 с.

УДК 629.7

Д.А. Корсун

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

МЕТОДИКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИ РОТОРНОЙ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ДАННЫМ ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ

По изменению диагностического параметра «время выбега ротора» можно определять неисправности узлов роторной системы ГТД (подшипников роторов, лопаток турбины и компрессора и др.). Например, уменьшение времени выбега ротора может свидетельствовать о недопустимой вытяжке рабочих лопаток турбины. Это обусловлено тем, что в процессе остановки двигателя тонкостенный корпус турбины охлаждается быстрее, чем лопатки и диск, поэтому радиальный зазор уменьшается. При вытяжке лопатки зазор может иметь отрицательное значение, что и приводит к быстрому торможению ротора. Большую диагностическую ценность представляет не величина времени выбега, а тенденция к его уменьшению [1]. В настоящее время в процессе эксплуатации ГТД Р-95Ш контроль ТС роторной системы ГТД по времени выбега РВД осуществляется после каждого полета вручную при помощи секундомера [2].

К недостаткам существующей методики можно отнести следующие: процесс замера времени выбега роторов не автоматизирован; оценивается величина времени выбега, а не тенденция его изменения от наработки ГТД, что не позволяет обнаружить предотказные состояния роторной системы; роторная система считается неисправной только в том случае, если время выбега меньше предельно допустимого значения. Существующие алгоритмы экспресс-анализа не обеспечивают возможность

автоматического определения времени выбега ротора по текущей параметрической информации. Это связано с тем, что штатный датчик частоты вращения (ДЧВ) ДТЭ-1, представляющий собой синхронный трехфазный генератор с возбуждением от постоянного магнита, работает неустойчиво на низких оборотах. Анализ данных объективного контроля (ОК) показал, что частота вращения устойчиво регистрируется только до значения 10 %.

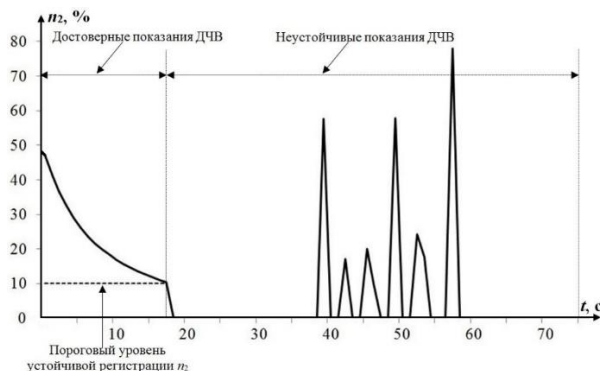


Рисунок 1 – Сигналограмма изменения частоты вращения РВД при остановке двигателя Р95Ш

Таким образом, автоматически определить время выбега РВД по записям бортовых устройств регистрации (БУР) полетной информации (параметр работы ГТД – частота вращения ротора) в таком виде невозможно.

Анализ параметров работы двигателя, регистрируемых БУР «Тестер-УЗ сер. 2» [3] показал, что для автоматизации процесса определения времени выбега по данным ОК необходимо осуществить дополнительную обработку зарегистрированных данных о частоте вращения ротора и дополнительный анализ изменения других параметров работы ГТД (температура газов за турбиной).

В работе [4] представлены алгоритмы оценки времени выбега РВД по температуре газов за турбиной и определения времени выбега РВД по устойчиво зарегистрированным значениям частоты вращения ротора. В результате проведенных исследований разработана методика автоматической оценки технического состояния роторной системы АД по данным БУР (рисунок 2). Для ротора низкого давления (РНД) оценка времени выбега ротора проводится аналогично РВД.

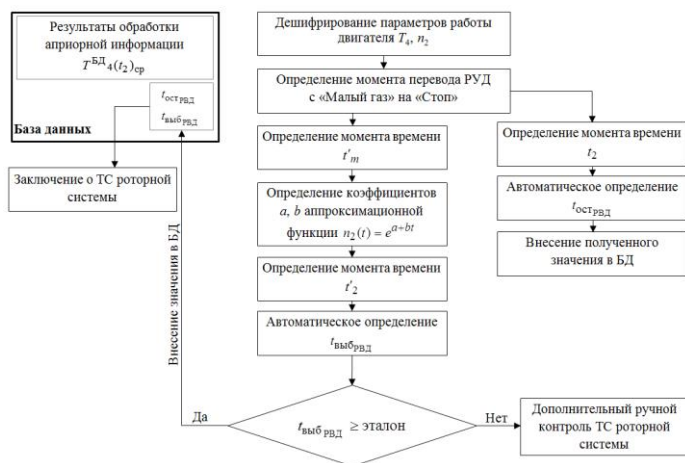


Рисунок 2 – Методика автоматической оценки технического состояния роторной системы по данным БУР

Таким образом, методика автоматической оценки технического состояния роторной системы ГТД позволяет оперативно в автоматическом режиме контролировать ТС роторной системы с достоверностью не менее 90 % при проведении ОК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кеба, И. В. Диагностика авиационных газотурбинных двигателей / И. В. Кеба. – М. : Транспорт, 1980. – 248 с.
2. Двигатель Р95Ш. Руководство по технической эксплуатации. – М., 1980. – 348 с.
3. АСОПИ «Двина-М». Комплект специального программного обеспечения. Каталог контролируемых событий экспресс-анализа для самолетов Су-25, Су-25УБ. ИБФШ.839.32.00.00 РО. – Минск, 2017. – 70 с.
4. Корсун, Д.А. Автоматическая оценка технического состояния роторной системы авиационного двигателя по данным объективного контроля / Д. А. Корсун // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2020. – № 2. – С. 47–55.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА ПРИ ДЕСАНТИРОВАНИИ МОНОГРУЗОВ

В математической модели динамики транспортного самолета при парашютном десантировании тяжелых моногрузов, используемой для синтеза новых алгоритмов автоматизированного управления, необходимо достоверно задавать управляющие действия летчика. Летчик одновременно является и «заказчиком» тех или иных способов автоматизации управления самолетом, и основным участником, центральным звеном в замкнутой системе управления, тесно взаимодействующим со средствами автоматизации. В этой связи необходимо иметь достоверную математическую модель его управляющих действий, которая должна учитывать свойства летчика как человека-оператора сложной технической системы, а именно [1]:

- наличие полосы пропускания ($0 \div 3$ Гц);
- наличие зоны нечувствительности;
- запаздывания ответной реакции на внешние сигналы;
- дискретный характер ответной реакции на воспринимаемые органами чувств непрерывные возмущения;
- способность к логической фильтрации внешних сигналов, воспринимаемых органами чувств, т.е. к последовательному устранению рассогласования по какому-то одному параметру, что свойственно одноканальному усилителю;
- способность дозировать управляющее воздействие в зависимости от величины и знака поступающих внешних сигналов, что свойственно звену с обратной связью по управляющему воздействию;
- способность реагировать не только на отклонение параметра от заданной величины, но и на их производные и интеграл, что свойственно дифференцирующему и интегрирующему звеньям;
- способность усиливать при необходимости величину управляющего воздействия для компенсации запаздывания своей реакции, что свойственно форсирующему звену;
- способность приспосабливаться через определенное время к изменившимся условиям, т.е. свойство адаптации;
- наличие «ремнантной» (случайной) составляющей, определяемой как часть выходного сигнала летчика, не имеющего линейной корреляции с входным сигналом [2].

Кроме того, характеристики модели поведения летчика зависят от целей управления, динамики объекта управления (самолета), вида используемой информации о параметрах движения, индивидуальных особенностей летчика и стереотипов управления. Такие динамические свойства летчика в общем случае могут быть смоделированы стохастической, нелинейной, дискретной и нестационарной функцией с изменяющимися во времени коэффициентами [2,3]. При этом существующее математическое описание динамических свойств летчика полностью не учитывает перечисленные особенности и применимо только для частных задач пилотирования типа компенсаторного слежения в условиях стационарных характеристик объекта управления и базируется в основном на квазилинейных моделях [3,4,5].

Анализ особенностей управления транспортным самолетом при парашютном десантировании моногрузов, характеристик летчика как человека-оператора и существующих моделей его поведения при управлении самолетом обосновывает создание новой математической модели летчика в описанных условиях. Однако такая научно-техническая задача является крайне сложной в математическом описании, требует большого объема экспериментальных исследований и заслуживает отдельного рассмотрения за рамками настоящей работы.

Рациональным разрешением сложившегося противоречия между необходимостью моделирования управляющих действий летчика и практической невозможностью создания подобной модели является непосредственное участие летчика в процессе моделирования, как одного из важнейших элементов модели. В этой связи целесообразным является разработка имитационной модели (рисунок 1) динамики полета военно-транспортного самолета [6,7].

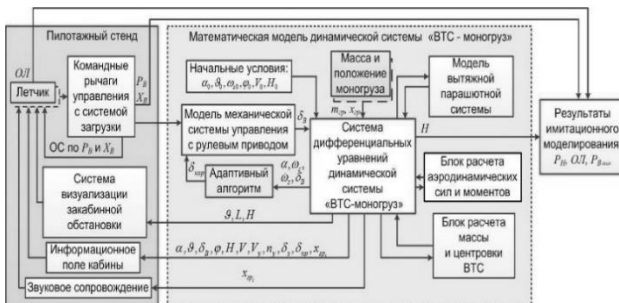


Рисунок 1 – Имитационная модель динамики полета транспортного самолета при десантировании моногрузов

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о необходимости непосредственного участия летчика в процессе имитационного моделирования на пилотажном стенде транспортного самолета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пашковский, И.М. Устойчивость и управляемость самолета / И.М. Пашковский. – М.: Машиностроение, 1975. – 328 с.
2. Бюшгенс, Г.С. Динамика продольного и бокового движения / Г.С. Бюшгенс, Р.В. Студнев. – М.: Машиностроение, 1979. – 352 с.
3. Цибулевский, И.Е. Человек как звено следящей системы / И.Е. Цибулевский. – М.: Наука, 1981. – 288 с.
4. Летчик как динамическая система / А.В. Ефремов и др. – М.: Машиностроение, 1992. – 343 с.
5. Системы управления и бортовые цифровые вычислительные комплексы летательных аппаратов / под ред. Н.М. Лысенко. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1990. – 367 с.
6. Строгалева, В.П. Решение прикладных технических задач методом имитационного моделирования [Электронный ресурс] / В.П. Строгалева, И.О. Толкачева // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – Вып. 3. – Режим доступа: <http://engjournal.ru/catalog/mathmodel/hidden/627.html>.
7. Дмитриев, О.Н. Многообразие методов имитационного моделирования [Электронный ресурс] / О.Н. Дмитриев // Труды «МАИ». – 2011. – № 49. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/upload/iblock/8ee/mnogoobrazie-metodov-imitatsionnogo-modelirovaniya.pdf>.

УДК 533.69

Т.С. Лавицкая, К.В. Волк, Е.С. Алейникова

Государственное предприятие «Завод точной электромеханики»

МЕТОДИКА УЧЕТА ВЛИЯНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Современные методики математического моделирования позволяют разрабатывать, описывать и оптимизировать облик летательного аппарата. На стадии проектирования летательных аппаратов различного назначения аэродинамики таких объектов выступают разумной альтернативой дорогостоящим лабораторным или натурным экспериментам.

При взаимодействии воздушного потока с объектами сложной геометрической формы возникают пристеночные турбулентные течения на различных элементах объекта, которые взаимодействуют между собой. При таком взаимодействии возникает интерференция между различными элементами,

образующая силы и моменты, отличные от возникающих на изолированных элементах простой геометрической формы.

Целью настоящей работы является исследование результатов компьютерного моделирования аэродинамических характеристик сил, возникающих на плохообтекаемых телах сложной геометрической формы, движущихся в воздухе при больших числах Маха (сверхзвуковой режим), с оценкой точности расчётных аэродинамических коэффициентов. В качестве исследуемых тел выступали тела, сконструированные по аэродинамической схеме типа «утка» с тремя различными вариантами положения оперения (рулей), а также составные элементы тела, в частности изолированное оперение (рули) и корпус: составное тело «конус+цилиндр».

В докладе представлена визуализация течения воздуха вблизи исследуемых тел при различных числах Маха с хорошо заметными скачками уплотнения, волнами разрежения и вихревым следом в донной области объекта. Также приведены значения коэффициентов лобового сопротивления (продольных сил) C_x , действующих на объекты без учёта донного сопротивления, в зависимости от числа Маха M .

Были проведены расчеты аэродинамических характеристик математических моделей для исследования взаимодействия и взаимной интерференции элементов составных объектов сложной формы с аэродинамическими характеристиками изолированных составных элементов данных тел и определены направления коррекции аналитических методик проектирования объектов такой компоновки.

Данные коэффициенты интегрируются в математическую модель, имитирующую полет тела с заданными параметрами. При проектировании летательных аппаратов данные аппроксимации коэффициента интерференции позволяют определить оптимальную компоновку летательного аппарата при его проектировании, а также оценить аэродинамические и летно-технические характеристики летательного аппарата.

УДК 004.94

И.В. Лачугин, И.В. Тетерятников

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПРУЖИННОГО ЗАГРУЗОЧНОГО МЕХАНИЗМА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТОЛЕТА МИ-8МТВ-5

Современный образовательный процесс предполагает использование большого количества графических изображений. Большая часть материала представляет собой 2-х мерные схемы и чертежи. Так же могут использоваться натурные объекты, представленные в виде разрезных макетов. Применение выше указанных элементов не всегда дает возможность качественно изучить конструкцию и принципы работы исследуемых объектов в виду низкой информативности. Кроме того, не всегда есть возможность обеспечить учебно-материальную базу натурными объектами.

В качестве альтернативы могут быть использованы 3-х мерные модели, обладающие рядом преимуществ: - возможность создания анимированных видеоматериалов, отображающих принцип функционирования агрегатов; - организация интерактивности, которая предоставляет возможность манипулирования объектом в «режиме реального времени»; - возможность устранить пробелы в обеспечении учебно-материальной базы натурными объектами.

Для создания 3-х мерных моделей применяются такие программные комплексы как: SolidWorks, Компас-3D, 3D'S Max и другие. Прерогативой программ SolidWorks и Компас-3D является создание твердотельных объектов, использующихся для инженерного расчета. Программа 3D'S Max, направлена на качественную визуализацию объекта и создание анимации.

Актуальной задачей является создание высоко детализированного внешнего вида 3-х мерной модели изучаемых авиационных объектов, поэтому из ряда программ 3-х мерного моделирования выбран продукт 3D'S Max.

В работе представлен опыт применения программы 3D'S Max для создания 3-х мерных моделей системы управления вертолета.

Методика создания моделей изложена на примере пружинного загрузочного механизма системы управления вертолета Ми-8МТВ-5.

На первом этапе осуществляется размещение чертежа с изображением агрегата в рабочем окне программы для удобства создания необходимой 3D модели.

Второй этап моделирования включает в себя процесс создания отдельных элементов (шток, направляющая втулка, пружина и т.д.) агрегата с помощью применения стандартных 3-х мерных объектов.

На третьем этапе все созданные объекты объединяются в одну целую 3-х мерную модель агрегата. Для этого необходимо расположить все созданные объекты относительно друг друга так, чтобы их расположение было схоже с реальным агрегатом. Далее выделяются все объекты, открывается вкладка «Group» и создается группа.

Таким образом, разработана методика создания 3х мерных моделей агрегатов и деталей ЛА, позволяющая сформировать более целостное представление обучающихся о конструкции летательного аппарата и, безусловно, повышает качество подготовки авиационных специалистов.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сатиренко, А.С. Самоучитель 3D'S Max 2009/3D's Max Design 2009 / А.С. Сатиренко. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 500 с.

УДК 004.925.84

Д.А. Логачев, Д.В. Смирнов, В.А. Шевцов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

(г. Воронеж)

РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВОЙ СХЕМЫ КРЫЛА САМОЛЕТА

Постоянное и непрерывное развитие науки и техники, а также усовершенствование и усложнение конструкции современных авиационных комплексов приводит к необходимости использования прогрессивных методов обучения авиационных специалистов. Создание макетов из конструктивных элементов серийных летательных аппаратов не всегда позволяет продемонстрировать особенности отдельных элементов изделия.

В целях повышения качества усвоения обучающимися знаний по конструкции самолета Су-25 [1] была разработана CAD-модель и изготовлена на 3D-принтере консоль крыла.

Основным требованием в процессе моделирования является возможность печати элементов крыла на 3D-принтере. Данное требование обусловлено тем, что печать элементов с большим удлинением строго ограничена рабочей зоной 3D-принтера, поэтому было решено разделить консоль на несколько элементов.

Разработанная модель консоли крыла включает в себя следующие элементы: передний лонжерон, задний лонжерон, пять секций предкрылка, четыре секции хвостовой части крыла, две

секции закрылка, элерон, корневую нервюру (нервюру № 1), нервюры № 2 – № 5, концевую нервюру (нервюру № 6). Некоторые элементы модели консоли крыла представлены на рисунке 1. На рисунке 2 представлена сборка модели.

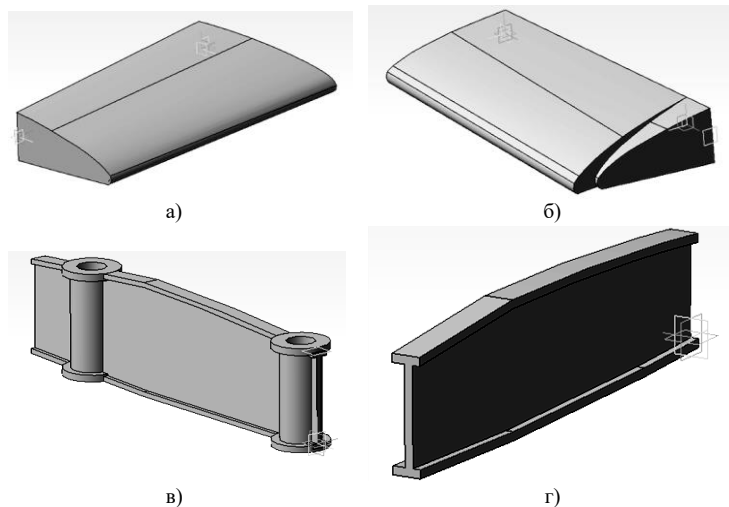


Рисунок 1 – Элементы модели консоли крыла:
а), б) – 1-я и 3-я секции предкрылка; в), г) – 2-я и 5-я нервюры

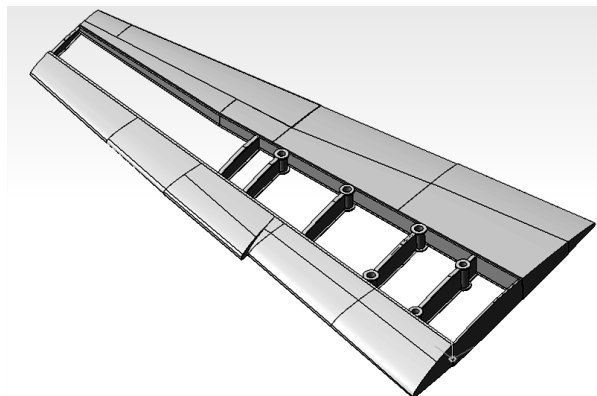


Рисунок 2 – Модель консоли крыла самолета

На основе разработанной модели был напечатан на 3D-принтере макет консоли крыла. Основные геометрические размеры макета: ширина бортовой нервюры – 115,0 мм, ширина концевой нервюры – 52,0 мм, строительная высота бортовой нервюры – 23,9 мм, строительная высота концевой нервюры – 9 мм, длина консоли крыла – 515,4 мм (рисунок 3).

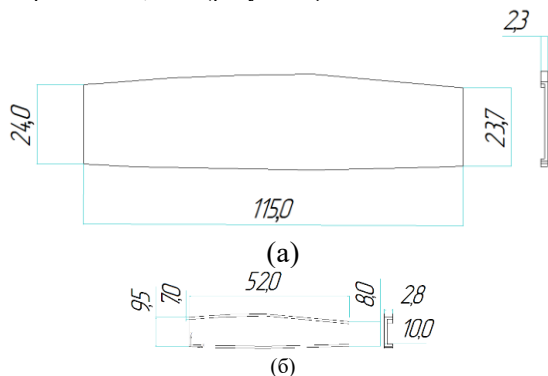


Рисунок 3 – Основные геометрические характеристики элементов модели консоли крыла:

а) – бортовая нервюра, б) – концевая нервюра

При выборе и разработке силовых элементов консоли особое внимание обращалось на область применения модели и максимальное сходство с реальной конструкцией самолета Су-25. Учитывая, что в основе реальной конструкции самолета лежат тонкостенные элементы, при разработке модели пришлось отступить от геометрического подобия толщин элементов.

Использование трехмерных моделей в качестве элементов учебно-методической базы показало, что при всех отрицательных факторах, связанных с материальными затратами и сложностью разработки, модель является эффективным инструментом обучения. Дальнейшее развитие учебно-материальной базы путем создания моделей на 3D-принтере и их интеграция с макетами реальных конструкций самолетов, позволит добиться высокого уровня усвоения учебного материала обучающимися.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Самолет Су-25СМ. Основные сведения о самолете. – М., 2011. – 397 с.

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ

Большое количество параметров, измеряемых на борту летательного аппарата, связано с изменением углового положения как самого ЛА, так и различных устройств, входящих в его системы. Применяемые для измерения углового положения датчики имеют различный принцип действия (потенциометрический, индукционный и т.д.), однако имеют общую особенность, являясь аналоговыми устройствами [1,2]. При этом большинство систем современных ЛА – потребителей информации от датчиков углового положения являются цифровыми, что приводит к необходимости преобразования информации от датчиков углового положения в цифровой вид. Следовательно, непосредственное получение измеряемой информации в бинарном виде позволит повысить быстродействие и точность ее обработки за счет отсутствия необходимости аналого-цифрового преобразования полученной информации и, соответственно, исключения ошибок квантования по уровню и по времени [3].

В работах [4,5] предложены принципы создания гибридного оптического датчика углового положения, основанного на применении кодирующего диска с цифровой нелинейной псевдослучайной последовательностью (ПСП) де Брёйна. В качестве базовой последовательности выбирается частный случай ПСП – Т-последовательность. Основным недостатком применения Т-последовательности является сложность ее получения при большом количестве разрядов двоичного слова (окна последовательности), так как метод получения ПСП основан на выполнении анализа данных при построении и обходе направленного графа (ориентированного дерева) [4]. При этом, точность измерения параметров, обусловленная ошибкой квантования по уровню, зависит именно от длины окна последовательности. Данных трудностей можно избежать, применяя для формирования циклической ПСП линейную М-последовательность (максимальной длины).

Вариантов получения линейных циклических ПСП, основанных на реализации неприводимых и примитивных полиномов Жегалкина, много. Одним из достаточно простых способов получения М-последовательности является применение закольцованного сдвигающего n -разрядного регистра с одним элементом сложения по модулю 2 в обратной связи [6]. Количество

разрядов регистра n определяет максимальный период последовательности M из соотношения $M=2^n-1$. Так, например, для формирования M -последовательности с периодом $M=15$ генератором, реализованном на четырехразрядном регистре ($n=4$), элемент сложения по модулю 2 необходимо включить так, как это показано на рисунке 1.

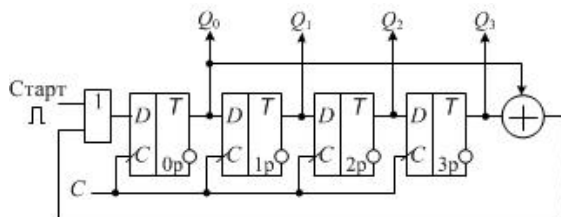


Рисунок 1 – Схема 4-разрядного генератора M -последовательности

M -последовательность $\{Q_0=111101011001000\}$, формируемая представленным на рисунке 1 устройством, запускается единичным сигналом "Старт" и может быть получена с любого Q_i выхода регистра. Регистрируемое окно последовательности формируется значениями бинарного слова $\{Q_3Q_2Q_1Q_0\}$. При использовании M -последовательности в датчике углового положения необходимо учитывать нулевое значение измеряемого параметра, что можно выполнить добавлением еще одного нуля в последовательность следующим образом $\{0+111101011001000\}$. В результате такого изменения M -последовательности ее период становится равным $M=16$, то есть в последовательности реализованы все возможные комбинации четырехразрядного двоичного кода. Полученная M -последовательность реализуется на кодирующем диске с соответствующими элементами съема двоичной информации. Вариант кодирующего диска показан на рисунке 2а.

Значения кодов $\{Q_3Q_2Q_1Q_0\}$ являются невесовыми, то есть для их дальнейшего использования необходимо их преобразование в двоичный позиционный код или другой требуемый вид. Данное преобразование возможно реализовать аппаратным способом путем синтеза соответствующей схемы преобразователя кодов, либо программным, интерпретируя каждому значению кодового слова $\{Q_3Q_2Q_1Q_0\}$ соответствующий двоичный позиционный эквивалент.

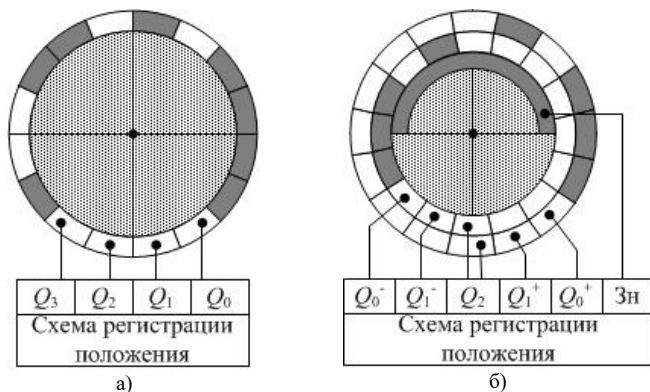


Рисунок 2 – Схемы кодирующих дисков с М-последовательностью

При измерении знакопеременных параметров, например для получения значения местного угла атаки α_m датчиком флюгерного типа в полном диапазоне $\pm 180^\circ$ необходимо учитывать знак регистрируемого кода последовательности. Формирование знака также можно выполнить двумя способами – программным и аппаратным. При формировании знака аппаратным способом необходимо добавить в последовательность знаковый разряд и разместить биты последовательности симметрично относительно знака. На рисунке 2.б показан вариант кодирующего диска с двумя симметричными относительно нуля М-последовательностями с периодом $M=8$ и знаковым разрядом. Формирование знака программным способом возможно по ассоциативному принципу соответствия невесовых кодов М-последовательности положительным или отрицательным значениям позиционного бинарного кода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиационные приборы и информационно-измерительные системы: в 2 ч. / под ред. А.Ф. Ефремова. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2010. – Часть 1. Авиационные приборы. – 280 с.
2. Авиационные приборы и информационно-измерительные системы: в 2 ч. / Под ред. А.Ф. Ефремова. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2010. – Часть 2. Информационно-измерительные системы. – 396 с.
3. Бортовые цифровые вычислительные устройства и машины: учебник для слушателей и курсантов вузов ВВС / под ред. Б.О. Качанова. – М.: ВВИА, 2008. – 603 с.
4. Цацин, А.А. Метод формирования Т-последовательностей для однокоординатных цифровых датчиков перемещений / А.А. Цацин // Материалы IV научно-практической конференции памяти О.В. Успенского.

– М.: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского, 2017. – С.105-109.

5. Цацин, А.А. Гибридный датчик углового положения с динамической коррекцией / А.А. Цацин // Материалы V научно-практической конференции памяти О.В. Успенского. – М.: Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского, 2018. – С. 110-115.

6. Угрюмов, Е.П. Цифровая схемотехника / Е.П. Угрюмов. – 3-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 816 с.

УДК 629.735.33

В.Н. Макаренко

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Николая Егоровича Жуковского и Юрия Алексеевича Гагарина» (г. Воронеж)

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ОБЗОР КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ, РЕАЛИЗОВАННЫХ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Развитие и совершенствование систем управления самолетов неразрывно связано с расширением эксплуатационного диапазона высот и скоростей полета, а так же целевых задач, возлагаемых на них. Ретроспективный обзор конструктивных решений, реализованных в конструкциях систем управления самолетов, позволяет выделить пять основных этапов их развития.

Первый этап развития систем управления характерен для самолетов простейших конструкций, способных выполнять полеты на малых скоростях и высотах в течение непродолжительного времени. Такие системы управления характеризуются прямой тросовой или жесткой, посредством тяг и качалок, связью рычагов управления с рулевыми поверхностями самолета. Незначительные по величине усилия от аэродинамических шарнирных моментов, возникающие при отклонении рулевых поверхностей, непосредственно передаются на рычаги управления и компенсируются мускульными усилиями летчика. Величина отклонения рулевых поверхностей прямо пропорциональна перемещению рычагов управления в кабине. Такие системы управления получили название прямых (по перемещениям) и обратимых (по усилиям). Круг задач пилотирования узок. Какие-либо средства автоматизации отсутствуют. К самолетам, оснащенным такими системами управления, следует отнести самолеты и планёры пионеров авиации, впервые поднявшиеся в небо в начале 19-го века: братьев Райт, А.Фарман, Л.Блерио, Ф.Фарбер, Р.Эсно-Пельтри, Г.Вуазен, А.Сантос-Дюмон, Я.Гакакеля и др. Следует отметить, что простейшие системы управления находят широкое применение на самолетах и планёрах, созданных в гораздо более поздний период: По-2, И-15, И-16, И-153, Р-5,

самолетах и планёрах конструкторов-любителей, созданные самостоятельно и в инициативном порядке.

Второй этап развития систем управления ознаменован расширением диапазона высот и скоростей дозвукового полета самолетов, увеличением продолжительности пребывания самолетов в воздухе, значительным изменением в полете массы и центровки, а так же повышением требования к точности полета по маршруту. Большой эксплуатационный диапазон скоростей, высот, масс и центровок привел к росту шарнирных моментов, действующих на рулевые поверхности, что, в свою очередь, потребовало применения устройств, корректирующих усилия на рычагах управления: триммеров и сервокомпенсаторов. Требование к точности длительных маршрутных полетов привело к необходимости применения автоматических систем, обеспечивающих стабилизацию крена и тангажа - автопилотов. Все это стало особенно актуальным в длительных полетах в связи со значительными физическими нагрузками на экипаж. К самолетам, оснащенным такими системами управления правомерно отнести: ТБ-3, АНТ-25, Пе-2, Ту-2, Ил-4, Пе-8, Ли-2.

Третий этап развития систем управления отличается от предыдущих широким внедрением средств автоматизации. Значительно расширился спектр задач, решаемых в автоматическом и полуавтоматическом режимах: полет по заданному маршруту, межсамолетная навигация, поиск и обнаружение наземных и морских целей, возврат на аэродром, заход на посадку. К самолетам, оснащенным такими системами управления, следует отнести: Ил-18, Ил-28, Ил-38, Ил-62, Ан-12, Ан-26, Ан-22, Ан-72, Бе-12, Ту-134, Л-410, Л-39, Як-40.

Четвертый этап развития систем управления ознаменован необходимостью освоения больших дозвуковых и сверхзвуковых скоростей полета, значительному, в связи с этим, росту по величине и изменению по направлению шарнирных моментов на рулевых поверхностях и, как следствие, внедрению гидромеханических рулевых приводов (синонимы: бустер, гидроусилитель). Внедрение рулевых приводов принципиально изменило характер ощущений летчика при пилотировании самолета. Системы управления стали непрямыми (по перемещениям) и необратимыми (по усилиям). Шарнирные моменты от рулевых поверхностей стали восприниматься штоками рулевых приводов и передаваться на элементы конструкции планера. Для создания обратной связи по усилиям в конструкцию систем управления были введены пружинные загрузочные механизмы, имитирующие усилия на рычагах управления. Коррекция этих усилий стала осуществляться механизмами триммерного эффекта. Существенно различная реакция самолетов на одинаковые перемещения рычагов

управления при различных высотах и скоростях полета привела к необходимости применения в системах управления автоматов, регулирующих загрузку рычагов управления и передаточные числа от них к рулевым поверхностям, нелинейных механизмов и автоматов балансировки.

В столь широком эксплуатационном диапазоне приборных скоростей и чисел M полета только средствами аэродинамической компоновки (внешним геометрическим обликом) обеспечить приемлемые характеристики устойчивости и управляемости стало невозможно. Появились самолеты с изменяемой стреловидностью крыла, самолеты с существенно изменяющейся при изменении числа M степенью продольной и путевой статической устойчивости. Полет на больших приборных скоростях (при значительных скоростных напорах) привел к проявлению упругих деформаций и колебаний, негативно сказывающихся на управляемости самолетов. Существенно ухудшились характеристики самолетов на больших углах атаки, повысилась опасность режимов сваливания и штопора, аэроинерционного вращения. Все это привело к необходимости адаптировать систему управления к возможностям летчика средствами автоматики. Стали активно применяться демпферы, автоматы устойчивости, перекрестные связи между каналами управления. Появились системы, препятствующие выходу самолетов за пределы установленных ограничений по углу атаки и нормальной перегрузке (толкатели центральной ручки управления «на пикирование»). К самолетам, оснащенным такими системами управления, следует отнести: МиГ-19, МиГ-23, МиГ-29, МиГ-25, МиГ-31, Су-15, Су-17, Су-24, Як-25, Як-28, Ту-154, Ту-22МЗ, Ил-76, Ил-86, Ил-96, Ан-124.

Пятый этап развития систем управления ознаменован стремительным развитием электроники и теории управления, а также стремлением улучшить показатели маневренности, дальности и продолжительности полета самолетов за счет применения интегральных аэродинамических компоновок с малыми и отрицательными запасами продольной статической устойчивости. На смену механической проводке управления пришли электродистанционные системы управления и электрогидравлические рулевые приводы. На систему управления стали возлагать значительно более широкий круг задач, чем только управление аэродинамическими рулевыми поверхностями: управление тягой и поворотными реактивными соплами двигателей, механизацией передней и задней кромок крыла, тормозами авиационных колес, тормозными щитками, поворотом передней стойки шасси. К самолетам, оснащенным такими

системами управления, следует отнести: Су-33, Як-130, МиГ-29К(КУБ), Су-30СМ, Су-35, Т-50, Ту-160, Бе-200, МиГ-АТ.

Таким образом, системы управления воздушных судов не останавливаются в своем развитии и совершенствовании, придают современным воздушным судам совершенно новые свойства, позволяющие значительно повысить эффективность их применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиация: энциклопедия / под ред. Г. П. Свищёва. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. - 736 с.

УДК 355.45:004

С.А. Митрофанова, Д.С. Короваев

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ИННОВАЦИИ В ВОЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ КАК УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ

Аннотация. В тезисе рассматриваются инновации в военном образовании, под которыми понимаются новые методики преподавания, новые способы организации занятий, формирования содержания образования (интеграционные (межпредметные) программы), методы оценивания образовательного результата.

Ключевые слова. Военное образование, инновации, гуманизация педагогического взаимодействия.

В настоящее время образование имеет огромное значение в развитии современного общества. Поиск перспективных направлений его развития является актуальным вопросом, так как образование – это социальный институт, воспроизводящий интеллектуальный потенциал страны. Следовательно, оно должно обладать способностью к опережающему развитию, отвечать интересам общества, конкретной личности.

Инновационная деятельность в сфере образования – предмет активного обсуждения в педагогической науке, где термин «инновации» используется многозначно.

В переводе с латинского языка понятие «инновация» означает «обновление, новшество или изменение». Впервые это понятие появилось в исследованиях в XIX веке и означало введение некоторых элементов одной культуры в другую. В начале XX века возникает новая область знания, инноватика – наука о нововведениях, в рамках которой стали изучаться закономерности технических нововведений в сфере материального производства. Педагогические инновационные процессы стали предметом

специального изучения на Западе примерно с 50-х годов и в последнее двадцатилетие в нашей стране.

Применительно к педагогическому процессу инновация означает введение нового в цели, содержание, методы и формы обучения и воспитания, организацию совместной деятельности учителя и учащегося [1].

Что касается высшего образования, то инновационные технологии в вузе – это, прежде всего, условие повышения качества образования, следовательно, возможность повысить конкурентоспособность конкретного вуза на рынке образовательных услуг.

Итак, анализируя современное состояние высшего образования, можно обозначить следующие условия, позволяющие обеспечить качество обучения:

во-первых, подготовка абитуриентов, измеряемая на основе результатов довузовского образования и результатов вступительных экзаменов;

во-вторых, высокий профессиональный уровень профессорско-преподавательского состава;

в-третьих, используемые образовательные технологии, рационально сочетающие устоявшиеся классические методики преподавания с инновационными.

Данные условия позволят соответствовать системе образования и потребностям современного общества.

Очевидно, что оценка эффективности в определении значимости того или иного нововведения характерна и для высшей военной школы. Нововведения должны способствовать достижению основной цели военного профессионального образования – подготовке для государства и его Вооруженных Сил профессионально грамотных, способных выполнить свой воинский долг военных специалистов, в наибольшей степени обладающих высокими нравственными качествами.

Развития современного военного образования предполагает изменение требований к профессиональной подготовке будущих офицеров, оценке эффективности их воспитательной и познавательной деятельности в соответствии с инновационными тенденциями. Это обуславливает необходимость поиска новых подходов к организации взаимодействий и отношений между участниками образовательного процесса.

Методика современного преподавания учебных дисциплин испытывает потребность в реализации гуманистических подходов к взаимодействию между педагогом и учащимся, которое характеризуется не господством – подчинением, не подавлением и соперничеством, а сотрудничеством, открытостью, доверием, искренностью.

Рассмотрим основные направления гуманизации учебного процесса в высшей (в том числе и в военной) школе. При организации учебно-воспитательной работы в военном вузе преподаватели ориентируются на положения Государственного стандарта высшего профессионального образования, определяющего количественное и качественное содержание изучаемых дисциплин.

Следует отметить, что изучение таких дисциплин в военном вузе многоцелевое. Овладение ими предполагает не столько активную работу с преподавателем, сколько интенсивную самостоятельную работу. При этом гуманистическая методология дает курсанту возможность «открыть» себя другим и других для себя, почувствовать себя значительным и равным [2].

Условием гуманизации обучения является подход к оценке эффективности усвоения знаний, который позволяет оценить способы учебной деятельности.

Гуманистический подход к оценочной деятельности предполагает оценить не только конечный результат процесса обучения – знания, но и сам процесс овладения ими. Это помогает индивидуализировать и дифференцировать оценку умственной деятельности каждого отдельного курсанта.

Актуальными и значимыми являются эмоционально-гуманный и коммуникативный подходы, именно они обладают определенным потенциалом для становления гуманистической направленности у курсантов. Основные виды коммуникативной деятельности, протекающие в атмосфере сотрудничества при групповом взаимодействии курсантов, создают условия для активного перерастания учебных действий в методы научного познания.

Коммуникативный подход реализует диалогизм в обучении в системе субъект-субъектных отношений при активно-положительном стиле взаимодействия; подкрепляет мотивационно-потребностную сферу, создает условия для активного переноса умений и навыков курсантов в ситуации, приближенные к реальным условиям предстоящей социальной, профессиональной деятельности. Коммуникативная деятельность субъектов общения позволяют развивать активную деятельностную позицию.

Таким образом, адекватное педагогическое общение преподавателя и курсанта является необходимой гуманистической составляющей их педагогического взаимодействия в условиях современного военного вуза.

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что инновационная образовательная деятельность в военном вузе предполагает реализацию гуманизации педагогических взаимодействий на основе организации общения преподавателя и

курсанта в процессе совместной деятельности и на этой основе становления гуманистических качеств личности обучаемых.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мухина, С.А. Современные инновационные технологии обучения / С.А. Мухина, А.А. Соловьева. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2008. – 380 с.
2. Барышникова, Т.И. Педагогические условия развития способности к самореализации у студентов вуза (на материале изучения иностранного языка): автореф. ... канд. пед. наук / Т.И. Барышникова. – Хабаровск, 2002. – 21 с.

УДК 623.74

А.В. Николаев, А.В. Ганжуров, М.В. Ершов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

МОДЕЛЬ НАВЕДЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОЙ АВИАЦИОННОЙ РАКЕТЫ НА ВОЗДУШНУЮ ЦЕЛЬ

Аннотация. В тезисе проведена оценка точности наведения управляемой авиационной ракеты на воздушную цель при использовании метода пропорционального наведения. Результаты моделирования показывают, что достоинством данного метода является всевысотное и всеракурсное наведение на не маневрирующую воздушную цель, но недостатком является низкая точность наведения на маневрирующую воздушную цель.

Эффективность воздушного боя определяется точностью наведения управляемой авиационной ракеты (УАР) и зависит от ошибок измерений и сопровождения воздушной цели головкой самонаведения [1, 2, 3]. Решение таких задач требует совершенствование технического и алгоритмического обеспечения системы управления УАР.

Применение противником новых способов и форм действий авиации в совокупности с современными средствами радиоэлектронного противодействия в вооруженных конфликтах требуют оценки влияния этих воздействий на управляемые авиационные средства поражения. На сегодняшний день в большинстве УАР реализован метод пропорционального наведения и его модификации (метод пропорционального наведения со смещением) [4, 5, 6]. Однако основным недостатком данного метода является низкая точность наведения на маневрирующие воздушные цели (МВЦ) [7, 8].

Является оценка точности наведения УАР на не маневрирующую и маневрирующую воздушную цель.

Для решения поставленной задачи приняты следующие допущения: наведение осуществлялось в горизонтальной

плоскости, скорость УАР и цели принята постоянной; угол скольжения УАР и цели не учитывался.

Боковое ускорение ВЦ можно задавать в виде различных типовых маневров (боевой разворот, петля Нестерова, полубочка и др.).

В интересах достижения цели исследования проведено имитационное моделирование процесса наведения УАР на не маневрирующую и маневрирующую ВЦ. В качестве показателя точности наведения принята ошибка оценки наблюдаемых (дальность, скорость сближения и угол пеленга УАР) и ненаблюдаемых (угловая скорость линии визирования) параметров, формируемые при сопровождении калмановским алгоритмом фильтрации [7, 8].

Исходные данные моделирования: скорость УАР 300 м/с; скорость ВЦ 280 м/с; курсовые углы 0 и 170 градусов соответственно; начальная дальность 10 км; шаг дискретизации 0,01 с.

Таким образом, в ходе проведенного исследования установлено, что точность наведения УАР на МВЦ низкая. Ошибки оценок при сопровождении превышают ошибки первичных измерителей на порядок и более. Такие условия требуют разработки новых методов наведения учитывающих маневренные свойства цели либо адаптивных процедур при фильтрации параметров. Кроме того, следует отметить тот факт, что моделирование проводилось разомкнутым контуром, то есть в закон наведения (8) подаются истинные значения скорости сближения и угловой скорости линии визирования. Замкнув контур наведения, точность наведения вероятнее всего будет еще ниже.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проблемы повышения эффективности авиационных управляемых средств поражения: научно-методические материалы. – М.: ВВИА, 1990. – 136 с.
2. Боевые авиационные комплексы и их эффективность / под ред. О.В. Болуховитина. – М.: ВВИА, 2008. – 224 с.
3. Буравлев, А.И. Методы оценки эффективности применения высокоточного оружия / А.И. Буравлев, В.С. Брезгин. – М.: ИД Академия Жуковского, 2018. – 232 с.
4. Многофункциональные радиолокационные комплексы истребителей / под В.Н. Лепина. – М.: Радиотехника, 2014. – 296 с.
5. Авиационные управляемые ракеты. Авиационные управляемые ракеты и бомбы, их устройство / под ред. И.Е.Казакова. – М.: ВВИА, 1984. – 230 с.
6. Кучин, В.П. Системы управления и динамика наведения авиационных ракет / В.П. Кучин, А.П. Харитонов. – Киев: КВВАИУ, 1975. – 260 с.

7. Меркулова, В.И. Авиационные системы радиоуправления: в 2 ч. / под ред. А.И. Канащенкова, В.И.Меркулова. – М.: Радио и связь, 1996. – Ч.1. Теоретические основы синтеза и анализа авиационных систем радиоуправления. – 396 с.

8. Меркулова, В.И., Лепин В.Н. Авиационные системы радиоуправления: в 2 ч. / под ред. А.И. Канащенкова и В.И.Меркулова. – М.: Радио и связь, 1996. – Ч. 2. – 396 с.

9. Авиационные системы радиоуправления / под ред. В.И.Меркулова. – М.: Изд. ВВИА им. Н.Е.Жуковского, 2008. – 423 с.

УДК 369.2

Е.И. Николаев, И.А. Федоркевич

ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА В ПРОГРАММНО- МОДЕЛИРУЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ MATLAB@SIMULINK

С развитием авиации появилась возможность преодоления дозвуковых и сверхзвуковых скоростей полета, при этом значительно возрастают по величине шарнирные моменты на рулевых поверхностях, вследствие чего возникла необходимость применения гидромеханических рулевых приводов. Их внедрение позволило значительно облегчить процесс управления самолетом, а шарнирные моменты стали восприниматься штоками рулевых приводов. Гидравлический рулевой привод включает в себя устройства, которые в совокупности выполняют две основные функции: передача механической энергии и преобразование движения посредством рабочей жидкости [1].

До стремительного развития ЭВМ процесс проектирования гидравлических систем опирался только на эксперимент, в большинстве случаев так происходит и в настоящее время. Но значительное повышение качества проектирования и при этом сокращение сроков и затрат возможно при использовании современных технологий. С помощью продукта SimHydraulics программы MATLAB имеется возможность, моделирования гидравлических систем, а также рассчитать давление и напор жидкости в системах [2].

Для работы любого гидравлического привода необходимо наличие гидравлической системы, задачами которой являются: обеспечение питания жидкостью с требуемым давлением, а также отвод жидкости из контура потребления и ее очистка. Для создания такой гидравлической системы необходимо составить модель путем правильного подключения всех элементов системы и задать их параметры. Полученная модель контура питания гидравлической системы представлена на рисунке 1.

Также в контурах потребления и питания необходимо установить датчики, которые позволят контролировать величину давления, а также значение перемещения штока, гидроцилиндра.

Для наглядного изображения работы рулевого привода необходимо спроектировать механическую модель гидроцилиндра. Для создания такой модели нужно воспользоваться продуктом SimMechanics. Механическая модель и графическое изображение гидроцилиндра позволят наглядно увидеть, как изменится положение штока (рисунок 3).

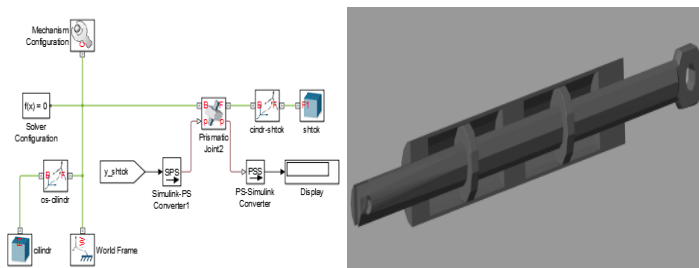


Рисунок 3 – Модель рулевого привода контура потребителей гидравлической системы

Таким образом, с помощью ЭВМ и программного комплекса MATLAB можно сократить сроки и затраты на проектирование, а также повысить его качество, так как программа позволяет не только моделировать гидравлические системы, но и контролировать значения их параметров.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы управления летательных аппаратов: учебник / Д.В. Верещиков, С.В. Николаев, Д.В. Разуваев. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – 332 с.
2. Моделирование гидравлических систем в Matlab: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2009. – 172 с.

УДК 621.362.2

А.В. Новик, М.И. Полуянов

Белорусская государственная академия авиации

БЕСТРАНСФОРМАТОРНОЕ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

Трансформаторно-выпрямительные устройства,
преобразующие трехфазное напряжение 120/208 В частотой 400 Гц

авиационных генераторов в постоянное напряжение 28 В, по массо-габаритным и иным показателям не удовлетворяют современным требованиям и возможностям. Например, ВУ – 6А мощностью 6 кВт имеет массу 9,4 кг и значительные габариты, большие потери мощности, для отвода которых используется встроенный вентилятор, также потребляющий дополнительную мощность. Причиной низкой эффективности таких устройств является наличие в их структуре традиционно используемых трансформатора с одной или двумя вторичными обмотками и одного или двух выпрямителей, работающих в непрерывном режиме.

Современная элементная база промышленной электроники предоставляет новые возможности для построения преобразователей электроэнергии, работающих в импульсном режиме. Импульсные преобразователи используют, как правило, в качестве основного элемента мощные полевые транзисторы, работающие в ключевом режиме, в котором их потери мощности значительно меньше, чем у биполярных транзисторов. Кроме того, полевые транзисторы потребляют меньшую мощность управления и допускают параллельное соединение, которое труднее выполняется с биполярными транзисторами. С учетом этих свойств полевых транзисторов предложена многофазная структура импульсных стабилизаторов постоянного напряжения, представляющая собой параллельное соединение нескольких однотипных звеньев, обеспечивающее снижение потерь мощности на силовых элементах [1]. По такой же структуре может быть построен бестрансформаторный преобразователь трехфазного напряжения авиационного генератора 120/208 В в постоянное напряжение 28 В: напряжения каждой фазы генератора проходят через транзисторные ключи, которые пропускают в нагрузку начальные части синусоид (от 0 до 53 градусов каждой фазы). Затем полученное импульсное напряжение сглаживается фильтрами, с помощью которых обеспечивается необходимое качество выходного постоянного напряжения 28 В. Указанный фазовый диапазон соответствует величинам фазных напряжений генератора 120 В. Устройство управления преобразователя отслеживает величину выходного напряжения и корректирует фазы напряжений генератора, при которых транзисторные ключи закрываются.

Как и в эксплуатируемом выпрямительном устройстве ВУ – 6А фильтры в цепи постоянного напряжения выполняют несколько задач. Во-первых, сглаживание после транзисторных ключей трех фазных пиков напряжений и заполнение бестоковых промежутков между ними. Поскольку нагрузочный ток выпрямительного устройства в номинальном режиме должен быть равен 200 А, то будет эффективным Г- или П-образный индуктивно-емкостный

фильтр. Во-вторых, за один период частоты 400 Гц в нагрузку проходят начальные (в диапазоне 0...53 градуса) части трех фазных напряжений, которые создают основную гармоническую составляющую напряжения пульсаций утроенной частоты, т.е. 1200 Гц. Для устранения этих пульсаций на выходе устройства нужен двойной резонансный шунтирующий фильтр, один контур которого должен иметь резонансную частоту меньше 1200 Гц, а второй – больше 1200 Гц, что позволит расширить частотный диапазон шунтируемых напряжений пульсаций, так как частота напряжения авиационных синхронных генераторов колеблется в достаточно широком диапазоне. Для шунтирования высокочастотных пульсаций и импульсов к выходной шине 28 В подключается конденсаторный фильтр.

Устройство управления должно контролировать не только выходное напряжение, но и нагрузку выпрямительного устройства и корректировать угол закрытия транзисторных ключей в каждой фазе с учетом этих двух параметров.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Микроэлектронные электросистемы. Применения в радиоэлектронике / под ред. Ю. И. Конева. – М.: Радио с связь, 1987. – 240 с.

УДК 629.7

В.А. Потапов, А.А. Санько

Белорусская государственная академия авиации

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПРЕССОРА ВЕРТОЛЕТНОГО ТУРБОВАЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Разработка и успешное применение систем диагностики авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) в основном определяется наличием в их составе алгоритмов и зависимостей, полученных с использованием математических моделей (ММ) двигателя и его отдельных узлов. Таким образом, актуальным вопросом является развитие и совершенствование ММ ГТД по средствам их идентификации в процессе проектирования и эксплуатации. При разработке ММ с целью диагностики и контроля ГТД необходимо согласовывать модели разного уровня, взаимно идентифицировать между собой, в том числе по результатам испытаний и контроля.

Основной проблемой идентификации ММ вертолётных ГТД на этапе эксплуатации является изменение геометрических размеров проточной части компрессора вследствие эксплуатационных факторов [1]. Попадание песка (частиц пыли) наносит серьезный ущерб компрессору ГТД, вызывая эрозийный износ рабочих лопаток (в первую очередь), лопаток направляющих

аппаратов [2]. Такие проблемы в основном приводят к значительному ухудшению характеристик компрессора, снижению его производительности и надежности, что является причиной ухудшения параметров двигателя в целом и могут привести к его полному отказу. Поэтому при осуществлении диагностики технического состояния компрессора, необходимо иметь адекватную ММ, учитывающую влияние абразивного износа в процессе эксплуатации двигателя.

Оценка влияния абразивного износа на характеристику осевого компрессора турбовального ГТД, на основе математического моделирования, рассмотрены в работах [3–5]. Однако данные ММ, опираются на повенцовый расчет термогазодинамических параметров многоступенчатого осевого компрессора с использованием одно- и двумерного подхода к расчету течения. Данная модель учитывает геометрические параметры, компрессора только на среднем радиусе (т.е. подразумевается линейный износ лопаток). Использование характеристик многоступенчатого осевого компрессора с учётом нелинейности эрозионного износа по всей высоте лопатки рабочего колеса компрессора существенно повысит возможности систем диагностических ГТД.

На рисунке 1 представлена структурная схема разработанной ММ компрессора турбовального двигателя ТВ3-117. Данная модель, позволяет получить зависимости значения комплексного термогазодинамического параметра – коэффициента запаса газодинамической устойчивости ΔK_y , от степени износа проточной части компрессора, для выявления дефектов и контроля его технического состояния в процессе эксплуатации.

В состав ММ компрессора входит:

- модель трехмерного течения потока в газозоодушном тракте компрессора с описанием лопаточных венцов (рисунок 1), основанная на численном решении системы уравнений Навье-Стокса и реализованная в программном пакете *ANSYS CFX*. Данная модель способна получать выходные термогазодинамические параметры при различном виде и степени износа лопаток компрессора (линейный, нелинейный);

- термогазодинамическая модель газотурбинного двигателя ТВ3-117 в программном комплексе *Matlab* для расчёта зависимых параметров двигателя при эрозионном износе компрессора;

- модель диагностики технического состояния компрессора ГТД, полученная с помощью метода малых [6], с рассчитанными коэффициентами влияния двигателя ТВ3-117, для получения комплексного термогазодинамического параметра ΔK_y (рисунок 1).

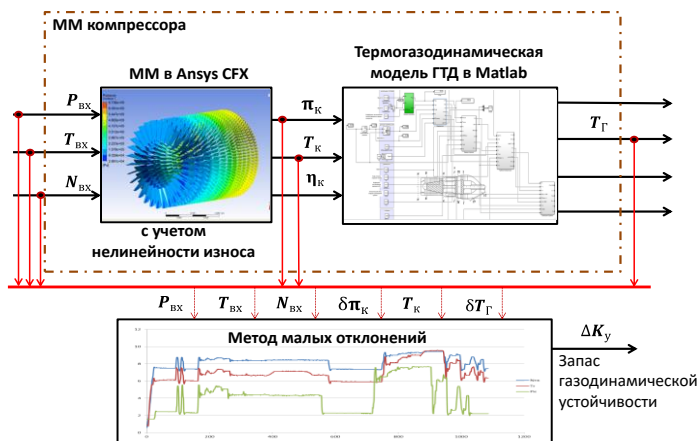


Рисунок 1 – Структурная схема ММ компрессора ГТД ТВ3-117

Таким образом, с использованием представленной ММ компрессора вертолетного ГТД, можно рассчитать математические зависимости коэффициента запаса газодинамической устойчивости от степени и вида износа его проточной части компрессора. Полученные результаты нашли свое применение для диагностики ГТД вертолета.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Павленко, Д. В. Закономерности изнашивания рабочих лопаток компрессора вертолетных двигателей, эксплуатирующийся в условиях запыленной атмосферы / Д.В. Павленко // Вестник двигателестроения «Запорожье АО «Мотор Сич». – 2016. – № 1. – С. 42-51.
2. Двирник, Я. В. Предельное состояние осевого компрессора ГТД эксплуатируемого в условиях запыленной атмосферы / Я.В. Двирник, Д.В. Павленко // Вестник двигателестроения «Запорожье АО «Мотор Сич». – 2018. – № 1. – С. 97-107.
3. Бойко, Л. Г. Определение дроссельной характеристики турбовального гтд на основе метода математического моделирования с использованием одно- и двумерных подходов к расчету параметров компрессора [Текст] / Л. Г. Бойко, В. А. Даценко, Н. В. Пижанкова // Авиационно-космическая техника и технология. – 2019. – № 7(159). – С. 21-30.
4. Барышева, Е. С. Моделирование характеристик многоступенчатого осевого компрессора авиационного двигателя с учётом эрозионного износа лопаток [Текст] / Е. С. Барышева, А. Е. Дёмин, Р. Л. Зеленский // Авиационно-космическая техника и технология. – 2017. – № 6 (141). – С. 58-64.

5. Гумеров, А. В. Предельное состояние осевого компрессора ГТД в условиях эксплуатации в запыленной атмосфере [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук / А. В. Гумеров. – Уфа, 2011. – 44 с.

6. Черкез, А. Я. Инженерные расчеты газотурбинных двигателей методом малых отклонений / А.Я. Черкез. – М.: Машиностроение, 1975. – 380 с.

УДК 62-97/-98

Н.И. Пучко, Д.Е. Бельская, Д.В. Песоцкий, А.В. Братусенко

Белорусская государственная академия авиации

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТВД, ТВВД, ТРДД

Современные авиационные двигатели являются сложными и наукоемкими техническими устройствами, в которых воплощены новейшие достижения науки, техники, технологии и производства. В них реализуются наиболее прогрессивные научные и технологические решения, используемые в других отраслях энергетического машиностроения. К ним относятся: радикальные решения в области термозаконодательного совершенствования рабочего процесса авиадвигателей, методы трехмерного компьютерного моделирования и машинного проектирования, прочностная надежность, управление ресурсом, повышение эксплуатационной технологичности, снижение трудоемкости технического обслуживания, повышение эксплуатационной надежности.

Столетняя история моторной авиации началась первыми успешными полетами самолета с поршневым двигателем братьев Райт в 1903 г. На протяжении первых 40 лет этой истории господствовали самолеты с поршневыми двигателями внутреннего сгорания. Последующие 70 лет и по настоящее время составили эру господства реактивной авиации.

Основным типом авиационных двигателей в настоящее время являются газотурбинные двигатели (ГТД).

После Великой Отечественной войны авиадвигательостроительная промышленность СССР сумела быстро перейти от производства поршневых к созданию реактивных двигателей.

Первыми крупносерийными турбореактивными двигателями (ТРД) были двигатели «семейства ВК» (ВК-1, ВК-1Ф), созданные под руководством известного авиаконструктора В. Я. Климова в конце 40 – начале 50-х гг. прошлого века. Разработка и производство серийных отечественных ТРД начались с 1946 г. на Государственном опытном заводе № 300 (ОКБ-300, г. Москва).

За рубежом работы по созданию авиационных ГТД начались примерно в те же годы, что и в России.

Реактивные двигатели полностью изменили облик всей авиации. Более благоприятные характеристики этих двигателей по скорости полета и меньшая удельная масса позволили увеличить скорость, дальность и высоту полета военных самолетов, создать гражданские самолеты с большой пассажиро- и грузоместимостью.

Первыми на арену массового использования вышли ТРД, а чуть позже появились ТВД. Однако, у этих двигателей оказались довольно разные области применения. ТРД, как известно, не отличается экономичностью, и тяга его растет с ростом скорости полета. У ТВД же экономичность значительно выше, но тяговая эффективность с ростом скорости падает и при числе M полета выше 0,7 просто обваливается.

Причиной падения тяги является воздушный винт, который теряет свою эффективность на больших скоростях полета, а скорости применения ТВД из соображений лучшей экономичности – это относительно небольшие дозвуковые – около 600-700 км/ч.

С этим пытались бороться путем увеличения количества лопастей винта. Такой способ позволял реализовать ту же мощность при меньшей частоте вращения винта, но влечет за собой рост лобового сопротивления, усложнения балансировки и обслуживания винта, достаточно быстро наступают проявления волнового кризиса, выражающиеся в росте волнового сопротивления и потере эффективности винта.

Появление турбореактивного двухконтурного двигателя (ТРДД) значительно сократило разрыв в параметрах между турбовинтовым и турбореактивным двигателями. ТРДД с большой степенью двухконтурности, обладая достаточно высокой тягой при значительно лучшей, чем у ТРД топливной эффективности, позволили совершать экономичные крейсерские полеты на больших дозвуковых скоростях 750-900 км/ч.

Вследствие увеличения параметров рабочего процесса ТРДД, при условии сохранения высоких КПД элементов, достигается увеличение внутреннего КПД двигателя. С другой стороны, повышение степени двухконтурности способствует росту тягового КПД двигателя за счет снижения потерь с выходной скоростью. В итоге повышается полный КПД двигателя и снижается удельный расход топлива на дозвуковых скоростях.

Однако, увеличение степени двухконтурности неизбежно приводит к уменьшению удельной тяги двигателя, а вследствие этого увеличивается и расход воздуха, требуемый для получения заданной тяги. Это вызывает увеличение габаритных размеров и в первую очередь, миделя таких ТРДД. Уменьшение удельной тяги приводит к возрастанию удельного расхода топлива уже при

скоростях полета, близких к скорости звука, что подтверждается формулой 1.

$$C_{y\partial} = \frac{G_{т,ч}}{R} = \frac{3600 \cdot G_{т,с}}{G_{\Sigma} R_{уд}} = \frac{3600 \cdot Q}{(1+m) \cdot \eta_c \cdot H_u \cdot R_{уд}}. \quad (1)$$

где $G_{т,с}$ и $G_{т,ч}$ – секундный и часовой расход топлива, m – степень двухконтурности, $R_{уд}$ – удельная тяга, G_{Σ} – суммарный расход воздуха, H_u – теплотворность топлива.

Но есть диапазон скоростей (700–850 км), где можно использовать турбовинтовентиляторный (ТВВД) двигатель, топливная эффективность которого значительно выше, чем у ТРД, ТВД и ТРДД.

Сформировавшуюся концепцию ТВВД можно считать дальнейшим развитием ТВД и ТРДД. От ТВД новый тип получил движитель – воздушный винт, а от турбовентиляторного двигателя улучшенный генератор мощности (или газогенератор).

По большому счету ТВВД отличается от ТВД только винтами. На самолете АН-70 установлены винтовентиляторы СВ-27, разработанные в НПО «Авиасила» (г. Ступино).

Винтовентилятор отличается от обычного винта ТВД тем, что должен эффективно работать с достаточно высоким КПД (не менее 0,8) до числа М полета не менее 0,8–0,85 (рисунок 1).

Это достигается двумя путями. Во-первых, снижается окружная скорость (винты меньшего диаметра), что благотворно влияет на обтекание законцовок лопастей. Во-вторых, меняются аэродинамические характеристики лопастей в целом в плане улучшения их обтекания при относительно высоких числах М полета (относительная скорость лопастей). Лопастей может быть 8–12 штук и даже более против 3–5 как у обычного ТВД.

При этом удельная мощность, снимаемая с 1 м² площади, ометаемой винтом, может быть увеличена в 2,5–3 раза по сравнению с одинарным винтом ТВД. Используются тонкие (относительная толщина около 0,02), сверхкритические или специально разработанные профили. Это позволяет затянуть волновой кризис на большие числа М потока. Сама лопасть выполняется саблевидной (по принципу ятагана), то есть с переменной по размаху стреловидностью.

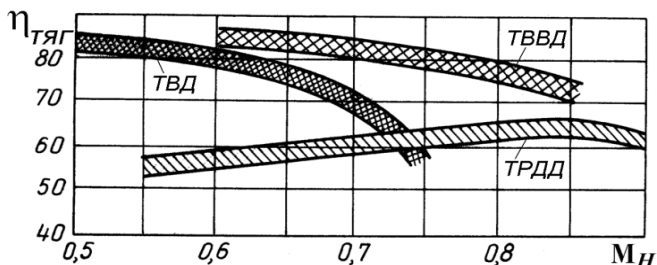


Рисунок 1 – Зависимость тягового КПД от M_H

В результате такого рода мероприятий получается воздушный винт с КПД до 0,83–0,86 при скорости полета около 0,8М. А по некоторым (рекламным) данным эта величина может достигать до 0,9 и даже выше.

В итоге для основной планируемой области применения (число $M = 0,7–0,85$) двигатель за счет совершенного винтовентилятора имеет хорошие тяговые, скоростные характеристики и хорошую экономичность, высокий тяговый КПД, а за счет внутреннего совершенства (внутренний КПД) – улучшенные параметры (в т.ч. также повышающие экономичность).

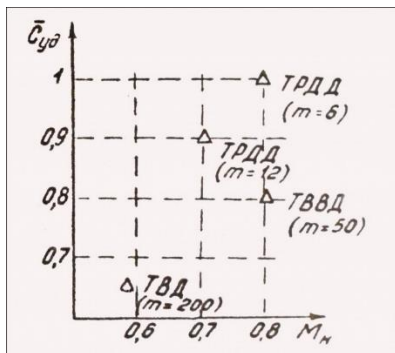


Рисунок 2 – Зависимость удельного расхода топлива от M_H

ТВВД более экономичен, в особенности по сравнению с ТРДД, используемых при тех же скоростях полета. По некоторым (рекламным) данным двигатель Д-27 при равных условиях эксплуатации с ТРДД способен обеспечить уменьшение расхода топлива до 30 %.

Области применения по числам M полета различных типов двигателей в соответствии с их экономичностью (с учетом внутреннего и тягового КПД) показаны на рисунке. Здесь экономичность ТРДД с $m = 6$ принята за единицу (m – степень двухконтурности).

Складывается впечатление, что в последнее время намечается тенденция сближения двух типов двигателей, ТВД и ТВВД с открытым ВВ переднего расположения. Разница между ТВВД и вновь создаваемыми и модернизируемыми ТВД, а главное их системами винтов потихоньку стирается. Газогенераторы таких двигателей обладают довольно высокими характеристиками, а многолопастные винты улучшенной конфигурации постоянно совершенствуются.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиационный двигатель ПС-90А / под ред. А.А. Инземцева. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 320 с.
2. Обуховский, А.Д. Теория авиационных двигателей: учеб. пособие / А.Д. Обуховский, Ю.В. Телкова. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. — 138 с.
3. Михальцев, В.Е. Расчет параметров цикла при пректировании газотурбинных двигателей и комбинированных установок: учеб. пособие / В.Е. Михальцев, В.Д. Моляков; под ред. И.Г. Суровцева. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. - 58 с.

УДК 629.735.33

Д.В. Разуваев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Николая Егоровича Жуковского и Юрия Алексеевича Гагарина» (г. Воронеж)

К ВОПРОСУ О ТЕНДЕНЦИЯХ РАЗВИТИЯ РУЛЕВЫХ ПРИВОДОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ САМОЛЕТОВ

Одним из основных направлений развития рулевых приводов является увеличения полосы пропускания входных сигналов, повышения скорости перемещения исполнительного устройства и располагаемого усилия на нем. Важным является также обеспечение стабильности характеристик, надежности и отказобезопасности в различных условиях эксплуатации.

От современных электрогидравлических рулевых приводов, применяемых в цифровых электродистанционных системах управления, требуется обеспечение полосы пропускания в районе 15 рад/с, что является необходимым для согласования характеристик элементов замкнутого контура «летчик - система

управления - самолет» и обеспечения требуемых характеристик устойчивости и управляемости [1].

Располагаемая скорость перемещения исполнительного звена рулевого привода (штока гидравлического цилиндра) должна обеспечивать отклонение рулевой поверхности со скоростями, превышающими 100 градусов в секунду.

Одним из перспективных направлений увеличения располагаемого усилия на штоке рулевых приводов является увеличение давления в линии нагнетания гидравлических систем. Так, например, рабочее давление гидравлической системы на самолете МиГ-29 составляет 210 кгс/см², на Су-27 - 280 кгс/см², а на Т-50 - более 300 кгс/см².

Рациональным представляется применение автономных по гидравлике рулевых приводов (автономных рулевых машин - АРМ). Такие устройства позволяют резко сократить массу системы управления за счет отсутствия протяженных гидравлических магистралей (трубопроводов), повысить ее боевую живучесть и надежность.

Перспективы развития электрогидравлических рулевых приводов связаны с использованием принципа объемного регулирования скорости перемещения исполнительного звена вместо широко применяемого дроссельного. Такие рулевые приводы называются электрогидростатическими (рисунок 1).

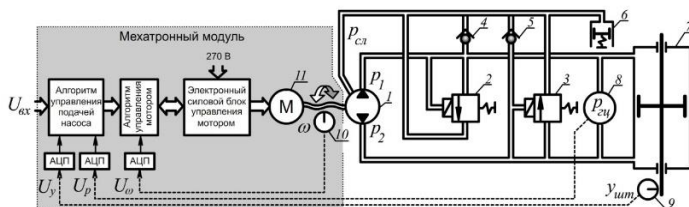


Рисунок 1 – Схема электрогидростатического рулевого привода:

- 1 – гидравлический насос постоянной производительности;
2, 3 – предохранительные клапаны; 4, 5 – обратные клапаны;
6 – гидрокompозитор; 7 – силовой гидроцилиндр; 8 – датчик давления в линиях нагнетания и слива гидроцилиндра; 9 – датчик перемещения штока гидроцилиндра; 10 – датчик угловой скорости вращения при-водного вала гидронасоса; 11 – реверсивный бесщеточный электродвигатель

Основным элементом, обеспечивающим регулирование подачи гидравлической жидкости в полости исполнительного гидроцилиндра, является плунжерный насос постоянной производительности 1 с приводом от реверсивного бесщеточного электродвигателя постоянного тока 11. Направление и угловая

скорость вращения приводного вала насоса определяется мехатронным модулем в составе которого имеются электронный силовой блок управления мотором, работающий с напряжением 270 В, и цифровые блоки управления насосом 1 и мотором 11. Аналогоцифровые преобразователи (АЦП) обеспечивают преобразование аналоговых сигналов от датчиков перемещения штока 9, давления 8 и угловой скорости 10 в цифровые сигналы для их последующего использования в алгоритмах управления. В зависимости от направления вращения приводного вала гидронасоса гидрожидкость поступает по линиям или и, при перемещении штока, сливается по линиям, соответственно или. Для предотвращения чрезмерного повышения давления в магистралях нагнетания привода предусмотрены предохранительные клапаны 2 и 3. Разделение контуров нагнетания обеспечивается обратными клапанами 4 и 5. Пульсации давления гасятся гидрокомпенсатором 6. Блоки управления, АЦП, мотор объединены в общий мехатронный блок.

Электрогидростатические рулевые приводы [2] имеют лучшие по сравнению с дроссельными регулировочные характеристики (зависимость скорости движения выходного звена гидродвигателя от нагрузки), больший коэффициент полезного действия и меньшие энергетические потери. Такие приводы нашли применение в системах управления самолетов А-380 (рисунок 2), F-22, F-35, созданных в рамках развития концепции «Более электрического самолета» («More Electric Aircraft»).

Недостатками электрогидростатических приводов, тормозящих их широкое применение на летательных аппаратах, являются значительная конструктивная сложность, низкая весовая отдача при необходимости иметь резервированные конструкции большой располагаемой мощности, трудности в обеспечении эффективного съема тепла и неудовлетворительные динамические характеристики при малых амплитудах входного сигнала.

Таким образом, применение чисто электромеханических приводов для управления рулевыми поверхностями боевых самолетов в настоящее время преждевременно. Это объясняется, прежде всего, относительно невысокой надежностью механического редуктора привода, преобразующего вращательное движение вала электродвигателя в поступательное перемещение выходного звена (штока). Кроме того, пока еще электромеханический привод с планетарным редуктором и шариковинтовой передачей уступает обычному электрогидравлическому приводу по динамическим характеристикам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Верещиков, Д.В. Системы управления летательных аппаратов / Д.В. Верещиков, С.В. Николаев, Д.В. Разуваев. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – 320 с.

2. Шумилов, И.С. Системы управления рулями самолетов / И.С. Шумилов. – М.: МГТУ им. Н.Е. Баумана, 2009. – 469 с.

УДК 519.711.3

Н.В. Рогов, Д.Н. Жертиев

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Арктический регион не только обеспечивает безопасность нашей страны с северного направления, но и торговый путь много столетий. Начиная с XIV века, Русское государство активно использует западный участок Северного морского пути (до мыса Челюскин) для торговли. С середины XVII века Российская империя начинает использовать восточный участок Северного морского пути для экспедиций и перевозки грузов [1]. С 1935 года Северный морской путь используется как транспортная магистраль для грузооборотов. Проведенный анализ показал, что большинство грузоперевозок осуществляется через Северный морской путь из западных или восточных портов в устья северных рек и обратно, а также из одной реки в другую.

Арктический регион не является экстремальным по сверхнизким температурам наружного воздуха (до минус 55 °С) зимой, а в регионах Восточной Сибири такая температура наблюдается очень часто [2]. На рисунке 1 представлена среднеарифметическая температура, наблюдаемая за многолетний период. В России сверхнизкая температура была зафиксирована в поселке Оймяконе и в городе Верхоянске.

Увеличение тактико-технических характеристик авиационной техники связано с применением новых композиционных материалов. Применение композиционных материалов (КМ) в авиастроении позволяет повысить прочность и жесткость летательного аппарата.

В процессе эксплуатации элементы конструкции из композиционных материалов повреждаются. В результате дефектов на конструкции летательного аппарата могут создаваться предпосылки к аварийной ситуации. При обнаружении дефектов конструкции подлежат замене, восстановлению или ремонту.

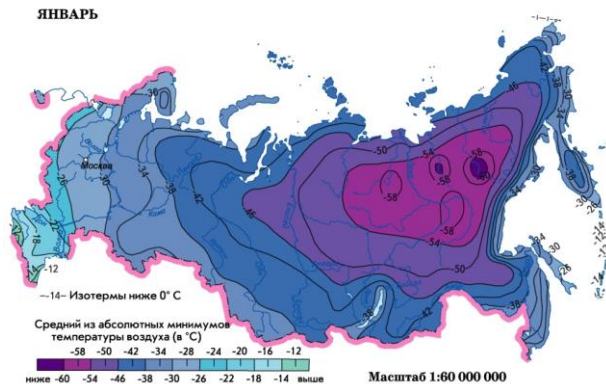


Рисунок 1 – Средняя из абсолютных минимумов температура воздуха в январе

Для устранения повреждений агрегатов, выполненных из композиционных конструкций, существует несколько способов восстановления (рисунок 2). Наиболее качественным способом восстановления элементов конструкции воздушного судна из КМ является способ с использованием клеев.

В ходе экспериментальной работы, устранения повреждений элементов конструкции планера из композиционного материала, применяли способы восстановления с использованием клеев. Для эксперимента были выбраны пленочные клеи ВК-32, ВК-36 и ВК-50.

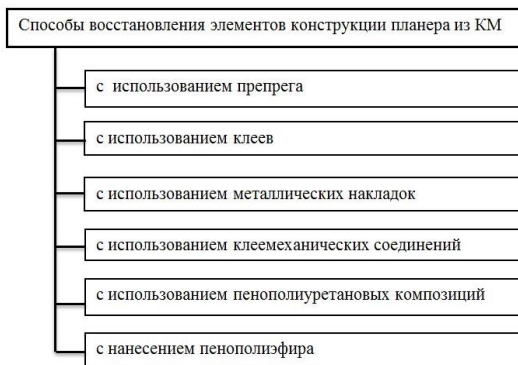


Рисунок 2 – Способы восстановления элементов конструкции планера из КМ

Отверждение клея осуществлялось при одинаковых давлении и температуре. Испытание образцов проводилось при фиксированных статических нагрузках. Результаты эксперимента приведены на рисунке 3.

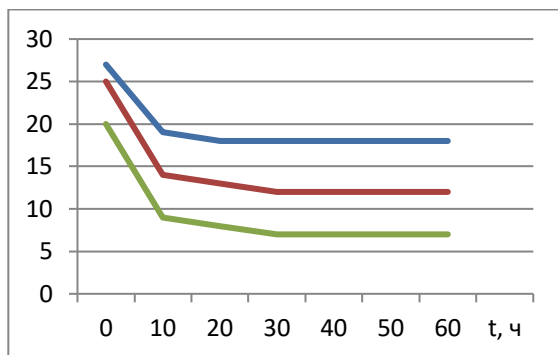


Рисунок 3 – График разрушений КМ при различных склеиваний клеев

Таким образом, проведенный анализ клеев показал, что для увеличения долговечности конструкций планера воздушного судна, отремонтированных склеиванием и работающих при длительном статическом нагружения, необходимо применять более прочный и жесткий клей типа ВК-36. Однако для восстановления элементов конструкций планера из КМ, работающих в условиях усталочного нагружения, этот клей рекомендовать нельзя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Арктическое пространство России в XXI веке: факторы развития, организация управления: монография / под ред. В.В. Ивантера. – СПб.: Наука, 2016. – 1040 с.
2. Горбунов, В.П. Проблемы эксплуатации современных самолетов в условиях низких и сверхнизких температур Сибири, Севера и Арктики / В.П. Горбунов // Научный вестник МГТУ ГА. – 2014. – № 204. – С. 110-114.

УДК 621.452.3

С.Н. Романёнок, И.С. Свистун, И.С. Прокуденко

Белорусская государственная академия авиации

СБОР ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДАННЫХ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТВЗ-117ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДИАГНОСТИЧЕСКОМ СРЕДСТВЕ

В настоящее время складываются достаточно противоречивые условия эксплуатации авиационной техники. Создалась ситуация,

когда на фоне общего старения парка воздушных судов и сокращения финансирования, заметно увеличивается стоимость новых изделий авиационной техники, оборудования, комплектующих, растут затраты на техническое обслуживание и ремонт связанные с выявление контрафактных и некондиционных комплектующих изделий авиационной техники, парирование последствий, связанных с их применением. Анализ распределения отказов и неисправностей по системам воздушных судов (ВС) показывает, что основная часть отказов и неисправностей происходит из-за конструктивно-производственных недостатков (КПН) – 68,98 % и недостатков ремонта (НР) – 29,53 %. При всем этом отмечается общий рост требований к уровню безопасности полетов и надежности воздушных судов.

Внедрение экономически целесообразной системы технического обслуживания и ремонта АТ по техническому состоянию требует совершенствования средств и методов контроля технического состояния ВС. Мировыми тенденциями в этом направлении являются разработка, внедрение, совершенствование и развитее диагностических систем (ДС).

ДС предназначены для контроля технического состояния и информационно-алгоритмического обеспечения работ по обслуживанию СУ и систем автоматического управления (САУ) при периодических, регламентных, регулировочных и ремонтных работах.

Основу функционирования ДС составляет единый комплекс алгоритмов и программ, состоящий из алгоритмов диагностирования и прогнозирования технического состояния СУ взаимосвязанные с алгоритмами процессов управления технологическим процессом, техническим обслуживанием и ремонтом.

Общие требования к объему функций ДС: ведение электронного формуляра авиационного двигателя, ведение баз данных полетной информации силовой установки, контроль состояния СУ и САУ при опробовании в реальном времени, тестирование агрегатов САУ, анализ отказов и трендов, анализ параметров двигателя и программ регулирования двигателя, анализ ошибок эксплуатации, настройка агрегатов САУ в соответствии с формуляром конкретного двигателя, контроль заданного перечня работ по обслуживанию СУ и САУ, выполнение контроля и градуировок измерительных каналов агрегатов САУ.

Реализация всех данных требований возможна при наличии максимально возможного объема информации по эксплуатации двигателя, включая данные о наработке двигателя, режимах и условиях его работы, проведенных обслуживаниях, проверках и ремонтах, данные о заменах и характеристиках масел и

специальных жидкостей, данные о параметрах регистрируемых техническими средствами и авиационным персоналом подлежащих учету в процессе эксплуатации и др.

Анализ проведенный для двигателей семейства ТВ3-117 эксплуатируемых на вертолётах Ми-8, Ми-24 (в целях определения возможных путей сбора) показывает, что регистрируемые параметры можно условно разделить на две группы: регистрируемые штатными техническими средствами (датчиками), регистрируемые вручную (визуально).

Сигналы параметров, регистрируемых датчиками, подразделяются на:

внутренние, используемые только в САУ и работе других систем СУ (сигнал частоты вращения турбокомпрессора ($n_{тк}$) от ДЧВ-2500, сигнал частоты вращения свободной турбины $n_{ст}$ от ДТА-10, давление воздуха за компрессором P_k от ПМ-10МР, температура газов перед турбиной компрессора T_t от термопар Т-102 и др.)

сигналы параметров подлежащих дальнейшей индикации в кабине экипажа ($n_{тк}$ от Д-2М, T_t от Т-102, частота вращения несущего винта ($n_{нв}$) от Д-1М, сигнал повышенной и опасной вибрации, сигнал срабатывания РТ-12-6, сигнал засорения топливного фильтра 8Д2.966.236 (0780870000) и др.)

сигналы параметров, подлежащих регистрации бортовыми системами объективного контроля ($n_{тк}$ от Д-2М, T_t от Т-102, $n_{нв}$ от Д-1М, сигналы включения ПОС и ПЗУ и др.).

К параметрам, регистрируемым вручную, относятся: время выбега турбокомпрессора при останове, время частичной приемистости, величина несоосности валов «двигатели-главный редуктор», $n_{нв}$ при проверке перенастройки, положение направляющих аппаратов и многие другие. Необходимо отметить, что ручной (визуальный) контроль характерен для данных типов ВС, поэтому важными задачами являются: адаптация существующей системы сбора, интерпретации и хранения эксплуатационных параметров авиационным персоналом для использования в ДС и максимальное уменьшение доли ручного (визуального) контроля за счет внедрения дополнительных средств контроля. Например: определение частоты вращения турбокомпрессора на которой происходит закрытие (открытие) клапанов перепуска воздуха. В настоящее время точность определения данного параметра довольно низка, так как определяется авиационным персоналом по индикатору в кабине экипажа на переходном режиме работы СУ в условиях жестких временных ограничений, по сигналу от напарника либо подготовленным авиационным персоналом по изменению T_t . При установке необходимого оборудования возможно сократить время

проверки, повысить точность. Знание точного значения данного параметра необходимо при выявлении некоторых опасных неисправностей двигателя и САУ.

Необходимо помнить о параметрах внешней среды и других параметрах необходимых для получения информации об условиях работы двигателя, и проведения расчетов по определению неизмеряемых параметров (коэффициенты полезного действия узлов двигателя, запасы газодинамической устойчивости по режимам, неизмеряемые параметры рабочего процесса и др.)

Следует отметить отдельно, что при определении и разработке новых способов получения сигналов необходимо избегать внесений изменений в конструкции СУ и ВС ввиду предотвращения негативных последствий для объекта диагностирования и необходимости согласования данных изменений с организациями производителями и проектировщиками, то часто приводит к затягиванию времени исследований, дальнейшей разработки и неоправданным финансовым вложениям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Регламент технического обслуживания вертолета Ми-8МТВ-1 (Ми-172). – М.: ГосНИИ ГА, 1995. – Ч.1. Планер и силовая установка. – 208 с.

УДК 629.7.027

Д.А. Сахаров

Белорусская государственная академия авиации

ПРИМЕНЕНИЕ РАСКРУТКИ КОЛЕС ШАССИ САМОЛЕТА ПЕРЕД ПРИЗЕМЛЕНИЕМ

Шасси – система опор, служащих для поддержания летательного аппарата на земле и для осуществления взлета и посадки. Вес шасси составляет значительную часть веса самолета.

К шасси предъявляют следующие основные технические требования:

Конструкция и расположение шасси на летательном аппарате должны обеспечивать устойчивость и управляемость самолета при движении на земле и стоянке.

Конструкция шасси должна соответствовать требованиям норм прочности при наименьшем весе и иметь заданный ресурс.

В конструкцию шасси должна входить амортизация для смягчения ударов при посадке и при движении по неровностям аэродрома [1].

Амортизационная система и тормозные устройства позволяют:

– воспринимать с помощью шасси, возникающие при соприкосновении самолета с аэродромом статические и

динамические нагрузки, предохраняя тем самым конструкцию агрегатов от разрушения;

- рассеивать поглощаемую энергию ударов самолёта при посадке и рулении по неровной поверхности, чтобы предотвратить колебания самолета;

- поглощать и рассеивать значительную часть кинетической энергии поступательного движения самолета после его приземления для сокращения длины пробега [2].

По данным мировой статистики наибольшая доля летных происшествий и катастроф приходится на этап посадки. Действительно, при посадке самолет должен войти в заданную малую область пространства (участок посадки на ВПП) с одновременным выполнением очень жестких условий по значениям компонент вектора скорости и углового положения [3].

При посадке самолета с неподвижными колесами, имеющего определенную поступательную скорость, в момент его касания взлетной полосы появляется максимальное значение силы трения скольжения между резиной протектора и бетонной поверхностью, причем вектор силы направлен против вектора скорости. В этот экстремальный момент резина шасси подвергается значительному износу. А сами шасси испытывают максимальные тангенциальные усилия на разрыв, в результате чего существенно сокращается срок их службы, а также увеличивается вероятность выхода из строя в момент касания, что ведет к авариям. К тому же сила трения генерирует динамический удар по консоли шасси

Тенденция на увеличение скоростных режимов полета новых типов самолетов непременно увеличивает и посадочные скорости, что только усиливает вышеперечисленные негативные явления, приближая их к своему пределу. Выход из этого положения виден следующий это предварительная раскрутка колес шасси в предпосадочном полете, до скорости равной посадочной скорости самолета [4].

При этом возможны следующие варианты конструкции:

- устройство выполнено с приводами, состоящими из установленных на стойках шасси или на корпусах колес (корпусах-рамах колесных тележек) двигателей, например, в виде электродвигателей или гидродвигателей, взаимодействующих непосредственно или через передаточный механизм с осями или корпусами колес шасси;

- устройство выполнено с приводами, состоящими из установленных на стойках шасси двигателей (электродвигателей, гидродвигателей), связанных с колесами цепной передачей;

- устройство выполнено с приводами, состоящими из установленных на корпусах колес шасси турбин, закрепленных на стойках шасси, и подведенных к турбинам сопловых элементов, а

также аккумуляторов высокого давления с рабочим телом, в частности газовых баллонов, оснащенных автоматическими регуляторами его расхода и соединенных трубопроводами с сопловыми элементами;

- устройство выполнено с приводами, состоящими из установленных на корпусах колес шасси турбин и закрепленных на стойках шасси воздухозаборников (диффузоров), оборудованных автоматическими регуляторами расхода воздуха, и подведенными к турбинам сопловыми элементами.

- устройство выполнено с аэродинамическим приводом, имеющее на боковых поверхностях шины лопатки из резины, отличающееся тем, что лопатки находятся на частях боковин шины колеса, ближайших к протектору, так, что данные лопатки не выступают за ширину профиля шины [5].

В процессе посадки во время входа в глиссаду самолет выпускает шасси, и аэродинамический привод начинает раскручивать колеса до скорости вращения соответствующей посадочной скорости самолета. В процессе взлета аэродинамический привод не оказывает какого-либо ощутимого отрицательного эффекта, так как шасси убираются при достижении высоты от 5 до 10,7 метров [4].

Конструкции устройств, которые перед приземлением набирают необходимую скорость с помощью двигателей, представляются сложными, затратными, подлежат дальнейшей оптимизации и доработке.

Наиболее простым, надежным и экономным является использование для этой цели энергии набегающего воздушного потока, который взаимодействует с лопатками из резины на боковой поверхности колеса (рисунок 1). Они отливаются из резины, что и протектор. Лопатка в сечении представляет усеченный треугольник. Элементы могут быть приготовлены отдельно, а потом наклеены на шину. Для каждой модели шины нужно отливать свои лопатки и наклеивать на уже готовые шины. Это значительно упростит производство шин с лопатками [6].

Применение раскрутки колес перед приземлением позволит:

- обеспечить безопасность приземления самолетов на посадочных скоростях;
- увеличение срока службы пневматиков колес;
- уменьшение перегрева протектора
- уменьшение динамического воздействия на конструкции шасси в целом.

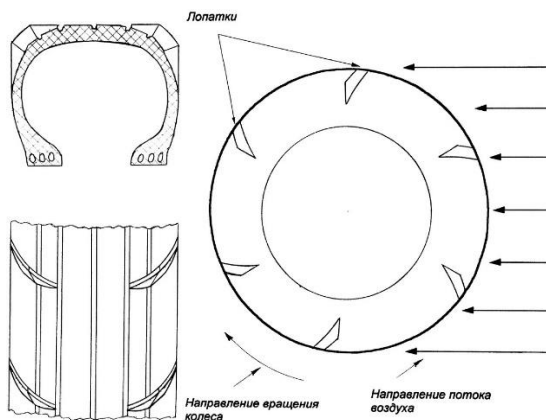


Рисунок 1 – Колесо шасси с аэродинамическим приводом

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конструкция и прочность самолетов и вертолетов/ К.Д. Миртов [и др.]; под ред. К.Д. Миртова. – М.: Транспорт, 1972. – 440 с.
2. Житомирский, Г.И. Конструкция самолетов: учебник для студентов авиационных специальностей вузов / Г.И. Житомирский. – М.: Машиностроение, 2005. – 406 с.
3. Ефремов, А.В. Динамика полета: учебник для студентов высших учебных заведений / А.В. Ефремов. – М.:Машиностроение, 2011. – 776 с.
4. Актуальные проблемы авиации и космонавтики: международная научно-практическая конференция, 10–14 апреля 2017 г. : материалы конф. / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т ; редкол.: Ю. Ю. Логинов (гл. ред.) [и др.]. – Красноярск : СибГУ, 2017.– Т. 2 – 873 с.
5. Устройство для раскрутки колеса шасси самолета при полете перед приземлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2384467>. – Дата доступа: 09.10.2020.
6. Колесо шасси летательного аппарата с аэродинамическим приводом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2495793>. – Дата доступа: 09.10.2020.

УДК 629.7

В.М. Свешников, М.В. Кондалов, О.Е. Сериков

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ МАНЕВРЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УЧЕБНО-БОЕВОГО САМОЛЁТА ПУТЕМ ОТКЛОНЕНИЯ ЗАКРЫЛКОВ

Современные учебно-боевые самолеты должны обеспечить эффективное обучение летного состава на имеющихся и перспективных боевых самолетах [1]. Для этого они должны обладать близкими показателями безопасности и маневренности в широком диапазоне режимов. Во многом, летные свойства самолета зависят от несущих свойств летательного аппарата.

На летательных аппаратах последних поколений механизация крыла всё шире применяется не только на этапах взлёта и посадки, но и с целью улучшения их характеристик при полёте на больших углах атаки. Исходя из выше сказанного, целью работы явилось увеличение манёвренных свойств учебно-боевого самолёта за счёт отклонения закрылков крыла. В качестве расчётной модели в работе использовался не самолёт в целом, а модель крыла Як-130, так как отклонение закрылков, в основном, влияет только на аэродинамические характеристики крыла, а не компоновку в целом.

Учебно-боевой самолёт нового поколения Як-130 оснащён электро-дистанционной системой управления (ЭДСУ) КСУ-130, выполняющей функции системы автоматического управления и активной системы безопасности полёта. При наличии определённых алгоритмов, цифровая система управления позволяет реализовать управление отклонением механизации крыла в зависимости от условий полёта в следящем режиме без участия экипажа [1].

Для увеличения манёвренных характеристик УБС при разработке определённого алгоритма управления отклонением закрылков возможно увеличение коэффициента подъёмной силы крыла и нормальной эксплуатационной перегрузки.

Для исследования возможности увеличения маневренности учебно-боевого самолета при отклонении закрылков использовался численный метод определения аэродинамических характеристик – метод дискретных вихрей (МДВ) с замкнутыми вихревыми рамками [2]. Для проведения исследований была использована расчётная вихревая модель крыла УБС, как изображено на рисунке 1. Данное исследование проводилось при отклонении закрылков и изменении угла атаки.

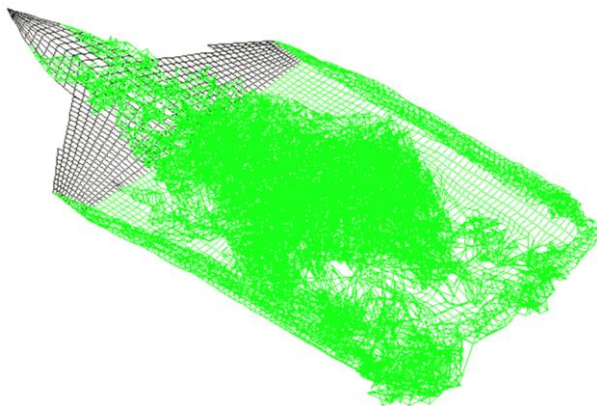


Рисунок 1 – Отклонение носков крыла Як-130

Исследование влияния отклонения закрылков на аэродинамические коэффициенты подъёмной силы c_{ya} и силы лобового сопротивления c_{xa} выполнялись при отклонении закрылков крыла в диапазоне от 0 до 10 градусов с шагом $\Delta\delta_z = 2$, в диапазоне углов атаки α от -2 до 18 с шагом $\Delta\alpha = 2$. Анализ полученных данных позволил на каждом угле атаки выбрать максимальное значение коэффициентов подъёмной силы c_{ya} которому поставлено в соответствие значение угла отклонения закрылков крыла. В результате проведённых исследований был разработан закон управления отклонением закрылков обеспечивающий увеличение коэффициента подъёмной силы, при равном угле атаки.

Разработанный закон управления отклонением закрылков увеличивает располагаемую нормальную перегрузку, которая полностью определяет частные показатели маневренности например радиус виража [3]:

$$r_{\text{вир}} = \frac{V^2}{g\sqrt{n_{ya}^2 - 1}}.$$

Зависимость радиуса виража, или радиуса разворота траектории в горизонтальной плоскости, от приборной скорости полёта самолёта представлена на рисунке 2.

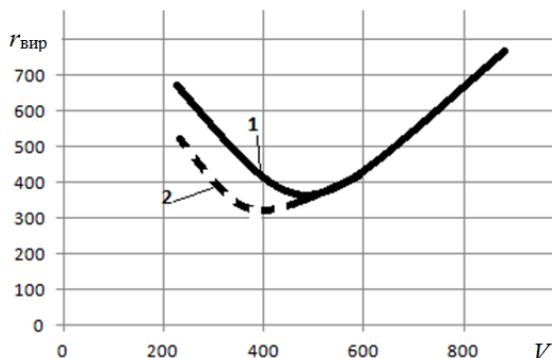


Рисунок 2 – Зависимость радиуса виража $r_{\text{вир}}$ от приборной скорости полёта $V_{\text{пр}}$:
 1 – исходный УБС с $\delta_3 = 0$; 2 – УБС с $\delta_3 = f(\alpha)$

В результате проведенных исследований получены аэродинамические характеристики учебно-боевого самолета при адаптивном отклонении закрылков крыла. Применение разработанного закона управления расширяет диапазон располагаемых нормальных перегрузок и улучшает частные показатели манёвренности, такие как радиус виража.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Особенности проектирования легких боевых и учебно-тренировочных самолетов / под ред. Н.Н. Долженкова, В.А. Подобедова. – М.: Машиностроение, 2005. – 368 с.
2. Кондалов, М.В. К вопросу о выборе численного метода при определении аэродинамических характеристик. Авиакосмические технологии (АКТ-2013) / М.В. Кондалов, А.В. Головнев // Труды XIV Всероссийской НТК и школы молодых ученых, аспирантов и студентов. – Воронеж: ООО Фирма «Элист», 2013. – С. 387-393.
3. Левицкий, С.В. Динамика полета: учебник для слушателей и курсантов Военно-воздушной инженерной академии имени проф. Н.Е. Жуковского / С.В. Левицкий, Н.А. Свиридов. – М: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. – 572 с.

АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ СЕКЦИИ ПРЕДКРЫЛКА МАГИСТРАЛЬНОГО САМОЛЕТА

В числе прочих на воздушное судно (ВС), находящееся в эксплуатации, действуют и вибрационные нагрузки. В основе природы таких воздействий лежат аэродинамические явления (бафтинг, флаттер, «донный» эффект, срыв потока с плохообтекаемых элементов конструкции), движение летательного аппарата по поверхности, работа систем ВС и работа силовой установки [1, 2]. Как известно, при совпадении частот внешнего воздействия на систему и частот ее собственных колебаний наблюдается явления резонанса.

На различных режимах полетов экипажами регистрировались случаи самопроизвольной вибрации отдельных элементов конструкции, сопровождаемые низкочастотным гулом. В то же время на послеполетных осмотрах обнаруживаются следы чеканки и многоцикловые усталостные явления в деталях, для которых это несвойственно в расчетных случаях.

Для исследования влияния рабочих частот ротора газотурбинного двигателя на конструкцию планера самолета была проанализирована секция предкрылка крыла низкоплана нормальной аэродинамической схемы с маршевыми силовыми установками, расположенными в непосредственной близости от объекта исследования, а, значит, оказывающими на него вибрационное воздействие.

Конструкция исследуемого агрегата механизации представляет собой тонкостенную оболочку, формирующую аэродинамический контур, подкрепленную продольным и поперечным силовыми наборами (рисунок 1). Секция опирается на носовую часть крыла четырьмя фторопластовыми упорами и законцовкой, выполненной из полимерного композиционного материала. Металлические элементы конструкции изготовлены из алюминиевого сплава. Требуемое положение объекта исследования обеспечивается трансмиссией системы управления через рельсы секции предкрылка посредством реечной передачи.

Рабочий диапазон роторов низкого и высокого давления силовой установки рассматриваемого воздушного судна лежит в пределах от 0 Гц до 300 Гц.

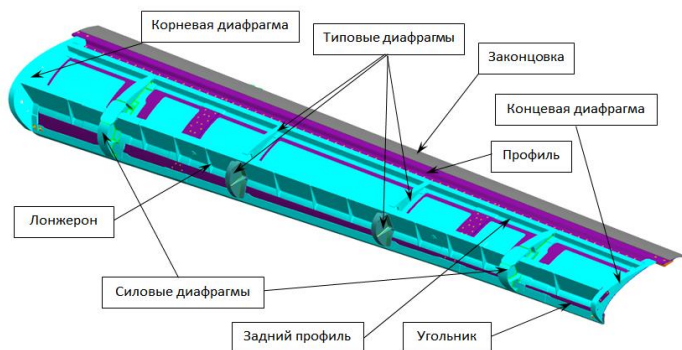


Рисунок 1 – Конструктивно-силовая схема секции предкрылка

Анализ собственных частот секции предкрылка магистрального самолета был выполнен методом конечных элементов (МКЭ) с подготовкой 3-D модели, расчетной сетки и интерпретацией силовой схемы конструкции встроенными в коммерческий программный комплекс алгоритмами. Диапазон модального исследования в задаче выбран от 0 Гц до 500 Гц с целью изучения тенденций поведения конструкции в области более высоких частот.

В результате расчета в рассматриваемом диапазоне были найдены 5 форм собственных колебаний конструкции (таблица 1), причем первые две из них находятся в рабочем диапазоне силовой установки и, следовательно, являются опасными с точки зрения возникновения резонансных явлений.

Таблица 1 – Результаты расчета

Форма колебаний	1-я (рисунок 2)	2-я (рисунок 3)	3-я	4-я	5-я
Частота, Гц	237,72	290,18	422,73	457,32	482,09

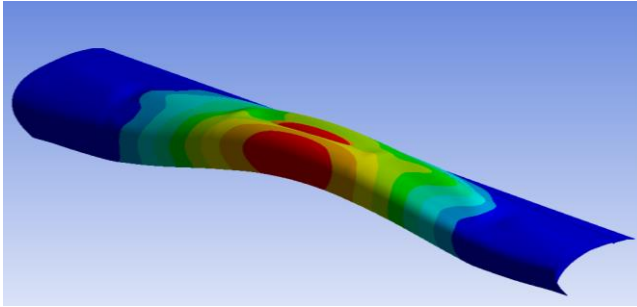


Рисунок 2 – 1-я форма колебаний (237,72 Гц) объекта исследования

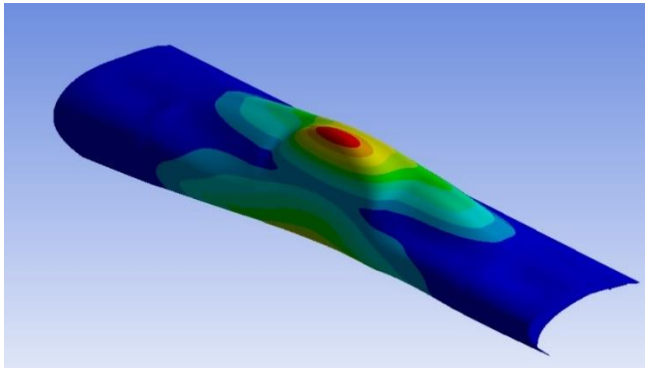


Рисунок 3 – 2-я форма колебаний (290,18 Гц) объекта исследования

Проведенная работа показывает, что проблематика резонансных явлений в диапазоне эксплуатационных частот актуальна для современных образцов авиационной техники, а существующие программные комплексы адаптированы, пригодны и должны широко использоваться на всех этапах жизненного цикла изделия для решения задач частотной отстройки элементов конструкции воздушного судна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Житомирский, Г.И. Конструкция самолетов: учебник для студентов авиационных специальностей вузов / Г.И. Житомирский. – М.: Машиностроение, 2005. – 406 с.

2. Шульженко, М.Н. Курс конструкции самолетов / М.Н. Шульженко, А.С. Мостовой. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 1965. – 563 с.

УДК 004.94:629.7

М.А. Снеговских, И.А.Федоркевич

ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

СОЗДАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ИНДИКАЦИИ НА ЛОБОВОМ СТЕКЛЕ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ADOBE&FLASH И MATLAB

Создание имитационной модели индикации выполняется с использованием возможностей программного комплекса Adobe&Flash [1]. При этом последовательно выполняется несколько этапов.

В первую очередь осуществляется сбор информации о внешнем виде индикации и принципах функционирования ее элементов.

Вторым этапом является отображение подвижных и неподвижных элементов индикации: индикаторных стрелок, указателей, индексов, надписей, фоновых участков, ограничительных линий и т.п.

На третьем этапе выполняется создание программного кода, обеспечивающего управление положением подвижных элементов индикации в соответствии со значениями кинематических параметров движения летательного аппарата, поступающими из модели динамики полета и логикой функционирования подлежащих моделированию систем.

Рассмотрим процесс создания индикации для неманевренного самолета (рисунок 1).

Прорисовку элементов рассмотрим на примере цифрового индикатора приборной скорости.

Необходимо выполнить следующие операции:

- создать слой под указатель общего шага;
- прорисовать внешний контур индикатора;
- прорисовать подвижную шкалу с цифровыми значениями, с последующим выводом ее в нулевое положение на индикаторе;
- создать маску индикатора.

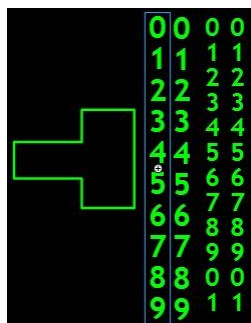
Для создания маски индикатора необходимо выполнить заливку граничной области, с помощью команды «Вырезать» перенести её на слой «Маска цифрового указателя скорости» и применить команду «Маска».

Этапы прорисовки и выставление в нулевое положение продемонстрированы на рисунке 2.



Рисунок 1 – ИЛС неманевренного самолета:

- 1 – шкала крена; 2 – шкала высоты; 3 – силуэт самолета; 4 – шкала тангажа;
 5 – указатель курса; 6 – авиагоризонт; 7 – шкала приборной скорости;
 8 – цифровой индикатор приборной скорости



а)



б)

Рисунок 2 – Создание внешнего контура индикатора
и подвижной шкалы:

- а – создание границы индикатора и прорисовка подвижной шкалы с
цифровыми значениями; б – вывод подвижной шкалы в нулевое положение

Окончательным этапом является программирование логики перемещения объектов на модели индикатора. Для описания

движения используются два основных вида перемещения: поступательное и вращательное.

В качестве примера поступательного движения в таблице 1 представлен код задания перемещения подвижной шкалы с цифровыми значениями.

Таблица 1 – Описание кода поступательного движения

var sk_ed_sn: Number = 326.85	Задается переменная, определяющая начальное положение шкалы тангажа в начальный момент моделирования
Sk_ed.y = sk_ed_sn + f[0] * -12.8 * 0.8;	Задается перемещения вдоль оси OY

После завершения создания программного кода, имитационная модель индикации связывается с Simulink – моделью динамики полета летательного аппарата в Matlab с помощью блока передачи данных (рисунок 3) [2].

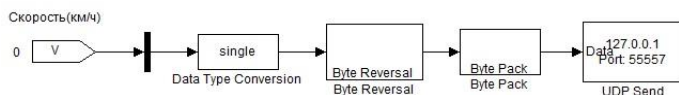


Рисунок 3 – Блок передачи данных в модель индикации

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 100% самоучитель macromedia Flash MX: учебное пособие / под ред. Б.Г. Жадаева. – М. : ТЕХНОЛОДЖИ-3000, 2005. – 544 с.
2. Верещиков, Д.В. Применение Matlab&Simulink для решения практических задач: учебное пособие по дисциплине «Прикладная информатика» / Д.В. Верещиков, Д.В. Разуваев, П.С. Костин. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 104 с.

УДК 355.354

Е.А. Стуков, И.В. Чуприков

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия г Воронеж, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДЪЕМНОЙ СИЛОЙ САМОЛЕТА В РЕЖИМЕ ДИРЕКТОРНОГО ЗАХОДА НА ПОСАДКУ

В последние годы увеличивается число работ, посвященных анализу систем непосредственного управления подъемной силой (НУПС) самолета. В обзоре [1] отмечается эффективность НУПС на режимах, требующих точного маневрирования со сравнительно

малыми перегрузками. В данной работе исследуются возможности НУ ПС для уменьшения времени регулирования системы директорного захода на посадку при условии сохранения удовлетворительного качества переходных процессов.

Рассматривается директорный заход на посадку тяжелого неманевренного самолета. Передаточные функции самолета для коротко-периодического движения имеют вид [2]:

$$W_{\text{сп}}(p) \equiv \frac{\Delta\vartheta(p)}{\Delta\varphi(p)} = -k_c \frac{T_v p + 1}{p(T_\alpha^2 p^2 + 2\xi_\alpha T_\alpha p + 1)},$$

где $\Delta\vartheta$, $\Delta\varphi$, Δn_y – отклонения соответственно угла тангажа, руля высоты, перегрузки от их значений в невозмущенном движении;

V – скорость захода на посадку; g – ускорение силы тяжести.

Задачей систем директорного управления (СДУ) является максимальная разгрузка летчика в процессе пилотирования, поэтому при синтезе законов управления СДУ принимается, что летчик реализует передаточную функцию идеального усилительного звена с коэффициентом усиления k_π [2]. Так как полоса пропускания частот летчика равна 0,5 Гц [3], то такое описание приемлемо лишь в полосе частот $[0; \omega_{cl}]$, где $\omega_{cl} = \pi^1/c$ – частота среза летчика.

Синтез СДУ проводится для двух этапов движения самолета по глиссаде планирования [2]:

этапа «захвата» и выхода на равносигнальную зону глиссадного радиомаяка (ГРМ);

этапа стабилизации самолета на равносигнальной зоне.

В синтезированных СДУ в качестве координат управления рассматриваются используемые в существующих системах угол тангажа и интеграл перегрузки. Варианты эквивалентных структурных схем СДУ заходом на посадку для участка «захвата глиссады» приведены на рисунке 1, где L – текущая дальность до ГРМ; H_3 и H – заданное и текущее значения вертикальной скорости снижения; ξ и ξ_r – линейное и угловое отклонения от глиссады; i_ϑ , k_ϵ , k_μ , T_ϵ , T_ϕ – передаточные числа и постоянные времени вычислительного устройства СДУ; k_{np} – коэффициент усиления директорного прибора; $k_{ш}$ – коэффициент

передачи от штурвальной колонки к рулевой поверхности; $\delta_{стр}$ – отклонение стрелки директорного прибора; $\Delta\vartheta^3$, Δn_y^3 – заданные значения координаты управления.

Из процедуры синтеза СДУ с помощью логарифмических амплитудно-фазовых частотных характеристик (ЛАФЧХ) [2] следует, что время регулирования при удовлетворительном

качестве переходных процессов определяется частотой среза внутреннего контура ω_c , при управлении по углу тангажа и при управлении по интегралу перегрузки, равной

$$\omega_c \approx \frac{1}{T_v} \quad (1)$$

$$\omega_c \approx 0,25 \frac{1}{T_\alpha} \quad (2)$$

Постоянные времени T_v и T_α определяются в основном динамическим коэффициентом самолета $\bar{Y}^\alpha$. Действительно, T_v через динамические коэффициенты выражается следующим образом [4]:

$$T_v = \frac{-\bar{M}_z^\phi + \bar{M}_z^\alpha Y^\phi}{-\bar{M}_z^\phi Y^\alpha + \bar{M}_z^\alpha Y^\phi} \quad (3)$$

Для тяжелых неманевренных самолетов в режиме директорного захода на посадку $0,3 < \bar{Y}^\alpha < 0,9$, поэтому при использовании любой из рассмотренных координат управления $\omega_c \approx \bar{Y}^\alpha$ и $\omega_c < \omega_{cl} = \pi \frac{1}{C}$.

Тогда время регулирования системы директорного захода на посадку определяется только характеристиками самолета и может быть уменьшено благодаря расширению полосы пропускания самолета.

Расширение полосы пропускания, в свою очередь, может быть достигнуто благодаря использованию НУПС.

Предполагая, что продольное управление самолетом осуществляется с помощью единственного рычага управления-штурвальной колонки (ШК), рассмотрим следующие известные варианты включения руля подъемной силы (РПС) в контур управления самолетом:

- 1) «жесткую» связь от руля высоты (РВ) к РПС;
- 2) изодромную связь от РВ к РПС;
- 3) связи от ШК к РВ и РПС, реализующие автономное управление самолетом в режимах A_α к A_β . В этих режимах в управляемом движении самолета обеспечивается постоянство угла атаки или угла тангажа соответственно ($\Delta\alpha(t) \equiv 0$ или $\Delta\vartheta(t) \equiv 0$).

Построение СДУ с использованием НУПС, реализующего режим A_β , не представляется возможным. Действительно, в этом случае использование угла тангажа в качестве координаты

управления невозможно, так как рассогласование $\Delta\theta^3$ - $\Delta\theta$ принципиально не может быть устранено. Использование в качестве координаты управления интеграла перегрузки также неприемлемо, так как передаточная функция самолета по интегралу перегрузки не имеет интегрирующего множителя. Он содержится в передаточной функции самолета по высоте, однако СДУ, синтезированная для режима A_g с использованием в качестве координаты управления линейного или углового отклонения от глиссады, не обладает астатизмом «по стрелке» на участке «захвата» глиссады.

На основании изложенного при синтезе СДУ с углом тангажа в качестве координаты управления рассмотрен вариант НУПС, реализующий режим A_a , с интегралом перегрузки- варианты, реализующие режим A_a , «жесткую» и изодромную связи от РВ к РПС.

Эквивалентная структурная схема СДУ заходом на посадку для всех рассмотренных вариантов использования НУПС одинакова.

При управлении по углу тангажа:

$$k = \frac{k_u V}{i_g L}, \quad k_{\text{вн}} = i_g k_{np} \cdot k_A k_\omega,$$

При управлении по интегралу перегрузки:

$$k = g \frac{57,3}{L} k_e, \quad k_{\text{вн}} = k_u \cdot k_{np} \cdot k_A \cdot k_n.$$

Настройка вычислительного устройства СДУ самолета с НУПС определялась методом ЛАФЧХ, при этом частота среза внутреннего контура выбиралась равной $\omega_c = 2\bar{\gamma}^\alpha$. Большее значение частоты среза приводит к существенному ухудшению показателей качества переходных процессов, рассчитанных с учетом ограничений на отклонения управляющих поверхностей, при отработке больших возмущений по H и ζ из допустимого диапазона.

Сопоставление показателей качества переходных процессов в СДУ для исходного самолета и самолета с НУПС производилось при следующих исходных данных:

Таким образом, увеличение вдвое частоты среза внутреннего контура, возможно благодаря использованию НУПС, позволило уменьшить время регулирования в 2-3 раза, а значение интеграла от квадрата ошибки слежения – в 2,5-3,5 раза. Максимальные величины возмущений по H и ζ , которого могут быть отработаны линейной системой без превышения располагаемой перегрузки, с введением НУПС уменьшаются в 2 и 10 раз, соответственно.

Сопоставление по точности пилотирования в условиях действия ветровых возмущений показало, что при использовании НУПС среднеквадратическое отклонение от глиссады уменьшается в 2-4 раза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Активные системы управления самолетом: обзор ОНТИ ЦАГИ. – М., 1976. – 168 с.
2. Михалев, И.А. Системы автоматической посадки / И.А. Михалев, Б.Н. Окоемов, М.С. Чикулаев. – М.: Машиностроение, 1975. – 216 с.
3. Бонднер, В.А. Оператор и летательный аппарат / В.А. Бонднер. – М.: Машиностроение, 1976. – 224 с.
4. Бюшгенс, Г.С. Динамика пространственного движения самолета / Г.С. Бюшгенс, Р.В. Студнев. – М.: Машиностроение, 1967. – 226 с.

УДК 004.94

И.В. Тетерятников, И.В. Лачугин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСНОГО ОГНЕТУШИТЕЛЯ ТИПА ОУ-2 ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СИСТЕМЫ ВЕРТОЛЕТА МИ-8МТВ-5

Современный образовательный процесс авиационных специалистов предполагает активное использование большого количества иллюстраций, отражающих внешний вид, принципиальные схемы работы и чертежи изучаемых авиационных систем и входящих в их состав агрегатов. Преобладающее количество иллюстраций выполнены в двухмерной постановке, что не дает возможность их качественного изучения. Кроме иллюстраций, для наиболее полного привития знаний, умений и навыков по обслуживанию и эксплуатации агрегатов авиационных систем, в образовательном процессе применяются натурные разрезные макеты, число которых ограничено.

В качестве альтернативы могут быть использованы 3-х мерные модели, обладающие рядом преимуществ: возможность создания анимированных видеоматериалов, отображающих принцип функционирования агрегатов; организация интерактивности, которая предоставляет возможность манипулирования объектом в «режиме реального времени»; возможность устранить пробелы в обеспечении учебно-материальной базы натурными объектами.

Для создания 3-х мерных моделей применяются такие программные комплексы как: SolidWorks, Компас-3D, 3D'S Max и другие. Прерогативой программ SolidWorks и Компас-3D является создание твердотельных объектов, использующихся для

инженерного расчета. Программа 3D'S Max, направлена на качественную визуализацию объекта и создание анимации.

Актуальной задачей является создание высоко детализированного внешнего вида 3-х мерной модели изучаемых авиационных объектов, поэтому из ряда программ 3-х мерного моделирования выбран продукт 3D'S Max.

В работе представлен опыт применения программы 3D'S Max для создания 3-х мерных моделей системы управления вертолета.

Методика создания моделей изложена на примере переносного огнетушителя типа ОУ-2 противопожарной системы вертолета Ми-8МТВ5.

На первом этапе осуществляется размещение чертежа с изображением агрегата в рабочем окне программы для удобства создания необходимой 3D модели.

Второй этап моделирования включает в себя процесс создания отдельных элементов модели с помощью применения стандартных 3-х мерных объектов.

На третьем этапе все созданные объекты объединяются в одну целую 3-х мерную модель, для этого необходимо расположить все созданные объекты относительно друг друга так, чтобы их расположение было схоже с реальным объектом. Далее выделяются все объекты, открывается вкладка «Group» и создается группа.

Таким образом, разработана методика создания 3х мерных моделей агрегатов и деталей ЛА, позволяющая сформировать более целостное представление обучающихся о конструкции летательного аппарата и, безусловно, повышает качество подготовки авиационных специалистов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сатиренко, А.С. Самоучитель 3D'S Max 2009/3D's Max Design 2009 / А.С. Сатиренко. – М.:ДМК Пресс, 2008. – 560 с.

УДК 629.7

Р.И. Хованский, В.А. Потапов

Белорусская государственная академия авиации

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ КОМПРЕССОРА ВЕРТОЛЕТНОГО ТУРБОВАЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

При эксплуатации авиационных двигателей важное значение имеет уровень их контролепригодности, позволяющий распознать отказы и дефекты на ранней стадии их развития, чтобы не допускать полную потерю работоспособности изделия.

Анализ функциональных параметров и контролепригодности авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) показывает, что из

большого количества параметров, с помощью которых осуществляется контроль работоспособности двигателя, существенной диагностической ценностью обладают лишь некоторые [1]. Так, из всех фиксируемых в настоящее время (непрерывно и периодически) параметров вертолетного ГТД для оценки его технического состояния эффективно могут быть использованы:

- частота вращения турбокомпрессора $n_{\text{тк}}$;
- разность частот вращения турбокомпрессоров двух двигателей $\Delta n_{\text{тк}}$;
- частота вращения свободной турбины (несущего винта) $n_{\text{нв}}$;
- температура газов перед турбиной T_3 ;
- давление топлива перед рабочими форсунками p_f ;
- давление масла в маслосистеме p_m ;
- приемистость двигателя τ ;
- выбег ротора турбокомпрессора τ' .

Наряду с этими параметрами анализ причин и характера проявления дефектов и неисправностей показывает, что имеется еще целый ряд параметров и признаков нарушения физических процессов, протекающих в двигателе, которые в настоящее время или совсем не фиксируются, или же фиксируются редко, но их можно использовать для получения так называемых комплексных параметров, которые в аналитической форме связывают между собой несколько параметров и тем самым наиболее полно характеризуют рабочие процессы, происходящие в двигателе [2]. Особую ценность представляют собой параметры, величина которых изменяется по мере выработки двигателем ресурса.

В работе [3] предложена методика распознавания технического состояния осевого компрессора турбовального ГТД ТВ3-117, по комплексному термогазодинамическому параметру – коэффициенту запаса газодинамической устойчивости, с применением метода малых отклонений. Проведенные испытания газовочного стенда двигателя ТР3-117, доказали возможность применения данной методики. Однако существует проблема в дефиците получаемой информации от штатных датчиков регистрации работы ГТД на вертолете. Помимо температуры газов перед турбиной T_3 и оборотов турбокомпрессора $\bar{n}$ для определения состояния компрессора по комплексному термогазодинамическому параметру – коэффициенту запаса газодинамической устойчивости ΔK_y , необходимо знать степень повышения давления компрессора P_k [3].

Данный параметр можно измерить, используя штатный потенциометрический датчик давления ПМ-10МР, входящий в состав измерителя режимов ИР-117В [4]. Он предназначен для

дистанционного контроля режимов работы двух двигателей вертолетов Ми-8 и Ми-24 с силовыми установками ТВЗ-117. Для измерения напряжения $U_{\text{вых}}$ с датчика ПМ-10МР и преобразования сигнала в цифровой код был разработан электронный блок (ПВ-1), представленный на рис. 1. Данный блок подключается к датчику ПМ-10МР по средствам коммутационных проводов и способен кроме P_k измерять давление, температуру и влажность атмосферного воздуха с последующей записью на *flash* – накопитель, с регистрацией времени и даты работы двигателя.

На рисунке 2 представлены результаты измерения P_k , с помощью разработанного блока ПВ-1 с сопоставлением оборотов и температуры двигателя по данным объективного контроля.

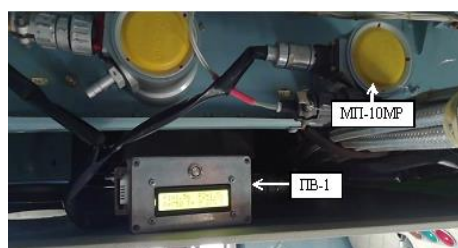


Рисунок 1 – Место установки блока ПВ-1 и расположение датчика МП-10МР на вертолете МИ-8МТ

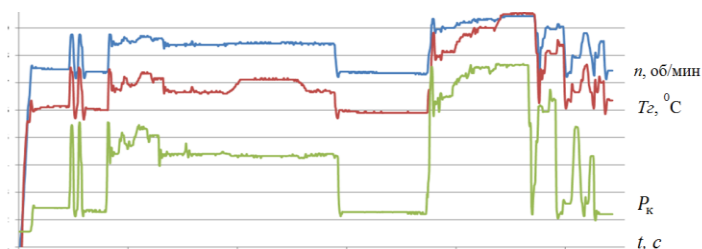


Рисунок 2 – Графики параметров ГТД ТВЗ-117 полученные в ходе натурных испытаний

Полученные результаты свидетельствуют о работоспособности разработанного электронного блока ПВ-1 и возможности измерения P_k компрессора двигателя в процессе эксплуатации без нарушения его конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лозинский, Л. П. К. Оценка технического состояния авиационного ГТД / Л.П. Лозинский, А.К. Янко. - М.: Транспорт, 1982. – 160 с.
2. Ахмедзянов, А. М. Диагностика состояния ВРД по термгазодинамическим параметрам / А.М. Ахмедзянов. – М.: Машиностроение, 1983. – 280 с.
3. Потапов, В.А. Контроль технического состояния компрессора газотурбинного двигателя ТВ3-117 по изменению запаса его газодинамической устойчивости / В.А. Потапов, А.А. Санько // Вестник УГАТУ. – 2019. – № 3 (85). – С. 88–95.
4. Богданов, А. Д. Турбовальный двигатель ТВ3-117ВМ (Конструкция и техническое обслуживание): учебное пособие / А.Д. Богданов, Н.П. Калинин, А.И. Кривко. – М.: Воздушный транспорт, 2000. — 392 с.

УДК 629.02

Ю.В. Цыза, Б.А. Мацкалов

Белорусская государственная академия авиации

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОБШИВКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Как показывает анализ, основные дефекты, выявляемые в эксплуатации планера, вызываются износом, коррозией и механическими повреждениями. При анализе основных дефектов, можно заметить, что на обшивку фюзеляжа приходится более 70 % коррозионных повреждений от всей конструкции планера. В тоже время на обшивку хвостового оперения в равных долях воздействуют механические повреждения, коррозия и износ. Из этого можно сделать вывод, что одним из самых не защищенных элементов планера является обшивка. Обшивка является внешней защитной оболочкой воздушного судна, и при эксплуатации более всего подвержена влиянию внешних факторов [1].

Одним из примеров механических повреждений обшивки могут служить статистические данные собранные в Великобритании за 2016 год, в тот год было зарегистрировано 1835 подтвержденных случаев попаданий птиц в конструкцию самолета. Для авиапредприятий это серьезное событие: самолеты, в которые попали птицы, нужно тщательно исследовать на предмет повреждений, которые представляют собой опасность.

Лишь порядка 5 % попаданий птиц приводят к повреждению самолетов. Но из-за предосторожности все самолеты, которые подвергались удару птиц, возвращаются в ближайший аэропорт, а пассажиры пересаживаются на другой рейс с другим экипажем. Все это сказывается на операциях аэропорта, в следствии чего авиакомпания несут убыток.

Но птицы являются не единственным опасным фактором, так при разбеге и пробеге воздушного судна по взлетно-посадочной полосе с грунтовым покрытием из-под колес шасси на высокой скорости могут отлетать камни и другие объекты, что нередко приводит к попаданию их в конструкцию. Оценить весь урон, полученный от удара камнем сложно, причиной тому является то, что только после посадки воздушного судна при техническом обслуживании можно выявить полученные дефекты, при том, что от удара может появиться незначительное повреждение, которое проявится только после последующих полетов воздушного судна.

Возможность использования современных методов покрытий обшивки служит в большинстве своем для увеличения их износостойкости, прочности и коррозионной устойчивости. Одним из таких способов является применение порошковых красок в состав которых входят пленкообразующие смолы, отвердители, наполнители, пигменты и целевые добавки. В техническом отношении, преимущества порошковых красок обеспечивают следующие факторы: повышение физико-химических и декоративных свойств покрытий, чего сложно достичь при традиционных способах покраски; увеличение эксплуатационных свойств; минимальные подготовительные работы; возможность однослойного нанесения порошковой краски; малая пористость покрытий; отсутствие особой подготовки и контроля вязкости; низкие потери; небольшое время отвердевания; компактность; высокая прочность порошковых красок, что обеспечивает минимальное повреждение покрашенных поверхностей при транспортировке [2].

В качестве целевой добавки можно использовать карбид кремния SiC (далее – SiC) в виде мелкодисперсных порошков, уникальные свойства которых обуславливают их применение в качестве наполнителей и модификаторов полимеров, защитных покрытий и специальной конструкционной керамики. Однако специфика таких потребителей порошков требует формирования у карбида кремния комплекса свойств, основными из которых являются повышенная дисперсность, определенный химический и фазовый состав, а также возможность прочно связывать компоненты формируемого композита.

Во всех композиционных материалах независимо от типа полимерной матрицы наночастицы SiC, распределённые по всей поверхности мелкодисперсных частиц SiC, равномерно распределяются по всему объёму композиции и внедряются в надмолекулярную структуру при формировании композитов. Дополнительное структурирование полимеров за счёт их физико-химического взаимодействия с наночастицами SiC при переработке композиций и формирование физической сетки самого дисперсного

наполнителя при высоких степенях наполнения приводит к повышению прочностных показателей, термостойкости, износостойкости и теплопроводности композиционных материалов как конструктивного назначения, так и полимерных покрытий [3].

Для получения мелкодисперсного карбида кремния можно применять разработку Института тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси. Суть технологии получения мелкодисперсного порошка заключается в синтезе порошков карбида кремния карботермическим восстановлением кремнезёма в реакторе электротермического кипящего слоя. Синтез карбида кремния протекает на поверхности частиц углеродного восстановителя, к которой проникают пары монооксида кремния SiO , образующегося при испарении и диссоциации кремнезёма SiO_2 (далее – SiO_2), а также при взаимодействии расплава SiO_2 с углеродом при температуре выше 1750°C . Получаемый мелкодисперсный SiC представляет собой частицы размером до $0,4$ мм различной пористости. Что в свою очередь позволяет использовать его в качестве целевой добавки в порошковые краски [4].

Данный вид покрытия можно наносить с помощью метода окрашивания газопламенным напылением которое применяется, в основном, для порошковых покрытий из термопластика. Термопластический полимерный порошок плавится под воздействием сжатого воздуха и попадает в специальный пистолет, где проходит через горящий пропан. Расплавленные частицы краски наносятся на окрашиваемую поверхность, формируя прочный слой. Поскольку этот способ не требует прямого нагревания изделия, он подходит для большинства материалов. С помощью данной технологии можно окрашивать поверхности из металла, древесины, каучука и камня. Нанесение краски с помощью пламени также подходит для больших или закрепленных объектов, что является его неоспоримым преимуществом для применения в авиации.

При применении газопламенного метода напыления порошковых красок с добавлением SiC можно получить большую выгоду, чем при применении классических методов окраски, положительными пунктами данного метода окраски можно считать следующее: повышение уровня охраны труда и пожарной безопасности, так как не используются растворители; повышение экономической эффективности, так как расход порошка значительно меньше, чем в случае жидких красок из-за минимальной толщины покрытия, в тоже время, при использовании большего количества порошка чем необходимо, его собирают и помещают в контейнер для хранения, так как срок хранения порошковых красок значительно выше; эксплуатационный эффект

выражается в том, что при использовании данного метода проявляется повышение антикоррозионных свойств, прочностные характеристики.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиационное ремонтное дело. 4.1. Обработка авиационных металлов и сплавов / В.А. Горохов, С.Н. Лоцманов, А.А. Михайлов [и др.]. — М.: Воениздат, 1970. — 424 с.
2. Бастиан, М. Окрашивание пластмасс / М. Бастиан. - СПб.: Профессия, 2011. - 398 с.
3. Функциональные свойства полимерных композитов, наполненных мелкодисперсным карбидом кремния / В. А. Бородуля [и др.] // Аддитивные технологии, материалы и конструкции. – 2016. – № 3. – С. 249–256.
4. Высокотемпературный синтез мелкодисперсных порошков карбида кремния и других тугоплавких материалов / В.Н. Бородуля [и др.] / Наука и инновации. – 2017. – № 11. – С. 12- 15.

УДК 629.7.083, 621.45.04

Е.А. Шапорова, С.О. Стойко

Белорусская государственная академия авиации

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Техническая диагностика — это направление в науке и технике, представляющее собой процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной степенью точности.

В настоящее время в практику эксплуатации авиационных двигателей (АД) для обеспечения их высокой готовности, безопасности полетов при заданной надежности, больших ресурсах и низких эксплуатационных расходах наряду с традиционной системой эксплуатации по ресурсу внедряются новые системы эксплуатации по техническому состоянию и надежности. Однако реализация этих систем в отдельности и в оптимальном сочетании возможно только при наличии в эксплуатации эффективных инструментальных методов и средств технического диагностирования для оценки контроля, и прогнозирования технического состояния АД.

За период эксплуатации АД созданы различные методы диагностики отказов и неисправностей:

Диагностирование по изменению рабочих параметров АД

Диагностирование АД по газодинамическим параметрам является одним из эффективных методов оценки его технического состояния. Этим методом выявляется главный параметр — способность АД обеспечивать требуемую мощность или тягу.

Данный метод оценки состояния АД основывается на анализе тенденций изменения отклонения нерегистрируемых параметров от эталонных (базовых) значений. В свою очередь нерегистрируемые параметры рассчитываются по результатам измерения регистрируемых (контролируемых) параметров [1].

Вибрационный метод

Вибрационный метод контроля состояния и работоспособности контролируемого объекта, основан на регистрации вибраций. Для исследования технического состояния элементов конструкции ВС вибрационным методом используют штатную аппаратуру измерения уровня вибрации двигателей. При усилении вибрации двигателя вначале проверяют правильность показаний штатной аппаратуры с использованием специальных приборов, а также проводят дополнительные измерения.

Характерные дефекты, выявляемые этим методом с использованием штатной аппаратуры – это дисбаланс роторов двигателя в результате износа элементов конструкции и обрыва лопаток, нарушение газодинамических процессов, появление трещин и усталостных разрушений силовых элементов и, чаще, потеря жесткости амортизаторов крепления двигателей [1].

Визуальный метод

Осмотр является оперативным видом контроля технического состояния корпусов двигателя, герметичности топливной и масляной систем силовой установки, входных направляющих аппаратов и лопаток первых ступеней компрессоров и последних ступеней турбины, а также других доступных элементов двигателя и систем силовой установки. Однако наиболее нагруженными в двигателе являются первые ступени турбины, камеры сгорания, последние ступени компрессора, опоры трансмиссии двигателя и другие элементы, недоступные для визуального контроля.

Эндоскопический метод

Для контроля технического состояния газовоздушного тракта двигателя и его узлов применяются специальные волоконно-оптические технические жесткие и гибкие эндоскопы, которые позволяют не только проводить осмотр и в труднодоступных местах, но и осуществлять замер выявленных повреждений (забоин, трещин, прогаров и т.д.). Эндоскопический контроль составляет 80 % всей диагностики двигателя [1].

Вихрековый метод

Процесс контроля по этому методу состоит в следующем. На контролируемую деталь устанавливается датчик, представляющий собой миниатюрную катушку, питаемую током высокой частоты. В металле под катушкой возбуждаются вихревые токи, величина которых зависит от свойств металла на контролируемом участке, наличия дефекта и величины зазора между деталью и датчиком.

Радиографический метод

Данный метод широко применяется при оценке состояния элементов конструкции планера летательного аппарата. Для оценки состояния деталей и узлов двигателя он используется реже. Это связано с трудностями по подготовке двигателя (частичная разборка для введения трубки с изотопом и размещения пленки), большим временем выдержки при получении снимка, проявления пленки, сложностью анализа снимков и необходимостью проверки работы двигателя после сборки. На данный момент существуют три вида метода радиографии, отличающиеся друг от друга расположением источника излучения по отношению к исследуемым деталям. Наибольшее распространение получил вид, когда источник излучения вводится внутрь двигателя по его оси, а пленка располагается на внешней поверхности двигателя. В двух других случаях источник излучения располагается сбоку двигателя. В качестве аппаратуры применяются установки, использующие рентгеновские лучи и радиоактивные изотопы. Значительное влияние на качество изображения оказывает взаимное расположение источника излучения, диагностируемого узла, рентгеновской пленки и время выдержки. Каждый из этих параметров должен быть соответствующим образом подобран [3–5].

Метод оценки температурного состояния

Температурные напряжения и их колебания при эксплуатации являются одним из источников повреждений элементов конструкции двигателя. Предупреждение разрушений от термических воздействий возможно на основе контроля действительного температурного состояния детали или горячей среды, омывающей эту деталь. Однако, для диагностирования лопаток турбины данная оценка не является эффективной, особенно если лопатка имеет внутренние каналы и отверстия на поверхности для прохождения охлаждающей среды, когда распределение температуры на поверхности имеет значительные градиенты на участках с размерами менее одного миллиметра. Градиенты температур на таких участках лопатки могут быть обнаружены и определены с помощью радиационных пирометров. Он измеряет фактическую температуру лопаток турбины, зависящую не только от температуры газа, но и от температуры охлаждающего воздуха и эффективности всей системы охлаждения лопаток. В качестве диагностической информации используют максимальную, минимальную и среднюю температуры, а также распределение температур в наиболее опасных сечениях. Средняя температура лопаток характеризует работоспособность системы охлаждения. Повышение температуры позволяет обнаружить обрывы дефлекторов, уменьшение расхода охлаждающего воздуха

вследствие засорения каналов и т. п. Среднемаксимальная температура лопаток служит для оценки состояния наиболее теплонапряженных ее участков (входные, выходные кромки).

Диагностирование по изменению физико-механических параметров АД. Трибодиагностика

Оценка технического состояния деталей, омываемых маслом, осуществляется по наличию металлических частиц – продуктов износа деталей кинематических пар, которые улавливаются с использованием штатных чувствительных элементов – датчиков и сигнализаторов. Количество продуктов изнашивания зависит от скорости развития дефектов и является диагностическим признаком технического состояния деталей. С помощью трибодиагностики выявляются неисправности подшипников и лабиринтных уплотнений опор роторов, деталей коробки приводов и центрального привода, приводных агрегатов, включенных в маслосистему АД (электрогенераторы, гидронасосы).

В процессе развития неисправностей поток масла в системе смазки уносит оторванные частицы от мест разрушения. Масло в этом случае выступает как носитель информации о появлении неисправностей.

Необходимо уметь отличать продукты нормального износа, имеющие место в процессе всего периода эксплуатации АД, от металлических частиц, появляющихся при разрушениях или выявленных при осмотре и ремонте. Нормальная кривая закона изменения содержания металла в масле приведена на рисунке 1.

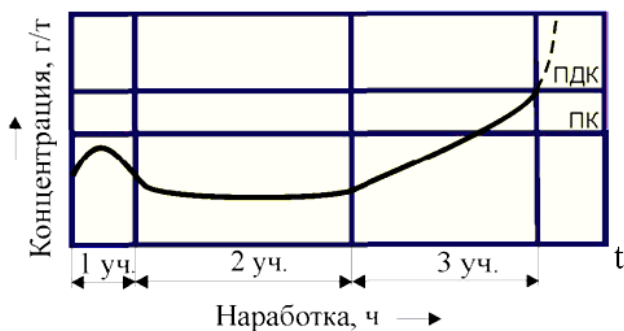


Рисунок 1 – Характер изменения концентрации частиц износа в масле при эксплуатации:

ПК – повышенная концентрация частиц в масле, при которой двигатель допускается эксплуатировать под «особым контролем»; ПДК – предельно допустимая концентрация, при достижении которой двигатель подлежит отстранению от эксплуатации

В работе [4] проведены испытания проб масла Mobil Jet Oil, отобранного с турбовинтового двигателя Д-436-148 самолета АН-148, предназначенного для пассажирских и транспортных самолетов малой и средней дальности полетов. Серия испытаний состояла из 12 проб, отобранных в ресурсном интервале двигателя между 2135 и 7241 часами эксплуатации. Результаты измерений концентраций химических элементов загрязнения масел приведены на рисунке 2.

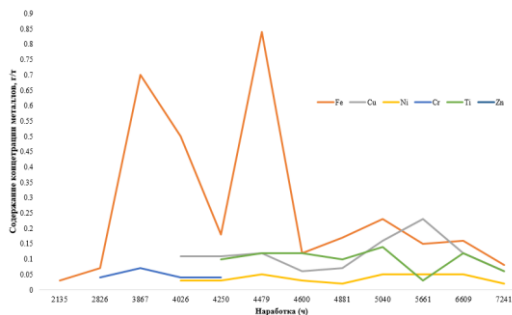


Рисунок 2 – График изменения концентрации химических элементов загрязнения масел

Приведенный график говорит об удовлетворительном состоянии двигателя и относительно небольшом значении величин износа его узлов. Резкие скачки увеличения содержания частиц железа соответствуют начальной приработке. Для повышения эффективности раннего диагностирования автором был разработан способ отбора проб из маслосистемы авиационных ГТД для эффективной оценки их технического состояния. Показано, что способ и место отбора проб масла является определяющим с точки зрения информативности, корректности и надёжности получаемых данных, тем самым оказывает значительное влияние на результаты диагностики [4–5].

Автором [5] для совершенствования трибодиагностики ГТД предложен комплексный подход к диагностике узлов трения ГТД по концентрации примесей в маслах, что позволяет распознавать и предупреждать отказы в узлах трения ГТД на ранних стадиях развития процесса изнашивания, уменьшить показатели необоснованного съема ГТД с эксплуатации, снизить затраты на эксплуатацию ГТД в предприятиях ГТД, полученные результаты могут быть использованы в качестве методических и инструктивно-методологических материалов для эксплуатационных предприятий гражданской авиации.

При изучении работы двигателя АИ-24 авторы [3] планируют на основе данных трибодиагностики разработать модель появления нарушений работы узлов трения, которая будет полезной при утверждении размера увеличения ресурса во время проведения работ по исследованию технического состояния двигателя.

Анализ имеющихся литературных данных показал, что наиболее перспективным является использование комплексного подхода [6], включающего ряд методов, таких как спектроскопия, феррография, контроль изменения вязкости, кислотности и других характеристик работающего масла. Прогнозные модели, построенные на основании комплексных данных, будут характеризоваться высокой достоверностью, что повысит эффективность их использования в технической диагностике авиационного двигателя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1.Технология эксплуатации, диагностики и ремонта газотурбинных двигателей / Ю.С. Елисеев [и др.]. – М. : Высш.шк., 2002. – 420 с.
2. Место и роль технической диагностики в системе технической эксплуатации авиационной техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/2216279/>. – Дата обращения: 09.10.2020.
3. Методы технического диагностирования авиационных двигателей / Р.В. Менчиков, Е.С. Панкеев, А.А. Парпуц. – М., 2018. – С.413-414.
4. Диагностирование авиационных двигателей по содержанию металлов в масле / К.И. Грядунов [и др.] // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2019. – Том 22 (№3). – С.35- 44.
5. Грядунов, К. И. Оценка достоверности результатов анализа проб масел на АДК "Призма" [Текст] / К. И. Грядунов // Научный вестник МГТУ ГА. – 2012. - № 183. – С. 41-45.
6. Машошин, О.Ф. Диагностика авиационного газотурбинного двигателя по наличию вредных примесей в системе кондиционирования воздуха / О.Ф. Машошин, Г.С. Зонтов // Научный вестник МГТУ ГА. – 2014. - № 205. – С. 44-48.

УДК 629.7.083.03

Е.А. Шапорова, С.О. Стойко, В.Н. Степаненко, И.А. Борщ

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА МАСЛА

Статистика авиационных происшествий свидетельствует о том, что их причиной чаще всего становятся нарушения работы двигателей [1]. Такая ситуация может быть связана с неэффективностью диагностики работы топливной системы воздушного судна (ВС). И это несмотря на то, что существуют и применяются в эксплуатации самые различные способы контроля технического состояния авиационной техники. Наиболее

распространенными являются методы контроля с использованием видеоэндоскопов, по термогазодинамическим параметрам за камерой сгорания, по наличию вредных примесей в системе кондиционирования воздуха, по показателям качества масла и др. [1–5]. Что касается перечня и периодичности выполнения операций технического обслуживания авиационной техники с целью предотвращения аварийных ситуаций, то все в большей степени внедряется система эксплуатации ее по фактическому техническому состоянию. Это способствует своевременному обнаружению неисправностей и повышает эффективность технического обслуживания и ремонта [6]. Тем не менее, до сих пор до конца не решенным остается вопрос о надежности и корректности данных, получаемых различными методами контроля состояния узлов и агрегатов ВС. По оценкам специалистов инструментальные методы диагностики, используемые в настоящее время для обнаружения дефектов на ранней стадии развития, чаще всего не дают возможности прогнозирования дальнейшего функционирования двигателя. Одним из наиболее перспективных и надежных направлений оценки состояния маслосистемы двигателя нам представляется трибодиагностика.

К настоящему времени как в гражданской, так и в государственной авиации нашей страны и ближнего зарубежья эксплуатируются газотурбинные двигатели (ГТД), выработавшие назначенные и межремонтные ресурсы. Получение надежных, корректных, адекватных данных позволяющих снизить возможность возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации ВС, особенно важно. В этой связи актуальной является разработка эффективных методов диагностики, основывающихся на фундаментальных знаниях и опыте эксплуатации конкретных типов ВС, имеющимся в авиационных организациях [7].

Настоящая работа посвящена разработке подходов к изучению особенностей работы масел в силовых установках, связанных с изменениями, наблюдаемыми в масле в процессе эксплуатации таких вертолетов как Ми-2, Ми-8.

Как показал проведенный нами анализ, причины возможного потемнения масла, произошедшего в ходе послеремонтных испытаний двигателя ТВ3-117 могут быть следующие: термоокисление компонентов масла с образованием нерастворимого осадка, повышенная коррозионная агрессивность использованного масла к конструкционным материалам топливной системы двигателя, несоответствие материалов элементов конструкции и уплотнений, предъявляемым к ним требованиям по устойчивости и совместимости с применяемыми смазочными материалами.

Для точного установления конкретной причины потемнения масла необходим его анализ по ряду показателей, определяющих работоспособность масла. По изменению этих параметров смазочных материалов можно судить также и о работоспособности двигателя. При этом качество результатов экспериментальных испытаний в значительной степени зависит от соблюдения требований по отбору проб [8]:

- отбирать по три пробы для обеспечения надежности и достоверности результатов исследований;
- производить отбор проб сразу после остановки двигателя одним и тем же способом;
- осуществлять мониторинг периодических результатов и их изменений в процессе эксплуатации.

В рамках настоящей работы были проведены исследования масла, отработавшего в ГТД ТВЗ-117 в ходе приёмо-сдаточных испытаний после проведения технического обслуживания и ремонта агрегатов. Полученные данные свидетельствуют о повышении вязкости, плотности и общего кислотного числа в пробе и значительном превышении значений названных показателей по сравнению с образцом исходного масла. Долговременные испытания показали, что анализируемое отработавшее масло представляет собой коллоидную систему, в которой нерастворимые в масле продукты находятся в динамическом равновесии с маслом. При этом дисперсные частицы настолько мелкие, что оседание их не происходит даже при отстаивании в течение года. Осаждение дисперсной фазы раствором серной кислоты позволило отделить образовавшиеся асфальто-смолистые вещества, продукты карбонизации углеводородов масла и распада присадок.

Таким образом, на процесс старения масла в маслосистеме двигателя большое влияние оказали такие факторы, как обводнение и разжижение его топливом, повышенные температуры работы двигателя на тяжелых режимах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дроков, В. Г. Оценка технического состояния маслосистемы авиационных газотурбинных двигателей с помощью трибодиагностических методов / В. Г. Дроков, В. В. Дроков, Ф. И. Мухутдинов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2018. – Т. 84. – № 1(1). – С. 36-46.
2. Машошин, О.Ф. Диагностика авиационного газотурбинного двигателя по наличию вредных примесей в системе кондиционирования воздуха / О.Ф. Машошин, Г.С. Юнтов // Научный вестник МГТУ ГА. – 2014. – № 205. – С. 44-48.
3. Васильев, В. И. Контроль и диагностика технического состояния авиационных двигателей на основе интеллектуального анализа данных / В.

И. Васильев, С. В. Жернаков // Вестник УГАТУ. – 2006. – Т.7. – № 2(15). – С. 71-81.

4. Процессы самоорганизации в частично синтетических моторных маслах при их окислении / Б.И. Ковальский, [и др.] // Технологии транспорта и хранения нефтепродуктов. – 2011. – № 2. – С. 67-71.

5. Оптико-визуальная диагностика авиационных двигателей. Проблемы и пути их решения / В.А.Пивоваров [и др.] // Вестник научных трудов МГТУ ГА. Серия «Эксплуатация воздушного транспорта и ремонт АТ. Безопасность полетов». – 2004. – № 98. – С. 13-24.

6. Надыршин, А. И. Исследование изменения параметров ТРДДФ в процессе эксплуатации / А. И. Надыршин, И. М. Горюнов // Вестник УГАТУ. – 2019. – Т. 23. – № 3 (85). – С. 79-87.

7. Некоторые аспекты авиатопливообеспечения / Е.А. Телущенко [и др.] // Авиация: история, современность, перспективы развития: сборник материалов III международной заочной научно-практической конференции, Минск, 8-9 ноября 2018 г. / сост. М. В. Кудин [и др.]; под научн. ред. А.А.Шегидевича. – Минск: БГАА, 2018. – С. 144-147.

8. Яновский, Л.С. Смазочные масла для турбовальных двигателей и редукторов вертолетов / Л.С. Яновский [и др.] // Авиационные материалы и технологии. – 2013. – № 1. – С. 60-63. 6. Надыршин, А. И. Исследование изменения параметров ТРДДФ в процессе эксплуатации / А. И. Надыршин, И. М. Горюнов // Вестник УГАТУ. – 2019. – Т. 23, № 3 (85). – С. 79-87.

НАПРАВЛЕНИЕ
«ВОЗДУШНОЕ ПРАВО»

**ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ
РЕГИСТРАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

Воздушное судно – это не обычная движимая вещь. Это сложный механизм, эксплуатация и владение которым требуют особых мер предосторожности и навыков, так как он является потенциально опасным для окружающих людей и имущества. По этой причине, с момента зарождения авиации, государства в своем национальном законодательстве устанавливали требования, при соблюдении которых гражданин или корпорация могли владеть воздушным судном и эксплуатировать его.

Одним из обычно применяемых условий являлась регистрация воздушного судна –аналогично старой практике регистрации морских торговых судов или более свежей практике – регистрации моторных транспортных средств. Национальная практика, требующая регистрации воздушного судна, вскоре была принята в международном регулировании. В Парижской конвенции 1919 года содержались существенные ограничения – ни одно воздушное судно не будет внесено в реестр одного из Договаривающихся государств, если оно не относится целиком к национальности такого государства. Кроме того, ни одна корпорация не может быть зарегистрирована в качестве владельца воздушного судна, если она не обладает гражданством государства, в котором зарегистрировано воздушное судно, и, если президент или председатель правления компании и, по крайней мере, две трети директоров не обладают такой национальностью, а также если компания не выполняет все остальные условия, которые могут быть предписаны законодательством указанного государства.

Современное международное регулирование, основанное на Чикагской конвенции, гораздо менее ограничивающее. Статья 19 Конвенции гласит:

*Статья 19**Национальное законодательство, регулирующее регистрацию**Регистрация или смена регистрации воздушных судов в любом Договаривающемся государстве производится в соответствии с его законами и правилами [1].*

Таким образом, к суверенному праву каждого государства относится установление в законодательстве, кто и при каких условиях может зарегистрировать воздушное судно в его реестре, будь то гражданин данного государства или постоянный резидент, юридическое лицо как зарегистрированное, так и имеющее основное место ведения бизнеса в этом государстве, и т.д. Этим

законодательством также устанавливается, может ли иностранное воздушное судно (например, когда право собственности сохраняется за иностранным банком или другим кредитором, лизингодателем воздушного судна и т.д.) быть внесено в национальный реестр.

Ограничение накладывается международным регулированием в статье 18 Чикагской конвенции и запрещает двойную регистрацию:

Статья 18

Двойная регистрация

Не может считаться действительной регистрация воздушного судна более, чем в одном государстве, но его регистрация может переходить от одного государства к другому [1].

Чикагская конвенция также налагает международно-правовую обязанность уведомлять ИКАО о регистрации и принадлежности любого воздушного судна, зарегистрированного в этом государстве. Соответствующая статья 21 Конвенции, с практической точки зрения является устаревшей, так как не зарегистрировано ни одного случая, чтобы она когда-нибудь применялась.

Статья 21

Уведомление о регистрации

Каждое Договаривающееся государство обязуется предоставлять по запросу любому другому Договаривающемуся государству или Международной организации гражданской авиации информацию относительно регистрации и принадлежности любого конкретного воздушного судна, зарегистрированного в этом государстве. Кроме того, каждое Договаривающееся государство направляет Международной организации гражданской авиации в соответствии с теми правилами, которые последняя может установить, уведомления, содержащие такие соответствующие данные, какие могут быть предоставлены о принадлежности и контроле над воздушными судами, зарегистрированными в этом государстве и обычно занятыми в международной авиации [1].

Регистрационные знаки воздушного судна состоят из букв, цифр или комбинации букв и цифр и должны присваиваться государством регистрации.

В международном праве более важным, чем регистрация воздушного судна и регистрационные знаки, является национальная принадлежность воздушного судна и национальные знаки. Концепция национальности воздушного судна также уходит корнями в старую концепцию морского права. Национальность человека обозначает правовые отношения между этим человеком и

конкретным государством, отношения, из которых следуют правовые последствия в виде прав и обязанностей.

Парижская конвенция 1919 года ввела в международное право норму о том, что воздушное судно имеет национальную принадлежность того государства, в реестр которого оно занесено. Этот принцип в настоящее время отражен в статье 17 Чикагской конвенции:

Статья 17

Национальные воздушные суда

Воздушные суда имеют национальность того государства, в котором они зарегистрированы.

Приложение 7 к Чикагской конвенции устанавливает размер, формат и положение национальных и регистрационных знаков на фюзеляже воздушного судна, а так же формат свидетельства о регистрации воздушного судна, которое всегда должно находиться на судне. В свидетельстве содержится название государства регистрации, описание регистрационного и национального знаков, название производителя воздушного судна, его серийный номер, имя и адрес владельца, а так же дата регистрации.

Национальный знак должен предшествовать регистрационному знаку и состоять из символов или группы символов. Если первым символом регистрационного знака является буква, ей должен предшествовать дефис.

Национальный знак выбирается из серии национальных символов, включенных в позывные радиосвязи, которые выделены государству регистрации Международным союзом электросвязи. Национальный знак сообщается в Международную организацию гражданской авиации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дос 7300/6: Конвенция о международной гражданской авиации 1944 года. (1980/93). – 6-е издание. – Монреаль, 1993. – 180 с.

УДК 347.82: 351.746.1 (4 672 ЕС)

Р.В. Прокопенко, Д.А. Тихонов

ГУО «Институт пограничной службы Республики Беларусь»

**ОСОБЕННОСТИ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ
СИСТЕМ МАЛОГО КЛАССА В ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ**

Анализ авиационного законодательства иностранных государств, проведенный в рамках научно-исследовательской работы шифр – Фантом [1] свидетельствует, что правовые нормы, регулирующие применение беспилотных систем аэродромного базирования (в большинстве своем имеющих габариты,

соизмеримые с пилотируемыми летательными аппаратами) достаточно проработаны на уровне национальных законодательств и в принципе не отличаются от пилотируемой авиации. При этом в настоящее время в вопросах правового регулирования применения небольших беспилотных систем (как правило мультиторторного типа и весом до 20 кг), как в Европейском союзе (далее – ЕС), так и в Республике Беларусь, имеются определенные трудности. Все они обусловлены стремительным развитием технологий, их удешевлением и все более массовым распространением, успевать за которыми субъекты нормотворческой деятельности по понятным причинам не в состоянии.

В настоящее время в ЕС правовое регулирование применения беспилотных авиационных систем (далее – БАС) наряду с национальными регуляторами осуществляет агентство ЕС EASA¹. В зону ответственности EASA входит анализ и исследования в области безопасности, выдача разрешений иностранным авиакомпаниям, консультации при разработке европейского авиационного законодательства, внедрение и отслеживание правил безопасности (включая функции инспектирования в странах – участницах), выдача сертификатов типа на воздушные суда, а также разрешительные функции в отношении организаций, занимающихся разработкой, производством и обслуживанием авиационных продуктов.

Основным законодательным актам ЕС в области регулирования применения гражданской авиации является Regulation (EU) 2018/1139 of The European Parliament and of the Council (далее – Постановление 2018/1139)², где в VII разделе оговариваются требования к использованию БАС.

До 2018 г. EASA осуществляло регулирование применения беспилотников весом более 150 кг, регулированием применения беспилотников меньшей массы осуществлялось на уровне национального законодательства каждой из стран – участниц ЕС.

7 декабря 2018 г. ответственность за функционирование гражданских беспилотников ниже 150 кг MTOM (Maximum Take Of Mass – максимальный взлетный вес) в европейском воздушном пространстве был переведен из национальных органов авиации в Европейскую комиссию [2].

С 1 июля 2020 г. вступила в силу нормативная база, разработанная EASA по запросу Европейской комиссии, которая включает в себя два основных документа: Commission Delegated

¹ EASA (Европейское агентство по безопасности полетов) – агентство ЕС по регулированию и исполнению задач в области безопасности гражданской авиации.

² Regulation (EU) 2018/1139 (Постановление ЕС 2018/1139) – постановление парламента ЕС и Совета ЕС об общих правилах в области гражданской авиации.

Regulation (EU) 2019/945 (далее – Постановление 2019/945)³ и Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 (далее – Постановление 2019/947)⁴.

Вышеперечисленные законодательные акты регулируют деятельность в области использования гражданских БАС. Документов, отдельно регулирующих порядок использования государственных БАС (по аналогии с авиационным законодательством Республики Беларусь) в ЕС не существует.

Несмотря на некоторую «гибкость» в вопросах применения БАС, действующее в ЕС законодательство не позволяет государствам-членам ЕС исключать регулирование деятельности в области проектирования, производства, технического обслуживания и эксплуатации БАС (статья 2 (8) Постановления 2018/1139) [3].

Анализ информационных ресурсов [2, 4] показал, что применение БАС сотрудниками полиции, пограничного контроля и береговой охраны, экстренных служб и других правительственных организаций в ЕС регулируется с использованием тех же критериев безопасности полетов, которые применяются по отношению к гражданским пользователям. При этом национальные законодательства стран ЕС позволяют регуляторам освобождать операторов, выполняющих операции в интересах силовых структур и иных государственных органов, от существующих ограничений.

Анализ Постановлений 2019/945 и 2019/947 показал, что они включают как технические, так и эксплуатационные требования к БАС. С одной стороны, они определяют возможности их безопасного использования, например, требования индивидуальной идентификации, что позволяет регулятору в случае необходимости отслеживать конкретный беспилотник. Предполагается, что такие меры позволят предотвратить события, подобные тем, которые произошли в 2018 г. в аэропортах Гатвик и Хитроу [5]. С другой стороны, правила охватывают каждый тип операций с БАС, от тех, которые не требуют предварительного разрешения, до тех, в которых задействованы сертифицированные БАС и эксплуатанты, а также минимальные требования к дистанционной подготовке операторов.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что Постановления 2019/945 и 2019/947 основаны на оценке риска эксплуатации БАС, а именно на оценке риска проведения той или

³ Regulation 2019/945 (Постановление 2019/945) – Постановление ЕС от 12 марта 2019 о беспилотных авиационных системах и эксплуатантах беспилотных авиационных систем третьих стран.

⁴ Regulation 2019/947 (Постановление 2019/947) – Постановления ЕС от 24 мая 2019 г. о правилах и процедурах эксплуатации беспилотных летательных аппаратов.

иной операции с использованием того или иного БАС. Например, полет тяжелого беспилотника над населенным районом несет гораздо больший риск, чем полет беспилотника небольших размеров в отдаленном районе, а, следовательно, для его осуществления необходимо большее количество ограничений в целях обеспечения требуемого уровня общественной безопасности и безопасности полетов. При этом имеет значение именно местоположение, т.е. *где вы летите, а не то, что вы делаете с помощью беспилотника*, а основным фактором риска является *полет не над материальными объектами (здания, сооружения и др.), а над людьми*.

Согласно Постановлений 2019/945 и 2019/947 операции с использованием БАС в ЕС подразделяются на три категории: открытая; специфическая; сертифицированная.

В *открытой категории* могут иметь место операции с низким уровнем риска, не требующие предварительного разрешения.

В *специфической категории* выполняются операции, которые до своего начала, учитывая риски, требуют разрешения компетентного органа, которым осуществляется оценка риска и определяются меры по смягчению последствий (например, использование в случае аварии самораскрывающегося парашюта). В случае выполнения стандартных операций оценка рисков и меры по их снижению определяются ранее и являются частью «стандартного сценария», который утвержден EASA.

В *сертифицированной категории* выполняются операции, при которых, учитывая риск, требуются сертифицированный БАС, а также пилот, имеющий лицензию, и порядок организации полетов, утвержденный компетентным органом, для обеспечения надлежащего уровня безопасности.

В настоящее время предлагаемые правила (т.е. действие постановлений 2019/945 и 2019/947) не распространяются на сертифицированную категорию. В этой категории БАС должны соответствовать стандартным авиационным требованиям, а эксплуатационные правила такие же, как и для пилотируемой авиации.

Вопрос «где разрешено летать?» в соответствии с действующим в ЕС законодательством отдан на откуп национальным властям, т.е. они решают где закрытые зоны для полетов беспилотников, где можно летать по правилам открытых операций, а где это делать запрещено и требуется выполнять полеты, например, по правилам специфических операций. Кроме того национальный регулятор определяет порядок получения сертификатов и организации их выдающие.

Анализ, проведенный в рамках данного исследования показал, что основными особенностями законодательства ЕС являются:

Применение методик по оценке риска выполнения той или иной операции с БАС.

Классификация не только БАС по различным признакам, но и классификация операций, в которых эти БАС применяются (в зависимости от степени риска).

Возможность применять БАС за рамками действующих ограничений для решения специальных задач различными правительственными организациями, включая сотрудников пограничной службы.

Таким образом, несмотря на отсутствие в ЕС детализации правил полетов в специфических операциях, отсутствие достаточного количества стандартных сценариев STS⁵ и по этой причине критику со стороны отдельных экспертов [6], в целом правовые нормы EASA достаточно проработаны и могут использоваться в качестве примера в процессе совершенствования законодательства Республики Беларусь в области правового регулирования применения БАС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Применение авиамodelей и беспилотных летательных аппаратов мультиторного типа на участке подразделения границы: отчет о НИР (заключ.) : шифр «Фантом» / ИПС РБ; рук. П.И.Миронюк; исполн.: Р.В.Прокопенко, Д.А.Тихонов [и др]. – Минск, 2019. – 160 с.
2. European Aviation Safety Agency [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.easa.europa.eu/>. – Date of access: 05.10.2020.
3. Regulation (EU) 2018/1139 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.easa.europa.eu/document-library/regulations/regulation-eu-20181139/>. – Date of access: 05.10.2020.
4. Unmanned aircraft and drones [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.caa.co.uk/Consumers/Unmanned-aircraft-and-drones/>. – Date of access: 05.10.2020.
5. Дроны парализовали работу лондонского аэропорта перед Рождеством [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tass.ru/obschestvo/5938375/>. – Дата доступа: 05.10.2020.
6. Eu drone regulations for dummies [Electronic resource]. – Mode of access: <https://terra-drone.eu/en/articles-en/eu-drone-regulations-explained-for-dummies/>. – Date of access: 05.10.2020.

⁵ Поскольку на практике процедура оценки риска предполагает огромную рабочую нагрузку как для операторов БАС, так и для регулятора, во избежание этого, в ЕС введена концепция стандартных сценариев (STS). Данные стандартные сценарии описывают наиболее распространенные типы операций с БАС с проведением оценки риска и мер по смягчению последствий.

**ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В КОНТЕКСТЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (далее – БЛА) активно внедряются во многие сферы общественных отношений. Интенсивное использование БЛА в интересах различных организаций и граждан обусловлено, прежде всего, удешевлением беспилотных технологий и появлением в открытой продаже современных высокотехнологичных БЛА. При этом их массовое использование приносит с собой множество новых полезных возможностей для пользователей и, одновременно, является новым источником рисков, составляющих угрозу общественной и национальной безопасности [1, 2].

В Республике Беларусь сформирована довольно сложная и многоуровневая система правового регулирования в области использования воздушного пространства и авиации. Вместе с тем, данная система, в период ее формирования и становления, не учитывала возможности возникновения новых общественных отношений, связанных с использованием высокотехнологичных БЛА, доступных широкому кругу пользователей. При этом отсутствуют комплексность в изучении данной группы новых общественных отношений и разработанные на этой основе целевые адресные рекомендации по совершенствованию правового регулирования и повышению эффективности правоприменительной практики в рассматриваемой сфере. Одной из основных проблем правоприменения является неопределенность правового статуса БЛА [3], которая обусловлена первоначальным их использованием в основном в военных целях. В связи с этим данная проблема требует отдельного комплексного научного исследования.

Обеспечение возможности безопасного и эффективного использования современных БЛА и в области обеспечения национальной безопасности (в том числе пограничной), и в различных областях народного хозяйства требует рассмотрения данной проблемы, как с позиции юридической науки, так и с точки зрения теории обеспечения национальной безопасности [3]. Представляется, что ключевым элементом правового регулирования в данном случае является введение специального административно-правового режима. Его введение позволит достигнуть должной степени упорядоченности не только общественных отношений, складывающихся в области

использования воздушного пространства и авиации, но и отдельных аспектов использования БЛА физическими и юридическими лицами.

Имеющиеся потребности и технологическая возможность безопасного и эффективного использования юридическими (физическими) лицами БЛА при решении возложенных на них задач (реализации своих законных интересов), с одной стороны, и наличие обязанности пользователей БЛА соблюдать установленные законодательством требования по порядку использования БЛА, с другой стороны, создают противоречие между потребностями общества и установленным административно-правовыми правилами использования БЛА. Юридическая наука призвана способствовать разрешению подобных противоречий, опираясь на научно обоснованную теорию, сочетающую стратегию и тактику, действия длительного характера и быстрого реагирования, с учетом объективных оценок допустимого риска, осмысления собственного опыта и комплексного анализа законодательной практики ведущих стран мира.

Таким образом, актуальность и своевременность исследования проблемы формирования и введения административно-правового режима использования БЛА обосновывается следующим: стремительным развитием технологий и широким распространением высокотехнологичных малобабаритных БЛА; современным этапом развития Республики Беларусь в новых геополитических условиях, которые связаны с реальными и потенциальными угрозами различного характера; слабой научно-теоретической разработанностью вопросов правового регулирования использования БЛА и, в частности, административно-правового режима использования БЛА; неполнотой научного анализа соотношения понятий авиамодель и БЛА; несовершенством правового регулирования данной сферы.

В этой связи исследование проблем административно-правового режима использования БЛА в теории обеспечения национальной безопасности вызывается назревшими общественными потребностями.

Государственным пограничным комитетом Республики Беларусь инициировано проведение научного исследования организационно-правовых аспектов использования беспилотных летательных аппаратов в Республике Беларусь.

Цель исследования – формирование системы теоретико-правовых и прикладных положений о правовом регулировании использования БЛА, разработка на этой основе научно обоснованных рекомендаций по совершенствованию белорусского законодательства в рассматриваемой сфере и повышению

эффективности правоприменительной практики в интересах обеспечения национальной безопасности.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

раскрыть правовую природу использования БЛА и сформулировать его понятие;

разработать классификацию БЛА, как объектов правового регулирования, с учетом оценки их потенциальной общественной опасности (анализа рисков);

определить элементный состав и содержание административно-правового режима использования БЛА;

определить административно-правовые меры, обеспечивающие правомерное использование БЛА, и дать их содержательную характеристику;

выработать конкретные предложения по совершенствованию правового регулирования использования БЛА.

Объектом исследования являются общественные отношения, складывающиеся в области использования БЛА.

Предмет исследования – деятельность по использованию БЛА, а также нормы права, регламентирующие данную сферу.

Несмотря на то, что проблемы административно-правовых режимов являются предметами исследований многих ученых, проблемы правового регулирования использования БЛА еще не получили в Республике Беларусь должного внимания со стороны научного сообщества. Исследование проблем правового регулирования использования БЛА отчасти были проведены в рамках научно-исследовательской работы Государственного пограничного комитета [4] и требуют в настоящее время дополнительного научного обоснования и дальнейшего развития. При этом комплексных научных трудов по вопросам правового регулирования использования БЛА в белорусской юридической науке не опубликовано.

В этой связи решение задачи юридической науки и теории обеспечения национальной безопасности в данной сфере видится в развитии трех главных направлений.

Первое – теоретическое обоснование правового регулирования использования БЛА, в котором основное внимание должно быть сосредоточено на определении и характеристике соответствующего специального административно-правового режима. При этом теоретическое обоснование административно-правового режима использования БЛА будет объективно отвечать потребностям совершенствования белорусской государственности в том случае, если оно вскрывает механизм сложившихся взаимосвязей в структуре исследуемого режима, содержит обоснование

объективной потребности государственного регулирования и определяет место каждого субъекта в общей системе.

Второе – разработка и принятие системы актов законодательства на основе научно обоснованного теоретического исследования правовых и организационных аспектов использования БЛА.

Третье – практическое применение теоретических разработок, прикладное значение которых обусловлено, прежде всего, единством целей, связанных с задачами совершенствования функциональных и организационных структур соответствующих звеньев органов исполнительной власти.

Все изложенное предопределило и основные проблемы, подлежащие разработке в данном исследовании.

Научная новизна исследования характеризуется тем, что оно является первой работой, посвященной системному и комплексному исследованию организационно-правовых аспектов использования БЛА в контексте обеспечения национальной безопасности с учетом совокупности оценок и выводов, ставших возможными в условиях широкого распространения современных БЛА как в Республике Беларусь, так и во всем мире.

Теоретическая значимость исследования определяется его актуальностью и новизной. Исследование направлено на решение приоритетных задач по совершенствованию правового регулирования в области использования БЛА в Республике Беларусь путем формулирования научно обоснованных теоретико-правовых и прикладных подходов по описанию новых общественных отношений, возникающих при использовании общедоступных БЛА. Данные общественные отношения рассматриваются через взаимосвязь понятий административно-правового статуса, административно-правового режима и правоприменительной практики.

Практическая значимость исследования заключается в том, что оно может послужить методологической основой для последующих научных исследований в области использования воздушного пространства и авиации, а также для разработки предложений по внесению изменений в нормативные правовые акты Республики Беларусь, направленные на совершенствование порядка применения БЛА, в том числе, при решении задач по обеспечению национальной безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коробеев, А.И. Беспилотные транспортные средства: новые вызовы общественной безопасности / А.И. Коробеев, А.И. Чучаев // Русский закон. – 2019. – № 2. – С. 9-19.

2. Об утверждении Концепции национальной безопасности Республики Беларусь: [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 9 ноября 2010 г., N 575 : в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 24.01.2014 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

3. Регулирование взаимодействия человека с автономными техническими средствами: дискуссия о правовых режимах / Д.Л. Кутейников, О.А. Ижаев, В.А. Лебедев, С.С. Зенин // Русский закон. – 2019. – № 9. – С. 85-95.

4. Применение авиамodelей и беспилотных летательных аппаратов мультиторторного типа на участке подразделения границы: отчет о НИР (заключ.): шифр «Фантом» / Гос. пограничный комитет Респ. Беларусь; рук. П. И. Миронюк; исполн. : Р. В. Прокопенко [и др.]. – Минск, 2019. – 160 с.

**НАПРАВЛЕНИЕ
«ОБЕСПЕЧЕНИЕ
БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ
ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПОЛЕТОВ
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ»**

О НЕОБХОДИМОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ АЭРОДРОМНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЁТОВ

В период реформирования и перехода авиации Вооружённых Сил Российской Федерации (ВС РФ) на новые современные типы авиационной техники (АТ), вооружение и специальную технику (СТ), от лётного, инженерно-технического и обеспечивающего состава требуется ещё более высокий уровень профессиональной подготовки. Вопросы совершенствования методов боевого применения, повышения боеготовности и боеспособности Военно-воздушных сил неразрывно связаны с обеспечением безопасности полётов (ОБП) [3].

Обеспечение безопасности полетов всегда было и остается одной из важных проблем на пути развития авиации. В результате авиационных происшествий (АП) гибнут люди, теряется дорогостоящая АТ, нарушается ритмичность боевой подготовки авиационных формирований, снижается уровень боеготовности авиации, подрывается вера в надежность АТ, закрадываются сомнения в достаточности уровня подготовки авиационного персонала.

Вместе с тем значительный прогресс в авиации придал проблеме безопасности полетов необыкновенную актуальность, что вызвано следующими основными причинами [2].

Во-первых, резко возросли сложность и ответственность задач, решаемых авиацией. Боевое применение воздушного судна (ВС) характерно большой информационной нагрузкой экипажей, быстротечностью процессов управления, значительным диапазоном изменения пилотажных характеристик ВС, использованием их в любых условиях дня и ночи, в районах высокой плотности воздушного движения, над акваторией, в стратосфере и на предельно малых высотах.

Во-вторых, резко возросли сложность и стоимость АТ, в связи, с чем возросла сложность осуществления процесса эксплуатации ВС на земле и в воздухе, и повысилась цена материального ущерба от потерь ВС.

В-третьих, авиация стала одной из самых массовых отраслей человеческой практики. В ОБП принимают участие не только специалисты, непосредственно обслуживающие сложнейший комплекс бортового и наземного оборудования современного ВС,

но и большое количество специалистов, задействованных в аэродромно-техническом обеспечении.

Недостатки и просчеты, допущенные в процессе подготовки, эксплуатации и применения ВС могут выразиться в снижении уровня безопасности полётов.

Проблема ОБП не менее остро стоит в военное время. Опыт показывает, что в период ведения боевых действий абсолютные потери от аварий и катастроф возрастают.

Например, в годы первой мировой войны потери от АП составили: у Германии – 72%, у США – 75 %, у Италии – 83 % от всех потерь ВС. За период второй мировой войны США потеряли 45536 самолетов, из них 22900 самолетов (50,3 %) – из-за аварий и катастроф. В войне во Вьетнаме потери США составили 3481 ВС, из них 57 % - потери от АП.

Вопросам ОБП авиации ВС РФ уделялось и уделяется большое внимание со стороны правительства и руководства ВС РФ.

Главными причинами аварий и катастроф являются:

упущения в организации, при производстве, управлении и обеспечении полетами;

недостатки в методике обучения и подготовки, как лётного состава, так и авиационного персонала осуществляющего организацию, управление (руководство) и обеспечение полётов, в том числе и специалистов аэродромно-технического обеспечения [1].

Анализ статистических данных по аварийности в авиации ВС РФ за последние 30 лет свидетельствует о высокой экономической и социальной значимости проблемы ОБП.

За этот период произошло около 310 АП, из которых 118 катастроф и 192 аварии.

Из-за нарушений (упущений) личного состава при организации, производстве, управлении и обеспечении полетов, произошло 205 АП (121 аварий и 84 катастроф), что составило 66% от общего их числа. Из-за отказов АТ произошло 86 АП. По другим причинам произошло 19 АП (рисунок 1).

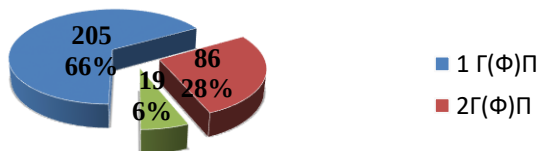


Рисунок 1 – Распределение АП по группам факторов (причин)

Доля АП связанная с нарушениями в аэродромно-техническом обеспечении (АТО) полётов составляет 15 % от общего количества АП произошедших из-за нарушений личного состава при организации, производстве и обеспечении полётов, и 10 % от общего количества всех АП произошедших за последние тридцать лет.

Результаты анализа указывают на проблему в подготовке авиационных специалистов, в том числе и обеспечивающего полёты. Нельзя сказать, что этой проблематике уделялось мало внимания. Однако очевидно, что предпринимаемые усилия не приносят желаемых результатов, так как уровень сегодняшних знаний, умений, навыков недостаточен для исключения возникновения источников опасности, их развития и перехода в аварии и катастрофы. Одна из причин - это следствие недостаточного уровня военно-профессиональной подготовки специалистов АТО в ходе обучения в профильном высшем военном учебном заведении (ВВУЗ). Впоследствии недостаточность приобретённых компетенций в подготовке специалистов АТО в ВВУЗе переходят в систему боевой подготовки авиационных формирований и проявляются в дальнейшем при выполнении ими учебно-боевых задач при подготовке и в ходе полётов. Следовательно, необходимо определять эффективные пути и способы их решения.

Так же сложившееся положение свидетельствует о том, что задача обеспечения безопасности полётов должна рассматриваться и решаться как сложная научно-техническая и практическая проблема государственного масштаба. Отсутствие или недостаточный уровень таких знаний есть одна из причин того, что попытки решить частные задачи обеспечения безопасности отдельных объектов не имеют значительных успехов.

Для результативного её решения необходимы специальная методология, теоретические основы, математический аппарат, методическая и нормативно-техническая база.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безопасность полётов: монография / под общ. ред. Ю.К. Кузина. – Монино: ВВА, 2004. – 220 с.
2. Бочкало, Б.И. Безопасность полётов: обеспечивать и управлять / Б.И. Бочкало, Р.Э. Ирмалиев // Материалы военно-научной конференции. – Тверь: Военная академия ВКО им. Маршала Г.К. Жукова. – 2013. – С. 25-28.
3. Концепция безопасности полётов авиации Вооружённых Сил Российской Федерации: Утв. МО РФ, 31.05.2017. – М.:СБП А ВС РФ, 2017. – 19 с.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ
ПОСРЕДСТВОМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И
ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

В современном мире воздушные перевозки занимают одно из ключевых мест в транспортной системе. В связи с постепенным ростом загруженности воздушного пространства растет и нагрузка на авиадиспетчеров, что значительно влияет на безопасность полетов. Работа диспетчеров держится на трех «китах»: наблюдение, навигация и связь. В данной научной работе рассмотрены варианты совершенствования систем наблюдения с помощью технологий дополненной (AR-) и виртуальной (VR-) реальности.

На сегодняшний день данные технологии находят все большее применение в различных сферах жизни человечества. Дополненная реальность – это результат введения в поле восприятия любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружающей действительности. Виртуальная реальность есть созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, осязание и другие. Различие данных технологий в том, что VR-технология погружает человека в виртуальный мир, полностью вырывая из реальности, в то время как AR-технология дает ему возможность получать дополнительную необходимую информацию, накладывая ее на картину окружающего реального мира.

В сфере организации и обслуживания воздушного движения технологию виртуальной реальности можно применить как в обучении персонала, так и в совершенствовании технологии удаленных вышек.

Так, есть возможность создать тренажер с использованием VR-очков (шлема). Данный тренажер сможет полностью погружать обучаемого специалиста в необходимую среду, моделируя не только рабочую ситуацию, но и окружающие факторы, влияющие на внимание. Также плюсом такого тренажера будут меньшие затраты, так как вместо большого количества мониторов и наушников, либо динамиков, будет достаточно подключить VR-очки (шлем). За счет этого тренажер не будет занимать много места, что исключит затраты на поиск большого помещения.

Вторым вариантом применения данной технологии является создание удаленных рабочих мест диспетчеров руления и старта. Этот способ является отличным решением для аэропортов с малой загруженностью. В данном аэропорту устанавливаются обзорные

высококачественные 360° камеры, подключенные к сети. На рабочем месте диспетчера размещается компьютер, где устанавливается специальное программное обеспечение под очки или шлем виртуальной реальности, которым в дальнейшем и будет пользоваться авиадиспетчер. Шлем подключается к компьютеру и по сети синхронизируется с камерой. Теперь, надев шлем, авиадиспетчер руления или старта сможет находиться на любом расстоянии от аэропорта, в котором он осуществляет контроль и видеть все, происходящее там. Камера будет поворачиваться соответственно поворотам его головы, что таким образом даст полный обзор на 360°. Также при установке камеры с тепловизорами и функцией ночного видения плохая видимость не будет являться помехой для осуществления безопасного управления воздушным движением. В данном случае использование VR-технологии значительно сократит расходы (такие как затраты на строительство и содержание диспетчерской башни, траты на перевозку персонала и содержание персонала) за счет сокращения количества специалистов, которым необходимо находиться в аэропорту с малым трафиком. Таким образом, это является довольно рентабельным способом для аэропортов с малой загруженностью, что достигается благодаря относительно небольшой стоимости компонентов, необходимых для данной технологии. К сожалению, и в этом варианте существуют некоторые минусы. Одним из главных минусов здесь является возможность выхода из строя оборудования, отключения электричества. Ведь в таком случае диспетчер теряет возможность видеть ситуацию на аэродроме, что заметно увеличивает риск авиационного происшествия, особенно при потере контроля ситуации во время взлета или посадки ВС.

Большинство приложений дополненной реальности в сфере управления воздушным движением связано с представлением авиадиспетчерам, работающим на аэродромной вышке, возможности наблюдать ситуацию на аэродроме и над ним вне зависимости от погодных условий и времени суток. Так, в 2006 г. в NASA была разработана интегрированная с радарным комплексом AR-система ARTT2, позволяющая авиадиспетчерам с помощью AR-шлема видеть рядом с находящимся в воздухе ВС информацию о номере борта, его удалении и высоте в условиях плохой видимости.

Целесообразность применения таких систем обосновывается еще одной причиной: информацию о происходящем на аэродроме авиадиспетчеры, работающие на аэродромной вышке, получают преимущественно путем прямого наблюдения летного поля, тогда как данные приборов играют вспомогательную роль, и внедрение

систем AR- позволит существенно снизить долю времени, необходимого на работу с приборами.

В Немецком центре аэронавигационного обслуживания (DFS) в Лангене разрабатывается система, подобная ARTT2, однако избавляющая авиадиспетчера от необходимости пользоваться AR-шлемом. Виртуальные объекты выводятся на крупноформатную прозрачную панель, размещаемую перед окном аэродромной вышки – своего рода HUD, а позиционирование наблюдателя-авиадиспетчера осуществляется методами оптического распознавания с помощью обычной веб-камеры.

Для руководителя полетов, диспетчеров АДЦ и других специалистов будет возможно создание проекций аэропорта для отображения движения воздушных судов и аэродромной техники в 3D.

Так, SITA уже разработала систему управления аэропортом при помощи дополненной реальности, которая была опробована в аэропорту Хельсинки (Вантаа) и показала свою эффективность. При надевании очков пользователь видит перед собой виртуальный трехмерный макет аэропорта, на котором не только движутся самолеты, но и ходят пассажиры, отображается аналитика по магазинам и точкам общепита, а также всплывающие панели виртуальных экранов с необходимой ему информацией. Более того, при помощи новой системы можно управлять аэропортом не только находясь непосредственно там, но и из любой точки мира.

Данная система управления аэропортом посредством дополненной реальности является довольно эффективной и, несомненно, сможет усовершенствовать работу некоторых служб Национального аэропорта Минск. Ввиду этого создание такой системы для крупнейшего аэропорта Беларуси – довольно актуальный вопрос и является перспективным направлением данной научной работы.

В первичном варианте система такого рода будет отображать 3D модель аэропорта со всей движущейся техникой и самолетами на его территории. Планируется, что информацию о движении воздушных судов данная система сможет получать у автоматизированной системы АРАС УВД «СИНТЕЗ-АР2» или посредством ответчиков воздушных судов, как это реализовано в программе «Flightradar24».

Первоначальным этапом работы будет создание 3D-модели Национального аэропорта «Минск» с помощью программы Blender: Blender – объектно-ориентированная программа для создания трехмерной компьютерной графики.

Следующий этап предполагает подбор языка для создания программы. В связи с некоторыми проблемами, а именно – приобретение очков дополненной реальности и отсутствие доступа

к автоматизированной системе АРАС УВД «СИНТЕЗ-АР2», было принято решение демонстрационную версию данной программы сделать для смартфона с отсутствием динамической картины. Существует также два варианта решения в отношении приложения отображения модели. Первый: данное приложение будет разрабатываться с помощью программы Android Studio и писаться на языке Java. Вторым вариантом является уже существующее приложение Scetchfab, в котором при загрузке 3D-моделей, есть поддержка их просмотра в AR-режиме. Затем, после выбора варианта, в приложение будет загружена готовая 3D модель аэропорта со статичной техникой, которая и будет представлена в дальнейшем.

При использовании данной технологии в работе также следует серьезно подойти к выбору очков дополненной реальности, чтобы исключить факторы, мешающие специалисту сосредоточиться на своей работе. Исходя из этого, очки должны быть легкими, довольно мощными в работе и с продолжительным временем автономной работы.

Весьма вероятно, что в скором времени данные технологии займут полноценное место в авиационной сфере.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология виртуальной реальности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://funreality.ru/technology/virtual_reality/. – Дата доступа: 12.05.2020.
2. Технология дополненной реальности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://funreality.ru/technology/augmented_reality/. – Дата доступа: 12.05.2020.

УДК 533.69

В.В. Вертебный, В.А. Васянович, Е.В. Чибизов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ НЕСПОКОЙНОЙ АТМОСФЕРЫ НА АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДНЕГО ВОЕННО-ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА

В докладе рассматривается актуальный вопрос взаимодействия самолета с неспокойной атмосферой. В качестве объекта исследования представлен средний военно-транспортный самолет типа Ил-76МД-90А. Взаимодействие самолета с воздухом при возникновении различных возмущений в атмосфере сложный вопрос. Наиболее опасными возмущениями являются турбулентность, сильные осадки, а также обледенение. Каждый из представленных видов атмосферных возмущений может значительно повлиять на аэродинамические характеристики

летательного аппарата. Взаимодействие самолета с атмосферными явлениями, можно смоделировать при помощи современных инструментов исследования, к которым относятся CFD программы. Предлагается использовать программный комплекс ANSYS Fluent для моделирования взаимодействия среднего военно-транспортного самолета с атмосферной турбулентностью.

Рассмотрим влияние атмосферной турбулентности на аэродинамические характеристики среднего военно-транспортного самолета (ВТС) Ил-76МД-90А (рисунок 1), являющееся на данный момент времени основным средством для транспортировки грузов и выполнения других задач военно-транспортной авиации (ВТА). Самолет представляет собой свободнонесущий моноплан с высокорасположенным стреловидным крылом и стреловидным хвостовым оперением. Крыло снабжено мощной механизацией в виде предкрылков, раздвижных трехщелевых закрылков, спойлеров и тормозных щитков [1].

Для турбулентности характерным является наличие неупорядоченного во времени и пространстве поля скоростей, вихрей, неоднородностей различного масштаба. Одним из явлений, сопутствующих атмосферной турбулентности – болтанка, обусловленная появлением знакопеременных ускорений и колебаний относительно центра тяжести. Из-за быстрого изменения во времени нагрузок действующих на конструкцию ЛА возникает опасность повреждения его конструкции, также не исключая случаев ее разрушения.

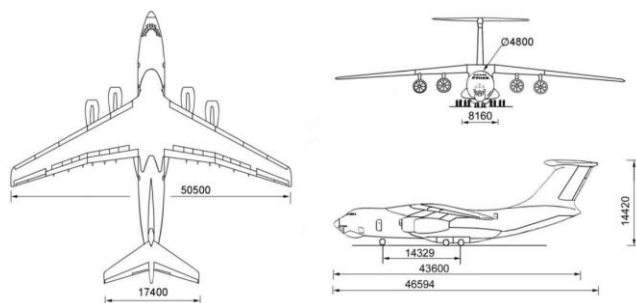


Рисунок 1 – Геометрические параметры самолета ИЛ-76МД-90А

Основным элементом конструкции летательного аппарата, создающим подъемную силу, является крыло, которое также воспринимает большие нагрузки в полете. Площадь крыла равная 323 м^2 позволяет достигать высоких аэродинамических

характеристик, в том числе на наиболее опасных этапах полета - взлете и посадке. При максимальной взлетной массе 210 т. самолет имеет показатель удельной нагрузки на крыло более 500 кг, равный $650,155 \text{ кг/м}^2$, при максимальной посадочной массе равный $526,316 \text{ кг/м}^2$. Таким образом, после взлета с максимальной взлетной массой и набора высоты, самолет, попавший в сильную турбулентность, может испытывать значительные по величине нагрузки. Интенсивность нагрузки на элементы конструкции летательного аппарата принято характеризовать величиной перегрузки или ее приращением. Под перегрузкой понимается отношение результирующей силы R к произведению массы летательного аппарата m на ускорение свободного падения g [2], которая в зависимости от рассматриваемой системы координат раскладывается на составляющие: продольную n_x , нормальную n_y , поперечную n_z , тангенциальную n_{xa} , нормальную скоростную n_{ya} , боковую n_{za} . Так как атмосферная турбулентность имеет нестационарный характер и распространяется по всем направлениям, то логично учитывать все составляющие перегрузки. Чтобы оценить значение перегрузки при действии возмущения, необходимо найти ее приращение связанной с действием турбулентности, которое будет определяться как отношение ускорения j , к ускорению свободного падения g . Таким образом, задача определения приращения перегрузки, действующей на ЛА при взаимодействии его с турбулентностью, сводится к нахождению составляющих ускорений вдоль соответствующих осей связанной системы координат.

Данная задача может быть решена, с помощью моделирования обтекания поверхности ЛА турбулентным потоком, причем необходимы многовариантные исследования, с различными типами турбулентности, так как она является случайным процессом [3]. Различные варианты турбулентности позволят оценить влияние ее на ЛА в полете, причем, актуальна задача выработки рекомендаций летному составу, по действиям в конкретных условиях, которые можно будет определить по косвенным признакам, например абсолютным величинам приращения перегрузки, а также изменениям скорости полета.

Анализ выражений, составляющих перегрузки, с учетом ускорений, действующих в результате турбулентности показывает, что перегрузки увеличиваются при возрастании скорости полета, причем во всех направлениях. Тогда для уменьшения вредного воздействия турбулентности, логично уменьшать скорость полета, которая в свою очередь не должна быть меньше допустимых ограничений. Также стоит отметить, что при уменьшении плотности воздуха, значения перегрузок уменьшаются, что происходит с увеличением высоты полета, но при тех же скоростях

полета приходится увеличивать углы атаки, для поддержания требуемой величины подъемной силы, что может привести к интенсивной болтанке самолета.

Атмосферная турбулентность, как один из видов опасных явлений неспокойной атмосферы, может оказывать значительное влияние на полет самолета, в том числе из-за ее неожиданного появления. В работе рассмотрены основные аспекты влияния атмосферной турбулентности на аэродинамические характеристики военно-транспортного самолета. Предложено решать задачу по исследованию данного влияния путем моделирования взаимодействия различных типов турбулентности с поверхностью летательного аппарата, что позволит определить косвенные признаки для распознавания типа турбулентности и выработки рекомендаций и комплекса мероприятий по парированию ее негативного воздействия на самолет в полете.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руководство по технической эксплуатации Ил-76МД-90А. Раздел 000. Самолет. Общая информация о самолете. – М., 1993. – 345 с.
2. Динамика полета летательных аппаратов в атмосфере. Термины, определения и обозначения: ГОСТ 20058-80. – Введ. 01.07.1981. – М., 1981. – 22 с.
3. Лесовский, А.С. Анализ факторов, влияющих на изменение перегрузки при полете самолета в турбулентной атмосфере / А.С. Лесовский // Научный вестник МГТУ ГА. – 2006. – № 100. – С. 20-25.

УДК 629.7

И.В. Гринев, И.П. Дмитрук

*Белорусский государственный университет, Военная академия
Республики Беларусь*

БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ – ЧЕРЕЗ ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И СТАНОВЛЕНИЕ К СОВРЕМЕННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ

Система безопасности полетов (БзП), как и история самой авиации, в своем развитии прошла несколько этапов. Этап с момента зарождения авиации и до окончания Второй мировой войны можно назвать «эрой окружающей среды», когда исход полета зависел в большей степени от внешних условий. После окончания Второй мировой войны и вплоть до 1970-х гг. господствовала «техническая эра» безопасности полетов авиации, когда ее проблемы, в большей части относились к техническим аспектам развития авиационной техники. С появлением самолетов третьего поколения на первое место вышел человеческий фактор, давший название «эре человеческого фактора». С конца 1990-х гг. рост авиационных происшествий по причинам, связанным с

человеческим фактором, стабилизировался и на первое место вышел организационный фактор, открывающий «организационную зру».

Представим модель управления безопасностью полетов через совокупность отдельных подмоделей предотвращения авиационных событий, а также частных методов расследования. Она будет представлять собой организационно-техническую модель человеко-машинной системы.

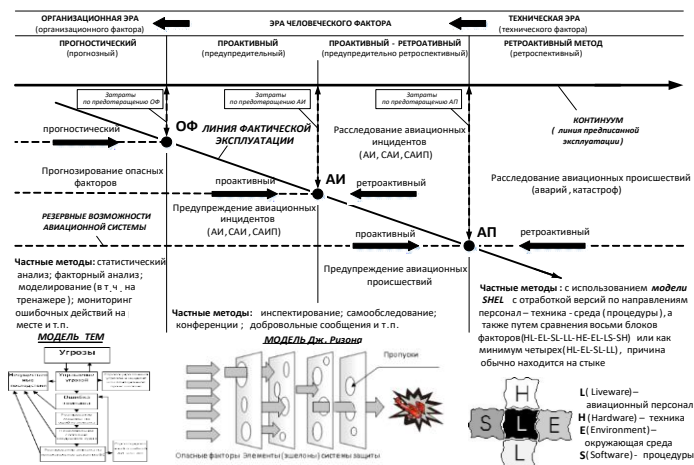


Рисунок 1 – Организационно-техническая модель управления безопасностью полетов

Каждый элемент авиационной системы (например, авиационная техника) рассчитан на определенный жизненный цикл и режим эксплуатации, а ее теоретические предписания образуют линию жизни. Фактическая линия эксплуатации элемента авиационной системы отличается от ее континуума и образует некий практический сдвиг. При этом, в случае пересечения с линией резервных возможностей авиационной системы возникает авиационное происшествие (АП). Для объективного установления всех причин АП проводится расследование с применением естественно-научных и формально-логических методов. Согласно модели Френка Хоукинса «SHELL» предметную область АП разбивается на подобласти взаимного влияния: SL-HL-EL-LL-SH-HE-SL-LE (процедуры-человек; оборудование-человек; среда-

человек; персонал-человек; процедуры-оборудование; оборудование-среда; процедуры-персонал; персонал-среда). Как правило, большинство аварийных факторов порождается на стыке упомянутых компонентов. Она здесь выступает как подмодель современной системы, где основное внимание уделяется человеку и его взаимодействию с другими компонентами авиационной системы. С точки зрения современного подхода к управлению безопасностью полетов данный метод является (реагирующим) ретроактивным.

Авиационными событиями (АС) непосредственно предшествующими АП, как правило, являются авиационные инциденты (АИ, САИ, САИП). Для установления их причин проводится расследование с использованием тоже уже известных методов. Источниками АИ, как и АП, являются опасные факторы (ОФ). Для установления главной причины АС производится поиск наиболее значимых из них. ОФ – это существующая, потенциальная угроза, которая может реализоваться в АС при определенных условиях, когда преодолены все защитные барьеры (эшелоны защиты) возведенные на его пути. Эшелоны защиты наглядно изображены и подробно рассмотрены в модели Джеймса Ризона. Здесь она тоже представлена в виде подмодели. Предупреждение АС возможно с применением знаний, полученных от ранее проведенных расследований АП, а также своевременными инспекциями, самообследованиями авиационной системы, организацией системы добровольных сообщений и др. Положительный результат является предупредительным, а как метод предотвращения АП является (превентивным) проактивным. Расследуя АИ и принимая определенные организационные решения, мы предупреждаем АП, т.е. используем объединенный проактивно-ретроактивный метод.

Модель ТЕМ (модель управления угрозой и ошибкой) также здесь выступает как подмодель и объясняет природу системы управления угрозой и ошибкой. Через постоянный мониторинг уровня безопасности полетов, а также выработку профилактических мероприятий по вновь выявленным ОФ. Прогнозирование ОФ на основе статистического, факторного анализа, моделирования (в т.ч. на авиационных тренажерах) и устранение причин ошибочных действий, получил название прогностического метода обеспечения безопасности полетов.

Применение ретроактивного метода в концепции обеспечения безопасности полетов гражданской авиации ИКАО, основная идея которой – поиск причин и выработка мер по их предотвращению (в период до 1970-х гг.), позволил снизить уровень АП по причинам технического характера, до уровня 15–20 %. Применение

ретроактивного и проактивного (проактивно-ретроактивного) методов, в концепции предотвращения АП, основной идеей которой является объединение всех разрозненных профилактических мероприятий на основе единой программы (1970-е – конец 1990-х гг.), в основном решило проблему человеческого фактора (ЧФ), снизив его значение, в общем составе причин АП с 85–80 % до 55–50 %. Дальнейшее снижение уровня аварийности, как показала мировая практика и проводимые исследования в этой области, возможны с применением прогностического метода и переходе от концепции предотвращения АП к концепции управления безопасностью полетов.

Таким образом, проанализировав представленную организационно-техническую модель управления безопасностью полетов очевидно, что деятельность по выявлению ОФ должна быть направлена от ретроактивной методологии к прогностической (через ретроактивно-проактивную и проактивную). Сам же подход составляет современную методологию управления безопасностью полетов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальная программа по безопасности полетов гражданской авиации Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://etalonline.by/document/regnum=c21900563&q_id=2292125. – Дата доступа: 28.09.2020.
2. Приложение 19: Управление безопасностью полетов. – 2-е изд. – Монреаль, ИКАО, 2016. – [48] с.
3. Дос 9859: Руководство ИКАО по управлению безопасностью полетов. – 3-е изд. – Монреаль: ИКАО, 2013. – 300 с.

УДК 551.5:629.7

Т.Н. Довбышева, Ю.Е. Щипунова

Белорусская государственная академия авиации

АКУСТИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ НА БИОСФЕРУ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Проблема шумового загрязнения окружающей среды весьма актуальна для гражданской авиации. По оценкам, примерно 2–3 % населения подвержено воздействию авиационного шума, превышающего нормативные требования. От авиационного шума страдает несколько миллионов человек. К основным источникам шума на территории аэропорта относятся авиационные двигатели, вспомогательные силовые установки самолетов, спецмашины аэродромного обслуживания различного назначения, станочное и технологическое оборудование производственных цехов и участков. Шум, возникающий при работе авиационных двигателей,

вносит наибольший вклад в шумовое загрязнение района аэропорта. Уровень громкости создаваемого ими шума превышает 140 дБ. Из всех типов авиационных силовых установок наиболее шумными являются турбореактивные двигатели. Их шум генерируется в рабочем процессе многими источниками, имеющими различные характеристики интенсивности, спектра, направленности. Среди них – реактивные струи первого и второго контуров, вентилятор, компрессор, турбина, агрегаты, камера сгорания. При работе авиационных силовых установок с турбовинтовыми и поршневыми двигателями основным источником шума является воздушный винт. Интенсивность шума, создаваемого пропеллером, зависит от угловой скорости вращения, мощности, подводимой к винту, его диаметра, числа лопастей и т.п.

Вспомогательные силовые установки самолетов представляют собой газотурбинные двигатели, энергия которых используется для автономного запуска авиационных двигателей, энергоснабжения, наземного кондиционирования воздуха в кабине пилотов и салоне самолета и других нужд.

Мощность вспомогательных силовых установок возрастает с увеличением размеров самолета. Это приводит к росту уровней громкости создаваемого ими шума и времени его воздействия на обслуживающий персонал, работников аэропорта и пассажиров. Вследствие большой частоты вращения газотурбинных двигателей шум от вспомогательных силовых установок имеет высокочастотный характер. Уровень громкости данного шума достигает 135 дБ, а на удалении 25 м составляет около 90 дБ. К спецмашинам аэродромного обслуживания относятся аэродромные подвижные агрегаты, топливозаправщики, моторные подогреватели, тягачи, моечные машины, автопогрузчики, автолифты и другие. Среди них наиболее сильными источниками шума являются тепловые, ветровые и обдувочные машины. Они создаются на базе отработавших летный ресурс авиадвигателей, использующихся на режимах пониженной мощности. Производственные цеха и участки аэропортов, как и любые другие механические предприятия, также являются существенными источниками шума. Он возникает при работе сверлильных, фрезерных, токарных и других станков, листовых ножниц и роликовых ножей, прессов, при штамповке, сварке, пневмоклепке и других производственных процессах.

При движении самолета со скоростью, большей скорости звука, возникает так называемая ударная волна (или скачок уплотнения) – тонкая переходная область, в которой происходит резкое увеличение давления и плотности воздуха. Ударная волна распространяется со сверхзвуковой скоростью в сторону, противоположную полету, образуя конус скачка уплотнения позади

самолета. Дошедшая до поверхности земли ударная волна воспринимается как резкий кратковременный звуковой импульс (наподобие звука выстрела). Данный импульс вызывает неблагоприятные реакции у человека и животных. Кроме того, он обычно приводит к вибрации отдельных элементов различных конструкций, зданий и сооружений, что усиливает негативное воздействие ударной волны на живые организмы, повышает шумовое, в том числе инфразвуковое загрязнение окружающей среды.

Интенсивность звукового импульса зависит от массы и конструкции самолета и траектории его движения со сверхзвуковой скоростью. Чем больше масса воздушного судна, тем интенсивнее звуковой импульс.

При круглосуточной интенсивности эксплуатации аэропортов уровни громкости шума в прилегающих населенных районах достигают в дневное время 80дБ, а в ночное – 78 дБ. Максимальные уровни громкости колеблются в пределах 92–108 дБ.

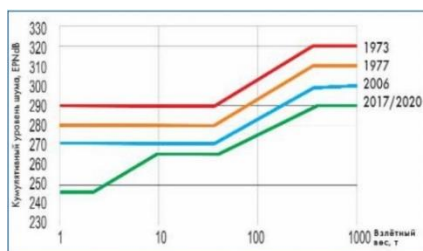


Рисунок 1 – Уровень шума

Эксплуатация самолётов большого тоннажа с мощными турбореактивными и турбовинтовыми двигателями, увеличение интенсивности их полетов, рост парка и расширение сферы применения гражданских вертолетов приводит к значительному повышению уровня шума в окрестностях аэропортов.

Для уменьшения шума воздушных судов необходимы модернизация и развитие авиационной техники, в том числе:

- Внедрение менее шумных воздухозаборников и выхлопных сопел;
- Совершенствование аэродинамических форм и компоновки двигателей воздушных судов;
- Использование шумопоглощающих и звуковых материалов и устройств;

- Переход от шумных турбореактивных двигателей старого образца к менее шумным турбовентиляторным и двухконтурным двигателям, а также повышение степени двуконтурности последних;
- Наряду с техническими методами для уменьшения авиационного шума и его влияния на население и окружающую среду в районе аэропортов используются также эксплуатационные и организационные методы;
- Применение специальных приемов пилотирования при взлете и посадке позволяет снижать уровень шума на 5–15 дБ. К ним относятся, например, использование более крутых траекторий и уменьшение режима работы двигателей при наборе высоты и снижении.

Существенно уменьшает воздействие авиационного шума на жителей прилегающих территорий рациональная организация воздушного движения в районе аэропортов. Она предусматривает запрещение пролета самолетами населенных пунктов на малых высотах, набор оптимальных трасс для воздушных судов, обеспечивающих наименьшее влияние шума на жителей, ограничение полетов и применение воздушных судов менее шумных типов в ночное время. Диспетчеры по возможности должны использовать взлётно-посадочные полосы аэропортов, которые как можно дальше уведут самолеты от населённых пунктов.

Уменьшение вредного воздействия авиационного шума на окружающую среду достигается также отказом от руления самолетов на аэродромах с работающими двигателями путем применения их буксировки на предварительный старт, уменьшением количества одновременно работающих силовых установок, использованием шумоглушащих ангаров и станций для двигателей.

УДК 351.814.33

А.В. Дубовский

Белорусская государственная академия авиации

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Под пропускной способностью диспетчера понимаются способность обеспечения безопасного обслуживания предельно возможного потока воздушных судов, обусловленная его психофизиологическими качествами, степенью обучения и натренированности, с использованием имеющихся технических средств, при существующей структуре воздушного пространства, характеристиками самолетопотоков и применяемой технологии.

Знание пропускной способности районов, зон, секторов, рабочих мест персонала по обслуживанию воздушного движения необходимо для стратегического и оперативного планирования и управления ВД, с учетом сохранения требуемого уровня безопасности полетов.

Интенсивность воздушного движения по прогнозам ИКАО будет удваиваться каждые 20 лет, если не будет мировых кризисов таких, например, как пандемия COVID-19, которая нанесла ощутимый удар по всей мировой экономике. Авиационная отрасль пострадала в первую очередь, так как закрытие границ сделало невозможным авиасообщение между государствами.

Существует несколько методик расчета пропускной способности. Такие как: «Методика DORATASK для оценки пропускной способности секторов УВД на маршрутах, проведенная Директоратом оперативных исследований и анализа Соединенного Королевства;

метод количественной оценки пропускной способности рабочих мест диспетчеров УВД, известный как «метод МВВ», разработанный немецкой фирмы «Мессершмидт, Бельков и Блом»;

методика, разработанная ГосНИИ Российской Федерации.

Суть этих методов заключается в измерении времени, необходимого для всех действий диспетчера, и соотношении его суммарным располагаемым временем.

Так, например методика, разработанная ГосНИИ Российской Федерации определяет суммарное время занятости диспетчера УВД рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{\text{зан.}} = t_{\text{св. BC}} + t_{\text{свс}} + t_{\text{вз.}} + t_{\text{ин.су.}} + t_{\text{п.р.}} + t_{\text{а.}}$$

где:

$t_{\text{св. BC}}$ – суммарное время связи «диспетчер УВД – экипаж ВС». Для диспетчера РЦ определено 15 сек., для диспетчера АДЦ – 10 сек.;

$t_{\text{свс}}$ – суммарное время на координацию по согласованию передачи управления ВС со смежным диспетчерским пунктом (сектором УВД) – 25 сек. на одну координацию;

$t_{\text{вз.}}$ – операционное время, затрачиваемое на интерфейс взаимодействия «человек-машина» для КСА УВД (АРМ) или время, затрачиваемое на ведения графика, планшета и т.п. для не автоматизированных диспетчерских пунктов (секторов УВД). Определено 30 сек. для КСА УВД и 45 сек. для не автоматизированных диспетчерских пунктов (секторов УВД);

$t_{\text{ин.су.}}$ – время, затрачиваемое на координацию со специалистами служб, обеспечивающих полёты – 10 сек на одну операцию;

тп.р. – время, затрачиваемое на принятие решения (5 сек. на одно решение);

та. – время, затрачиваемое на анализ воздушной обстановки (максимально 90 сек.).

Перечисленные временные параметры определяются опытным путем в процессе тренажерного моделирования и могут отличаться в зависимости от местных условий ОрВД на конкретном диспетчерском пункте (секторе УВД).

Однако, при данной методике не учитываются такие параметры, как:

- количество ВС, одновременно, находящихся на управлении;
- средневзвешенное время нахождения ВС в зоне ответственности диспетчера УВД (Тср.взв.);
- влияние человеческого фактора;
- влияние средств автоматизации;
- влияние человеческого фактора.

Время нахождения в секторе можно вычислить, зная расстояние, проходимое ВС, которое определено отрезками маршрутов ОВД (≈ 300 км) и средней скоростью ВС, которая лежит в пределах 800-900 км в час в слое RVSM:

$$\text{Тср.вз} = 300\text{км} : 900\text{км/час} = 0,3 \text{ часа (20 мин.)}$$

Влияние человеческого фактора выражается в ограничениях психофизиологической деятельности человека-оператора (диспетчера). Многочисленные опыты мировой практики говорят, что человек-оператор, в частном случае - диспетчер, легко оперирует разносторонней информацией, если число логических понятий в их логически незавершенном состоянии не более **семи**. Второй основополагающий постулат, который необходимо учитывать при расчетах, связанных с человеческим фактором – это свойство неспособности человеческой психики переводить вновь поступающую информацию, из кратковременной (оперативной) памяти в долгосрочную, а также её сравнение с ранее полученной. Это происходит, если временной интервал между сеансами связи будет менее **15 секунд**. В этом случае «размывается» общая картина аэронавигационной обстановки и возможность возникновения ошибок резко возрастает.

Учитывая эти факторы можно вычислить оптимальную пропускную способность:

$$\text{НПС} = N : \text{Тср.взв. (в часах)}$$

где N – количество одновременно обслуживаемых ВС.

НПС – значение норматива для конкретного диспетчерского пункта (сектора УВД).

Тср.взв. – средневзвешенное время в часах нахождения ВС в районе ответственности.

$$\text{НПС} = 7 \text{ ВС} : 0,3 \text{ час} \approx \mathbf{23 \text{ ВС/час.}}$$

Расчет по методике дает нам:

$$\text{Тзан.} = 15\text{с} + 25\text{с} + 30\text{с} + 10\text{с} + 5\text{с} + 90\text{с} = 175 \text{ с.}$$

Диспетчер затрачивает на обслуживание одного ВС, тогда за один час он сможет обслужить

$$3600 \text{ с} : 175 \text{ с} \approx 20,5 \text{ ВС.}$$

С учетом коэффициента загруженности Кз, который принимается я равным 0,55 (предельно допустимое значение Кз принимается равным 0,70).

$$\text{НПС} = 20,5 \text{ ВС/час} \times 0,55 \approx 11 \text{ ВС/час}$$

Далее производится учет влияния дополнительных факторов, связанных с применением средств автоматизации:

- наличие автоматизированной системы управления прибавляет 25 % к НПС;

- наличие вторичного локатора, работающего в режиме «S» – 5% к НПС;

- наличие передачи управления по протоколу OLDI – 15%;

- централизованное распределение кодов ВОРЛ – 3%;

- автоматизированная координация с ВВС и в ПВО – 5%;

- автоматическая передача сообщений – 6%;

- наличие диспетчера процедурного контроля – 15%.

В сумме 74%, увеличивает НПС $\approx \mathbf{20 \text{ ВС/час}}$

Приведенные постулаты человеческой психической деятельности хорошо согласуются и не противоречат проведенным исследованиями по определению базовых величин, необходимых для расчета пропускной способности зон УВД с учетом организации воздушного пространства и человеческого фактора.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Филин, А.Д. Организация обслуживания воздушного движения: учебник / А.Д. Филин, А.Р. Бестугин, В.А. Санников. - М: Юрайт, 2018. – 510 с.

2. Авиационные правила «Методика определения пропускной способности органов диспетчерского обслуживания воздушного движения РБ» [Электронный ресурс]: постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, 31 марта 2008 г., № 43 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.

УДК 681.396

А.В. Дубовский, Д.И. Рабченко, М.С. Дубовская

Белорусская государственная академия авиации

АЛГОРИТМ РАЗРАБОТКИ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НА АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РАБОЧЕМ МЕСТЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Определение количества уровней управления (иерархии управления) в информационной модели (ИМ) производится на основании анализа назначения комплекса средств автоматизации (КСА) воздушным движением, предполагаемых условий и режимов функционирования ИМ [1].

К основным функциям управления, выполняемым диспетчером в КСА воздушным движением, относятся [2, 3]: анализ текущей воздушной обстановки; анализ прогнозируемой обстановки и конфликтных ситуаций; управление параметрами отображения информации; использование радиолокационных данных; идентификация воздушного судна (ВС); управление и контроль ВС.

В соответствии с указанными функциями управления реализуются алгоритмы действий диспетчера. Оценка требуемого качества выполнения каждого действия проводится путем установления качественных требований по скорости и безошибочности его выполнения [4].

Определение набора действий, предназначенных для выполнения техническими средствами осуществляется из всего множества определенных выше управляющих действий на основании: оценок требуемого качества их выполнения; результатов анализа вариантов распределения функций между машиной и человеком в аналогичных КСА; технических возможностей, используемых КСА.

Оценка ожидаемого качества выполнения действий диспетчером проводится на основании общих эргономических требований к процессам, средствам и условиям деятельности [5], а также возможностей человека-оператора по выполнению типовых действий.

После сравнения требуемого и ожидаемого качества выполнения действий диспетчером и машиной определяются действия, которые они не в состоянии выполнить с требуемым качеством, проводится анализ и выбор возможных способов изменения данных действий с целью достижения требуемого качества (упрощение содержания, использование перспективных технических средств, повышение требований к уровню квалификации диспетчера). Производятся необходимые изменения и процесс оценки и сравнения качества для указанных действий

повторяется. Итерации производятся до тех пор, пока не будет достигнуто необходимое качество. Для действий, реализуемых диспетчером с требуемым качеством, производится подбор элементов ИМ из используемого КСА.

Далее составляется перечень элементов достаточный для реализации всех управляющих действий, а также определяется последовательность их размещения в ИМ. В случае отсутствия в используемом КСА необходимых элементов ИМ для реализации действий, проводится анализ способов изменения данных действий с целью их реализации существующим набором элементов ИМ. Производятся необходимые изменения и процесс оценки и сравнения качества для указанных действий повторяется. Итерации производятся до тех пор, пока для указанных действий не будут подобраны элементы ИМ из располагаемого набора.

На основании перечня элементов ИМ производится формирование статических прототипов ИМ.

Алгоритм разработки структуры ИМ обстановки на автоматизированном рабочем месте управления воздушным движением имеет вид, представленный на рисунке 1.

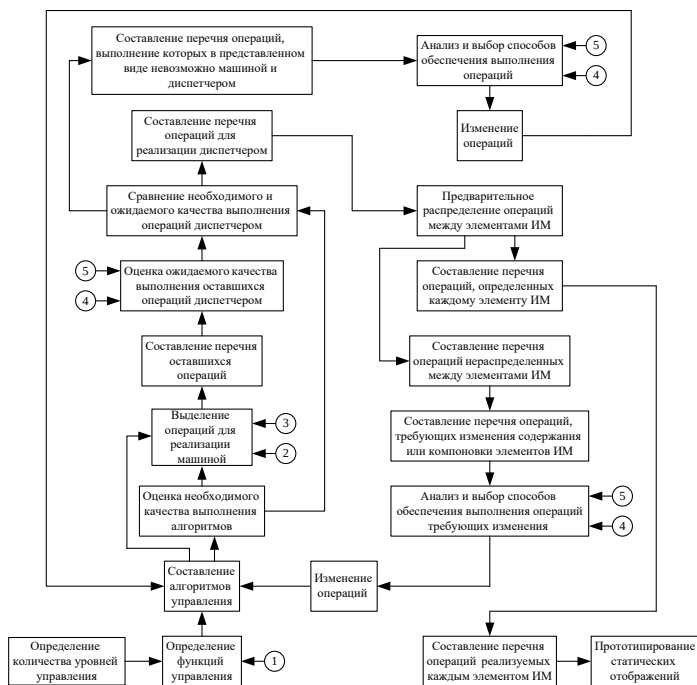


Рисунок 1 – Порядок определения структуры информационной модели:

1 – назначение КСА, условия и режимы использования; 2 – результаты анализа вариантов распределения функций между машиной и человеком в аналогичных системах; 3 – возможности машины по выполнению типовых операций и действий; 4 – общие эргономические требования к процессам, средствам и условиям деятельности человека-оператора; 5 – возможности человека-оператора по выполнению типовых операций

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кругликов, С. В. Способ реализации информационной модели обстановки в автоматизированной системе управления / С.В. Кругликов, Д.И. Рабченко // Доклады БГУИР. – 2014. – № 8. – С. 79–85.
2. Сборник типовых технологий работы авиационного персонала ОрВД: утв. Министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, 19.04.2010. – Минск, 2010. – 82 с.
3. Руководство по эксплуатации изделия СИНТЕЗ-АР2: утв. ТАЛМ.461214.003 РЭ2-ЛУ. – СПб, 2003. – Ч. 2. – 185 с.
4. Капцевич, О. А. Оценка эффективности деятельности диспетчера в автоматизированной системе управления воздушным движением / О.А. Капцевич, Д.И. Рабченко // Сборник Военной академии Республики Беларусь. – 2018. – № 35. – С. 92–102.
5. Душков, Б. А. Энциклопедический словарь: Психология труда, управления, инженерная психология и эргономика / Б.А. Душков. – М., 2005. – 848 с.

УДК 656.7

А.В. Дубовский, К.В. Шаведдинова

Белорусская государственная академия авиации

ВИДЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И ФУНКЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Система организации воздушного движения является сложной полиэргатической системой, включающей в себя множество функций и понятий, которые иногда кажутся противоречивыми.

Система постоянно развивается. Так концепция CNS/ATM сменила концепцию «Управления воздушным движением», введя понятие «Организация воздушного движения», параллельно с этим определением существует понятие «Аэронавигационное обслуживание» (ANS), которое включает в себя и «Организацию воздушного движения» (ATM) и «Наблюдение, навигацию, связь» (CNS) и «Службу аэронавигационной информации» (AIS).

Европейское агентство по авиационной безопасности (EASA) предлагает упрощенную схему под аббревиатурой ATM/ANS, которая определяется как «Виды обслуживания и функции управления воздушным движением». Эта схема включает в себя больше услуг, чем «Организация воздушного движения» и «Аэронавигационное обслуживание».

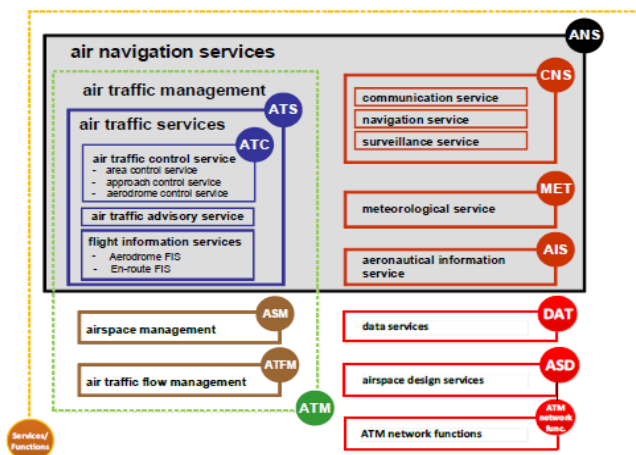
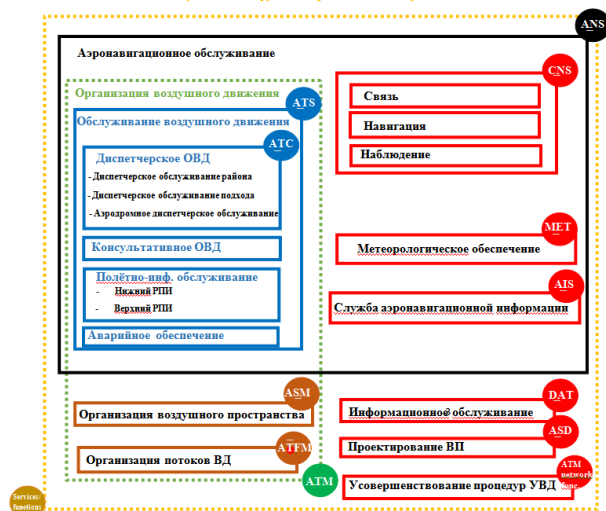


Figure 1: The scope of the services as specified in Annex Vb to Regulation (EC) No 216/2008 and, additionally, the other ATM network functions.

Предлагаем вашему вниманию русскоязычную версию данной схемы:

Виды обслуживания и функции организации воздушного движения



СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основы организации воздушного движения: учебник для ВУЗов / А.Д. Филин, А.Р. Бестугин, В.А. Санников; под науч. ред. Ю.Г. Шатракова. - М: Юрайт, 2019. – 515 с.

2. Авиационные правила «Организация воздушного движения» [Электронный ресурс]: постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, 12 июня 2009 г., N 56 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.

3. Easy Access Rules For Air Traffic Management / Air Navigation Services (Regulation (EU) 2017/373) – European Union: EASA, 2019. – 530 p.

УДК 358.4

Д.В. Ермолик, И.В. Рожков

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ОФОРМЛЕНИ ПОЛЕТНОЙ КАРТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТОВ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ

Карта – графическое изображение земной поверхности на плоскости. Топографические карты играют исключительно важное значение в авиации. Любой полет без полетной карты запрещен. Полетная карта также является одним из документов воздушной навигации. Операторы беспилотных летательных аппаратов (далее – БЛА) должны уметь готовить полетную карту и пользоваться ею при выполнении управления БЛА.

По предназначению авиационные карты подразделяются на полетные, бортовые аэронавигационные, специальные (карты погоды, искусственных препятствий, ориентиров коррекции, часовых поясов, звездного неба, справочные и другие), района заданного объекта, рабочие. По форме представления картографической информации авиационные карты могут быть аналоговыми (бумажными) или электронными (цифровыми картами с визуализацией на видеомониторе).

Общая подготовка полетных и маршрутно-полетных карт включает: обозначение Государственной границы Республики Беларусь, запретных и опасных зон, зон ограничения полетов, внеаэродромных средств радио-технического обеспечения (далее – РТО) полетов; выделение характерных визуальных и радиолокационных ориентиров, обеспечивающих ведение ориентировки и коррекцию пилотажно-навигационной системы, снятие (определение) и нанесение их координат, выделение основных высот местности и нанесение искусственных препятствий [1].

Рабочие карты предназначены для сокращения времени, которое отводится лицу, организующему штурманское обеспечение полетов, на подготовку предложений для принятия решения на полеты, личной подготовки к постановке задачи, а также разработки полетных заданий и программ полета. Подготовка

рабочей карты включает: обозначение Государственной границы Республики Беларусь; нанесение средств РТО полетов, данных их работы и рабочих областей, заданных объектов (полигонов), опорных ориентиров, аэродромов базирования и запасных аэродромов; нанесение элементов навигационной обстановки в районе полетов ВС; выбор и нанесение ортодромической системы координат.

Для беспилотной авиации в качестве полетной карты в основном используется карта в масштабе 1:200000.

В качестве основных точек маршрута назначаются ориентиры, имеющие вертикальные размеры, обладающие хорошей визуальной контрастностью.

При прокладке маршрута на карту наносятся контрольные точки маршрута, безопасные высоты для каждого этапа маршрута полета.

Данные для выполнения полетов на малых и предельно малых высотах наносятся на карты крупного масштаба с приложениями (схемы, графики, фотоснимки).

Порядок прокладки маршрута на полетной карте при подготовке к выполнению полетов БЛА:

1. Обвести кружками черного цвета исходный пункт маршрута (далее – ИПМ), промежуточный пункт маршрута (далее – ППМ) и конечный пункт маршрута (далее – КПМ). Диаметр кружков – 8-10 мм.

В качестве ИПМ, как правило, берется аэродром вылета, КПМ – аэродром посадки, ППМ – наиболее характерные ориентиры.

2. Провести на карте черным цветом линию пути (внутри кружков линия пути не проводится).

3. Определить расстояния и заданные магнитные путевые углы между ППМ и записать их рядом с линией заданного пути. Расстояние записывается черным цветом в числителе дроби, а время, потраченное на преодоление данного участка в знаменателе, путевые углы со значком градуса – черным цветом за дробью в квадрате красного цвета. Расстояние учитывается в километрах, а время в минутах.

Магнитные путевые углы указываются на каждом изломе маршрута между контрольными ориентирами и при изменении магнитного склонения более чем на 2° .

4. Отметить на карте магнитные склонения красным цветом в красных кружках. При записи склонения указывается его знак, величина и значок градуса.

5. Обвести черными прямоугольниками командные высоты местности в пределах трассы, а в районе аэродрома – в радиусе 50 км.

Маршрут полета оператор БЛА изучает одновременно с подготовкой полетной карты. Изучение маршрута полета на карте должно дополняться изучением описаний воздушных линий, инструкций по производству полетов на аэродромах, изучением навигационной обстановки, а также использованием сведений операторов, ранее летавших по этому маршруту.

Таким образом, правильное составление полетной карты позволит предотвратить случаи опасного сближения и столкновения БЛА в воздухе, опасного сближения и столкновения БЛА с земной (водной) поверхностью, препятствиями. Качественно подготовленная полетная карта также позволит правильно рассчитать режимы полета БЛА и предотвратить случаи потери ориентировки.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении Авиационных правил штурманского обеспечения полетов государственной авиации Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление М-ва обороны Респ. Беларусь, 15 нояб. 2004 г., № 67 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://etalonline.by/?type=card&regnum=w21833597p>. – Дата доступа: 15.04.2020.

УДК 623.4

В.С. Иванюк, А.М. Гатальский

УО «Военная академия Республики Беларусь»

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ГЛУБИНЫ ИЗЛЕТНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УПРАВЛЯЕМЫХ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ КЛАССА «ВОЗДУХ-ПОВЕРХНОСТЬ»

Актуальность разработки методики оценки глубины излетного пространства обусловлена необходимостью определения минимальных размеров полигона для безопасного применения управляемых авиационных средств поражения (УАСП) в ходе боевой подготовки авиационных воинских частей, а также оценки возможности выполнения учебно-боевых задач на существующих полигонах.

Глубина излетного пространства (излетная дальность) является ключевой характеристикой, определяющей требования к глубине полигона и величине боковых защитных зон. В общем случае ее величина рассчитывается как сумма максимальных значений досягаемости применяемого средства поражения, возможного отклонения по дальности вследствие влияния атмосферных факторов (направление и скорость ветра, температура

и др.), рассеивания боеприпаса, а также безопасного удаления от точки разрыва.

Применительно к УАСП класса «воздух-поверхность» («В-П») глубина излетного пространства определяется максимально возможной дальностью полета управляемого средства поражения в случае срыва им автосопровождения наземной цели $D_{\text{макс}}$, а также ее увеличением за счет влияния атмосферных факторов $\Delta D_{\text{макс}}$ и безопасным удалением от точки разрыва, характеризуемым радиусом разлета осколков $R_{\text{оск}}$ [1]:

$$D_{\text{изл}} = D_{\text{макс}} + \Delta D_{\text{макс}} + R_{\text{оск}}. \quad (1)$$

При расчете максимальной дальности предполагается, что срыв сопровождения наземной цели происходит в точке окончания активного участка полета УАСП и его переходе на неуправляемый полет по баллистической траектории. Считается, что самоликвидации боевой части УАСП в полете после срыва сопровождения цели не происходит. Баллистическая траектория УАСП полета рассматривается, как траектория тела брошенного над горизонтом под некоторым углом вбрасывания φ на высоте $H_{\text{п}}$ [2].

С учетом принятых допущений первое и второе слагаемые выражения (1) описываются формулами

$$D_{\text{макс}} = D_{\text{а}} + V_{\text{р}}^2 \sin^2 \varphi / g + H_{\text{п}} / \text{tg} 2\varphi, \quad (2)$$

где $H_{\text{п}}$ – высота пуска УАСП; $V_{\text{р}}$ – скорость УАСП в конце активного участка полета; φ – угол вбрасывания; $D_{\text{а}}$ – горизонтальная дальность активного участка полета УАСП; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

$$\Delta D_{\text{макс}} = \Delta V_{\text{р}}^2 \sin^2 \varphi / g, \quad (3)$$

где $\Delta V_{\text{р}}$ – отклонение скорости УАСП, зависящее от атмосферных условий.

Горизонтальная дальность активного участка полета УАСП $D_{\text{а}}$ определяется с помощью баллистических характеристик конкретного УАСП при известном времени активного полета $t_{\text{а}}$ и высоте пуска $H_{\text{п}}$. Радиус разлета осколков, типовые значения которого составляют 200–300 м, зависит от применяемого УАСП.

Полученные значения излетной дальности $D_{\text{изл}}$ позволяют обосновать требования к минимальным размерам полигона для безопасного выполнения учебно-боевых пусков УАСП класса «В-П».

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Отчет о НИР «Директриса» (заключ.) / ВА РБ; рук. А.И. Федоров. – Минск, 2007. – 28 с.
2. Милковская, Л.Е. Физика: учеб. пособие / Л.Е. Михалковская. – М.: Высш. школа, 1970. – 250 с.

УДК 621.396.2

Р.С. Ивашов, С.С. Сиротенко, Н.А. Латышев

*ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)*

КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ И АВАРИЙНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ПОЛЁТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Обработка аналоговых сигналов с использованием цифровых преобразований широко используется для решения множества прикладных задач в различных областях науки и техники, в которых прежде доминировали аналоговые системы. Преимущества цифровых систем обусловлены рядом факторов. Прежде всего, это фактор качества, получаемого или передаваемого сигнала. Аналоговые реализации зачастую не позволяют обеспечить высоких показателей качества передачи и воспроизведения сигнала, а переход на мировые стандарты ужесточает требования, предъявляемые к таким параметрам систем, как помехоустойчивость, точность, быстродействие, надёжность, долговечность, эффективность применения и технической эксплуатации.

Современный этап в развитии записи и воспроизведения звука характеризуется тенденцией к переходу на цифровую форму представления информации. Большинство первичных сигналов (ток, напряжение, скорость, давление и т. д.) представляются в аналоговой форме, и для обработки их с помощью АЦП они преобразуются в цифровой n -разрядный код.

Существующий бортовой магнитофон МС-61 и пришедшие ему на замену П503 и П507 имеют существенный недостаток, а именно запись ведётся на кассету с магнитной лентой либо на проволочный звуконоситель. Частотные характеристики таких носителей, преобразователей и усилителей аналоговых сигналов низкой частоты недостаточно высоки. Для обеспечения хорошей разборчивости речи, улучшения динамических параметров, снижению нелинейных искажений необходимо существенно усложнять структуру магнитофона и принимать меры по регулировке глубины модуляции и автоматической регулировке усиления

Рассмотрим особенности построения комплекса эксплуатационного контроля и аварийной регистрации полётной

информации (ПИ) воздушного судна. Он включают в свой состав несколько блоков связанных между собой через переключатель-распределитель сетью AFDx.

На рисунке 1 представлены различные модификации аварийно-эксплуатационной системы сбора и регистрации полётной информации «Карат» устанавливаемой на самолёты ВВС РФ.



Рисунок 1 – Варианты комплектации системы типа «Карат»:

1.1 – Аварийно-эксплуатационная система Сбора и регистрации ПИ «Карат БК-29»; 1.2 – Бортовая система контроля и регистрации ПИ «Карат БК-29-01-К»; 1.3 – Бортовая система контроля и регистрации ПИ «Карат БК-29-02-К»

Сеть AFDx представляет собой детерминированный протокол для приложений в режиме реального времени в среде ETHERNET, который предназначен для критически важных полётных интерфейсов, включая двигатели, системы управления полётом, системы навигации. Для передачи аварийного потока в ЗБН (защищенный бортовой накопитель) в соответствии с существующим ОСТом, используется линии связи ARINC 747.

Блок сбора (БСОИ) принимает данные по асинхронным цифровым линиям связи, а недостающие параметры измеряет сам с помощью своей системы датчиков. Кроме того, комплекс регистрирует все звуковые сигналы. Таким образом, основная информация в блоки системы контроля и регистрации приходит по сети.

Одной из основных особенностей современной бортовой системы контроля и регистрации полётной информации является применение бортового протокола Ethernet AFDX для межблочного обмена. Его применение позволяет расширить функциональные возможности системы, повысить качество решения задач и сократить время разработки и отладки бортового программного обеспечения (ПО).

Благодаря применению протокола AFDX в системе:

- реализована синхронная регистрация больших потоков информации на несколько накопителей;

- обеспечен съём полетной информации с 4-х блоков системы через один разъем;
- увеличена скорость считывания полетной информации (ПИ) более чем в 1000 раз по сравнению с применением канала связи RS232;
- организован сетевой обмен и создана реконфигурируемая система с обратной связью;
- решена задача встроенного контроля системы (ВСК), параметрического мониторинга;
- реализован режим входных сигналов БСОИ в реальном масштабе времени.

Отсюда следует, что применение протокола AFDX позволяет использовать HTTP протоколы и специализированные Web-браузеры для связи борта и земли. Использование стандартных протоколов значительно облегчает и сокращает отладку наземно-бортового комплекса. Использование протокола AFDX позволяет интегрировать бортовые системы в глобальную компьютерную сеть. Это существенно упрощает отладку бортовой системы и интеграцию комплекса бортовой авионики за счет применения технологий для отработки бортового ПО и возможности дистанционной отладки ПО, когда специалисты со своих рабочих мест могут проводить отладку бортового ПО самолета, находящегося в ангаре или на аэродроме.

Таким образом, применение комплекса эксплуатационного контроля и аварийной регистрации полётной информации воздушного судна позволяет решить широкий круг задач. Разработка такого комплекса, на основе уже существующих аналогов является перспективным направлением совершенствования авиационной техники и повышения эффективности её применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шкритек, П. Справочное руководство по звуковой схемотехнике / П. Шкритек. – М.: Мир, 1991. — 446 с.
2. Золотухин, И.П. Цифровые звуковые магнитофоны / И.П. Золотухин, АА. Изюмов, М.М. Райзман. – Томск: «Радио и связь», 1990. — 160 с.

УДК 629.7

С.А. Коршак, В.Р. Вашкевич

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПРЕВЫШЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ПОЛЕТА ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ АСИМПТОТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

Для каждого типа авиационной техники, в руководстве по летной эксплуатации (РЛЭ), приведен перечень определяющих параметров по безопасности, а также определены их безопасные области допустимых отклонений. Выход за пределы, которых является нарушением условий безопасности полета и может привести к развитию аварийных и катастрофических ситуаций. От полета к полету под воздействием различных, в общем случае неконтролируемых причин, величины определяющих параметров меняются случайным образом. Так как каждая реализация определяющих параметров по безопасности является случайной величиной (СВ), то есть основание полагать, что в следующем полете с некоторой вероятностью она может превысить свое допустимое значение

Превышение определяющими параметрами по безопасности допустимых значений являются редкими событиями, что не позволяет достоверно аппроксимировать гистограмму относительных частот на всем диапазоне значений СВ, и как следствие использовать известные законы распределения для оценки вероятности события.

В настоящее время, широкое применение при решении задач оценивания вероятностей редких событий, получило использование методов асимптотической теории вероятностей экстремальных значений. Главная идея заключается в построении и аппроксимации самой функции вероятностей, с использованием одной из трех параметрических форм, приведенных в [1], не учитывая закон распределения самой СВ.

Алгоритм оценки вероятности превышения параметром X_i допустимого значения, с учетом гипотезы H_0 о двойном экспоненциальном законе предельного распределения вероятностей, представлен в виде следующей последовательности действий:

Замеряются и заносятся в БД n значений параметра X при выполнении отдельных элементов, групп элементов и ФП с последующим их расположением в порядке возрастания в вариационный ряд вида

$$x_1 < x_2 < \dots < x_k < \dots < x_n. \quad (1)$$

Для каждого k -го члена полученной последовательности рассчитывается накопленная частота p_k и нормированное отклонение y_k по формулам [1]:

$$p_k = k / (n + 1); \quad (2)$$

$$y_k = -\ln(-(\ln p_k)), \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

где n – объем выборки.

Следующим этапом является получение регрессионной зависимости $y_k = f(x)$, в координатах x (1) и y_k (3). На основании теоремы об экстремальных типах распределений, в случае подтверждения гипотезы H_0 регрессионная модель должна быть линейной [1].

Вероятность превышения параметром X значения $x_{\text{доп}}$, определяется по формуле

$$P_1(x > x_{\text{доп}}) = 1 - e^{-e^{-f(x_{\text{доп}})}}. \quad (4)$$

Применение алгоритма рассмотрено на примере расчета вероятностей превышения летчиками самолета Су-25 различных классовых квалификаций, допустимого значения нормальной перегрузки $n_{y\text{доп}} = 6,5$ ед. [2] в момент вывода из пикирования. На рисунке 1 (а), приведены графики теоретической, полученной с использованием методов наименьших квадратов, линейной регрессионной зависимости величины нормированного отклонения y_k от перегрузки n_y для трех летчиков различных классовых квалификаций, а также среднего по подразделению (авиационной эскадрильи). Степень правдоподобия гипотезы H_0 подтверждена путем проверки статистической значимости коэффициента парной корреляции, определенного как статистический критерий соответствия полученной регрессионной модели $y_k = f(n_y)$ эмпирическим данным y_k (3).

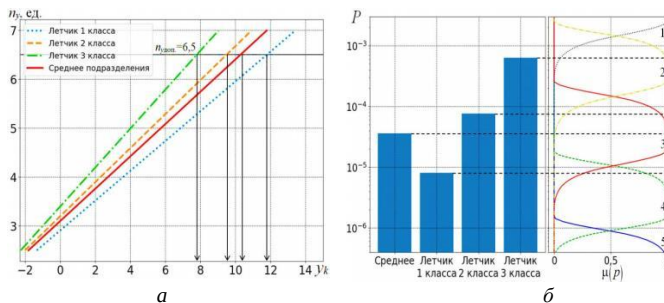


Рисунок 1 – Графики теоретических зависимостей нормированного отклонения y_k от перегрузки n_y в момент вывода из пикирования (а) и их количественное определение $P(n_y > 6,5)$ (б)

На рисунке 1 (б) показано количественное определение вычисленных по (4), на основании полученных теоретических зависимостей $y_k=f(ny)$, вероятностей превышения допустимого значения нормальной перегрузки $P(n_y > 6,5)$ при выполнении следующего полета. Вычисленные величины вероятностей P были спроецированы на универсальное множество значений лингвистической переменной (ЛП) «Вероятность ОФ» представленной пятью термами: $T(\text{Вероятность ОФ}) = \{\text{часто (1); иногда (возможно) (2); маловероятно (3); крайне маловероятно (4); практически невозможно (5)}\}$. Каждый терм описан функцией $\mu(p)$ характеризующей нормированную степень принадлежности к ЛП [3].

Анализ рисунка 1 (б) показывает, что вероятность превышения $P(n_y > 6,5)$ при выполнении следующего полета, для летчика 1 класса меньше, а 3 класса больше чем средняя по подразделению. При этом вероятность для летчика 2 класса расположена вблизи среднего значения. На универсальном множестве ЛП «Вероятность ОФ» принимает значения от «крайне маловероятного события» со степенью принадлежности $\mu(p) = 0,82$ для летчика 1 класса, до «возможного» со степенью $\mu(p) = 1$ для летчика 3 класса.

Количественная оценка вероятностей превышения определяющими параметрами полета по безопасности допустимых величин с дальнейшим переходом к лингвистической интерпретации вероятности ОФ, позволит количественно оценить риск для безопасности полетов (БзП) с применением модели основанной на использовании математического аппарата теории нечетких множеств [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гумбель, Э. Статистика экстремальных значений / Э. Гумбель. – М. : Мир, 1965. – 416 с.
2. Памятка летчику. Руководство по летной эксплуатации самолета Су-25. – М., 2007. – 576 с.
3. Коршак, С. А. Математическая модель оценки риска для безопасности полетов с использованием теории нечетких множеств / С. А. Коршак, В. Р. Вашкевич // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2020. – № 2. – С. 3 – 14.

УДК 656.7

Е.С. Литавор

Белорусская государственная академия авиации

ВЛИЯНИЕ COVID-19 НА МИРОВОЙ РЫНОК АВИАПЕРЕВОЗОК

Пандемия коронавирусной инфекции оказала негативное влияние на многие сферы жизни человека. Рынок авиаперевозок

оказался в числе самых пострадавших. Объемы перевозок и количество рейсов весной упало практически до нулевых показателей, показав небольшой рост летом. На сегодняшний день, когда во многих странах стоит вопрос о введении повторного карантина, авиационная отрасль стоит у порога новых серьезных потерь.

Экономические потери авиационной отрасли в эпоху закрытых границ и различных ограничений ставят под вопрос возможность компаний выжить самостоятельно. Даже такие крупные игроки рынка, как Lufthansa, Delta и пр. получили и/или в ближайшее время получают поддержку со стороны государства в виде субсидий, кредитов или даже продажи контрольных пакетов акций. Компании вынуждены отправлять сотрудников в принудительные отпуска или идти на сокращение штата рабочих. Так, британская British Airways планирует сократить четверть персонала.

Lufthansa Group планирует сократить флот на 130 самолетов. Группа компаний планирует списать старые самолеты в целях экономии на обслуживании.

Помимо стандартных процедур по сокращению расходов, авиакомпании стараются и зарабатывать в столь непростое время. И порой эти методы кажутся весьма оригинальными. Например, австралийская Qantas предлагает «полеты по кругу»: самолет взлетает, летает в австралийском воздушном пространстве и возвращается на аэродром вылета. По информации CNN, семь часов полета в никуда австралийская авиакомпания Qantas распродала за десять минут. Директор компании Алан Джойс объяснил большой интерес тем, что люди скучают по полетам и опыту путешествия, поскольку многие границы закрыты и приходится находиться в карантине несколько недель, чтобы добраться до места назначения.

Менее радикальные, но не менее интересные варианты предлагает сингапурский авиаперевозчик Singapore Airlines. Азиатская авиакомпания открыла ресторан в салоне одного из своих A380 в Сингапуре. Также сотрудники перевозчика проводят тематические туры, включая посещения авиасимулятора. Катеринг-служба авиакомпании занялась доставкой еды по Сингапуру. Аналогичную услугу представляет и российская Ural Airlines.

Колоссальную часть доходов авиакомпаний формирует не работа сторонних услуг, а выручка от перевозок. Поэтому главным приоритетом авиакомпаний является увеличение объема авиаперевозок путем обеспечения гигиенической безопасности пассажиров во время полета.

Дезинфекция на бортах проводилась и раньше, особенно на африканских и южноамериканских направлениях, но куда в

меньших объемах. Если раньше гигиенические вопросы носили региональный характер, то теперь это проблема мирового масштаба. У разных авиакомпаний в разных странах есть отличия в подходах обеспечения безопасности пассажиров, однако все авиаперевозчики придерживаются общепринятых основ:

- Ношение масок во время полета и нахождения в аэропорту;
- Соблюдение социальной дистанции как в аэропорту, так и на борту самолета;
- Онлайн-регистрации и бесконтактная сдача багажа;
- Регулярная дезинфекция салона самолета;
- Использование фильтров HEPA;
- Медицинский контроль перед посадкой, сдача ПЦР-тестов;
- Активное использование бесконтактных платежей как в аэропорту, так и в самолете;
- Включенная в стоимость билета медицинская страховка от COVID-19.

Некоторые авиакомпании используют дополнительные меры безопасности. Например, национальный перевозчик ОАЭ Etihad заменил во всех самолетах напольные покрытия и чехлы на сиденьях, а катарская авиакомпания Qatar Airways обязует всех пассажиров эконом-класса носить защитные щитки во время посадки, высадки и всего полета.

Кризисное время открывает и новые перспективы. Так, авиакомпании получают возможность произвести реорганизацию и оптимизацию своих ресурсов, что в будущем должно привести к резкому росту отрасли. Некоторые авиакомпании выбирают агрессивную тактику, рассчитывая на усиления своих позиций на мировом рынке. Венгерская Wizz Air – одна из немногих европейских авиакомпаний, которая смогла восстановить прежний объем авиаперевозок летом. Также компания открыла две новые базы в Лондоне (Гатвик) и Донкастере, что является очень смелым шагом в столь непростое время.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт авиакомпании Ryanair, крупнейшей европейской авиакомпании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://corporate.ryanair.com/news/ryanair-condemns-e9-billion-state-aid-to-lufthansa/>. – Дата доступа: 09.10.2020.
2. Европейский новостной информационный канал Euronews [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.euronews.com/2020/09/16/lufthansa-ba>. – Дата доступа: 09.10.2020.
3. Сервис отслеживания самолетов Flightradar24 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.flightradar24.com/blog/flight-activity-rises-in-june-still-far-below-2019-levels/>. – Дата доступа: 09.10.2020.

4. Официальный сайт авиакомпании Etihad [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etihad.com/ru-by/fly-etihad/health-and-wellness>. – Дата доступа: 09.10.2020.
5. Официальный сайт авиакомпании Qatar [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.qatarairways.com/ru-ru/safety-measures.html>. – Дата доступа: 09.10.2020.
6. Официальный сайт авиакомпании Wizz Air [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wizzair.com/ru-ru/informatsiya-i-uslugi/informatsiya-o-poezdke/enhanced-health-and-safety-measures>. – Дата доступа: 09.10.2020.
7. Сервис отслеживания самолетов Flightradar24 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.flightradar24.com/blog/european-low-cost-pandemic/>. – Дата доступа: 09.10.2020.

УДК 621.353

А.А. Першин, Е.В. Головченко, А.В. Тетерятников

Белорусская государственная академия авиации

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДЕСАНТИРОВАНИЯ

Стремительное рост развитие информационных технологий, приемов и способов применения сил и средств также ведет к сокращению времени, отводимого на переброску необходимых сил и средств в район конфликта для обеспечения стабильности в регионе. Эти задачи решаются в основном с использованием основного средства Верховного Главнокомандования – самолетами военно-транспортной авиации (ВТА). Кроме того ВТА решает и ряд других не менее важных задач, а именно:

доставка материальных средств и грузов, доставка вооружения и боеприпасов, техники на значительные расстояния;

десантирование подразделений воздушно-десантных войск из состава оперативных воздушных десантов;

перевозка войск;

эвакуация раненых и больных.

Успешное выполнение ряда столь сложнейших задач экипажами воздушных судов военно-транспортной авиации возможно лишь при наличии устойчивых каналов связи, обеспечивающих требуемые надежность, помехозащищенность, скрытность и пропускную способность между наземными пунктами управления и воздушными судами. Необходимо понимать, что выполнение этих задач в условиях дефицита времени будет характеризоваться одновременным вылетом большого числа воздушных судов с аэродромов базирования, с аэродромов исходного района десантирования, что может привести к конфликтным ситуациям, приводящим к нарушению безопасности полетов. Анализ состояния безопасности полетов в том числе и

гражданской авиации Российской Федерации за последние четыре года, [1] подчёркивает, что взлёт, набор заданного эшелона по схеме, а также снижение в районе аэродрома посадки, предпосадочные манёвры и сама посадка являются наиболее сложными и напряжёнными этапами полёта. Зачастую указанные этапы полета могут выполняются в сложных метеоусловиях, в условиях ограниченной видимости и интенсивных полетов коммерческой авиации вблизи крупных аэродромных узлов. Ежегодные статистические данные показывают сохранившуюся устойчивую, повторяющуюся закономерность произошедших катастроф, аварий, инцидентов и происшествий практически с неизменным количественным значением практически в одинаковых условиях. Согласно проведённого исследования в этих условиях достаточно часты нарушения порядка использования воздушного пространства, а именно:

- нарушение интервалов эшелонирования;
- использования воздушного пространства без разрешения;
- использование воздушного пространства запретной зоны ограничения;
- несанкционированное отклонение воздушного судна за пределы границ маршрута;
- взлёт воздушного судна в контролируемое пространство без разрешения органа организации воздушного движения [1].

В этих условиях в настоящее время на практике объективно сложилась потребность в разработке новых подходов к поиску методов сокращения межсамолетных интервалов при обеспечении требуемого уровня безопасности полетов воздушных судов, выполняющих боевые задачи, путём обеспечения необходимой ситуационной осведомленности экипажей, что требует совершенствования способов обеспечения пропускной способности системы связи.

Для исследования конфликтных ситуаций, возникающих в воздушном пространстве во время совершения одновременных полётов нескольких воздушных судов военно-транспортной авиации, необходимо создание моделей, которые позволят имитировать различные условия воздушной обстановки и рассчитывать необходимую вероятность возникновения конфликтных ситуаций.

В настоящее время основным самолетом военно-транспортной авиации остается самолет ИЛ-76МД, десантно-транспортное оборудование которого обеспечивает парашютное десантирование личного состава ВДВ, боевой техники.

Для десантирования боевой техники применяются платформенные и бесплатформенные многокупольные парашютные, парашютно-реактивные системы.

В общем случае процесс десантирования можно разделить на следующие этапы: [2]

- взлет с аэродрома исходного района десантирования и построение боевого порядка;
- выход в район десантирования и на начало боевого пути (НБП);
- вывод самолета в точку начала снижения (ТНС);
- снижение и вывод самолета в точку начала выброски (ТНВ);
- собственно десантирование;
- роспуск боевого порядка.

Рассмотрим возможность возникновения конфликтных ситуаций на этапе взлёта. Для этого предположим, что вылет воздушных судов военно-транспортной авиации происходит с аэродромного узла и характеризуется различной поступательной скоростью W_i и вертикальной скоростью V_i , имеющих дискретность ΔW и ΔV . Для того чтобы данная математическая модель была приближена к реальному процессу, полагаем, что скорость воздушных судов не может различаться более чем на удвоенную величину собственной дискретности:

$$W_{max} \leq W_{min} + 2\Delta W; V_{max} \leq V_{min} + 2\Delta V \quad (1)$$

Предположим, что десантирование выполняют пять воздушных судов ($N=5$) воздушных судов для данных условий задачи, которые наиболее полно отражают тактико-техническое состояние участников движения в случайно выбранный момент времени. Так, например, два самолета имеют максимальные скорости, два- со средние и одно судно- с минимальной скоростью.

Таблица 1 – Скорости воздушных судов

BC1	W_{max}	V_{max}
BC2	W_{max}	V_{max}
BC3	$W_{max} - \Delta W$	$V_{max} - \Delta V$
BC4	$W_{max} - \Delta W$	$V_{max} - \Delta V$
BC5	$W_{max} - 2\Delta W$	$V_{max} - 2\Delta V$

Маршрут движения представляет собой ось, разделенную на шесть участков длиной L , где после взлета на первом участке, происходит разворот на 180° , далее воздушные суда движутся по прямой линии с набором высоты. В зависимости от вертикальной скорости набора высоты на выходе маршрута предусмотрены три различные высоты (эшелона) $FL1, FL2, FL3$.

Участок 1 может считаться бесконфликтным, так как за время Δt между взлетами предполагается выдерживание дистанции L .

Таблица 2 – Потенциально-конфликтные ситуации

Номер ВС	Участок маршрута				
	2	3	4	5	6
BC1	3,4,5	3,4,5	3	-	-
BC2	3,4,5	3,4,5	3,4,5	3	3
BC3	5	5	5	5	-
BC4	5	5	5	5	5

Исходя из представленной модели взлета воздушных судов (ВС), сформулируем правило, обеспечивающее безопасности для каждого воздушного судна. Из таблицы 2 видно, что первое ВС представляет опасность после взлета для взлетевших ранее ВС 4 и 5 на втором и третьем участках маршрута, так как имеет большую поступательную скорость, и для ВС 3 на втором, третьем и четвертом участках, так как на участках 5 и 6 будет выдерживаться безопасный вертикальный интервал. Аналогично рассуждаем для остальных ВС. Считаем, что ВС 5 не представляет опасности после взлета для любых ранее взлетевших ВС, также как и ВС 2 не представляет опасность, взлетая первым или вторым.

Таблица 3 – Потенциально-конфликтные ситуации

Номер ВС	Участок маршрута					
	1	2	3	4	5	6
BC3	-	-	-	-	-	-
BC5	-	-	-	-	-	-
BC1	-	5	3,5	3	-	-
BC4	-	-	5	5	5	5
BC2	-	4	4	4,5	3	3

Для данных условий можно предложить всего $5!$ возможных вариантов порядка вылета, соответственно 120 ситуаций. Так например, случайно выбранный порядок вылета (3;5;1;4;2) создает ситуацию, представленную в таблице 3. В таблице указан номер воздушного судна, с которым возможна потенциально-конфликтная ситуация. Вероятность возникновения потенциально-конфликтной ситуации равна $14/30$ или $0,47$. Учтено, что для ВС 4 второй

участок является бесконфликтным, так как после ВС5 был промежуточный вылет ВС1. [3]

Полученные результаты моделирования показывают достаточно высокую вероятность возникновения конфликтных ситуаций при вылете воздушных судов военно-транспортной авиации с аэродромных узлов.

Наиболее интересным для исследования и являющимся опасным с точки зрения возникновения ситуаций опасного сближения является непосредственно сам процесс десантирования, начинающийся с построения боевого порядка. Суть маневра заключается в смыкании воздушных судов, в компактную группу – на заданные дистанции и интервалы и рассредоточенных на взлетные дистанции.

Рассмотрим один из вариантов прогнозирования опасного сближения воздушных судов военно-транспортной авиации на этапах сбора боевого порядка, основанный на алгоритмах расчёта существующих АСУ [4].

Предотвращение опасного сближения основано на прогнозе – экстраполяции координат конфликтующих объектов и определении возможности достижения минимальной допустимой разности высот между ними. Опасной ситуация будет тогда, когда эти величины становятся менее безопасных:

$$D_{min} \leq D_{без} \text{ и } h \leq h_{без} \quad (2)$$

Пусть для некоторого ВС определены координаты ВС в точках 1 и 2 с интервалом Δt . Разности координат этих точек позволяют вычислить прямоугольные составляющие скорости:

$$V_x = \Delta x / \Delta t \text{ и } V_y = \Delta y / \Delta t \quad (3)$$

А также его скорость V и курс ψ :

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (4)$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{V_x}{V_y} \quad (5)$$

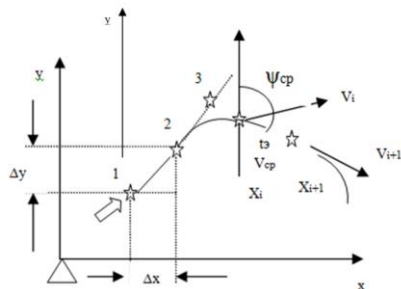


Рисунок 1 – Прогнозирование координат и параметров движения воздушных объектов

Теперь можно экстраполировать предлагаемое положение воздушных судов (в точке 3), как показано на рисунке 1:

$$x_3 = x_2 + V_x \Delta t \quad (6)$$

$$y_3 = y_2 + V_y \Delta t \quad (7)$$

Если поступившее действительное положение X_i объекта значительно отклонится от экстраполированного, то это говорит о его маневре по курсу и/или по скорости с угловой наклонной скоростью (ω) и ускорением (a), которые определяются за время наблюдения ΔT , реально принимаемое равным двум периодам поступления данных, как:

$$\omega = \frac{\psi_{i+1} - \psi_i}{\Delta T} \quad (8)$$

$$a = \frac{v_{i+1} - v_i}{\Delta T} \quad (9)$$

Полученные параметры движения объекта используются для дальнейшей экстраполяции на время t , его курса, скорости и координат следующим образом:

$$\begin{cases} \psi_{i+1} = \psi_i + \omega t_3, \\ v_{i+1} = v_i + at_3, \\ x_{i+1} = x_i + V_{cp} \sin \psi_{cp} t_3, \\ y_{i+1} = y_i + V_{cp} \cos \psi_{cp} t_3 \end{cases}, \quad (10)$$

Текущие скорость и курс ВС определяется на концах периода экстраполяции, а его координаты – по их средним значениям в этом периоде.

Аналогичным образом определяется вертикальная скорость и экстраполированная высота объекта. Полученные данные используются для определения дальности и разности высот для заключения о возможности наступления опасной ситуации к концу периода экстраполяции в данной паре ВС [4].

Приведенный пример прогнозирования ситуаций опасного сближения воздушных раскрывает алгоритмы, используемые при расчётах АСУ, которые могут быть применимы к воздушным судам военно-транспортной авиации на этапах построения боевого порядка.

Рассмотрим ещё один вариант подхода исключению возможности опасного сближения самолетов на этапах десантирования после сбора боевого порядка.

Причинами опасного сближения между двумя последовательными контролями места самолета в боевом порядке являются ошибки:

- измерения фактических дистанций с помощью аппаратуры межсамолетной навигации в момент контроля;
- выдерживание воздушной скорости и режима ее изменения (разгона и торможения);
- определение рубежа начала разгона и торможения;
- определение момента начала разворота на новый курс следования;
- выдерживания угла крена при разворотах и вертикальной скорости при наборах и сближениях;
- выдерживание заданной линии пути.

Опасное сближение самолетов может быть исключено, если между ними в качестве исходной будет назначена минимально безопасная временная дистанция ($\Delta t_{без}$), равная максимальному значению суммарной ошибки, вызванной перечисленными причинами:

$\Delta t_{без}$

$$= t \sqrt{\sigma_{\Delta t_d}^2 + 2(\sigma_{\Delta t_v}^2 + \sigma_{\Delta t_\gamma}^2 + \sigma_{\Delta t_{\pi}}^2 + \sigma_{\Delta t_p}^2 + \sigma_{\Delta t_\beta}^2 + \sigma_{\Delta t_{v\beta}}^2 + \sigma_{\Delta t_{\beta\gamma}}^2)} + t_{зап} \quad (11)$$

где t – параметр гарантийности;

$\sigma_{\Delta t_d}$ – среднее квадратическое отклонение (СКО) частной ошибки, обусловленной ошибками измерения фактической дистанции с помощью аппаратуры МСН;

$\sigma_{\Delta t_v}$ – СКО частной ошибки, вызванной ошибками измерения и выдерживания воздушной скорости;

$\sigma_{\Delta t_\gamma}$ – СКО частной ошибки, вызванной ошибками выдерживания темпа разгона и торможения;

$\sigma_{\Delta t_{\text{пр}}}$ – СКО частной ошибки, вызванной ошибками в определении рубежей начала разгона и торможения;

$\sigma_{\Delta t_{\text{р}}}$ – СКО частной ошибки, вызванной ошибкой в определении момента начала разворота на новый курс следования;

$\sigma_{\Delta t_{\text{в}}}$ – СКО частной ошибки, вызванной ошибкой в выдерживании заданного крена при разворотах;

$\sigma_{\Delta t_{\text{в}}}$ – СКО частной ошибки, вызванной ошибками измерения и выдерживания вертикальной скорости при наборе высоты и снижении;

$\sigma_{\Delta t_{\text{бу}}}$ – СКО частной ошибки, вызванной ошибками выдерживания заданной линии пути (боковым отклонениями);

$\Delta t_{\text{зап}}$ – время, учитывающее запаздывание реакции летчика на опасном сближении.

Приведенный подход к прогнозированию позволяет учитывать весь спектр факторов, оказывающих влияние на возникновение ситуаций опасного сближения. Наиболее подробно рассмотрим параметр $\sigma_{\Delta t_{\text{д}}}$:

$$\sigma_{\Delta t_{\text{д}}} = \frac{\sigma_{\text{д}}}{V} \quad (12)$$

где $\sigma_{\text{д}}$ – СКО ошибки измерения дальности до самолета, идущего впереди, с помощью аппаратуры межсамолетной навигации.

Вывод информации о дальности до воздушного судна на индикатор устройства УВИ для визуального восприятия экипажем имеет погрешность при отображении до 100 м, что в условиях отсутствия визуального контроля положения воздушного судна относительно друг друга приводит к невозможности сокращения межсамолетных интервалов при полётах в боевых порядках.

Направление уменьшения интервалов между воздушными судами военно-транспортной авиации для обеспечения необходимой пропускной способности при выполнении полетов на десантирование, а также повышение ситуационной осведомленности за счёт наличия достоверной информации о месте положения воздушного судна, относительно других воздушных судов боевого порядка с минимальными погрешностями являются перспективными направлениями исследований. Решение данных задач возможно при создании и применении современных отечественных сетей авиационной ДКМВ радиосвязи с использованием технических устройств различных диапазонов, использующих алгоритмы для анализа и выбора оптимальных авиационных ДКМ-радиоканалов с использованием ЛЧМ сигналов.

Рассмотрим вероятность выполнения поставленных боевых задач воздушными судами:

$$P = P_1 * P_2 * P_3 \dots P_n \quad (13)$$

Данная вероятность будет равна произведению вероятностей каждого воздушного, выполняющего боевую задачу, на значение которой оказывают влияние значение вероятности безопасности полёта в целом, управления, поражения средствами ПВО:

$$P_n = P_{\text{бп}} * P_n * P_{\text{упр}}(1 - P_{\text{пор}}) \quad (14)$$

Проведенное математическое моделирование показывает сложность протекающей в воздушном пространстве ситуации и показывает насколько вероятны ситуации возникновения конфликтных ситуаций, которые в свою очередь могут привести к возникновению кризисных ситуаций.

Конфликтные ситуации – это процессы, протекающие в условиях жесткого дефицита времени. Наличие легко доступной, своевременно необходимой для выхода из сложившейся ситуации информации или информации предупреждающей попадание в такую ситуацию является необходимым условием. Поэтому развитие и практическая реализации собственных технологий воздушной радиосвязи, новых способов обеспечения надёжных каналов связи с воздушными судами государственной авиации Российской Федерации при выполнении ими различных полётных заданий на территории Российской Федерации, а также за её пределами может снизить фактор низкой ситуационной осведомлённости, а в ряде случаев полностью исключить.

Качественное выполнение поставленных задач экипажами воздушных судов в перспективе развития растущих требований ко времени их выполнения возможно при условии развития собственных технологий, практических решений, направленных поддержание требуемого состояния безопасности полетов при выполнении боевых задач совместно с другими воздушными судами в условиях, исключающих факторы возникновения кризисных ситуаций при сокращенных интервалах эшелонирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральное агентство транспорта. Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации Российской Федерации. – М., 2016. – 76 с.

2. Толкачев, Ю.Ю. Организация боевого применения авиационных средств поражения. Основы организации прицельной высадки воздушных десантов / Ю.Ю. Толкачев. – Монино, 2004. – 112 с.
3. Борсоев, В.А. Принятие решения в задачах управления воздушным движением. Методы и алгоритмы / В.А. Борсоев. – М., 2018. – 76 с.
4. Межсамолетная навигация и наведение самолетов (вертолетов). – Монино, 2009. – Ч.1. – 24 с.

УДК 532.6.013

С.А. Попов

*Военный учебно-научный центр «Военно-воздушная академия»
им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)*

ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ ПРОТИВОШТОПОРНОГО ПАРАШЮТА НА ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ МАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА В ОБЛАСТИ ОПАСНЫХ РЕЖИМОВ ПОЛЕТА

Анализ статистики авиационных происшествий показывает возрастающую с годами долю происшествий, связанных с попаданием самолета на критические режимы сваливания и штопора.

Для предотвращения непроизвольного попадания самолета на критические режимы и выхода из них, разрабатываются различные конструктивные мероприятия. К числу таких мероприятий относится использование различных противоштопорных парашютов (ПШП).

Авторами для проведения исследования влияния работы противоштопорного парашюта на параметры движения маневренного самолета в предельной по углу атаки области режимов полета была разработана математическая модель, включающая систему динамических и кинематических уравнений [1].

Для определения величин моментов рыскания и тангажа от ПШП использовались следующие выражения:

$$M_y(I) = X_{II} l_{II} \sin(\beta + \beta^*), \quad (1)$$

$$M_z(I) = X_{II} l_{II} \sin(\alpha + \alpha^*), \quad (2)$$

где X_{II} – сила сопротивления ПШП, l_{II} – расстояние от точки крепления троса ПШП до центра масс самолета, α^* , β^* – углы, определяющие взаимное положения вектора скорости V и ПШП (рисунок 1).

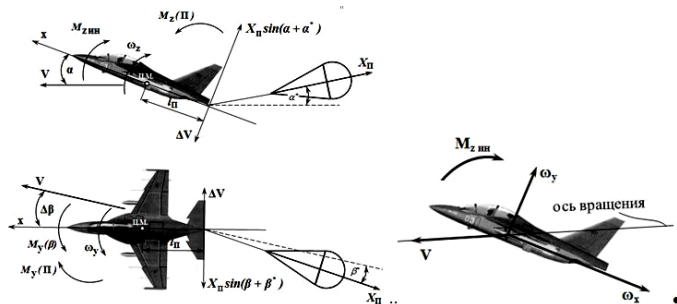


Рисунок 1 – Моменты, действующие на самолет при использовании ПШП

Для определения углов α^* и β^* используется выражение:

$$\alpha^* = \frac{\Delta V}{V} = \frac{\omega_z l_{П}}{V}, \quad (3)$$

$$\beta^* = \frac{\Delta V}{V} = \frac{\omega_y l_{П}}{V}, \quad (4)$$

Для проведения исследований использовалась, созданная автором в среде *MATLAB Simulink* программа для ЭВМ.

В качестве начальных параметров движения принимались параметры прямолинейного горизонтального полета, которые на сбалансированном самолете с течением времени не изменяются ($\alpha_{П} = \text{const}$, $\beta = 0$, $\gamma = 0$).

В области предельных по углу атаки режимов полета у рассматриваемого самолета Як-130 снижается путевая устойчивость [2]. При $\alpha > 30^\circ$ и неотклоненных носках крыла ($\delta_n = 0$) самолет становится неустойчивым ($m_y^\beta > 0$). В этом случае под действием момента $M_y(\beta)$ (рисунок 1) на изменение угла скольжения $\Delta\beta$ самолет отреагирует появлением скорости рыскания ω_y , направленной в сторону от вектора скорости V (угол скольжения будет самопроизвольно увеличиваться).

В случае сохранения в рассматриваемой области углов атаки поперечной устойчивости ($m_x^\beta < 0$) самолет будет реагировать на скольжение появлением момента крена $M_x(\beta)$ в сторону отстающего крыла.

Под действием момента $M_x(\beta)$ развивается скорость крена. Наличие двух угловых скоростей ω_x , ω_y обуславливает появление дестабилизирующего инерционного момента тангажа $M_z_{ин}$

(рисунок 1), под действием которого угол атаки с течением времени будет увеличиваться (рисунок 2).

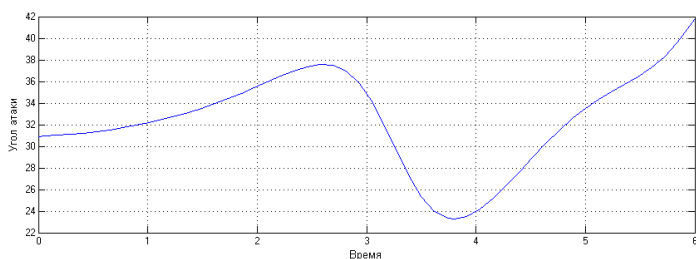


Рисунок 2 – Зависимость угла атаки от времени
(без использования ПШП)

При выпуске ПШП создаются стабилизирующие моменты $M_z(\Pi)$, $M_y(\Pi)$, действующие в сторону уменьшения углов атаки и скольжения (рисунок 1).

Результаты исследования влияния параметров ПШП (площади купола S_{Π}) на параметры движения самолета показывают, что с увеличением площади купола возрастает интенсивность уменьшения угла атаки, что обусловлено очевидно, увеличением силы сопротивления X_{Π} , а, следовательно, момента $M_z(\Pi)$. Подбором оптимальных параметров ПШП можно добиться требуемых характеристик переходных процессов (зависимости угла атаки времени).

Таким образом, применение противотопорного парашюта позволяет создать стабилизирующие моменты, направленные на вывод самолета из области критических режимов полета, а значит повысить безопасность полета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Попов, С.А. Динамика полета: учебное пособие / С.А. Попов, В.Н. Попов. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – 345 с.
2. Самолет Як-130 УБС. Аэродинамика и летные характеристики / под ред. В.А. Подобедова. – М.: Машиностроение, 2015. – 350 с.

УДК: 341(063)

Н.Ш. Сальпиева, Б.Т. Бакасов

Кыргызский Авиационный институт им. И. Абдраимова

СОТРУДНИЧЕСТВО КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В Кыргызской Республике важную роль играет гражданская авиация, поскольку географически страна не имеет выхода к морю и 94 % территории занимают горные местности, поэтому востребованность в воздушном транспорте остается высокой и представляется самым эффективным и удобным видом транспорта, обеспечивающим сообщение людей, доставку почты, багажа и груза [1, с.3].

С переходом на рыночные отношения во всех государствах СНГ существенное влияние на функционирование всей авиационной отрасли оказал стремительный рост количества эксплуатантов (авиакомпаний), обусловивших не только прямое несовпадение интересов коммерции и безопасности полетов, но и привело к появлению новых факторов аварийности [2, с.31].

Вместе с тем, по данным международной статистики в настоящее время особое внимание государств привлекают акты незаконного вмешательства в деятельность гражданской авиации, такие как: угон воздушного судна, попытка захвата воздушного судна; случаи несанкционированных проникновений в воздушный борт и террористические акты с использованием самих воздушных судов и на объекты гражданской авиации; инциденты (ложные сообщения об имеющейся бомбе или взрывчатках), связанные с обеспечением авиационной безопасности.

Отметим, что в тридцатых годах прошлого столетия активизировался рост незаконных актов в отношении воздушных судов, которые в большей части касались угонов воздушных судов гражданской авиации.

На протяжении нескольких десятилетий государства предпринимают попытки международно-правового сотрудничества путем принятия ряда основных международных актов по противодействию и незаконному вмешательству в деятельность гражданской авиации: Конвенции о международной гражданской авиации (Чикаго, 7 декабря 1944 г.); Конвенции о преступлениях и некоторых других актах, совершаемых на борту воздушных судов (Токио, 14 сентября 1963 г.); Конвенции о борьбе с незаконными актами, направленными против безопасности гражданской авиации (Монреаль, 23 сентября 1971 г.); Протокола, изменяющего Конвенцию о преступлениях и некоторых других актах, совершаемых на борту воздушных судов (Монреаль,

04 апреля 2014 г.) и т.п. по различным правовым механизмам обеспечения воздушной безопасности.

Поэтому с целью эффективного международно-правового сотрудничества в сфере воздушной безопасности все страны СНГ, в том числе Кыргызстан ратифицировали Чикагскую конвенцию по международной гражданской авиации [3].

Отметим, еще в декабре 1991 г. главы правительств государств-участников СНГ подписали Межправительственное соглашение по гражданской авиации и об использовании воздушного пространства с созданием региональной организации сотрудничества - Межправительственного авиационного комитета СНГ (МАК), зарегистрированного в ИКАО в качестве межправительственной организации.

В функции ИКАО входит деятельность по унификации и стандартизации национальных законодательств государств в сфере развития гражданской авиации и рекомендации от государств-участников по принятию превентивных мер для предотвращения нападений и противоправных актов в соответствии с существующими рисками.

Усиление и необходимость сотрудничества государств в обеспечении воздушной безопасности подтвердили трагические события - террористические акты, совершенные на территории США в сентябре 2001 г.

Рост случаев захвата и угона гражданских воздушных судов, террористических актов, подрывающих безопасность воздушного пространства, вынудило организацию ИКАО разработать в апреле 2017г. специальное Приложение 17 к Чикагской конвенции под названием «Безопасность. Защита гражданской авиации от актов незаконного вмешательства» касающиеся обеспечения безопасности на земле (безопасность в неконтролируемой зоне аэропорта) [4].

Так, организация и использования воздушного пространства Кыргызской Республики осуществляется на основании государственных нормативных документов и в соответствии с условиями, установленными международными договорами, правилами и рекомендуемой практикой Международной организации гражданской авиации, поскольку страна является полноправным членом ИКАО с 1992 года.

Основным нормативно-правовым документом в области регулирования воздушного пространства и обеспечения воздушной безопасности является Воздушный кодекс Кыргызской Республики, где в ст.62. дано определение понятия «авиационная безопасность», где регламентируется правовой статус служб обеспечения АБ:

«Авиационная безопасность означает комплекс мер, людских и материальных ресурсов, предназначенных для защиты гражданской авиации от актов незаконного вмешательства» [5].

Подобная формулировка содержится в Воздушных кодексах Российской Федерации [6], в главе 12 (ст.83) «Авиационная безопасность» и Республики Беларусь [7], глава 11 (ст.77): «Авиационная безопасность - состояние защищенности авиации от незаконного вмешательства в деятельность в области авиации».

В законодательстве Республики Казахстан об использовании воздушного пространства глава 14. (ст.105) определяет, что «авиационная безопасность - защита гражданской авиации от актов незаконного вмешательства, которая достигается путем реализации комплекса мер и привлечения людских и материальных ресурсов» [8].

С целью унифицированных подходов к законодотворчеству в сфере воздушного права Республике Казахстан предстоит кодифицировать авиационные законы в единый Воздушный кодекс.

Необходимо отметить некоторые особенности законодательств по членству государств-членов ЕАЭС, в которых имеется ряд отличий от стандартов ИКАО. По данным экспертов [9], проводивших в 2019 году сравнительный анализ законодательств государств-членов Евразийского Экономического Союза в части регулирования правовых, организационных, технических аспектов гражданской авиации, имеются проблемы общего характера:

- во-первых, это неурегулированность вопросов в сфере обеспечения безопасности в неконтролируемых зонах аэропортов, особенно кибербезопасности, в технических средствах обеспечения безопасности при обслуживании грузов и почты (внедрение системы безопасной цепочки поставок).

- во-вторых, при предоставлении услуг в области авиационной безопасности имеют место различные подходы к сборам за авиационную безопасность. К примеру, в Республиках Армения и Российской Федерации взимание сбора за авиационную безопасность производится с каждого пассажира. На территории трех других государств (Республик Беларусь, Казахстана, Кыргызской Республики) сбор взимается от максимальной массы воздушного судна. Это говорит о том, что в законодательствах указанных государств не унифицирован и не установлен единый тариф (сбор) за авиационную безопасность.

- в-третьих, за нарушения требований по авиационной безопасности различен порядок привлечения к административной ответственности.

По сравнению с республиками Армении, Казахстана и Кыргызской Республики, в Республике Беларусь и Российской

Федерации применяются более строгие административные меры ответственности.

- в-четвертых, отличия в полномочных органах, непосредственно обеспечивающих авиационную безопасность на территории аэропортов. В Российской Федерации безопасность обеспечивается службами авиационной безопасности, а также ведомственной охраной Министерства транспорта РФ, тогда как, в Республиках Беларусь, Казахстан, Армения, Кыргызской Республике, обязанности по охране, защите и обеспечению безопасности возложены на собственные службы авиационной безопасности самих аэропортов, которые имеют особый статус.

К тому же, преимущественный финансовый и моральный ущерб авиакомпаниям и аэропортам наносят угрозы, проверка которых вызывает порой задержки рейсов, вынужденные посадки самолетов, повторные проверки воздушных судов, досмотр пассажиров, багажа, груза, имеющих для безопасности и регулярности авиасообщений большое значение [10].

Итак, положения законодательств государств СНГ в основном схожи, так как обозначены основные понятия международной воздушной перевозки, правовой статус, ответственность перевозчика, эксплуатанта воздушного судна, нормы обязательного страхования ответственности с третьими лицами, размеры страховых взносов, что соответствуют международным правилам обеспечения воздушной безопасности, содержащихся в нормах Варшавской конвенции 1929 г. [11] и в Приложениях к Чикагской конвенции 1944 года под эгидой ИКАО.

Поэтому Приложения к Чикагской конвенции составляют основу международных стандартов по воздушному праву: если государство-участник не заявило о своем несогласии со стандартом, последний становится для него обязательным (ст. 90 Чикагской конвенции).

Значит, государствам необходимо усилить межгосударственное сотрудничество по унификации и приведения нормативно-правовых актов (правил, рекомендаций), касаемых уполномоченных органов в соответствие с международными стандартами и рекомендуемой практикой ИКАО в области авиационной безопасности.

Отметим также, что одной из функций ИКАО – это оказание помощи развивающимся странам: ежегодно 90 государств третьего мира безвозмездно пользуются помощью экспертов, получают возможность для подготовки специалистов и поставки аэронавигационного оборудования.

Основные формы сотрудничества государств СНГ представлены двусторонними межправительственными

соглашениями по воздушным сообщениям, выдаваемые правительствами (Министерствами) разрешительных документов для полетов иностранных воздушных судов в их воздушных пространствах.

На сегодняшний день тенденции развития межгосударственного сотрудничества Кыргызстана в сфере воздушной безопасности полетов представлены 25 двусторонними соглашениями, приведем некоторые из них:

- Соглашение между Правительством Кыргызской Республики и Правительством Российской Федерации о воздушном сообщении и сотрудничестве в области воздушного транспорта от 28 марта 1996 года [12, с.3];

- Соглашение между Правительством Кыргызской Республики и Правительством Республики Беларусь о воздушном сообщении от 2 февраля 2000 года;

- Соглашение между Министерством обороны Кыргызской Республики и Министерством обороны Российской Федерации о сотрудничестве в области безопасности полетов государственных воздушных судов от 23 ноября 2006 года;

- Соглашение между Правительством Кыргызской Республики и Правительством Республики Армения об установлении воздушных сообщений от 4 апреля 2002 года;

- Соглашение между Правительством Республики Казахстан и Правительством Кыргызской Республики о воздушном сообщении и сотрудничестве в области воздушного транспорта от 18 февраля 1994 года;

- Меморандум об открытии воздушного сообщения на воздушной линии Бишкек – Астана и Астана – Бишкек между Министерством транспорта и коммуникаций Кыргызской Республики и Министерством транспорта и коммуникаций Республики Казахстан от 17 апреля 2008 года;

Указанные соглашения регламентируют совершение посадок на территории договаривающегося государства в некоммерческих целях.

В настоящий момент Кыргызстан располагает 11 аэропортами, из которых действуют только 5 (Ош, Бишкек, Баткен, Джалал-Абад, Исфана).

Остальные аэропорты простаивают из-за коммерческой невыгодности внутренних перевозок. Все эти аэропорты эксплуатируются АО «Международным аэропортом Манас», 80 % долевого участия находится в собственности государства.

Пять авиакомпаний в Кыргызстане осуществляют регулярные пассажирские перевозки с авиапарком марки A320 и B737-300.

По мнению П.А.Григорян, обеспечение авиационной безопасности в разных странах осуществляется неравномерно. Это

связано со многими факторами – от экономического состояния государства и до уровня взаимного сотрудничества с другими государствами и международными авиационными организациями [13, с.103].

Кыргызские авиалинии с 2006 г. пока находятся в «черном списке» Евросоюза, причиной являются проблемы организационного, финансового и технического характера по обеспечению безопасных полетов.

Проблемами воздушной отрасли в Кыргызстане являются нехватки современных аэробусов, недостаточности иностранных инвестиций, средств государственного бюджетного финансирования, советское наследие устаревших аэронавигационных, радиотехнических, радиолокационных средств и коммуникационного оборудования, качество подготовки и обучение госслужащих для отрасли.

Несмотря на указанные проблемы положительными тенденциями государственной политики в сфере обеспечения авиационной безопасности явились следующие мероприятия:

- либерализация и совершенствование воздушного законодательства и политика внедрения «пятой «свободы воздуха», предполагает взаимное предоставление договаривающимися государствами взаимных привилегий на воздушные полеты в любые точки территории друг друга.

- реконструкция аэропорта «Манас» как транзитного карго-центра, что в будущем соединит Европу и Юго-Восточную Азию, удлинение взлетно-посадочной полосы («Ош»), реконструирован аэровокзальный комплекс («Иссык-Куль»), модернизируется аэронавигационное оборудование и коммуникации [14].

- Агентство гражданской авиации при Министерстве транспорта и коммуникаций КР - основной полномочный орган по авиационной безопасности ответственен за разработку, осуществление и обеспечение выполнения требований авиационной безопасности в гражданской авиации КР.

- в 2017–2018 гг. Кыргызстан при технической помощи экспертов Еврокомиссии, успешно прошел аудит ИКАО, который с 2013 г. использует механизм мониторинга (контроля) над соблюдением правил и обеспечением авиационной безопасности государств-членов организации. Впоследствии предстоит рабочий аудит по сделанным замечаниям и устранению недостатков, влияющих на авиационную безопасность в стране.

- для аэропортов и авиакомпаний разработана Программа контроля качества в сфере обеспечения авиационной безопасности ГА КР.

Государствам-членам необходимо тесно сотрудничать с координируемыми ИКАО миссиями контроля в и проверки

состояния безопасности воздушных полетов, а также качественной организации непрерывной работы авиационных администраций.

Таким образом, все предпринимаемые государствами меры по эффективному обеспечению авиационной безопасности требуют согласованного сотрудничества всех государств, предусмотренные нормами Международной организации гражданской авиации в сфере защиты объектов гражданской авиации от актов незаконного вмешательства, требования к которым установлены международными соглашениями государств и другими программными документами государств.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия развития гражданской авиации Кыргызской Республики на 2013-2020 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://caa.kg/wp-content/uploads/2016/08/-1.pdf>.

2. Вайсберг, И. Безопасность полетов в гражданской авиации стран СНГ: итоги десятилетия [Текст] / И.Вайсберг // Авиапанорама. – 2002. – № 3. - С. 31-35.

3. Конвенции по международной гражданской авиации: подп. в Чикаго в 1944 году: офиц. текст [Электронный ресурс]: ратифицирована Постановлением Верховного Совета Республики Кыргызстан, 18 декабря 1992 г., № 1117-XII. – Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/17485?cl=ru-ru>.

4. Приложение 17 к Конвенции о международной гражданской авиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.6pl.ru/asmap/Annexes/an_17_cons_ru.

5. Воздушный кодекс Кыргызской Республики [Электронный ресурс]: введен в действие Законом КР, 6 августа 2015 года, № 219. – Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/111262>.

6. Воздушный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации [Электронный ресурс]: принят Госуд. Думой 19 февраля 1997 года, № 60-ФЗ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9040995>.

7. Воздушный Кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]: введен в действие Законом РБ от 16 мая 2006 года, № 117-З. – Режим доступа: https://kodeksy-by.com/vozdushnyj_kodeks_rb.htm.

8. Закон Республики Казахстан «Об использовании воздушного пространства Республики Казахстан и деятельности авиации» [Электронный ресурс]: [вводится в действие Законом РК 15 ноября 2020 г.]: офиц. текст: по состоянию на 7 июля 2020г. / М-во юстиции Респ.Каз. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30789893.

9. Сравнительный анализ законодательства государств-членов в области гражданской авиации на соответствие стандартам и рекомендуемой практике ИКАО по результатам проведенных научных исследований: аналитический доклад Евразийской экономической комиссии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/energetikaiinfr>.

10. Бекашев, К.А. Международное публичное право: учебник [Электронный ресурс] / К.А.Бекашев. - М.: Проспект, 2019. – Режим доступа: <http://ebs.prospekt.org/book/42150>.

11. Варшавская конвенция об унификации некоторых правил, касающихся международных воздушных перевозок [Текст]: [подписана в г.Варшава, 12 октября 1929 г.] // Ведомости ВС СССР. – 1957. – № 8. – С. 217.

12. О выполнении двусторонних соглашений о воздушном сообщении в части предоставления права на техническую посадку с некоммерческими целями в международных аэропортах государств-членов. ЕАЭС авиакомпаниям другого государства-члена ЕАЭС по итогам мониторинга: анализ. доклад [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/energetikaiinfra/transport/air>.

13. Григорян, П.А. Международно-правовой режим авиационной безопасности / П.А. Григорян: дис... канд.юрид.наук: 12.00.10: защищена 19.12.2018, -- М., 2018.- 172 с.

14. Национальная стратегия развития Кыргызской Республики на 2018-2040гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.stat.kg > media > files](http://www.stat.kg/media/files).

УДК 656.078

А.С. Сенько

Белорусская государственная академия авиации

МОДЕРНИЗАЦИЯ АЭРОПОРТА ГОМЕЛЬ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО КОМПЛЕКСА «КОМПЛЕКС УДТ ОВД»

Тренажерная подготовка летного и нелетного авиационного персонала является неотъемлемой частью процесса обучения. В УО «Белорусская государственная академия авиации» тренажерная подготовка осуществляется на базе электронного учебного комплекса «Комплекс УДТ ОВД». Более подробная информация о «Комплексе УДТ ОВД» содержится в статье «Разработка дополнительных элементов для электронного учебного комплекса «Комплекс УДТ ОВД» с целью повышения эффективности практического обучения».

В целях обеспечения соответствия отображаемой информации реальным условиям, необходима регулярная корректировка и правка введенных в систему «Комплекс УДТ ОВД» данных. В случае модернизации аэропорта Гомель для использования в среде «Комплекс УДТ ОВД» объем работ по корректировке был весьма существенным, поскольку реальная конфигурация аэропорта в системе (рисунок 1) не соответствовала его конфигурации согласно сборнику аэронавигационной информации Республики Беларусь.

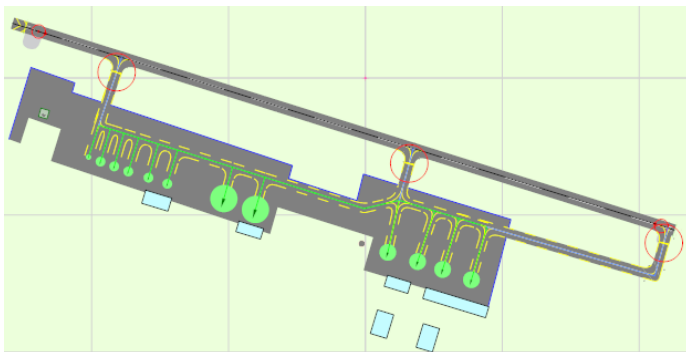


Рисунок 1 – Исходная конфигурация аэропорта Гомель

В результате модернизации аэропорта Гомель в системе «Комплекс УДТ ОВД» были внесены следующие коррективы:

- переработана конфигурация рулевых дорожек, отредактированы их разметка и освещение;
- перенастроена разметка и светосигнальное оборудование ВПП;
- скорректирована расстановка радиотехнических средств навигации и посадки. В частности, было изменено местоположение VOR-маяк GOL в соответствии с актуальными данными (с торца взлетно-посадочной полосы 28 маяк был перемещен к торцу взлетно-посадочной полосы 10);
- настроены огни подхода соответствующих систем для каждого из посадочных курсов (огни расположены по схеме Альпа-Ата);
- установлено на свои места действительное количество стоянок с соответствующей нумерацией, добавлена их разметка;
- установлены зоны предварительного старта и обозначающие их рулевые знаки;
- выполнено построение схем захода на посадку по ILS, VOR и NDB;
- установлены здание терминала, ангары, осветительные мачты с эффектом свечения в темное время суток;
- добавлена специализированная техника для обслуживания воздушных судов и аэропорта.

Полученный результат представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Результат модернизации аэропорта Гомель в среде «Комплекс УДТ ОВД»

Результатом проведенной работы стало практически полное соответствие конфигурации аэропорта Гомель в среде «Комплекс УДТ ОВД» реальному аэропорту. Это позволит повысить качество и уровень подготовки курсантов, обучающихся по специальности «Организация движения и обеспечение безопасности на воздушном транспорте» поскольку курсанты на этапе обучения они будут подготовлены к реальным условиям работы в аэропорту Гомеля. Подобные модернизации планируется провести во всех областных аэропортах.

В добавок к этому, «Комплекс УДТ ОВД» может быть использован и при обучении пилотов, поскольку основная его часть построена на базе «Microsoft Flight Simulator 2004». Совместное использование этой программы с программой «FlightSimCommander», позволяющей строить маршруты на основе реальных аэронавигационных данных и выполнять полёты по ним. В перспективе возможно проведение совместных занятий по подготовке пилотского и диспетчерского составов. При проведении таких занятий курсанты, обучающиеся на пилотов, смогут получить базовые навыки пилотирования и радиообмена между пилотом и диспетчером. Курсанты, обучающиеся управлению воздушным движением, смогут закрепить пройденный теоретический материал по дисциплинам «Организация воздушного движения» и «Правила, процедуры и технология организации воздушного движения».

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хаук, Х. Airport Design Editor. Руководство пользователя / Х. Хаук. – The Scruffyduck Software Company, 2015. – 309 с.
2. Сборник аэронавигационной информации Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Официальный сайт государственного предприятия «Белэронавигация». – Режим доступа: <http://www.ban.by/AIP/AIP02012020/html/index.html>. – Дата доступа: 29.09.2020.
3. Сертификационные требования к аэродромам гражданской авиации Республики Беларусь: Постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, 30 апреля 2019 г., № 26. – Минск, 2019. – 41 с.

УДК 519.23; 629.056.8

О.Н. Скрыпник, Е.А. Ильюк

Белорусская государственная академия авиации

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ В КОНЦЕПЦИИ ОПЕРАЦИЙ, ОСНОВАННЫХ НА ТРАЕКТОРИЯХ

Увеличение объемов перевозок, выполняемых авиационным транспортом, ведет к повышению интенсивности и плотности воздушного движения. В связи с этим возникает проблема повышения эффективности авиационной транспортной системы: построение более оптимальных маршрутов, уменьшение полетного времени, расхода топлива, ресурса воздушных судов (ВС).

Решение этой проблемы заключается во внедрении новых подходов к организации воздушного движения, базирующихся на концепциях ICAO CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance /Air Traffic Management) и PBN (Performance Based Navigation) – навигации, основанной на характеристиках.

Целью усовершенствованной технологии CNS+A (Связь, Навигация, Наблюдение/Организация Воздушного Движения + Авионика) является гарантирование эффективности, безопасности и экологичности использования воздушного пространства. В развитии технологии CNS+A можно выделить три фазы [1]:

- операции, основанные на времени (Time-Based Operations). При этом типе операций маршрут строится из расчета времени прибытия в определённый пункт маршрута, однако тогда траектория ВС представляет собой ломаную линию, следовательно, она далека от оптимальной.

- операции, основанные на характеристиках (Performance Based Navigation). Операции являются способами зональной навигации, которые ограничены навигационными характеристиками ВС, описанные как спецификации RNAV и RNP.

- операции, основанные на траекториях (Trajectory-Based Operations, ТВО) [2]. Такие операции используют 4D-траектории, которые определяют путь ВС в трех пространственных измерениях и во времени от точки вылета до места назначения.

Операции ТВО рекомендованы для будущей системы организации воздушного движения (ОрВД) на глобальном и региональном уровнях [3]. В основе ТВО предполагает большую точность определения местоположения ВС (текущего либо прогнозируемого). При этом создание среды ОрВД, основывается на использовании GNSS.

Маршрут может быть оптимален по различным критериям, таким как: минимальный расход топлива, минимальное время и минимальное пройденное расстояние. Однако, улучшение какого-либо критерия не должно препятствовать обеспечению требуемого уровня безопасности полетов.

При использовании концепции ТВО применяются методы оптимального управления, когда находятся условия (оптимальное управление ВС) для полета по заранее рассчитанной траектории, либо используются методы оптимизации, когда в заданном воздушном пространстве строится оптимальная траектория по заданным критериям.

В [4] рассмотрены методы решения задачи оптимизации траекторий с несколькими критериями (МОТО – multi-objective trajectory optimization), для удовлетворения требования процедур с дополнительными ограничениями по экономическим, экологическим и эксплуатационным параметрам. В [5] рассмотрена задача создания 4D-траектории в зоне аэродрома (ТМА – Terminal Maneuvering Area).

В статье [6] сравниваются методы построения оптимальных траекторий при полете ВС по трассам и в зоне аэродрома. В случае оптимизации трассовой траектории можно упростить задачу за счет использования только двух пространственных измерений и времени, поскольку эшелон полета прописан. Оптимизация же траекторий в ТМА требует реализации 4D-формулировки задачи оптимального управления. На рисунке 1 [6] показана блок-схема алгоритма МОТО-4D для аэродромной зоны, на котором отображены все части процесса генерации оптимальных и гибких 4D-траекторий.

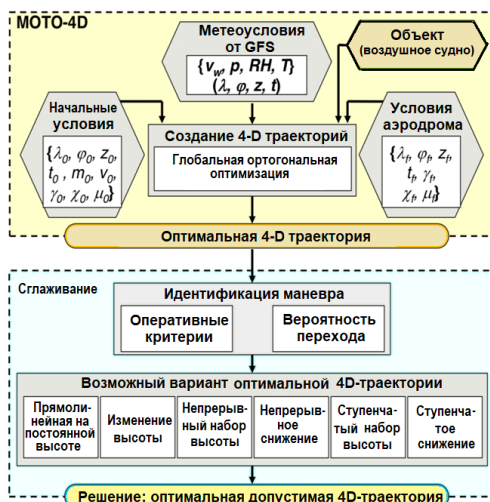


Рисунок 1 – Блок-схема MOTO-4D алгоритма для операций в ТМА

Для реализации алгоритмов оптимизации необходима надежная навигационная система, которая способна обеспечить точное позиционирование ВС. Такой системой для ТВО является GNSS. При этом необходимо иметь информацию о фактической и прогнозируемой точности навигационно-временного поля GNSS, его целостности и надежности.

В [7] рассмотрен алгоритм 4D-оптимизации для инструментальных заходов на посадку с использованием GNSS для фаз снижения и начального GNSS-подхода, при нахождении в ТМА нескольких ВС с пересекающимися траекториями. При этом необходимо учитывать влияние факторов, снижающих эффективность работы GNSS в зоне аэродрома: геометрическое затенение спутников объектами инфраструктуры аэродрома или рельефом местности, ухудшение геометрического фактора и т.д. Исключение влияния этих факторов на эффективность работы алгоритмов оптимизации возможно путем создания системы контроля целостности GNSS, основанной на авионике – ABIA (Avionics Based Integrity Augmentation system). Архитектура такой системы представлена на рисунке 2.

Улучшение характеристик поля точности GNSS возможно за счет систем функционального дополнения типа SBAS и GBAS (LAAS), а также созданием интегрированного навигационно-временного поля в заданной зоне пространства. Такое поле может быть создано дополнением GNSS стационарными или

динамичными псевдоспутниками, либо транспондерами системы автоматического зависимого наблюдения АЗН-В, выполняющими роль навигационных опорных точек.

Геометрические и эвристические методы, используемые при построении и оптимизации траекторий, базируются на методах искусственного интеллекта. Так, в работе [7] рассмотрено применение генетических алгоритмов для построения оптимальных траекторий в ТМА. В работе [8] показано применение алгоритмов теории графов (A-star и Дейкстры) для построения оптимальных по длине линии фактического пути траекторий в динамичном поле точности ГЛОНАСС.

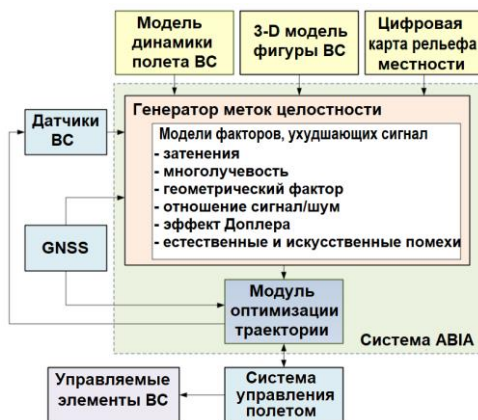


Рисунок 2 – Архитектура системы АВИА

Таким образом, оптимизация траекторий полёта заключается в реализации глобальной концепции операций, основанных на траекториях – ТВО. При этом необходимо строить траектории для определённого воздушного пространства и фазы полёта, учитывая это при задании граничных и начальных условий при решении задачи оптимизации или оптимального управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. European ATM Master Plan – the Roadmap for Sustainable Air Traffic Management, SESAR JU, Brussels. –Belgium, 2012. – 38 p.
2. JPDO Trajectory-Based Operations (TBO) Study Team Report, NextGen Joint Planning and Development Office. – 2011. – 108 p.
3. Global Air Navigation Plan. Fifth Edition. – 2016. – 142 p.
4. Gardi, A. Multi-Objective Optimisation of Aircraft Flight Trajectories

in the ATM and Avionics Context / A. Gardi, R. Sabatini, S. Ramasamy // Progress in Aerospace Sciences. – 2016. – № 3. – P.37.

5. A new computational technique for the generation of optimised aircraft trajectories / K. Chircop, A. Gardi, D. Zammit-Mangion, R. Sabatini // Nonlinear Engineering. – 2017. – № 3. – P.19.

6. Automated ATM System Enabling 4DT-Based Operations / A. Gardi, R. Sabatini, S. Ramasamy, M. Marino, T. Kistan // SAE Technical Paper. – 2015. – № 2. – P.7

7. Optimization of Flexible Approach Trajectories Using a Genetic Algorithm / F. J. Vormer, M. Mulder, M. M. van Paassen, J. A. Mulder // Journal of Aircraft. – 2006. – Vol. 43, No. 4. – P. 941-952.

8. Скрыпник, О.Н. Оптимизация траектории полета воздушного судна в динамичном поле точности ГЛОНАСС / О.Н. Скрыпник, Н.Г. Арефьева, Р.О. Арефьев // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2018. – Т.21, № 5. – С. 56–66.

УДК 519.23; 629.056.8

О.Н. Скрыпник, А.С. Малиновская

Белорусская государственная академия авиации

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИСИСТЕМНЫХ GNSS ПРИЕМНИКОВ

В настоящее время навигация в гражданской авиации базируется на широком применении спутниковых систем GNSS (Global Navigation Satellite System) – ГЛОНАСС (Россия) и GPS (США) при доступности их сигналов на одной частоте диапазона L1. Это в ряде случаев не обеспечивает требуемую точность, надежность, целостность и функциональную готовность системы навигации. Достижение большей точности возможно при решении навигационной задачи по всем наблюдаемым спутникам от нескольких систем. Рассматривается использование комбинированного (мультисистемного) режима и для улучшения функции контроля целостности в приемнике – ARAIM (Advanced Receiver Autonomously Integrating Monitoring). Использование мультисистемных GNSS приемников одобрено Международной организацией гражданской авиации ИКАО [1].

Мультисистемными (комбинированными) называют приемники GNSS, позволяющие работать по одному или нескольким созвездиям навигационных спутников (НС). Уже существуют комбинированные приемники GPS и ГЛОНАСС, которые активно используются в геодезии и авиации, а в перспективе стоит вверение в активное использование приемника трех и четырех систем, включая китайскую систему Beidou и европейскую систему Galileo. Это стало возможным благодаря выпуску Интерфейсного контрольного документа (ICD) для Beidou, позволив разработчикам сделать финальные шаги по

декодированию сообщений и расчету эфемерид и добавить их в системы, отслеживающие сигналы Beidou.

Так, например, приемнику Teseo-2 от компании STMicroelectronics для работы с Beidou требовалась аппаратная доработка в виде дополнительного радиочастотного препроцессора. Кроме того, поддерживая все четыре группы спутников, он не работал со спутниками Beidou и GPS/Галилео одновременно. Усовершенствованный приемник Teseo-3 появился в конце 2013 года, вернув к жизни оптимальный одночиповый форм-фактор: радиочастотная часть, объединенная с цифровым чипом и флэш-памятью под одним корпусом, позволяющая одновременно использовать сигналы Beidou и GPS/Галилео. Недостатком является дополнительная уязвимость к помехам из-за 50 МГц диапазона препроцессора. Кроме того, дополнительный чип повышает уровень энергопотребления.

Работа GNSS приемника в мультисистемном режиме обеспечивает лучшие условия навигационного сеанса, которые можно характеризовать геометрическим фактором (GDOP – Geometrical Dilution Of Precision). GDOP – это параметр, который зависит от числа и расположения относительно потребителя НС рабочего созвездия (по сигналам которых выполняются навигационные определения). Очевидное преимущество комбинированного приемника заключается в способности принимать большое число сигналов от НС различных систем, что обеспечивает повышенную вероятность местоопределений при затрудненных условиях приема [2].

В Российской Федерации успешно освоен выпуск мультисистемных ГЛОНАСС/GPS приемников и накоплен определенный опыт их эксплуатации. Рассмотрим результаты исследований приемника Геос-1М, который может работать по системам ГЛОНАСС и GPS отдельно, а также в совмещенном режиме.

Эксперименты проводились в пункте А - на открытой местности и пункте Б – в городской черте. Расстояние между пунктами 18,6 км, что обеспечивало практически совпадающие орбитальные группировки спутников в зоне видимости. Но, в п. Б часть НС оказывалась в зоне затенения из-за высотных зданий вблизи антенны, поэтому прием сигналов от них был невозможен. А также в п. Б мог присутствовать эффект многолучевого приема.

В процессе измерений фиксировались координаты приемника, количество и номера наблюдаемых НС, вертикальный VDOP и горизонтальный HDOP геометрические факторы. По полученным измерениям проводилась статистическая обработка данных позиционирования с целью определения среднеквадратической

погрешности (СКП) измерений каждой из координат согласно выражению:

$$\sigma_x = \frac{1}{N-1} \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - m_x)^2},$$

где N – число измерений, x_i – измеренное приемником на i -м шаге значение координаты, $m_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$ – оценка истинного

значения координаты приемника.

Результаты исследований погрешностей позиционирования в виде диаграмм рассеяния их мгновенных значений по широте и долготе представлены на рисунке 1 [3].

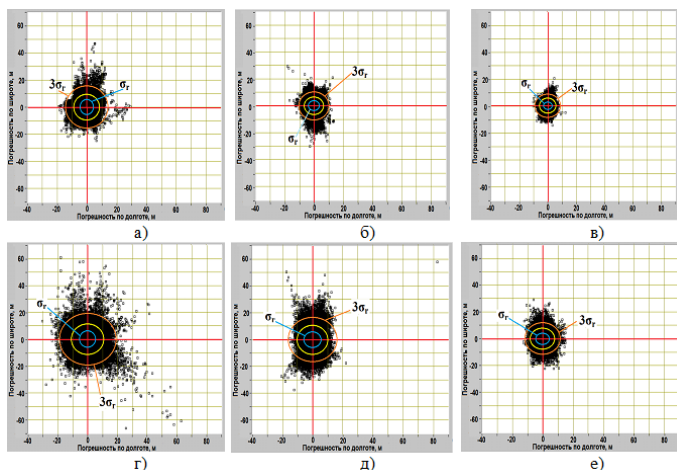


Рисунок 1 – Диаграммы рассеяния мгновенных значений погрешностей позиционирования

Диаграммы а, б, в – получены для п. А, диаграммы г, д, е – для п. Б. На диаграммах показаны окружности, соответствующие предельной ($3\sigma_r$), максимальной ($2\sigma_r$) и среднеквадратической радиальной (σ_r) погрешностям определения местоположения, где

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_B^2 + \sigma_L^2}.$$

Погрешности позиционирования максимальны в режиме ГЛОНАСС (рисунок 1а, разброс мгновенных значений погрешности по широте составил до 50 м), уменьшаются в режиме GPS (рисунок 1 б, разброс до 30 м) и минимальны при работе в мультисистемном режиме (рисунок 1в, не превышают 20 м).

Погрешности позиционирования возрастают в 1,5–2 раза при работе приемника в городских условиях, причем степень рассеяния погрешностей при работе по ГЛОНАСС (рисунок 1г) значительно выше, чем в остальных режимах. При работе по GPS (рис.1 б, рис.1 д) характерен эффект большего разброса мгновенных значений погрешностей по широте, который становится менее выраженным при работе в мультисистемном режиме (рисунок 1в, рисунок 1е).

Эксперимент также проводился при синхронной работе приемников Геос-1М в режиме ГЛОНАСС/GPS, размещенных в пунктах А и Б. На рассматриваемом интервале времени в п. А в среднем наблюдалось 19 НС (от 17 до 21), в п. Б – 18 НС (от 15 до 21). Видна очевидная зависимость величины геометрического фактора от числа наблюдаемых НС.

Обобщенные результаты проведенных экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Обобщенные результаты экспериментов

	ГЛОНАСС		GPS		ГЛОНАСС/ GPS	
	п. А	п. Б/д.ф.*	п. А	п. Б/д.ф.	п. А	п. Б/д.ф.
СКП широты σ_B , м	3,58	4,73/2,83	2,86	4,81/0.41	2,29	3,31/0.53
СКП долготы σ_L , м	3,07	3,99/3,04	1,83	2,7/0.36	1,57	2,13/0.63
СКП σ_z , м	4,7	6,2/4,15	3,4	5,5/0,55	2,8	3,9/0,82
СКП высоты σ_H , м	6,82	8,72/6,32	4,92	7,05/0.44	3,88	5,23/1.02
Среднее число НС	8,58	7,89	10,04	9,77	18,55	17,61
Средний VDOP	1.39	1.52	1.26	1.29	0.87	0.9
Средний HDOP	1.09	1.21	0.93	0.96	0.66	0.69

* д.ф. – приемник работал в режиме динамической фильтрации

Анализ полученных результатов показал следующее:

точность определения местоположения составила 4,7 м (режим ГЛОНАСС), 3,4 м (режим GPS) и 2,8 м (режим ГЛОНАСС/GPS). Работа в мультисистемном режиме повысила точность определения местоположения на 40% (высоты - на 43%) по сравнению с ГЛОНАСС, и на 18% (высоты - на 21%) по сравнению с GPS;

работа в городских условиях характеризуется ухудшением точности определения местоположения на 34% (режим ГЛОНАСС), 62% (режим GPS) и 39% (режим ГЛОНАСС/GPS). При этом

ухудшение HDOP составило соответственно 11%, 2% и 5%, а уменьшение среднего количества наблюдаемых спутников 8%, 3% и 4,5%;

использование режима динамической фильтрации в приемнике улучшает точность в 1,5 раза (режим ГЛОНАСС), в 10 раз (режим GPS) и 4,8 раза (режим ГЛОНАСС/GPS).

Таким образом, проведенные эксперименты показали более высокую точность позиционирования при работе по GPS относительно ГЛОНАСС, ухудшение точности позиционирования в затрудненных условиях (высотные здания, отражающие поверхности). Было подтверждено, что при работе в мультисистемном режиме значительно уменьшается погрешность по широте. Это повышает качество навигации и обеспечивает новые возможности применения GNSS.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Concept of operations (CONOPS) for dual-frequency multi-constellation (DFMC) Global Navigation Satellite System (GNSS). ICAO Navigation Systems Panel. CONOPS V6.4. – Montreal, 2018. – P.49.
2. Sabatini, R. Global Navigation Satellite Systems Performance Analysis and Augmentation Strategies in Aviation / R. Sabatini, T. Moore, S. Ramasamy // Progress in Aerospace Sciences. – 2017. – P.52.
3. Скрыпник, О.Н. Оценка характеристик погрешностей позиционирования комбинированных ГЛОНАСС/GPS приемников. / О.Н. Скрыпник, Н.Г. Арефьева, Р.О. Арефьев // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – №10 (2). – С. 296-301.

УДК 656.078

Д. Умнов

Белорусская государственная академия авиации

ОСОБЕННОСТИ ПРЕДПОЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ ЭКИПАЖА И ВОЗДУШНОГО СУДНА

Технология подготовки воздушного судна к вылету является составной частью технической эксплуатации и представляет комплекс работ, направленных на устранение неисправностей и обеспечение надежности летной эксплуатации авиационной техники и безопасности полетов. Регламентом технического обслуживания воздушного судна для обеспечения готовности воздушного судна к вылету предусмотрено оперативное техническое обслуживание, содержание которого по объему работ и времени их выполнения зависит от типа воздушного судна. При подготовке воздушного судна к вылету проводятся работы по обслуживанию и осмотру силовых установок, воздушного судна, вспомогательной силовой установки, планера, механизации крыла, гидросистемы, шасси, высотного оборудования, аварийно-

спасательного оборудования, бытового оборудования, электрооборудования, радиоэлектронного оборудования, приборного оборудования, пожарного и кислородного оборудования.

Работы по осмотру и обслуживанию включают следующие операции: проверку остатка топлива в баках» давления в кислородной и азотной системах и дозаправку их. Осматривают элементы конструкции и обшивки в доступных местах для обнаружения вмятин, забоин, трещин, царапин, ослабших и срезанных заклепок, ослабших и отвернувшихся винтов крепления панелей, люков; проверяют герметичность топливной, масляной, гидравлической и водяной систем по наличию потеков и запотевания в местах расположения баков, коммуникаций и агрегатов этих систем, проверяют чистоту дренажных выводов, приемников статического давления, целостность антенн и обтекателей, по наличию Сигнальных дисков убеждаются в отсутствии саморазряда баллонов противопожарной системы. При осмотре шасси проверяют состояние пневматиков и крепление колес, зарядку пневматиков и амортизаторов (по обжатию), отсутствие течи жидкости по штокам амортизаторов, гидроподъемников и других гидроагрегатов. Производят уборку воздушного судна, помещений и салонов, обслуживание бытовых систем. В осенне-зимний период выполняются дополнительные работы по удалению льда и снега с поверхностей воздушного судна, установку и проверку аккумуляторов, проверку сигнализации положения замков дверей, люков и их защелок, проверяют работоспособность анероидно-мембранных приборов и приемников полного и статического давления. Затем убирают трос заземления, колодки из-под колес, буксируют воздушное судно на место запуска двигателей, где производят осмотр по установленному маршруту. После чего подключают аэродромный источник энергии, устанавливая связь с кабиной по для контроля запуска двигателей на земле» а после запуска двигателей отключают аэродромный источник энергии. Технологический график подготовки современного самолета содержит 30–35 операций, для выполнения которое требуется минимальное время 54–60 минут [1].

К предполетной подготовке экипаж должен приступить не позже чем за I час до намеченного времени вылета, а в промежуточных аэропортах с момента явки в аэродромный диспетчерский пункт (АДП) Перед началом предполетной подготовки экипаж проходит медосмотр, где проверяется состояние здоровья членов экипажа, наличие пилотских свидетельств и форма одежды. После чего получает «задание на полет» с отметкой о допуске экипажа к вылету. В АДП командир воздушного судна (КВС) докладывает диспетчеру АДП о начале предполетной

подготовки экипажа и получает информацию о предстоящем полете: номер самолета и место его стоянки, вес конструкции самолета, предварительные данные о загрузке самолета, запасные аэродромы, изменении маршрута полета и промежуточных посадок, эшелон полета. В случае изменения навигационной обстановки или метеоусловий определяется необходимое количество топлива для выполнения рейса и докладывает диспетчеру АДП о необходимости изменения коммерческой загрузки. На метеостанции экипаж знакомится с ценными о фактической погоде в аэропорту вылета, посадки и на запасных аэродромах, с прогнозом погоды по трассе и аэропорту посадки на период соответствующей расчетному времени прибытия, а также с прогнозами по запасным аэропортам. Получает устную синоптическую консультацию, анализирует метеобстановку, определяет порядок действий при обходе районов с опасными явлениями для полета с миссии для полета метеоявлениями, КВС расписывается в журнале о получении метеодокументов и отмечает в нем время консультации [2].

В штурманской комнате КВС доводит до членов экипажа воздушного судна изменения и особенности выполнения задания и дает указания экипажу о порядке выполнения предстоящего полета. В процессе штурманской подготовки экипаж (кроме бортмеханика) знакомится с навигационной обстановкой в районе аэродрома, со схемой руления не исполнительный старт со схемой взлета и набора высоты, с со схемой захода из района аэропорта, со схемой захода на посадку на основных и запасных аэродромах. После чего штурман самолета рассчитывает по данным прогностического ветра на высоте полета предварительный расчет полета и заполняет штурманский бортовой журнал, рассчитывает предельно допустимую взлетную и посадочную массу самолета, длину разбега и скорости на взлете V_1 – подъем переднего колеса, V_p – скорость рубежа прекращения или продолжения взлета, $V_{отр}$ – скорости отрыва самолета от взлетно-посадочной полосы, предельную коммерческую загрузку и неизменную массу данного самолета. На воздушном судне КВС докладывают членов экипажа о результатах осмотра самолета:

2-й пилот (бортмеханик) после АДП приступает к предполетной подготовке самолета, где получает от авиатехника, ответственного за выпуск самолета, информацию о состоянии авиационной техники, судовые документы и «Справку о работе авиационной техники в полете». Проверяет устранение отказов и неисправностей, записанных в бортовом журнале. Сверяет фактическую заправку ГСМ с расчетной для данного полета. Проверяет аварийно-спасательные средства и проводит

предполетный осмотр самолета. Подписывает карту-наряд на техническое обслуживание по подготовке самолета к вылету.

2-й пилот (штурман) на самолете проверяет устранение дефектов радионавигационного оборудования, записанных в бортовом журнале. Проверяет работу радиостанций и навигационно-пилотажного оборудования.

2-ой пилот получает перевозочные документы и центровочный график, проверяет фактическое распределение груза по багажникам и его крепление. Проверяет центровочный график и соответствие фактического распределения груза расчетному. Расписывается в сводной загрузочной ведомости. Проводит предполетный осмотр самолета согласно руководству по летной эксплуатации.

Предполетная подготовка является важным этапом перед выполнением полёта, поэтому точное и безопасное выполнение полёта во многом зависит от качества и своевременности его проведения. При качественно проведенной предполетной подготовке экипажа и воздушного судна уменьшается риск возникновения внештатных ситуаций как при эксплуатации воздушного судна, так и при взаимодействии членов экипажа друг с другом.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гаврилюк, С.Е. Безопасность на авиационном транспорте: проблемы и перспективы / С.Е. Гаврилюк, О.П. Еруков // Вестник академии военных наук. – 2011. – № 2. – С. 64-66.

2. Остроумов, Н.Н. Правовой режим международных воздушных перевозок: монография / Н.Н. Остроумов. – М.: Статут, 2015. – 270 с.

УДК 351-354; 629.7-621.039

В.М. Усков, А.А. Батц, В.Г. Макаров

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕРМЕТИЧЕСКОЙ КАБИНЫ ВОЗДУШНОГО СУДНА В СФЕРЕ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Летательные аппараты (ЛА) развиваются связи с постоянным увеличением скорости, высоты и дальности полета. Эти параметры привели к созданию и установки на ЛА систем кондиционирования воздуха (СКВ). В наше время на всех ЛА используется СКВ, так как без нее просто невозможно обеспечивать нормальную работоспособность бортовой аппаратуры, ни жизнедеятельность человека. Поэтому развитию СКВ и контролю температурного режима в гермокабине на ЛА уделяется большое внимание.

При полете современных скоростных самолетов возникает в основном задача вывода тепла из кабины и лишь на некоторых режимах – задача обогрева кабины. Да и сам принцип построения систем кондиционирования воздуха, основанный на подаче сжатого и нагретого в компрессоре авиадвигателя воздуха, требует применения мощной системы его охлаждения.

Регулирование температуры воздуха в кабинах самолета осуществляется установкой в кабине летчика переключателя. Автоматическое поддержание установлено на переключение значения температуры, которое выполняется с помощью блока управления. Он работает на сравнении сигналов заданной температуры с переключателя и приемников температуры. Система регулирования температуры воздуха самолета предназначена для его регулирования в трубопроводе, подающем воздух в кабину, с целью обеспечения в них требуемого температурного интервала от 10 °С до 25 °С. Регулирование температуры воздуха в гермокабинах предусматривается как в автоматическом, так и в ручном режимах. Регулирование температуры воздуха в гермокабинах предусматривается как в автоматическом, так и в ручном режимах. Однако, применяемые регуляторы температуры не учитывают многие факторы, влияющие на тепловое состояние экипажа во время полета, а поддерживают температуру воздуха, выставленную по задатчику температуры. Специалистами по авиационной медицине установлено, что основным при обеспечении комфортного теплового состояния является поддержание средней температуры кожи на уровне $t_{\text{кож}}^0 = 33 \pm 1$ °С.

В общем случае $t_{\text{кож}}^0$ является функцией многих параметров и для оператора, находящегося в кабине самолета, может быть определена следующей функциональной зависимостью:

$$t_{\text{кож}}^0 = f(t_{\text{к}}^0, G_n, t_{\text{ст}}^0, \Phi_{\text{ср}}, P_{\text{к}}, r, R, \Phi_{\text{мп}})$$

где $t_{\text{к}}^0$ – температура кабины; G_n – скорость обдува кабины; $t_{\text{ст}}^0$ – температура стенок кабины; r – влажность воздуха; $P_{\text{к}}$ – давление в кабине; R – тепловое сопротивление снаряжения; $\Phi_{\text{ср}}$ – солнечная радиация; $\Phi_{\text{мп}}$ – теплопродукция экипажа.

Разработан метод определения теплового состояния отсеков самолета, кабины экипажа с использованием математической модели теплового состояния. Математическая модель системы герметичного теплоизолированного отсека с СКВ представлена системой одномерных уравнений теплоизолированной обшивки окон, а так же обыкновенных дифференциальных уравнений. в расчете и проектировании систем вентиляции можно выделить следующие этапы: выбор типа вентиляции; определение количества поступающих в кабину вредных выделений; определение

необходимого воздухообмена, то есть количества воздуха, которое необходимо подать в кабину или удалить из него для обеспечения заданных условий микроклимата.

Тепловое состояние пилота при маневрировании самолета является существенным фактором, влияющим на целевой результат полетного задания. Для решения данного вопроса необходима математическая модель, которая позволит в зависимости от режима работы пилота, то есть уровня энергозатрат в каждый момент времени, и внешних условий окружающей среды, определить оптимальную температуру воздуха, подаваемого в вентиляционный костюм, обеспечивающая комфортное состояние летчика в кабине. Модель может быть использована в индивидуальных системах жизнеобеспечения с автоматическим регулированием теплового состояния летчика [1, 2]. В данной ситуации актуальной задачей является разработка алгоритма контроля температуры воздуха в герметической кабине теплового состояния летчика. Полученная в данной работе математическая модель описывает тепловые процессы в организме человека и в вентиляционном костюме с учетом условия полета. для заданных энергозатрат и заданных внешних условий, а также для допустимых значений индекса теплоощущений J , температуры кожного покрова T_{sk} , сердцевины тела T_{cr} и средней температуры тела T_t в программе подбирались оптимальные значения температуры воздуха, подаваемого в вентиляционный костюм летчика $T_{B,ex}$ в каждый момент времени. Степень комфортности теплового состояния летчика в рассматриваемой модели вычисляется по формуле:

$$\frac{dS}{dt} = c_{sk} G_q \frac{dT_{sk}}{dt} + c_{cr} G_q \frac{dT_{cr}}{dt}.$$

Опыт показывает, что человек чувствует себя комфортно, если теплонакопления находятся в пределах:

$$-130 < \frac{dS}{dt} < 130 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}.$$

О степени комфортности теплового состояния можно судить и посредством индекса теплоощущений:

$$J = 0,0077 \frac{dS}{dt},$$

где для комфортного состояния: $-1 < J < 1$.

Таким образом, разработанная модель позволяет оценивать и в дальнейшем контролировать тепловое состояние летчика и в зависимости от общих энергозатрат, а также в зависимости от внешних условий подбирать необходимую температуру

подаваемого в вентиляционный костюм воздуха, обеспечивая комфортное состояние.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Усков, В.М. Система кондиционирования, как основа бортовой системы жизнеобеспечения маневренного самолёта. Пожарная безопасность: проблемы и перспективы / В.М. Усков // Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции курсантов, слушателей, студентов и молодых ученых с международным участием, Воронеж, 27 сентября 2018 г. / Воронежский институт - филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России; В.М. Усков, М.Ю. Шлеев. – Воронеж, 2018. – С. 937-939.
2. Усков, В.М. Задачи регулирования теплообмена в кабине самолёта-истребителя при полётах на больших скоростях. Проблема обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций / В.М. Усков // Сборник статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Воронеж, 20 декабря 2018 г. / Воронежский институт - филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России; В.М. Усков, М.Ю. Шлеев. – Воронеж, 2018. – С. 678-680.

УДК 656.7.052

Н.Б. Щавлинский

Белорусский национальный технический университет

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ В «НАЦИОНАЛЬНОМ АЭРОПОРТУ «МИНСК»

Национальный аэропорт «Минск»- крупнейшая воздушная гавань Республики Беларусь. Ни на минуту не стихает здесь гул турбин рулящих, взлетающих и садящихся самолетов, которые выполняют рейсы в страны ближнего и дальнего зарубежья, доставляют в Беларусь или увозят с нашей страны десятки тысяч пассажиров и сотни тонн грузов [1, с.15]. В многотысячном коллективе аэропорта, обеспечивающем его слаженную и бесперебойную работу, есть особые службы и подразделения, предоставляющие пассажирам различные услуги.

И в первую очередь это касается обеспечения пассажиров высокого уровня безопасности, которая относится к числу главных требований, предъявляемых к каждой авиационно-транспортной системе. Особая роль в обеспечении всех этих требований принадлежит службе авиационной безопасности (САБ), которая была создана 1 декабря 1989 года [2, л. 126].

В структурном отношении служба авиационной безопасности состояла из подразделения охраны и контроля, руководителем которого был назначен С. Т. Галабурда и подразделения досмотра, которое возглавил Ю. С. Сашников. На разных этапах деятельности службы авиационной безопасности достойный вклад в ее развитие

внесли руководители этой службы Г. Н. Пархамович и Н. И. Юрчук.

В настоящее время САБ руководит А. К. Апет – заместитель генерального директора по авиационной безопасности и режиму «Национального аэропорта «Минск». В состав службы входят подразделения досмотра, отряд военизированной охраны, подразделение инженерно-технических средств охраны и досмотра, а также кинологическое подразделение.

На вооружении у САБ имеются современные рентгено-телевизионные системы безопасности. Пункты досмотра авиапассажиров и контрольно-пропускные пункты оснащены детекторами взрывчатых веществ, приборами для определения огнеопасных и взрывоопасных жидкостей. Эффективно функционируют системы видеонаблюдения и контроля управления доступом.

Наряду с использованием технических средств обеспечения безопасности в службе уделяется внимание развитию биосенсорных технологий безопасности. Активно используется метод профайлинга.

За годы деятельности подразделения многие его сотрудники неоднократно поощрялись ценными подарками и грамотами, награждались правительственными наградами, в частности, С. Т. Галабурда награжден двумя орденами «Красная Звезда», медалью «За боевые заслуги» 2-й степени, медалью «за службу Родине» 1-й, 2-й и 3-й степеней [3, с. 113].

Необходимо отметить, что начиная с 2003 г. в системе гражданской авиации Республики Беларусь в соответствии с требованиями Стандарта 3.1.6. Приложения 17 «Безопасность. Защита международной гражданской авиации от актов незаконного вмешательства» к Конвенции о международной гражданской авиации организована подготовка кадров в области обеспечения авиационной безопасности [3, с. 113].

В этой связи на основе приказа №37, изданного генеральным директором «Национального аэропорта «Минск» от 10 марта 2004 г. «О подготовке по авиационной безопасности работников предприятия» был создан учебный класс службы авиационной безопасности и режима (далее – САБиР), для проведения начальной подготовки по авиационной безопасности авиаперсонала и работников аэропорта. У истоков создания учебной структуры стояли начальник САБиР Н. И. Юрчук, ведущий инженер Ю. А. Шамма, инструктор производственного обучения А. А. Козич, психолог Т. В. Герасимчик. В течение месяца были разработаны программы первоначальной подготовки и обучены основам авиационной безопасности все работники аэропорта. Деятельность учебного класса непрерывно совершенствовалась, изучался и

внедрялся опыт передовых стран. В ноябре 2007 г. учебный класс был выделен отдельным структурным подразделением САБиР во главе с начальником – В. П. Комлевым, а в соответствии с приказом генерального директора №513-л от 30.11.2009 г. образован центр профессиональной подготовки в области авиационной безопасности (далее – центр) в структуре «Национального аэропорта «Минск», который возглавил Н. И. Юрчук. Количественный состав центра 11 человек [3, с. 114].

Центр сегодня – это квалифицированные преподаватели, имеющие высшее педагогическое образование, опыт практической деятельности по обеспечению авиационной безопасности, прошедшие обучение и постоянно повышающие квалификацию в субрегиональных учебных центрах ИКАО по авиационной безопасности (г. Москва, Институт ИКАО г. Киев учебный центр ГП «Международный аэропорт «Борисполь»), владеющие современной методологией подготовки кадров в этой области. На протяжении многих лет в центре достойно трудятся и методически грамотно выполняют свои задачи заместители начальника центра – Т. В. Герасимчик, и М. В. Жалейко, ведущий инженер – Н. М. Зарубайко, инструкторы производственного обучения – Ю. А. Мягкова, В. А. Басько, инструктор – И. В. Каменецкий, психологи – Э. Р. Катович, Т. П. Каротченко, А. Ю. Мирин. Сегодня в центре имеются: прекрасная материально-техническая база, оснащенная видео, презентационной и оргтехникой, современные учебные компьютеризированные аудитории, укомплектованный современными техническими средствами учебный пункт досмотра. В целях подготовки квалифицированных специалистов по обслуживанию пассажиров, центром разработана программа обучения работников спецтерминологии на английском языке, оборудован лингафонный кабинет для совершенствования знаний по иностранному языку, где под руководством опытного преподавателя персонал имеет возможность отработать практические навыки по применению иностранного языка.

Профессиональный подход в деле своевременного и качественного профессионального обучения работников организаций гражданской авиации, обусловил принятие Министерством образования Республики Беларусь Постановления от 15 февраля 2013 г. № 7 о предоставлении «Национальному аэропорту «Минск» (центру) права на реализацию образовательной программы повышения квалификации руководящих работников и специалистов других отраслей [3, с. 115].

В частности, возникла необходимость в обучении вопросам безопасности работников транспортной системы, которая задействована в обслуживании пассажиров, а также правоохранительных органов, учреждений с массовым посещением

людей. Особенно эта проблема актуализировалась в связи с возрастающим уровнем террористических акций в мире. Например, только за 1 полугодие 2012 г. по поступившим заявкам и решению транспортной прокуратуры Республики Беларусь на базе Центра прошли обучение по курсу «Профайлинг» подразделения МВД по охране метрополитена и специальное подразделение УВД на транспорте. В декабре 2012 г. по согласованию с Американской и Российской сторонами было проведено по указанной программе обучение сотрудников охраны института ядерных исследований «Сосны», с намерением в дальнейшем продолжать его на плановой основе.

В целях своевременного пресечения и предупреждения террористических акций подразделения МВД, КГБ Республики Беларусь, а также Белорусская железная дорога активно берут на вооружение современные технические средства безопасности (рентгено-телевизионные установки для досмотра ручной клади и багажа «Linescan-231», стационарные и ручные металлодетекторы «Metor-250», «Metor-28», газоанализаторы и др.). Центр в настоящее время является единственным, кто имеет преподавателей по указанным проблемным вопросам и может на уровне международных стандартов обучать правильному их применению.

Вступившая в строй атомная электростанция в Республике Беларусь также испытывает потребность в сотрудниках безопасности, умеющих эффективно использовать технические средства и применять на практике знания профайлинга, поэтому в настоящее время достигнута договоренность об организации обучения сотрудников этой сферы.

Одним из главных требований, предъявляемых к авиационно-транспортной системе, является ее надежность, независимо от климатических и погодных условий, высокий уровень безопасности для пассажиров, экипажей, и воздушных судов. Особая роль в обеспечении выполнения этих условий принадлежит инспекции по безопасности полетов Национального аэропорта «Минск», которая была создана в августе 2008 г. на правах бюро по безопасности полетов. Возглавил инспекцию К. Е. Блин, полковник в отставке, бывший военный летчик 1-го класса, участник ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС, кавалер орденов «Красная звезды» и «За службу Родине в ВС СССР 3-ей степени».

Важный вклад в развитие инспекции, как структурного подразделения, внес бывший ведущий инженер-инспектор по безопасности полетов Б. В. Мурашкевич, который проработал на этой должности более 20-ти лет, награжден орденом «Знак почета», медалью «Ветеран труда», является заслуженным работником транспорта БССР, отличником аэрофлота. Принимал также участие в ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС.

Сегодня в инспекции также работают бывший пилот В. И. Зубарев, бывший пилот В. Н. Ковальчук и инженер 1-й категории А. В. Фисаченко.

Основными обязанностями работников инспекции являются: инспектирование подразделений, отделов и служб авиапредприятия по всем вопросам, связанным с обеспечением безопасности полетов, разработка совместно с другими службами аэропорта мероприятий, рекомендаций и предложений по обеспечению безопасности полетов, а также контроль за профилактической работой по предотвращению авиационных происшествий и инцидентов, проведение анализа состояния безопасности полетов в «Национальном аэропорту «Минск».

В целях совершенствования знаний и поддержания своего профессионального уровня все сотрудники отдела регулярно обучаются на курсах повышения квалификации при Межгосударственном авиационном комитете в г. Москве, Институте ИКАО в г. Киеве, а также на международных семинарах по Программам ИКАО. Первоначальную подготовку инспектора проходят на курсах при Белорусской государственной академии авиации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальному аэропорту Минск – 30 лет! // Транспортный вестник. – 2013. – 4 июля. – С. 7.
2. Щавлинский, Н. Б. На переломе эпох: развитие гражданской авиации Беларуси в конце XX – начале XXI в. / Н. Б. Щавлинский. – Минск: БГАТУ, 2017. – 164 с.

УДК 551.5: 347.814.2

Ю.Е. Щипунова, И.И. Барабан

Белорусская государственная академия авиации

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

В последнее десятилетие, несмотря на значительный рост объемов авиаперевозок, снижается как число авиакатастроф, так и число погибших в них людей.

Цель – выявление влияний атмосферных условий на авиакатастрофы.

Задачи:

1. Определить и систематизировать причины авиационных происшествий.
2. Определить природные явления, которые способствуют возникновению авиационных катастроф.

3. Дать понятие турбулентности, а так же выявить причины её появления.

Основные причины авиационных происшествий (далее – АП), связанные с условиями погоды:

1. Ошибки, связанные с расчётом воздушной скорости воздушного судна (далее – ВС), его подъёмной силы, потребной длины разбега и пробега, траектории набора высоты и снижения ВС, а также касания или столкновения с элементами рельефа вблизи аэродрома.

2. Ошибки в оценке высоты полёта из-за ошибок установки альтиметра по значению давления на аэродромах посадки.

3. Ошибки в выборе направления взлёта или посадки ВС (при выполнении их «по ветру»). Такие ошибки возможны как при отсутствии у пилота ВС необходимой метеорологической информации, так и при игнорировании имеющихся данных наблюдений ветра на аэродроме. Это может привести к АП – выкатыванию ВС за торец взлетно-посадочной полосы (далее – ВПП).

4. Ошибки в оценке значения предельно-допустимой боковой составляющей скорости ветра при выполнении взлёта или посадки. Такие ошибки возможны как при отсутствии у пилота ВС данных о ветре у Земли.

5. Ошибки пилотирования ВС при выполнении снижения для посадки или набора высоты после взлёта, вызванные отсутствием информации о сдвигах ветра в нижнем слое атмосферы.

6. Затруднения и ошибки в пилотировании из-за сильной болтанки или бросков ВС, вызванных турбулентностью.

7. Затруднения в пилотировании, вызванные попаданием ВС в турбулентный «спутный след» от впереди летящего ВС, которые могут привести к броскам ВС, попавшего в спутный след и даже к АП, включая тяжёлые.

8. Затруднения в пилотировании ВС при несоблюдении «минимумов погоды» (высота НГО и видимость) при заходе на посадку при погоде «ниже минимума».

9. Затруднения в пилотировании и потеря высоты ВС при полёте на малых высотах при попадании ВС в полосу интенсивного ливневого дождя.

10. Затруднения в пилотировании и АП, включая тяжёлые, вызванные попаданием ВС в полёте в полосу выпадения града из грозо-градовых облака.

11. АП, вызванные попаданием разряда молнии в ВС.

12. АП, вызванные электризацией ВС при полётах в облаках, не являющихся грозовыми.

13. Затруднения в пилотировании ВС и АП при попадании ВС в полёт в зону интенсивного обледенения. Ошибки, связанные с обледенением ВС на Земле во время стоянки.

14. Ошибки, вызванные недооценкой состояния ВПП при выпадении сильных ливневых осадков.

Природные явления, способствующие возникновению авиакатастроф

Основные виды природных явлений, способствующие возникновению авиакатастроф: дождь, обложные осадки, ливневые осадки, снег, мокрый снег, град, гроза, ветер, облачность, туман, метель.

Анализ влияния природных условий на авиакатастрофы

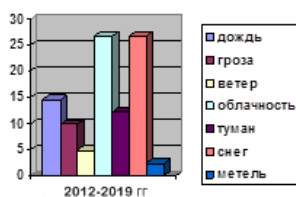


Рисунок 1 – Природные явления, способствующие возникновению авиакатастроф

При составлении диаграмм все метеорологические авиакатастрофы были приняты нами за 100 %. При этом в результате расчётов мы выявила, что по причинам авиакатастроф лидирует облачность и снег. Меньший процент у метели и ветра.

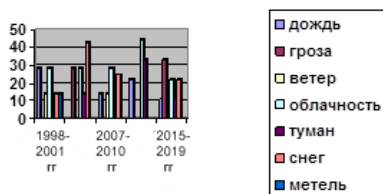


Рисунок 2 – Авиакатастрофы в хронологическом порядке

Далее нами была составлена диаграмма в хронологическом порядке.

В соответствии с этой диаграммой, в 1998-2001 гг. в качестве основных причин авиакатастроф преобладали дождь и облачность.

В 2002-2006 гг. – снег – главная причина авиакатастроф.

В 2007-2010 гг. главной причиной являлась облачность.

В 2012-2014 гг. – облачность, но также большой процент авиакатастроф происходил из-за тумана.

В 2015-2019 гг. – гроза.

Турбулентность как причина авиакатастроф

Когда на большой высоте стали летать реактивные самолеты, возникла новая опасность - турбулентность атмосферы при ясном небе, называемая обычно английским словом CAT (аббревиатура термина “clear air turbulence”). Как следует из приведенного названия, CAT-это турбулентность атмосферы при отсутствии облаков. Она связана с воздушными струйными течениями на больших высотах, которые образуют мощный воздушный поток, движущийся с большой скоростью в направлении запад – восток.

Большинство пассажиров испытывают неприятные ощущения во время прохождения самолёта через зону турбулентности. Для многих, однажды пережитая сильная турбулентность послужила толчком к развитию аэрофобии. Однако, важно знать: турбулентность не представляет собой какой-либо угрозы для самолета. Турбулентность (иначе - воздушная яма) - это нормальное физическое явление, связанное с неоднородностью воздушных масс и разницы в давлениях на границах разнородных воздушных масс. Говоря простым языком, молекулы воздуха, через которые проходит самолёт, неоднородны по своему составу и плотности, следовательно – их несущая способность неодинакова. Так как самолёт проходит через воздух с огромной скоростью, создается вибрация (тряска), ощутимая в салоне самолёта. Существуют и другие причины турбулентности, в том числе завихрения воздуха от впереди идущего борта и даже от торцов крыльев самого самолёта.

Среди ученых нет единой точки зрения на причины возникновения этой турбулентности, можно предположить, что в струйном течении воздуха проявляется неустойчивое движение волн, и часть воздушного потока отклоняется, образуя нисходящие вертикальные потоки. Самолет, летящий ниже слоя атмосферы со струйным течением воздуха, внезапно попадает в один из этих нисходящих вертикальных воздушных потоков. Пассажиры самолета, которые не пристегнули ремни безопасности, могут оказаться вверх прижатыми к потолку. Когда самолет пройдет через нисходящий вертикальный воздушный поток, выйдет на его край, нисходящее движение воздуха внезапно прекратится и не привязанные ремнями безопасности пассажиры сваливаются на пол или падают на находящиеся внизу под ними пассажиров.

Пилот самолета, столкнувшегося с рассматриваемой турбулентностью, обычно ставит об этом в известность авиационно-диспетчерскую службу с тем, чтобы другие самолеты

могли бы избежать зону турбулентности. Кроме этого, разработано несколько методов, позволяющих изменять профиль полета таким образом, чтобы на несколько километров опережать области, захваченные указанной турбулентностью.

Несмотря на успехи по обнаружению турбулентности атмосферы и разработке методов ее избежать, может пройти еще немало лет, пока она не будет устранена как потенциальная угроза воздушному транспорту. Статистика национального комитета по безопасности перевозок показывает, что США между 1998 и 2015 гг. турбулентность привела к 183 авариям, в которых были пострадавшие. Хотя большинство аварий были связаны с грозowymi образованиями, но 68 из них (37 %) было связано с турбулентностью.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Яковлев, А.М. Авиационная метеорология /А.М. Яковлев. – М. : Транспорт, 1971. – 248 с.
2. Flight Operations Technical Bulletin, April 15, 2011. — Boeing Com. Airplanes, 2011. – 21 p.
3. Ice Crystal Icing Operational Experience. — Boeing GENX-2B, July 31, 2013. – 8 p.

УДК 358.4

А.В. Юрканович, Ю.С. Слижиков, кандидат военных наук, доцент
Военная академия Республики Беларусь

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ НАВЕДЕНИЯ КАК ФАКТОР БЕЗОПАСНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ АВИАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ

Непосредственная авиационная поддержка подразделений и частей Сухопутных войск (НАП СВ) проводится путём нанесения одновременных и последовательных ударов частями и подразделениями ударной авиации по заранее заданным объектам в установленное планом время и по вновь выявленным объектам противника из положения дежурства на земле или в воздухе, осуществляемых в тесном взаимодействии с артиллерийскими, мотострелковыми и авиационными соединениями и частями.

В ходе НАП СВ уничтожение малоразмерных подвижных объектов на поле боя, расположенных в непосредственной близости от своих войск, требует:

- 1) точного целеуказания (ЦУ) и наведения ударной авиации, с целью уменьшения вероятности попадания по своим войскам,
- 2) распределения целей между артиллерией и авиацией, а также усилий между ними по месту и времени с целью исключить поражения летательных аппаратов своими средствами ПВО и артиллерии.

3) обеспечения безопасности экипажей летательных аппаратов от поражения своими боеприпасами и столкновения с земной поверхностью.

Влияние данных требований на безопасность выполнения НАП подразделений СВ требует надежного функционирования пунктов управления авиацией (ПУА) в зоне вооруженного конфликта. Основным органом управления, обеспечивающим безопасные условия выполнения НАП на поле боя, является передовой авиационный наводчик (ПАН). В ходе НАП СВ ПАН испытывает высокую напряженность и информационную загруженность, что ведёт к ухудшению качества принимаемых решений, снижению оперативности и производительности работы в процессе решения задачи наведения и ЦУ.

Для решения данной проблемы с целью обеспечения безопасности выполнения атак наземных целей при осуществлении НАП необходимо автоматизировать задачу наведения. Автоматизация данной задачи позволит выполнять построение траектории боевого полёта ЛА в зависимости от условий боевых действий, отображать воздушную и наземную обстановку на автоматизированных рабочих местах ПАН, экипажа воздушного судна и командиров взаимодействующих подразделений (ПВО, артиллерия и сухопутных войск).

Для осуществления соблюдения требований безопасности при выполнении атак наземных целей авиацией в ходе НАП СВ должны быть решены и согласованы следующие задачи:

- выбор направления атаки цели (боевой курс);
- выбор боевого маневра для атаки наземной цели;
- определение курса и времени полета от контрольного ориентира начала наведения до точки начала маневра
- определение курса и времени полета от зоны дежурства в воздухе (от аэродрома, площадки) до контрольного ориентира начала наведения.

С целью построения траектории полёта ЛА у цели необходимо провести расчёт параметров на этапе боевого пути, а затем на этапе выполнения маневра. При определении точки начала маневра (ТНМ) относительно цели необходимо учитывать следующие факторы:

- вид боевого маневра;
- демаскирующие признаки и характер функционирования цели;
- возможность выхода воздушных судов от контрольного ориентира в точку начала маневра без выполнения сложных и длительных маневров;
- боевую зарядку самолетов (вертолетов);
- уровень подготовки летных экипажей;

- рельеф местности;
- наличие средств ПВО в районе расположения точки начала маневра;
- метеорологические условия полета на малых и предельно малых высотах.

Для построения траектории маневра используется графоаналитический метод расчета. Он сводится к построению траектории полёта самолета, спроецированной на горизонтальную плоскость, методом конечных приращений.

В качестве примера приводится атака цели самолетом Су-25. Маневр, выполняемый Су-25 для атаки наземных целей в ходе НАП СВ – с пикирования после выполнения боевого разворота.

На рисунке 1 представлена траектория боевого пути, которая состоит из трёх участков: ввода, прямолинейного участка и вывода.

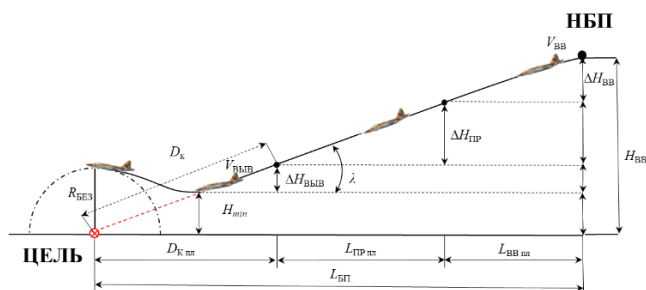


Рисунок 1 – Траектория полёта Су-25 на боевом пути

Автоматизация задачи наведения на наземные цели в ходе НАП СВ позволит ПАН в автоматизированном режиме строить оптимальные траектории полёта ЛА для атаки наземных целей в ходе НАП СВ с учётом сложившейся тактической обстановки, соблюдения мер безопасности, применяемого типа АСП и боевой зарядки ЛА, что в свою очередь, приведёт к повышению качества принимаемых решений, повышению оперативности и производительности работы ПАН, повышению безопасности полётов ЛА на поле боя в ходе НАП СВ.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Евдаков, В. И. Огневое поражение противника фронтовой авиацией в общевойсковых операциях: учеб. пособие / В. И. Евдаков. – Монино : ВВА, 1994. – 356 с.
2. Черсунов, И. И. Теория и методика наведения авиации на воздушные цели: в 2 ч. / И. И. Черсунов, Г. С. Корчик. – Минск : ВА РБ, 2012. – Ч. 1. – 252 с.

**ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ДИСПЕТЧЕРА ОВД ПО
УПРАВЛЕНИЮ ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ**

Авиадиспетчеры – это специалисты, управляющие воздушным трафиком абсолютно на всех этапах: от выезда на взлётную полосу, самого полёта и до приземления с заходом на стоянку.

Существует следующие специальности: диспетчер руления, старта, взлёта, круга, подхода, райцентра, посадки. Их работа – передать воздушное судно друг другу. Одновременно под наблюдением диспетчера находится около 10 экипажей.

Специалист, который сидит в авиадиспетчерском пункте в аэропорте, и есть тот, кто руководит воздушным движением. Его главная задача – развести все воздушные судна относительно друг друга на безопасном расстоянии. Все диспетчера разделены по конкретным зонам, т.е. пилот общается каждый раз с разными специалистами. У каждой зоны своя ответственность и свои поставленные задачи. Не все авиадиспетчера сидят в смотровой башне, более того, не все работают в аэропорту. Это касается тех, кто регулирует движение экипажей, летящих за пределами аэродрома, что можно сделать исключительно по приборам. А вот специалистам, сидящим в командно-диспетчерском пункте, окна необходимы. Им важно видеть обстановку вокруг не только по приборам, но и визуально.

Ещё одна задача диспетчера – обслужить расписание и заявленные в нём рейсы, обеспечивая при этом безопасное выполнение полётов, и оптимизировать работу пилотов. В данную задачу входит соблюдение интервалов между воздушными судами и правильное информирование экипажей о выбранной схеме захода на посадку. Большинство пассажирских и грузовых рейсов выполняется по типовым маршрутам (воздушным трассам), и диспетчер следит за тем, чтобы на этих трассах самолёты попадали в пространство с достаточными интервалами. Для этого есть система эшелонирования, чтобы самолёты, которые идут в одну сторону, шли на одной высоте, а которые идут в обратную – на другой.

Перед началом всей лётной операции, пилотам выдаётся план полёта, в котором указано, где он будет пролетать. Сам маршрут будет выглядеть в виде текста с названием трасс и точек. Этот план сразу же попадает в систему управления воздушным движением. Он же согласовывается с военными и по другим инстанциям. Эти данные получает диспетчер. Дальше у диспетчера всегда будет перед глазами план полёта и фактическое движение борта. Если

вдруг маршрут самолёта меняется в воздухе, то диспетчер забивает новый маршрут и обеспечивает, чтобы он был в системе.

План составляется так, чтобы не было других бортов в тех же точках пространства, где будет двигаться воздушное судно. Кроме того, есть рекомендованное количество бортов в очереди на посадку, рекомендованная плотность движения, количество бортов, которое способны охватить диспетчеры своей поддержкой в разных точках. После всех согласований все диспетчеры по маршруту получают данные, какие воздушные суда и когда пролетят мимо них.

Итак, изначально самолёт находится на стоянке. Для того, чтобы ему доехать до взлётно-посадочной полосы по территории аэропорта подключается первый руководящий полётом – диспетчер руления. Его работа заключается в том, чтобы контролировать обстановку, которая складывается на перроне, он решает в какой момент воздушное судно может начать движение, чтобы не столкнуться ни с каким другим воздушным судном на земле. Именно у диспетчера руления просят разрешения на буксировку к запуску. Также он проверяет, есть ли у экипажа обновлённая метеорологическая информация. На его мониторе видны все воздушные суда, стоящие на аэродроме, а также схемы всех рулёжных дорожек и стоянок аэропорта. Если не возникает проблем, диспетчер руления «доводит» воздушное судно до взлётно-посадочной полосы (ВПП).

Как только оно оказывается у ВПП, управление переходит к диспетчеру старта, который решает, свободна ли ВПП и безопасно ли производить взлёт. Диспетчер старта отвечает за движение воздушного судна по ВПП, за взлёт и посадку, за движение воздушного судна по предпосадочной прямой. Для того чтобы "видеть" и "вести" борт, диспетчеры используют бинокль, который помогает видеть все воздушные суда на полосе в непогоду. У каждого на столе монитор с картой Республики Беларусь, которую можно масштабировать. На карте изображены все пролетающие воздушные суда, скорость их движения, высота, на которой они находятся. Сюда же поступают обновлённые метеоданные. Диспетчеры используют интегрированную систему связи ICS 200/60. С её помощью диспетчер может связаться с любым абонентом, который ему нужен. Есть и резервные средства связи: телефон и дополнительная радиостанция. Здесь же – пульт управления светосистемами на рулёжной дорожке и ВПП.

После того, как воздушное судно начало набирать высоту, его контролируют два диспетчера – круга и подхода. Диспетчер круга направляет воздушное судно в сторону своего маршрута и помогает набрать необходимую высоту. Как правило, таких бортов вокруг десятки и между ними необходимо лавировать, чтобы избежать

катастрофы. Диспетчер подхода обеспечивает снижение воздушного судна до нужной высоты, комфортный и безопасный подход на посадку, условия для манёвра. При вылете он же помогает воздушному судну, набирающему высоту, выйти на воздушную трассу. По сути, это тот же диспетчер круга, но его площадь ответственности гораздо больше. Он отвечает за зону, которая удалена от аэропорта, там нет такой плотности движения, как на территории аэропорта.

Далее воздушное судно берет на себя диспетчер контроля. Данный специалист контролирует воздушное движение на самом маршруте. Т.е. когда воздушное судно набрало большую высоту и направляется в пункт назначения по маршруту.

По назначению конечного пункта все процедуры повторяются в обратном порядке.

Главной функцией авиадиспетчера является обеспечение безопасного, регулярного, упорядоченного и менее затратного движения воздушных судов. Для успешного выполнения этой функции авиадиспетчер использует знания воздушной навигации, авиационной метеорологии, английского языка, а также строго установленные правила и инструкции.

Организация работы авиадиспетчера представляет собой процесс взаимодействия авиационных диспетчерских пунктов, находящихся в структуре Единой системы организации воздушного движения или взаимодействующих с ней.

Для выполнения своей функции, авиадиспетчер использует в работе радиотехнические средства навигации, радиосвязи с экипажами воздушного судна, телефонной связи. Также рабочее место авиадиспетчера оснащается компьютерами (ЭВМ), мониторами отображения воздушной обстановки, метеорологической обстановки, сигнальными табло, средствами связи, таблично-знаковыми индикаторами, планшетами, столами ведения графиков, справочной документацией и пр.

Для обеспечения эффективного использования воздушного пространства и контроля полётов воздушного судна, воздушное пространство делится на классы и районы ответственности диспетчерских пунктов. По типу выполняемых технологических задач их разделяют на диспетчерские пункты планирования использования воздушного пространства и диспетчерские пункты непосредственного управления воздушным движением. Таким образом, контроль полёта начинается с момента представления плана полёта, до его закрытия или отмены, а контроль за движением воздушных судов осуществляется с момента запуска двигателей на стоянке, непосредственно перед взлётом на аэродроме вылета, до заруливания на стоянку после посадки на аэродроме назначения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/aviator>.
2. Как работает авиадиспетчер? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Авиадиспетчер>.
3. Как работает диспетчер? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/tuturu/blog/431198/>.

НАПРАВЛЕНИЕ
«БЕСПИЛОТНЫЕ
АВИАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ»

УДК 623.726

Р.Н. Агаев, А.В. Коротеев, Д.А. Кантемиров

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

ВНЕШНИЙ ОБЛИК БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА

Беспилотные летательные самолеты, а также беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в целом, с каждым годом выполняют все большие и большие задачи как в военной, так и в гражданских сферах.

Активное развитие БПЛА объясняется характерными только им достоинствами. Например, это полное беспилотное управление, относительно малая стоимость, малые затраты на их обслуживание и эксплуатацию, увеличенные дальность и продолжительность полета, связанные с отсутствием усталости экипажа в полете.

Проектируемый беспилотный летательный аппарат является оперативным самолетом разведчиком, который способен выполнять задачи также такие задачи, как патрулирование, постановку помех, имитировать воздушную мишень.

Тактико-технические требования, предъявляемые для проектирования БПЛА, представлены в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Основные тактико-технические характеристики проектируемого БПЛА

1.	Нагрузка целевая	кг	1200
2.	Число М полета крейсерское	$M_{кр}$	0,7
3.	Высота полета	м	7000
4.	Дальность полета	км	5000

В процессе выбора аэродинамической компоновки осуществляется выбор размеров, форм и взаимного расположения крыла, фюзеляжа и оперения, которые образуют внешние аэродинамические обводы. Таким образом определяется аэродинамическое совершенство проектируемого БПЛА.

Среди всего многообразия параметров, характеризующих аэродинамическую компоновку, в расчетах следует ограничиться выбором и определением следующих характеристик и показателей [2,3]:

1. Тип аэродинамической схемы БПЛА: тандем. Вместо горизонтального оперения применяется второе крыло;

2. Характер размещения двигателя в составе силовой установки: в фюзеляже, в его хвостовой части, в районе килевой надстройки;

3. Формы крыльев в плане, их геометрические характеристики: оба крыла трапецевидные, второе крыло соединено с первым и образует единый контур;

4. Тип и геометрические характеристики вертикального оперения: киль с рулем направления.

После выбора основных проектных параметров проектируемого БпЛА, следует построение его 3D модели для моделирования. Создание модели состоит из нескольких этапов:

- на первом этапе определяется последовательность создания конструктивных частей и соответствующие для этого методы;

- на втором этапе проводится общая сборка и доработка БпЛА в целом;

- на третьем этапе для создания реалистичной модели осуществляется окончательная визуализация модели БпЛА.

Внешний облик беспилотного летательного аппарата средней и большой дальности полета представлен на рисунке 1 в трех проекциях.



а) вид сверху



б) вид спереди



в) вид сбоку

Рисунок 1 – Внешний облик беспилотного летательного аппарата

Таким образом, в процессе формирования облика перспективного БпЛА был выполнен расчет всех его основных проектных параметров, определена аэродинамическая и объемно-массовая компоновка, определены параметры силовой установки, определено целевое оборудование.

Проектируемый БПЛА является дистанционно управляемым при помощи лётчика-оператора из наземной станции управления и при необходимости автоматически управляемым, с предварительным заданием программы полета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Выбор основных параметров самолета: учебное пособие по курсовому проектированию по дисциплине «Конструкция и прочность летательных аппаратов». – Воронеж: ВУНЦ ВВС, 2012. – 125 с.

2. Проектирование самолетов / под ред. С.М. Егера. – М.: Машиностроение, 1983.– 616 с.

3. Основы устройства, проектирования, конструирования и производства летательных аппаратов / под ред. Н.С. Голубева, Ю.И. Янкевича. – М.: МАИ, 2005. – 283 с.

УДК 623.462.12

Е.С. Алейникова, К.В. Волк, Т.С. Лавицкая, В.А. Малкин

Государственное предприятие «Завод точной электромеханики»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СНАРЯДА, СТАБИЛИЗИРУЕМОГО ВРАЩЕНИЕМ

Одной из особенностей современных военных конфликтов является широкое применение ракетного вооружения. Значительную часть ракетного оружия класса «земля-земля» составляют снаряды, стабилизируемые вращением: реактивные снаряды (РС) систем залпового огня, противотанковые управляемые ракеты (ПТУР) различных калибров, дальности действия и назначения. В мире существует устойчивый спрос на такие снаряды, имеются большие запасы таких снарядов, в том числе с истекающими сроками службы или неисправной системой управления.

Разработку и производство указанных снарядов способны осуществлять несколько стран. Удел остальных - покупка новых образцов или техническое освидетельствование, ремонт и продление сроков технической пригодности снарядов из имеющихся запасов.

Особо следует отметить модернизационный потенциал РС и ПТУР. В части РС проводится модернизации с существенным изменением боевых свойств - создание управляемого РС на базе неуправляемого. В части ПТУР представляет интерес модернизация системы управления: от замены элементной базы до введения современных методов наведения.

При любых вариантах модернизации ПТУР планер и двигательная установка сохраняются неизменными. При создании управляемого РС добавляются рули или двигатели

газодинамического управления. Поэтому если РС или ПТУР стабилизировались в полете вращением, то это свойство сохраняется, и новая система управления должна работать в условиях вращения снаряда с частотой 8-15 Гц.

Построение системы управления для вращающихся снарядов дополнительно осложняется следующими факторами: необходимостью использования гироскопов для высокой угловой скорости по крену, сложностью обеспечения спутниковой коррекции инерциальной навигационной системы, высокими требованиями к точности и быстродействию рулевых приводов.

Проектирование системы управления в данных условиях требует тщательного математического моделирования, которое позволит до начала макетирования оценить пригодность выбранных принципов построения и функционирования, элементной базы, а также возможности выполнения заданных технических требований, важнейшими из которых являются дальность и точность наведения на цель.

В докладе рассмотрены последовательность и результат разработки имитационной математической модели снаряда, стабилизируемого вращением на базе ПТУР. Приводится методика оценки аэродинамических характеристик и параметров ПТУР, структура и результаты работы ИММ.

ИММ ПТУР может быть использована в проектах по модернизации и разработке новых систем управления ПТУР и других снарядов, стабилизированных вращением.

УДК 623.746.519

В.Ю. Алетунович, И.С. Гордей, Д.В. Бобровский

Белорусская государственная академия авиации

ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ БПЛА

Одним из требований к созданию и эксплуатации беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является построение оптимальных цифровых каналов управления и передачи данных на наземные комплексы управления (НКУ), обеспечивающей передачу высокоскоростной информации полезной нагрузки.

Актуальность наличия высокоскоростной линии передачи информации между БПЛА и НКУ связана, например, с задачами БПЛА по оперативному мониторингу или разведки. Это предполагает получение на борту БПЛА и отправку на НКУ информации состоящей из растровых изображений местности и объектов разного разрешения. Причем эта информация формируется датчиками БПЛА различных диапазонов длин волн. В настоящее время, передачи данной информации представляет

непрерывную трансляцию изображения по результатам ее получения в различных форматах (цифровых и аналоговых).

Разработчики и эксплуатанты БПЛА отмечают, что непрерывная трансляция изображений имеет следующие особенности и проблемы:

- значительная часть визуальной информации может не иметь искомых признаков;

- отсутствует гарантия достоверной доставки информации;

- требуется постоянное излучение сигнала передатчиком, что позволяет легко обнаружить БПЛА и установить его координаты.

Следовательно, для эффективной работы каналов управления и передачи данных БПЛА, требуется решение ряда задач, а именно:

- обеспечение гарантированной доставки информации и особенно для изображений с высоким разрешением;

- снижения разрешения потока видеoinформации в зависимости от пропускной способности канала связи;

- создание системы передачи данных, способной адаптивно подстраиваться под ресурсы канала связи, обеспечивая их эффективное использование.

Анализ открытых источников информации СМИ так же показывает, что разработчики БПЛА видят следующие проблемы в создании каналов передачи данных дальнего действия:

- обеспечение радиовидимости между БПЛА и НКУ;

- компенсация большого затухания сигнала на радиотрассе между БПЛА и НКУ.

Первая проблема, обеспечения прямой видимости между БПЛА и НКУ, может быть решена путем увеличения высоты полета БПЛА и увеличением высоты подъема наземной антенны НКУ. Дополнительно к этому, высокоскоростная передача полезной информации на значительные расстояния (более 300 км) возможна при использовании стационарных систем передачи информации, ретрансляционного оборудования, систем спутниковой связи.

Вторая проблема, большие затухания сигнала на радиотрассе, может быть решена путем увеличения выходной мощности передатчиков как на борту БПЛА, так и на НКУ, а так же путем увеличения коэффициентов усиления антенн.

Интересным с технической, но сложным с технологической точки зрения, является способ повышения коэффициента усиления бортовых антенн БПЛА, предполагающий использование опорно-поворотного устройства на борту БПЛА.

Имеются расчеты оптимального состава и структуры такого бортового опорно-поворотного устройства. На нем предлагается разместить антенно-фидерную систему, приемопередатчики, усилителей мощности и малошумящих усилителей. Причем оборудование каналов управления и передачи данных размещается

максимально компактно, а в составе опорно-поворотного устройства предлагается использовать надежные вращающиеся переходы для каналов передачи цифровой и аналоговой информации от различных датчиков.

Еще одной особенностью радиоканала связи между БПЛА и НКУ является его работа в диапазонах СВЧ, что требует прямой видимости между ними. Поэтому для повышения надежности каналов управления и передачи данных БПЛА на борту целесообразно устанавливать несколько приемопередатчиков и соответственно антенн различных диапазонов длин волн. Требуется учесть еще и то, что канал управления или передачи командно-телеметрической информации предназначен для низкоскоростной передачи информации с НКУ на БПЛА и телеметрической информации с БПЛА на НКУ, а канал передачи данных предназначена для односторонней высокоскоростной передачи информации с БПЛА на НКУ.

Оптимальной схемой реализации на борту нескольких приемопередатчиков, является схема, исключающая переключатели СВЧ-сигналов. Для этого для каждой антенны используется свой передатчик и усилитель мощности. В этом случае переключатель сигналов выполняется на уровне цифровой логики при помощи микроконтроллера (рисунок 1).

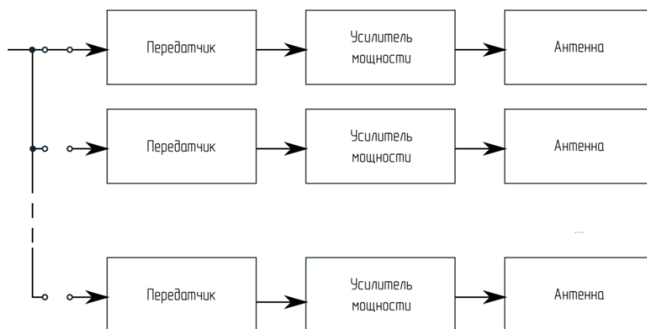


Рисунок 1 – Структурная схема передающего тракта БПЛА

Полеты БПЛА на большие расстояния могут обеспечиваться передачей телеметрической информации по каналу управления с помощью спутниковых систем связи. В этом случае, высокоскоростная передача информации канала передачи данных может также осуществляться через спутниковые системы связи, но потребует установки на БПЛА высоконаправленной антенны с

возможностью сканирования на указанном выше опорно-поворотном устройстве.

Однако, для БПЛА военного назначения оптимальным является канал управления и передачи данных между БПЛА и НКУ, который функционирует напрямую. В этом случае обеспечивается высокоскоростная передачи информации, недоступная спутниковым системам связи, и не используются стационарные гражданские системы связи.

Таким образом, представленные выше, и иные, особенности и проблемы построение оптимальных цифровых каналов управления и передачи высокоскоростной информации и данных от БПЛА на НКУ остаются актуальными и требуют дополнительных научных исследований.

УДК 623.7

И.В. Арбузов, С.В. Чернецкий, С.А. Савельев

*Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)*

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ УЧЕТА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УПРАВЛЕНИИ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

В настоящее время получили широкое распространение любительские авиационные беспилотные системы. Как и типичная подобная система, она состоит из ряда элементов, таких как беспилотное воздушное судно, наземная станция, средства контроля и канала связи. Особое распространение получила система на основе мультикоптера, в роли беспилотного воздушного судна, далее БВС, о которых пойдёт речь в данной статье. Типичным представителем данного типа является квадрокоптер и гексакоптер, взлётной массой от 100 граммов до 30 килограмм и габаритами от 10х10см до метровых экземпляров.

Многие операторы БПЛА осуществляют дистанционное пилотирование таким летательным аппаратом без прохождения обучения и подтверждения необходимых навыков. Если воздушное судно, далее ВС, находится в общем воздушном пространстве, существует вероятность пересечения траекторий полёта с другим ВС и как результат столкновение. Столкновение в воздухе является одним из опасных типов происшествия независимо от габаритов ВС, приводящее к временной или постоянной потере управления в связи с повреждением, либо разрушением конструкции ВС. Последствия для БВС можно выразить только в финансовом выражении, в то время как повреждение обычного ВС иногда ведёт к человеческим жертвам. Из этого следует, что до тех пор, пока в

воздушном пространстве находятся невзаимодействующие ВС, проблема безопасности полёта будет актуальна, до её полного решения.

Чаще всего любительские БПЛА летают не выше 3000 метров, занимая тем самым воздушное пространство G. Производители таких систем, всячески предупреждают оператора и препятствуют полёту БВС в запрещённом сегрегированном воздушном пространстве, что уменьшает риск столкновения в воздухе. Однако пространство «G» насыщено движением ВС общего назначения. Полёт в данной зоне слабо контролируется службами УВД, а максимальная разрешённая скорость составляет 450 км/ч. Подобные БПЛА не проходят сертификационных испытаний на соответствие установленным требованиям. В 2018 году Датинсонский университет произвёл тестовое столкновение полуторакилограммового квадрокоптера с крылом самолёта M20 Моопеу и в ходе этого эксперимента было зафиксировано повреждение лонжерона крыла [1].

Все эти предпосылки и растущее число использования любительских БПЛА отрицательным образом отражается на безопасности полётов. Подтверждение тому поступают из разных стран, в частности в Канаде, в период с 2014 по 2016 годы было зафиксировано 275 инцидентов столкновений БПЛА с ВС в воздухе.

Полный запрет полётов любительских БПЛА в общем воздушном пространстве не является полноценным решением проблемы безопасности. Необходимо искать альтернативные пути, так как любительские БПЛА, благодаря их распространённости и многочисленности могут служить хорошей статистической основой для исследований любых БПЛА.

Логично предположить, что для повышения активной безопасности необходимо избегать столкновения, то есть необходимо управлять этим процессом, необходим контакт и одновременное взаимодействие двух или более отдельных систем. Для этого необходимо установить необходимые каналы связи, например визуальный контакт, звуковой контакт, радиозлектронный контакт и т.п. Примечательно, что пилоты иногда способны увидеть БВС перед столкновением, но не в состоянии предпринять какое-либо правильное действие из-за дефицита времени [2]. То есть визуальный контакт присутствует, но он очень кратковременен. Пролонгировать его действие возможно применением яркой ливреи и соответствующей яркости светотехники БВС. Целесообразность такой концепции одностороннего взаимодействия можно реализовать только в тёмное время суток. Даже если её реализовать, нельзя считать приемлемым уклонение ВС от всех БВС.

Одним из звуковых способов распознавания препятствия является применение датчиков типа сонар. Такая система успешно применяется на современных, любительских БВС. Увеличив радиус действия системы и применив необходимый алгоритм активного уклонения от ВС, можно добиться необходимого или приемлемого уровня безопасности. Так же вычислить местоположение и вектор движения с последующим инициированием уклонения БВС от обычного ВС можно используя принцип электронно-акустического установления источника звука, издаваемого другим ВС. Вероятно применению такой концепции будет склонно к ложным срабатываниям и сильно зависеть от компоновки БВС.

Поскольку большинство любительских БПЛА снабжены ЭВМ, возможно, обеспечить радиоэлектронный обмен данными между ЭВМ взаимодействующих ВС. Учитывая мировой опыт в реализации аналогичных технологий, можно предположить, что это наиболее перспективная и в ближайшей перспективе реализуемая концепция. Однако приняв во внимание тот факт, что методы взлома управляющих алгоритмов идут с опережением методов защиты от несанкционированного изменения алгоритма, велика вероятность того, что на основе этой концепции могут быть реализованы «беспилотники камикадзе», алгоритм которых будет прямо противоположен избеганию столкновения.

Из всех перечисленных аспектов, можно сделать общий вывод, что при несоблюдении БВС правил сегрегации и эшелонирования воздушного пространства, уклонение от другого ВС, является единственным эффективным способом повысить безопасность полёта. Способы технического решения данной проблемы должны взаимно дополнять и дублировать друг друга. Так же все любительские БВС должны проходить сертификационные испытания на столкновение и иметь запрограммированное разрушение собственной конструкции, минимизирующее повреждения другого ВС. Целесообразность подобных мер в первую очередь обусловлена безопасностью полёта и ограничена лишь покупательской способностью пользователей любительских БПЛА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Impact tests prove large aircraft won't always win in collision with small drones [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://udayton.edu/udri/news/18-09-13-risk-in-the-sky.php> – Дата обращения: 06.10.2020
2. Air transportation safety investigations and reports [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bst-tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/aviation/2017/a17q0162/a17q0162.html> – Дата обращения: 04.10.2020.

3. Серебрянский, С.А. Подход к формированию технического облика беспилотного воздушного судна / С.А. Серебрянский, А.Е. Парненко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 43–52.

УДК 623.1/7

А.С. Богослов, А.А. Беличук, В.В. Лебедев

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)*

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Одним из основных направлений развития и совершенствования средств защиты беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является разработка комплексов защиты с высокой степенью адаптации, обладающих способностью автоматической защиты в реальном масштабе времени осуществлять анализ радиоэлектронной обстановки с целью выбора оптимального вида и формы помеховых воздействий на атакующее средство.

Противодействие управляемым ракетам (УР) с головками самонаведения атакующих на конечном участке их полета будет осуществляться с широким использованием расходуемых средств активной защиты таких как дипольные отражатели, активные и пассивные ловушки.

Комплексное использование средств активной защиты позволяет значительно повысить эффективность применения беспилотных летательных аппаратов БПЛА.

Оптимизация параметров комплексирования осуществляется с помощью специальных программирующих и вычислительных устройств бортового комплекса защиты БПЛА, устройства памяти о типовых средствах угрозы и исполнительной подсистемы.

На вход программирующего устройства поступает информация от следующих датчиков:

предупреждения об облучении;

фиксации момента пуска противником ракеты;

навигационных, обеспечивающих данными о летных

параметрах БПЛА и атакующего объекта;

анализаторов сигналов облучения.

Исполнительная подсистема должна обеспечить управление наводкой устройства выброса и управление отстрелом средств активной защиты. В результате подрыва средств активной защиты образуется облако осколков в расчетной точке пространства,

попадая в которое, УР получает повреждения головки самонаведения и других отсеков, приводящие к срыву ее наведения или уничтожению.

С учетом допущений векторное уравнение движения средства активной защиты может быть записано в виде [1]:

$$\frac{d\bar{V}}{dt} = -E\bar{V} + \bar{g} + \frac{\bar{T}_d}{m}, \quad (1)$$

где $E = c \frac{\pi \rho_{N0}}{8000} H_N(h) V c_{x3}(M)$ – функция сопротивления, $\bar{T}_d$ – тяга двигателя, m – текущая масса ЗБ.

В данном уравнении баллистический коэффициент c средства активной защиты из-за изменения его массы также изменяется. С целью уменьшения числа переменных дифференциального уравнения и упрощения процесса его численного интегрирования перейдем к постоянному баллистическому коэффициенту:

$$c = \frac{id^2}{m} 10^3 = \frac{id^2}{m} 10^3 \frac{m_k}{m_k} = \frac{id^2}{m_k} 10^3 \frac{m_k}{m}, \quad (2)$$

где $i = \frac{c_{x0}(M = M_N)}{c_{x3}(M = M_N)}$ – коэффициент формы средства активной защиты.

Эталонное значение коэффициента лобового сопротивления C_{x3} определяется выражением:

$$c_{x3}(M) = a_j + b_j M + c_j M^2. \quad (3)$$

Значение баллистического коэффициента средств активной защиты на пассивном участке определяется согласно формуле:

$$c_k = \frac{id^2}{m_k} 10^3, \quad (4)$$

Выражая с его помощью текущее значение баллистического коэффициента на активном участке, получим:

$$c = c_k \frac{m_k}{m}, \quad (5)$$

С учетом уравнений (2...5) получим уравнение (1) в следующем виде:

$$\frac{d\bar{V}}{dt} = -c_k \frac{m_k}{m} \cdot \frac{\pi \rho_{N0}}{8000} H_N(h) V_{c_{\text{хз}}}(M) \bar{V} + \bar{g} + \frac{\bar{T}_d}{m}. \quad (6)$$

Таким образом уравнение (6) является каноническим уравнением движения центра масс средства активной защиты. Именно оно кладется в основу баллистического обеспечения отстрела средств активной защиты в рамках основной задачи внешней баллистики. Для численного решения векторное уравнение (6) должно быть приведено к скалярной форме в том или ином базисе. Как показано в работе [1], наиболее простые решения системы дифференциальных уравнений движения средства активной защиты получаются в стартовом базисе $OX_C Y_C Z_C$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пашков, В. И. Внешняя баллистика авиационных ракет и снарядов: учебное пособие для вузов / В.И. Пашков, А.Г. Постников. – М.: ВВИА, 1989. – 231 с.

УДК 623.1/7

А.С. Богослов, И.С. Козак, В.В. Лебедев

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж),*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ОТ УПРАВЛЯЕМЫХ РАКЕТ

Применение российской авиации в Сирии вскрыло определенные недостатки отечественных самолетов и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), прежде всего, их незащищенность со стороны задней полусферы от ракет переносных зенитных комплексов типа «Стингер», «Игла» и других, а также от ракет класса «воздух-воздух» [1]. Анализ боевого применения российской авиации в Сирии продолжается и в конструкцию летательных аппаратов вносятся необходимые усовершенствования. Нельзя сказать, что у летательных аппаратов

не было средств защиты от ракет. Хорошо известны тепловые ловушки, отстреливаемые как переднюю, так и в заднюю полусферы. Сейчас это самое распространенное средство защиты от ракет с тепловыми головками самонаведения. Но у этих ловушек есть несколько принципиальных недостатков [1]:

траектория их полета отличается от траектории полета летательного аппарата, поскольку они быстро тормозятся после отстрела и отстают от летательного аппарата;

спектральные характеристики ловушек не соответствуют интенсивности свечения факела истекающих из двигателя продуктов сгорания;

суммарной мощности теплового излучения ловушек зачастую недостаточно для надежного перенацеливания на них атакующих ракет.

Современный уровень развития техники позволяет обеспечить создание системы активной защиты для БПЛА, реализующей принцип огневого воздействия на атакующие УР в результате направленного отстрела защитных боеприпасов осколочного действия.

Целью работы является повышение эффективности защиты БПЛА от управляемых ракет класса «поверхность-воздух» и «воздух-воздух» с головкой самонаведения различного типа, за счет обеспечения подрыва элемента активной защиты (ЭАЗ) в расчетной точке пространства на траектории движения управляемой ракеты.

В известном ЭАЗ, содержащем металлическую гильзу с размещенным в ней поражающим модулем осколочного типа, воспламенителем и закрытую заглушкой [2], дополнительно введены корпус с сопловым блоком и устройством стабилизации, обтекатель, а также взрыватель дистанционного типа и двигатель твердого топлива [3]. Поражающий модуль осколочного типа и воспламенитель установлены в цилиндрическом корпусе, наружный диаметр которого равен внутреннему диаметру гильзы, в нижней части корпуса размещен сопловый блок с устройством стабилизации, а в верхней части обтекатель, между поражающим модулем и сопловым блоком установлен двигатель твердого топлива, под обтекателем расположен взрыватель дистанционного типа.

При предстартовой подготовке аппаратурой управления во взрыватель вводится время дистанционного действия для обеспечения подрыва боеприпаса в расчетной точке.

Время определяет требуемую дальность и находится исходя из номинальных значений параметров движения элемента активной защиты. После выхода элемента активной защиты из устройства выброса, раскрывается устройство стабилизации и переходит в рабочий режим. Под действием силы тяги продуктов горения

двигателя твердого топлива создается вращение боеприпаса вокруг своей оси, необходимое для совершения стабилизированного полета в расчетную точку пространства. При достижении времени дистанционного действия срабатывает взрыватель и инициирует подрыв взрывчатого вещества поражающего модуля. В результате подрыва взрывчатого вещества поражающего модуля образуется облако осколков, попадая в которое, управляемая ракета получает повреждения, приводящие к срыву ее наведения.

Корпус предназначен для размещения в нем составных частей ЭАЗ и выполнен как одно целое с сопловым блоком и может быть выполнен из тонкостенной трубы на основе сплава алюминия, например Д16Т, способом изотермической штамповки, а контактирующая с продуктами сгорания двигателя твердого топлива внутренняя поверхность корпуса и соплового блока защищена эрозионностойким теплозащитным покрытием на основе анодной пленки оксида алюминия с толщиной до 60 мкм. Для снижения аэродинамического сопротивления в конструкцию ЭАЗ введен обтекатель, который может быть выполнен из полимерного материала [4].

Взрыватель дистанционного типа предназначен для обеспечения подрыва ЭАЗ в расчетной точке пространства [5]. Управление им осуществляется автоматически перед отстрелом по индуктивной линии связи между устройством выброса и взрывателем на требуемое время дистанционного действия, вводимого аппаратурой управления при предстартовой подготовке. Время определяет требуемую дальность и находится исходя из номинальных значений параметров движения боеприпаса.

Двигатель твердого топлива предназначен для обеспечения необходимой скорости полета ЭАЗ. Он создает силу тяги, образуемая при истечении газа [6]. Сопловой блок служит средством увеличения реактивной силы двигателя. Он имеет сопло оптимального профиля (входная часть, критическое сечение и расширяющаяся сверхзвуковая часть) с узлами крепления устройства стабилизации боеприпаса 11, которое выполнено из пластин сплава алюминия и предназначено для стабилизации боеприпаса в полете путем придания вращательного движения вокруг строительной оси. Использование сопла указанной конструкции в сочетании с узлами крепления устройства стабилизации боеприпаса повышает надежность и снижает вес.

Таким образом, можно заключить, что ЭАЗ, в котором реализовано данное решение, обладает преимуществами, отвечающими поставленной задаче, а именно способствует повышению эффективности защиты БПЛА от управляемых ракет класса «поверхность-воздух» и «воздух-воздух» с головкой самонаведения различного типа, за счет обеспечения подрыва ЭАЗ

в расчетной точке пространства на траектории движения управляемой ракеты.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Российские самолеты не защищены со стороны задней полусферы // Военно-техническое сотрудничество. – 2018. – № 28 (1133). – С. 11-13.
2. Пиротехнический патрон инфракрасного излучения: пат. № 2633012 Российская Федерация / А.А. Беличук, В.В. Лебедев. – Оpubл. 11.10.2017.
3. Элемент активной защиты летательного аппарата от управляемых ракет: пат. № 2691801 Российская Федерация / А.С. Богослов, А.А. Беличук, В.В. Лебедев. – Оpubл. 18.06.2019.
4. Булатов, И.М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов / И.М. Булатов, В.В. Воробей. - М. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 476 с.
5. Средства поражения и боеприпасы: учебное пособие / под ред. В.В. Селиванова. – М. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 936 с.
6. Авиационное вооружение: учебное пособие / под ред. Д.И. Гладкова. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1971. – 68 с.

УДК 627.7.621

В.П. Васильев, Н.В. Автаев, Т.Р. Сайкумов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Минобороны России

ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИОСВЯЗИ В ГРУППЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ LI-FI

В настоящее время комплексы с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) применяются во многих сферах деятельности по всему миру. Основным заказчиком производства и развития БПЛА являются силовые структуры. Применяются беспилотные летательные аппараты не только на больших открытых местностях, но и в городах с большими (высотными) застройками. Особенно развивается групповое применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) в пределах города.

Однако, возникают сложности применения БПЛА в городских условиях. Основной проблемой является плотность городской застройки, т.е. возникает высокая вероятность столкновения БПЛА с сооружениями и коммуникационными линиями, что приводит к крушению БПЛА. Также при увеличении количества использования БПЛА в городе возникает вероятность их столкновения.

Одной из причин столкновения БПЛА между собой является отсутствие радиосвязи между ними, особенно это актуально при

групповом применении «дронов». Рассмотрим возможность организации связи между БПЛА.

Использующиеся беспроводные сети Wi-Fi становятся всё медленнее с ростом их числа. Речь идёт о взаимной интерференции и помехах, снижающих скорость передачи информации в этих сетях. Дело в том, что радиоволны – это всего лишь небольшая часть спектра, доступного для передачи данных, и огромное число Wi-Fi источников делает проходимость радиочастот затруднительной. Эти недостатки затрудняют использование технологии Wi-Fi в комплексах с БПЛА. Решением этой проблемы является использование технологии Li-Fi, использующий видимый свет для обмена данными [1].

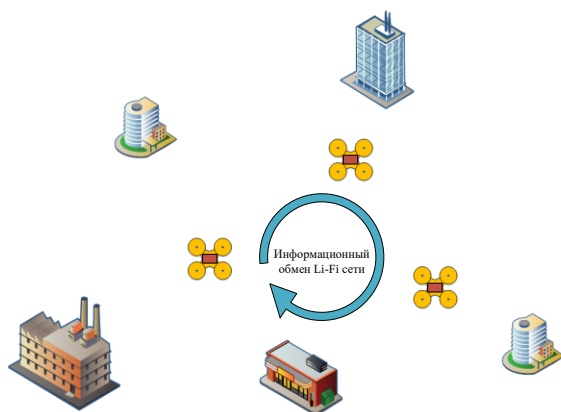
Основными требованиями к компонентам Li – Fi являются следующие:

- светодиод, являющийся источником передаваемых данных должен иметь яркое свечение;
- кремниевый фотодиод (фотодетектор), являющийся приёмником передаваемых данных, должен эффективно реагировать на видимый свет;
- светодиоды должны включаться и выключаться для генерации цифровых последовательностей, состоящих из различных комбинаций 1 и 0.

Светодиод и фотодетектор должны быть разделены между собой, например в верхней и нижней консоли крыла БПЛА. Установка нескольких приемо-передатчиков Li-Fi на левой и правой консоли крыла позволит увеличить количество абонентов связи.

Также предлагается использовать органический светоизлучающий диод, как передатчика в сети Li-Fi (рисунок 1). Такая модификация позволит получить:

- увеличение скорости передачи данных;
- объёмное излучение во все стороны;
- экономический эффект, благодаря уменьшению количества источников;
- простоту изготовления за счёт использования жидких материалов;
- одновременное излучение во все стороны или же локальное, направленное в нужные стороны;
- возможность использовать весь потенциал органических светодиодов.



■ - универсальная приёмо-передающая система Li-Fi сети

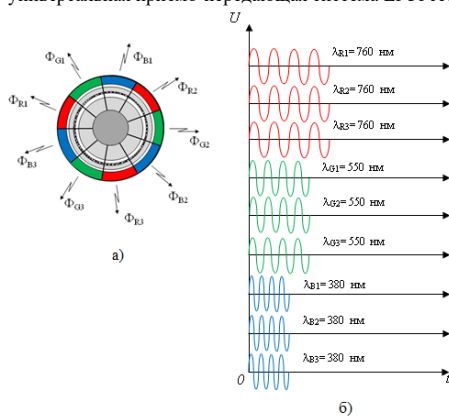


Рисунок 1 – Использование технологии Li-Fi в БПЛА

Основным недостатком использования технологии Li-Fi в комплексах с БПЛА является небольшое расстояние передачи данных. Поэтому данную технологию можно использовать только для:

- передачи данных в группе БПЛА с высокой скоростью;
- организации строя БПЛА;
- предотвращения столкновения «дронов»;

- самоорганизующейся сети БпЛА с разными возможностями, различающимися сетевой моделью, на основе искусственного интеллекта [2].

Таким образом, основной проблемой группового применения БпЛА является обеспечения безопасности полетов. Критериями безопасности полетов в данном случае являются:

- устойчивое управление группой БпЛА;
- надежность силовой установки и планера каждого БпЛА в группе;
- высокоточное определение координат каждого БпЛА группы и т.д.

Использование технологии Li-Fi позволит обмениваться навигационными данными (БпЛА смогут определять свои взаимные координаты), передавать сигналы управления (корректировать автономный полет), а также даст возможность использования распределенной полезной нагрузки в группе (БпЛА разведчик, ретранслятор, ведущий и ведомый и т.д.). В целом, использование данной технологии позволит организовать взаимодействие между БпЛА, что позволит повысить безопасность полета группы БпЛА.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Rani, J. Li-Fi (Light Fidelity). The future technology In Wireless communication / P. Chauhan, R.Tripathi // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – Vol.7, No.11. – P. 2012.

2. Леонов, А.В. Роевой интеллект для управления БПЛА в FANET / А.В. Леонов, В.А. Чаплышкин // Молодой ученый. – 2016. – № 12 (116). – С. 314-317.

УДК 533.69

В.В. Вертебный, О.А. Чупанов, Д.А. Авсиевич

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ НА ДАЛЬНОСТЬ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В докладе рассматривается взаимосвязь аэродинамической компоновки беспилотного летательного аппарата и его дальности полета. В качестве аппарата, имеющего высокие показатели дальности и продолжительности полета, рассмотрен БЛА RQ-4 Global Hawk. Рассмотрены возможные пути увеличения дальности и продолжительности полета.

Результаты анализа вооружённых конфликтов показывают, что одной из главных задач при ведении боевых действий является

разведка местности и поиск объектов противника. Для качественного и эффективного ее ведения требуются соответствующие средства. В качестве разведчиков в настоящее время все чаще выступают беспилотные летательные аппараты (БЛА), преимущество которых заключается в отсутствии на борту экипажа, который ввиду физиологических особенностей не может долго находиться в воздухе без отдыха, а также систем жизнеобеспечения. В качестве примера такого типа БЛА может выступать RQ-4 Global Hawk [1] (рисунок 1), производства США, который был разработан в конце 20 века, совершил свой первый полет в 1998 г. и широко применялся во всех современных вооруженных конфликтах, а также при ведении разведки вдоль государственной границы РФ. Особенностью данного аппарата является большая продолжительность полета. Анализ конструктивных особенностей БЛА Global Hawk показывает, что высокие показатели дальности и продолжительности полета достигаются за счет использования крыла большого размаха и удлинения, а также оптимизированная под минимальное лобовое сопротивление головная часть фюзеляжа. Так размах крыла в некоторых модификациях достигает 39,5 м, а дальность полета 25 000 км, при продолжительности полета около 36 часов. Продолжительность полета тесно связана с дальностью полета, которая рассматривается в работе.



Рисунок 1 – БЛА RQ-4 «Global Hawk»

Рассмотрим теоретические основы обеспечения максимальной дальности и продолжительности полета. В аэродинамике в качестве основного показателя оценивающего возможности по обеспечению максимальной дальности и продолжительности полета, рассматривается $K_{\max}$. Оно определяется как отношение коэффициента подъемной силы c_{ya} к коэффициенту силы лобового сопротивления c_{xa} . Основным элементом, создающим подъемную силу ЛА, является крыло, которое в том числе вносит значительный вклад в силу лобового сопротивления. Соответственно стоит задача

по поиску компромисса, либо идти по пути увеличению подъемной силы, либо по пути уменьшения силы лобового сопротивления. Данный вопрос рассматривается долгое время и в настоящее время остается дискуссионным. Следующим аспектом, определяющим дальность и продолжительность полета, являются характеристики силовой установки на крейсерском режиме полета. Если рассматривается двигатель, использующий энергию топлива, то показателем его экономичности является удельный расход топлива $C_{уд}$. При этом необходимо обеспечить максимальный запас топлива на борту, при максимально экономичной силовой установке, что может привести к значительному росту взлетной массы, что следует из уравнения существования летательного аппарата [2]. Также должны быть продуманы вопросы изменения центра масс БЛА из-за выработки топлива, которые не должны оказывать существенного влияния на его устойчивость и управляемость. В случае применения в качестве силовой установки электродвигателя, источником энергии являются различного типа аккумуляторы. У данных элементов есть свои преимущества, которые заключаются в снижении инфракрасной заметности БЛА, за счет отсутствия выхлопных газов. При расходе электроэнергии взлетная масса БЛА в процессе выполнения полета не меняется, тем самым не влияя на положение его центра масс, но аккумуляторы имеют множество недостатков, поэтому как показывает статистика, все БЛА массой больше 100 кг используют двигатели на топливе.

Предлагается решить задачу выбора компоновки путем расчета аэродинамических характеристик методом дискретных вихрей. В качестве показателя оценки компоновки выступает аэродинамическое качество. Для оценки аэродинамических характеристик каждой конкретной компоновки предлагается использовать метод дискретных вихрей (МДВ) [3]. Первостепенным вопросом при исследовании аэродинамических характеристик компоновок является их выбор. Так как за годы существования авиации было разработано огромное количество вариантов облика ЛА, то выбор предлагается осуществлять на основе метода экспертных оценок, либо с использованием методики структурно-параметрического синтеза, разработанной для крылатых ракет и подробно описанной в монографии [4].

Множество исследований показывают адекватность результатов расчетов, полученных с помощью МДВ. Оценка достоверности проводилась путем сравнения аэродинамических характеристик модели БЛА «Амалия» (рисунок 2), которая является копией БЛА X-47 США, полученных в аэродинамической трубе Т-102 ЦАГИ. МДВ позволяет с высокой точностью, оценить аэродинамические характеристики большого числа различных

компоновок, что является актуальным при проведении поисковых исследований.

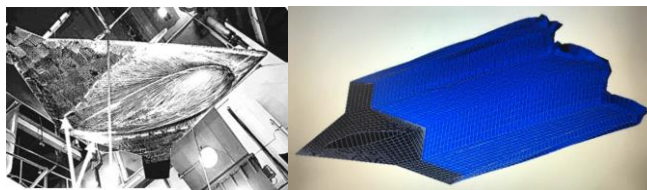


Рисунок 2 – БЛА «Амалия» в АДТ Т-102 ЦАГИ и расчет МДВ

Таким образом, в докладе рассмотрены особенности БЛА RQ-4 Global Hawk, позволяющие достигать продолжительности полета около 36 ч и дальности 25 000 км. Поставлена задача по расчету аэродинамических характеристик различных компоновок, оценки максимального аэродинамического качества, являющегося показателем, оказывающим влияние на дальность и продолжительность полета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. RQ-4 Global Hawk корпорации Northrop Grumman [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.tech-life.org/arms/86-rq-4-global-hawk.html. – Дата обращения: 22.09.2020.
2. Проектирование самолетов / под ред. М.А. Погосяна. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Инновационное машиностроение, 2018. – 864 с.
3. Аубакиров, Т.О. Нелинейная теория крыла и ее приложения / Т.О. Аубакиров, С.М. Белоцерковский, А.И. Желанников. – Алматы: «Гылым», 1997. – 448 с.
4. Гусейнов, А.Б. Проектирование малозаметных летательных аппаратов / А.Б. Гусейнов, В.Н. Трусов. – М.: МАИ, 2014. – 288 с.

УДК 623.62

А.Н. Глушков, П.Е. Кулешов, А.В. Марченко

Военный учебно-научный центр Военно воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г.Воронеж)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНФЛИКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ЛАЗЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ

Современный этап развития науки и техники характеризуется широким использованием беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в различных областях человеческой деятельности. Среди БЛА наиболее рельефно выделяются аппараты, которые ведут оптико-электронную разведку. Функционирование таких БЛА происходит, как правило, в условиях преднамеренно организованного или непреднамеренного конфликта с другими системами [1]. Первый особенно актуален для систем военного назначения. Именно он и является объектом исследования в настоящей работе. Суть этого конфликта заключается в том, что ОЭС стремятся получить как можно больше информации об объектах противостоящей стороны, а она противодействует ей в этом. Для противодействия ОЭС в настоящее время в развитых странах предполагается широко использовать лазерные комплексы (далее лазерные комплексы функционального поражения - ЛКФП). Они представляют сложные системы вооружения, включающие в свой состав лазерную станцию разведки (ЛСР) целей, систему наведения мощного лазерного излучения, мощную лазерную установку и подсистему управления.

Определение путей выигрыша в конфликте требует проведения исследований его вероятностно-временных характеристик на всех стадиях функционирования сторон. Проведение данных исследований является целью настоящей работы.

Исследования выполнены с использованием математической модели [2], разработанной на основе представления процесса конфликта в виде полумарковского случайного процесса с дискретным множеством состояний, с учетом их конфликтной обусловленности. В качестве обобщенного показателя эффективности принята вероятность выигрыша в конфликте, характеризуемая вероятностью поражения ОЭС мощным лазерным излучением (МЛИ), определяемой по формуле $P_{пор} = P_p P_\partial$. Здесь P_p – вероятность получения ЛКФП необходимой для поражения ОЭС информации (вероятность разведки); P_∂ – вероятность создания на

фотоприемнике ОЭС лазерной энергии не ниже порога ее поражения.

Исследованиями установлено. Вероятность выигрыша ЛСР в конфликте с ОЭС тем значительнее, чем больше информативных признаков об объекте разведки используется противником. Это определяет необходимость комплексного решения задачи по повышению разведзащищенности ОЭС. Другими словами, одновременно с повышением скрытности работы ОЭС, необходимо повышать скрытность его носителя [3]. В данной работе рассматривается вопрос повышения скрытности функционирования самого ОЭС. Одним из подходов к этому может быть упреждающее обнаружение факта разведки ОЭС противником, например, по рассеянному атмосферой излучению. Последнее позволяет установить факт разведки, определить направление на средство разведки [4] и задать для ОЭС такую траекторию сканирования, чтобы она не пересекалась с траекторией сканирования ЛСР. Для оценки эффективности этого способа проведены исследования зависимости вероятности выигрыша ОЭС в конфликте $P_B = 1 - P_P$ и информативности изображения наблюдаемой сцены H от площади приемной апертуры ОЭС S'_{an} , нормированной на площадь излучающей апертуры ЛСР. Исследования выполнялись при различных вероятностях правильного обнаружения рассеянного атмосферой излучения ЛСР P_D . Установлено, что с увеличением площади приемной апертуры ОЭС, уменьшается вероятность P_B , что связано с увеличением мощности отраженного от ОЭС зондирующего сигнала ЛСР. Кроме того, с увеличением вероятности P_D , вероятность выигрыша ОЭС в конфликте с ЛСР увеличивается. Другими словами, обнаружение излучения ЛСР открывает возможность для повышения разведзащищенности ОЭС.

Анализ зависимости P_B в зависимости от параметров МЛИ, приемного канала ОЭС, интенсивности турбулентности атмосферы и ошибки наведения показал. При $m/a \neq 0$ с ростом σ/a (относительные математическое ожидание и СКО ошибки наведения) повышается вероятность поражения ОЭС. Это объясняется тем, что при $m/a \neq 0$ увеличение флуктуационной составляющей ошибки наведения эквивалентно увеличению расходимости поражающего излучения и при $m/a \neq 0$ существует оптимальная ширина его диаграммы, при которой происходит максимизация величины P_o . Вероятность выигрыша ЛКФП в конфликте с ОЭС тем выше, чем ниже интенсивность турбулентных флуктуаций воздуха.

Полученные результаты соответствуют физическому содержанию рассматриваемой задачи, что позволяет их использовать при анализе показателей выигрыша конфликта ОЭС БЛА – ЛКФП, а также определении параметров и стратегий сторон.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения: монография / под ред. Ю.Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 232 с.
2. Динамическая модель процесса защиты оптико-электронного средства от лазерного комплекса функционального поражения / А.Н. Глушков и др. // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 3. – С. 136–149.
3. Военная энциклопедия: в 8 томах / под ред. И. Д. Сергеева. – М.: Военное издательство, 2001. – Том 5: Маркировка боеприпасов «Огайо». – 575 с.
4. Дробышевский, Н.В. Датчик пространственного положения луча активного оптико-электронного средства по рассеянной в атмосфере составляющей / Н.В. Дробышевский, П.Е. Кулешов, А.Н. Глушков // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – Воронеж. – 2018. – № 6. – С. 130–138.

УДК 623.76

М.В.Горнак, А.В.Нагула

Белорусская государственная академия авиации

МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ

Сегодня актуальность борьбы с радиоуправляемыми устройствами на охраняемых объектах очень высока. Современный беспилотный летательный аппарат, помимо функции разведки и слежения, способен проносить различные грузы для дальнейших диверсионных действий. А современная ценовая доступность подобных устройств на рынке привела к тому, что сегодня каждый может купить малое радиоуправляемое устройства для своих целей.

Проблема большинства современных решений - высокая стоимость и возникновения опасности для людей и объектов, находящихся в точках, куда могут сваливаться потерявшие управление или выведенных из строя беспилотники или их части.

Методы нейтрализации беспилотников по типам:

Акустические: вызывают резонанс механической части бортового гироскопа

Микроволновые: могут использоваться для дистанционного «поджаривания» электроники сбиваемого дрона, например, направленным СВЧ излучением. Данный метод, является практически универсальным, однако требует очень больших энергетических затрат и установку дорогостоящего оборудования.

Поэтому данными установками могут быть оснащены только крупные предприятия и оборонные комплексы.

Лазерные: LWS (Laser Weapon System) или лазерные системы – одно из самых перспективных направлений. Так как обладают внушительными поражающими воздействиями и в то же время имеют компактные размеры.

При испытаниях в Аризоне были обнаружены цели на расстоянии до 35 километров, а мощность всего в 2 кВт, позволяет вывести из строя беспилотный летательный аппарат, малых размеров посредством повреждения сенсоров, датчиков, винтов и других уязвимых элементов.

Противодроны: могут использоваться дроны, оснащенные более мощными двигателями, например, дизельными, с более защищенным корпусом и устройствами для разрушения других дронов, например, незаконно запущенных или находящихся на запретных для полетов территориях. Дроны-перехватчики могут автоматически наводиться, например, по шуму двигателей преследуемого дрона или по его изображению в системе «компьютерного зрения» дрона-перехватчика. Дрон-перехватчик может, например, нести сеть для поимки дрона-нарушителя.

РЭС / РЭБ: существуют и разрабатываются РЭС различного типа действия. Можно выделить следующие виды действия РЭС:

- системы автоматического обнаружения беспилотника в заданном секторе (оптические, радарные, акустические, по- радиоизлучению, комбинированные);
- системы перехвата управления беспилотником;
- системы постановки помех в канале управления беспилотником;
- системы постановки помех для работы систем геопозиционирования БЛА на частотах GPS / ГЛОНАСС и других систем спутникового геопозиционирования;
- системы вносящие помехи в работу бортовой электроники, включая системы уничтожения бортовой электроники (системы на базе ЭМИ, микроволновые системы);
- комбинированные системы РЭБ, включающие различный набор перечисленных выше опций.

Кинетическое оружие: Действия оружия основано на использовании по малоразмерным целям скорострельного стрелкового вооружения, с большой плотностью огня, например, спаренных авиационных пулеметов на мобильных роботизированных платформах.

Хакинг БЛА (перехват управления беспилотником): Выделяют следующие основные способы взлома беспилотников:
1. Получение доступа к управлению за счет взлома шифрованного

канала связи или подмены данных авторизации;
2. Использование уязвимостей.

Сети: Захват дрона сетью технически самый нехитрый способ борьбы с беспилотными аппаратами.

Данные установки бывают двух типов:

Захват нарушителя с помощью дрона перехватчика. Достаточно подлететь к цели, накинуть на нее сеть и она сама запутается в винтах, тем самым сбив нарушителя.

Второй метод подразумевает наземную установку, которая с земли будет метать сеть в нарушителя.

Оба метода требуют определенной сноровки и навыков, что так же не делает данный способ универсальным.

В данной статье мы проанализировали популярные методы борьбы с беспилотными летательными аппаратами и возможные угрозы исходящие от них. Из представленных данных можно сделать вывод, что на данный момент не существует универсального метода борьбы с беспилотными летательными аппаратами и каждый метод имеет свои достоинства и недостатки.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Митрофанов, Д. Г. Инновационный подход к вопросу обнаружения малогабаритных беспилотных летательных аппаратов / Д.Г. Митрофанов, С.В. Шишков // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2018. – № 1 (195). – С. 28-40.

2. Демьянович, М. А. Использование беспилотных летательных аппаратов в преступных целях: методы противодействия и борьбы / М.А. Демьянович // Правопорядок: история, теория, практика. – 2019. – № 2 (21). – С. 108-112.

3. Еремин, Г. В. Организация системы борьбы с малоразмерными БПЛА [Электронный ресурс] / Г.В. Еремин, А.Д. Гаврилов, И.И. Назарчук // Арсенал Отечества. – 2014. – № 6 (14). – Режим доступа: <http://arsenal-otechestva.ru/new/389-antidrone>. – Дата доступа: 11.12.2019.

УДК 623.726

А.В. Гостев, М.В. Шкурин, В.В. Кременчуцкий

Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)

БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СХЕМЫ «ЛЕТАЮЩЕЕ КРЫЛО»

В современном развитии беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) наблюдается тенденция увеличения номенклатуры и размерности. Проектируемый БПЛА разрабатывается для выполнения задач патрулирования, мониторинга удаленных объектов, а в перспективе и доставки грузов.

Эффективность применения БПЛА в значительной степени определяется ЛТХ. Задаваясь требованиями, формируется первоначальный облик БПЛА, проводится расчет его маневренных характеристик, скорости, массы самолёта, дальность и продолжительность полёта, высоты полёта.

Предъявляемые основные тактико-технические характеристики (ТТХ) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные тактико-технические характеристики

1.	Нагрузка целевая	кг	4000
2.	Число М полета крейсерское	$M_{кр}$	0,8
3.	Высота полета	м	8000
4.	Дальность полета	км	5000

Для формирования облика летательного аппарата использовались принципы, изложенные в [1] и [2]. Выбор аэродинамической схемы «летающее крыло» характеризуется набором преимуществ перед другими аэродинамическими схемами:

1. Высокое аэродинамическое совершенство;
2. Малые размеры или интеграция функций ряда элементов летательного аппарата;
3. Возможность значительно более равномерного, чем у воздушных судов других схем, распределения массы по объему самолета;

Компоновка типа «летающее крыло» характеризуется стремлением по возможности вынести из потока все элементы, не создающие значительной подъемной силы с передачей их функций крылу.

Определение типа и выбор геометрических характеристик поверхностей управления БПЛА выполняются с учетом потребных характеристик управляемости самолета в эксплуатационном диапазоне приборных скоростей и чисел М полета. Так как проектируемый БПЛА является дозвуковым, то механизацию крыла и органы поперечного управления выбирались для БПЛА данного класса. В состав механизации крыла проектируемого БПЛА входят:

- расщепляющиеся элевоны;
- тормозные щитки.

Для оценки аэродинамической и геометрической компоновки проектируемого БПЛА была создана 3D модель в программной среде «Компас 3D».

Вид сверху и вид сверху представлены на рисунках 1 и 2.

Для расчетов аэродинамических характеристик применяется высокопроизводительный вычислительный инструмент аэрогидродинамики ANSYS Fluent. На рисунке 2 показана расчетная сетка с заданными параметрами построения и дробления, с целью более детально приближения условий расчета аэродинамических характеристик БПЛА к реальным условиям.

Анализ полученных результатов показал, что БПЛА имеет требуемые аэродинамические характеристики. Также в результате расчета в ANSYS Fluent получено распределение воздушного давления по всей поверхности планера проектируемого БПЛА. По этим данным для наиболее нагруженных участков конструкции (передняя кромка крыла и ребра входного устройства двигателя) проведен дополнительный расчет на прочность.

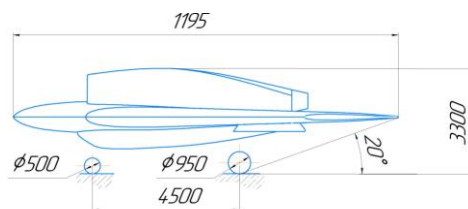


Рисунок 1 – Проектируемый БПЛА. Вид сбоку

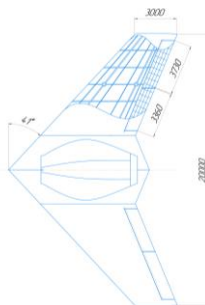


Рисунок 2 – Проектируемый БПЛА. Вид сверху

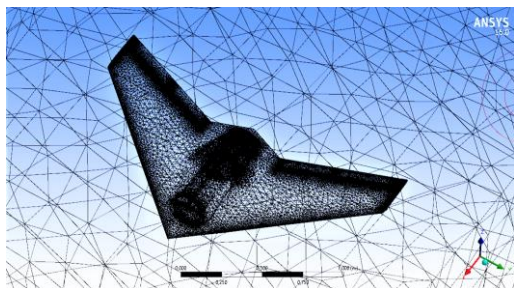


Рисунок 3 – Создание сетки для проведения
аэродинамического расчета

Таким образом, в процессе формирования облика перспективного БПЛА был выполнен расчет всех его основных проектных параметров, определена аэродинамическая и объемно-массовая компоновка, определены параметры силовой установки, определено целевое оборудование.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проектирование самолетов / под ред. С.М. Егера. – М.: Машиностроение, 1983.– 616 с.
2. Основы устройства, проектирования, конструирования и производства летательных аппаратов / под ред. Н.С. Голубева, Ю.И. Янкевича. – М.: МАИ, 2005. - 283 с.

УДК 365.42

Д.А. Дьяков, К.Е. Рогачевский, И.В. Грачевский

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ПРОБЛЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ

Обеспечение безопасности полетов является наиболее важным элементом организации и проведения полетов. Необходимо постоянно знать местонахождение и параметры полета всех летательных аппаратов, находящихся в воздухе. Беспилотные летательные аппараты (БЛА) применяются в различных сферах человеческой деятельности. Интенсивность полетов БЛА постоянно возрастает, а значит возникает вопрос управления полетами БЛА в рамках Единой Системы организации воздушного движения

(ОрВД). С точки зрения ОрВД управлять БЛА следует так же, как любыми иными воздушными судами.

Для решения проблемы необходимо интегрировать БЛА в общую систему управления полетами, т.е. осуществлять контроль и управление полетами всех БЛА в одном воздушном пространстве с пилотируемыми воздушными судами и другими видами авиационных работ.

Необходимо осознавать, что технические и системные решения в области систем БЛА зачастую не соответствуют требованиям, предъявляемым к системе управления полетами в едином воздушном пространстве. Несмотря на технически достижимую полную автономность БЛА, их полеты без связи и управления из центров ОрВД никогда не будут разрешены. Структуры воздушного пространства в зоне (регионе) и в районе включают множество воздушных направлений, трасс, зон с различным высотным профилем разнотипных средств над населенными пунктами и другими объектами, временем полетов и т.д. Неуправляемые полеты в такой обстановке исключаются полностью. Для формирования режимов полетов и обеспечения их во времени и пространстве, необходимо соблюдение требований многих нормативных документов. В сложной динамичной структуре воздушного единого пространства организовать, осуществлять и управлять полетами БЛА по жестким программно-временным графикам практически невозможно. Для соблюдения множества правил, ограничений, требований безопасности, учета положения и влияния других воздушных объектов, метеоусловий и т.д. при выполнении задач полетов необходимо использование в системах организации полетов БЛА, обработки данных и информационного обеспечения в целом.

Полетная информация с БЛА поступает по радиоканалу только на наземную станцию (пункт) управления. То есть первичной информацией о пространственном положении БЛА обладает только оператор, под непосредственным управлением которого находится данный БЛА. Руководитель полетами может получить эту информацию только через оператора посредством голосовой связи, что значительно снижает надежность, непрерывность и оперативность управления полетами. Это основные требования, предъявляемые к управлению движением воздушных судов. При нахождении нескольких БЛА в зоне ответственности органа управления воздушным движением (УВД) руководитель полетами не имеет полной и объективной информации о воздушной обстановке.

Основными направлениями решения данной проблемы, можно считать:

- создание бортовых систем управления и комплексов планирования применения БЛА с использованием технологии комплексного управления и обработки информации, и средств обеспечения взаимодействия БЛА с центрами единой системы (ЕС) ОрВД;

- последовательную наработку в органах управления и центрах ЕС ОрВД практики организации полетов БЛА, первоначально в специальных зонах, а затем – в едином воздушном пространстве Республики Беларусь.

Если БЛА сам способен определять свое пространственное положение и передавать его на наземный пункт управления, то эта информация о положении БЛА посредством средств связи может быть передана всем пользователям воздушного пространства. То есть БЛА способен сам информировать о своем местоположении в воздушном пространстве. Для этого необходимо оборудовать БЛА специальной аппаратурой связи с единым центром сбора, обработки и передачи полетной информации района УВД.

Таким образом его будут «видеть» все участники воздушного движения и орган УВД будет способен получать информацию и полноценно осуществлять управление всеми воздушными судами, находящимися в зоне его ответственности. При этом обеспечиваются следующие потоки данных:

- между БЛА и наземным центром УВД;
- между БЛА и оператором БЛА посредством информационно-командной радиолинии управления;
- между БЛА и пилотируемыми ВС при наличии соответствующей аппаратуры;
- между наземным центром УВД и пилотируемыми ВС.

Разработка данной системы позволит повысить оперативность и надежность, а также обеспечить непрерывность управления полетами, а значит обеспечить требуемый уровень безопасности полетов.

УДК 358.4

П.А. Жолнерчик

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», военный факультет

МИРОВОЙ ОПЫТ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ

На сегодняшний день, тема противодействия беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) является особенно актуальной. Данные аппараты отлично зарекомендовали себя, практически во всех сферах жизнедеятельности человека. БПЛА активно используются при тушении пожаров, предоставлении

телекоммуникационных услуг, перевозке грузов и даже строительстве. Такой огромный спрос создал большое разнообразие в моделях и типах БПЛА, сделав их легкодоступными. В свою очередь, породив востребованность мер противодействия данным аппаратам, в частности дронам. Это обусловлено высоким числом различных инцидентов с использованием беспилотников, возможностью применения их для совершения противозаконных действий.

Но не стоит забывать, что развитие БПЛА берёт свое начало в военной сфере. Изначально планировалось использование таких аппаратов для ведения разведки, без риска потери жизни пилотов. С развитием БПЛА на них начали устанавливать различное вооружение. Беспилотники превратились в серьёзное оружие, способное нанести сильный урон противнику.

Параллельно с разработкой всё более мощных и опасных БПЛА велась разработка средств противодействия данным беспилотникам, как военного, так и гражданского типа.

Сейчас, из-за обширного разнообразия систем и средств противодействия БПЛА, методы нейтрализации беспилотников были разделены по типам:

- Акустические;
- Лазерные;
- Микроволновые;
- Противодронные;
- Системы РЭС/РЭБ;
- Сети;

Акустический тип противодействия рассчитан на применение против дронов. Группой исследователей южнокорейского института KAIST была выявлена уязвимость, связанная с конструкцией гироскопа. Данное устройство есть практически в каждом типе и модификации девайса, поскольку оно необходимо для того, чтобы дрон реагировал на изменение углов ориентации аппарата, относительно инерциальной системы отсчёта. При подборе резонансной частоты гироскоп начинает выдавать ложные показания, которые приводят к крушению дрона.

Исследователями были проверены около 15-ти типов гироскопов, использующихся в самых различных дронах. При воздействии на них звуковой волны мощностью 140 дБ в течение 10 секунд хватало, чтобы вызвать резонанс в работе гироскопа и сбить дрон. Главным минусом данного типа противодействия является не большая дальность применения, около 40 метров, а так же отсутствие рабочего портативного варианта установки.

Лазерный тип противодействия активно используется рядом передовых стран для борьбы с БПЛА. Различные лазерные комплексы способны захватывать, вести и уничтожать воздушные

цели. Лазерный луч большой мощности фокусируется в предельно маленькой точке и буквально прожигает БПЛА насквозь. Пример подобного оружия это Российский многофункциональный мобильный комплекс «Рать». Комплекс базируется на базе бронированного автомобиля и несёт на себе ряд средств обнаружения и уничтожения БПЛА.

Так же имеются и компактные лазерные установки, такие как Американская система Raytheon. Данное устройство имеет компактные размеры и способно монтироваться на небольшие вездеходы или багги. Для его использования достаточно обыкновенной розетки на 220 вольт, кроме того имеются и портативные батареи.

Микроволновый тип противодействия основывается на применении направленного СВЧ излучения, что приводит к сбоям в работе электронике любого БПЛА и последующем его падении. Данный тип противодействия был использован при разработке Американской системы Phaser. Из-за невозможности точечной фокусировки распространения СВЧ излучения, эта система способна уничтожить целую группу БПЛА.

Противодронный тип противодействия является наиболее актуальным, поскольку используется не только военными, но так же и милицией. Злоумышленники же могут использовать дроны для различных опасных преступлений, таких как слежка, срыв общественных мероприятий и т.п.

Сегодня существует множество способов противодействия дронам, некоторые из них были описаны выше, но наиболее необычный и интересный способ – это использование беспилотника-камикадзе. «DroneBullet», он же Дрон Пуля, это весьма перспективная разработка канадцев из «AerialX».

Радиоэлектронные системы имеют множество различных видов действий, такие как автоматическое обнаружение беспилотника в заданном секторе, постановка помех в канале управления беспилотником и д.р.

Наиболее интересным представителем данных систем является стационарная противодронная система «DroneSentry». Эта система способна обнаружить, заглушить и направить БПЛА к оператору, или же посадить его в безопасном режиме. Большим плюсом данной системы является сохранность атакуемого аппарата и его возможного груза.

Ещё один вариант противодействия низколетящим БПЛА это сети. Существует два вида используемых сетей: выстреливаемые в сторону или быстро поднимаемые по курсу следования беспилотника сети. Отличным примером выстреливаемых сетей является Английская система «SkyWall 100». Данное устройство представляет собой специальную винтовку, выстреливающей в

сторону беспилотника сеть. Радиус эффективного действия данного оружия около 100 метров, после чего пойманный в сети беспилотник спускается на парашюте.

Примером поднимаемых противодронных сетей является Американская разработка компании «Airspace Systems» мощного БПЛА снабжённого специальной сетью. Данный беспилотник в автоматическом режиме прогнозирует и рассчитывает направление движения преследуемого дрона, после чего опережает его и сбрасывает на него специальную кевларовую сеть.

С каждым днём появляются новые БПЛА как гражданского, так и военного назначения. Этот фактор заставляет вести непрерывные разработки в сфере противодействия данным аппаратам. Тема противодействия остаётся весьма актуальной и продолжает развиваться. Уже сейчас на вооружении ведущих стран состоят различные комплексы противодействия беспилотникам, работа которых основывается на одном из представленных типов противодействия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обнаружение и противодействие беспилотникам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://robotrends.ru/robopedia/obnaruzhenie-i-protivodaystvie-bespilotnikam> - Дата доступа: 03.10.2020.

2. Квадрокоптер что это такое и как работает [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://quadrone.ru/Chto_takoe_girooskop_i_dlya_chego_on_nuzhen – Дата доступа: 07.10.2020.

УДК 621.396.2

В.А. Захаренко

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси

О ШИРОКОПОЛОСНОСТИ АНТЕННЫ НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ БАК С ПЕРЕКЛЮЧАЕМОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ДЛЯ ПРИЕМА ВИДЕОИНФОРМАЦИИ

Антенные системы с механическим наведением диаграммы направленности имеют ряд существенных недостатков:

- сравнительно большой вес устройства ориентации;
- содержат механические элементы (прежде всего двигатели, токосъемник), которые по диапазону допустимых температурных воздействий уступают электронным компонентам;
- имеют низкую надежность;
- для эксплуатации в широком диапазоне климатических воздействий требуется температурная стабилизация (климат – контроль);

- более высокая потребляемая мощность (за счет двигателей, температурной стабилизации), что сказывается на длительности автономной работы при использовании аккумуляторных батарей;

- необходимо частое техническое обслуживание (ТО);

- высокая стоимость комплектующих изделий и производства;

- сложное программное обеспечение.

Антенные решетки с электронным наведением диаграммы направленности лишены указанных недостатков и имеют следующие основные преимущества:

- меньший вес;

- меньшая стоимость;

- возможность автономного использования на стационарных постах;

- эксплуатация без необходимости частого ТО (обслуживание не чаще чем, к примеру, обслуживание автономных базовых станции сотовых операторов).

Разработана схема суммирования и выполнен анализ широкополосности кольцевой антенной решетки с переключаемой диаграммой направленности с 14-ю антенными элементами (рисунок 1а) на рабочую частоту 1,15 ГГц. Диаметр антенной решетки – 1 м. Топология схемы суммирования приведены на рисунке 1б. Переключение диаграммы направленности осуществляется р-і-п диодами.

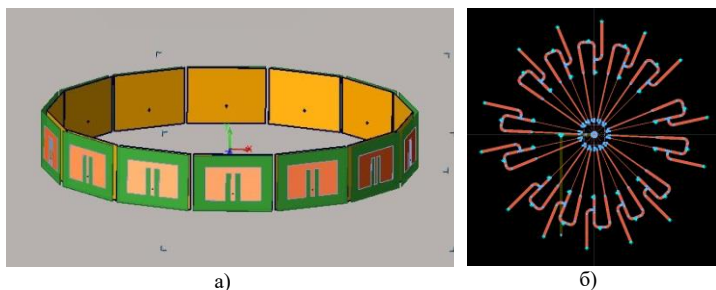


Рисунок 1 – Кольцевая антенная решетка с 14-ю антенными элементами и топология сумматора

Диаграмма формируется включением двух или трех смежных патч-элементов. Остальные 12 или 11 элементов при этом отключаются. Производится сложение мощности электромагнитной волны, принятой двумя или тремя патч-элементами. Такая схема позволяет переключать диаграмму направленности с дискретностью переключения около 13° и имеет 28 положений диаграммы направленности.

Широкополосность отдельного патч-элемента по уровню КСВ 2 равна 260 МГц (рис. 3а). Характеристика КСВ сумматора при включении двух и трех смежных патч-элементов приведен на рисунке 3б и 3в. Достигнутая в сумматоре широкополосность составляет не менее 140 МГц, что достаточно для обеспечения приема 5–7 широкополосных каналов с шириной до 20 МГц.

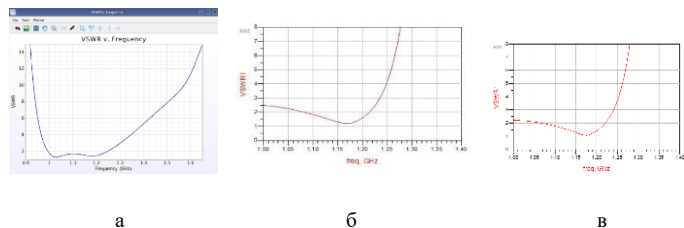


Рисунок 3 – КСВ:

а) отдельного патч-элемента; сумматора: б) при включении двух-; в) трех патч-элементов

На рисунке 4 приведены графики коэффициента усиления антенной решетки в пяти положениях диаграммы направленности при их последовательном переключении.

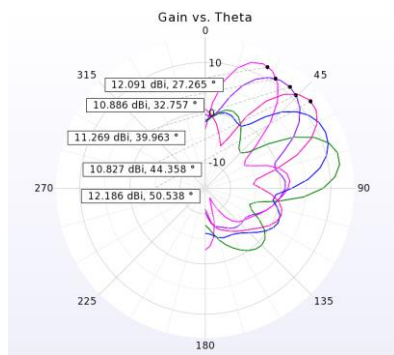


Рисунок 4 – Графики коэффициента усиления антенной решетки при пяти положениях диаграммы направленности

Разница между максимальным значением коэффициента усиления 12,186 dBi и минимальным значением – 10,827 dBi составляет 1,359 dBi. Таким образом, неравномерность

коэффициента усиления антенной решетки с переключаемой диаграммой направленности не превышает 1,5 dB.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Костиков, Г.А. Антенная решетка с переключаемой диаграммой направленности для мобильных коммуникационных систем / Г.А. Костиков, П.В. Терентьева // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2017. – № 1. – С. 29 – 35.
2. Способ формирования направленности кольцевой фазированной антенной решетки: пат. RU 2712987 / Ю.В. Белозерцев, С.И. Тюленев, В.В. Верейтин, А.А. Борисов.
3. Антенное устройство с переключаемой диаграммой направленности: пат. RU 2699936 / А.С. Ряховский, Н.А. Синицын, Р.А. Астапов, Р.А. Быстрых.
4. Кольцевая фазированная антенная решетка: пат. RU 2159488 / С.М. Алексеев, В.Г. Быков, М.А. Лесов, В.А. Норватов, Б.В. Сосуннов, Н.Г. Фитенко, В.П. Чернолес.

УДК 004.932.4

О.В. Ковриго, А.В. Шарамет

Военная академия Республики Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СТАБИЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ФОРМИРУЕМОГО НА МАЛОГАБАРИТНОМ ЛЕТАТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ В УСЛОВИЯХ ТУРБУЛЕНТНОСТИ АТМОСФЕРЫ

Эффективность способов ведения боевых действий определяется вероятностью выполнения боевой задачи, которая, в некоторой степени, зависит от средств поражения и разведки. При этом, отсутствие современных комплексов разведки не реализует в полном объеме потенциальные возможности средств поражения. Поэтому применение беспилотных летательных аппаратов в целях воздушной разведки стало одним из важных направлений развития современной авиации. Необходимо отметить, что беспилотные летательные аппараты по сравнению с пилотируемыми самолетами и вертолетами позволяют:

- снизить массогабаритные характеристики;
- повысить живучесть;
- повысить боеготовность и мобильность.

Проведенный анализ показал, что среди беспилотных аппаратов широкое распространение на поле боя получили малогабаритные беспилотные летательные аппараты (МБЛА). Отдельно следует упомянуть о малогабаритных дронах-камикадзе, способных не только выполнять воздушную разведку барражируя на поле боя, но и осуществлять уничтожение наземного объекта

пикируя на него по команде оператора. Преимущество применения МБЛА по сравнению с другими типами БЛА:

сложность уничтожения данного типа;
простота переноски (транспортирования) и взлета.

Однако несмотря на преимущества – данный тип подвержен сильному влиянию ветровых возмущений, в частности турбулентности атмосферы [1]. Турбулентность атмосферы приводит к выходу изображения объекта наблюдения на цифровой матрице за пределы строка слежения [2], что в дальнейшем может привести к срыву слежения. В таких условиях одним из возможных способов уменьшения вероятности выхода изображения объекта наблюдения на цифровой матрице за пределы строка слежения является применение методов стабилизации изображения (оптических, механических или программных).

Методы механической системы стабилизации учитывают информацию о сдвигах ОЭС и компенсируют эти сдвиги за счет перемещения цифровой матрицы или корпуса ОЭС.

Стабилизации датчика осуществляется за счет гироскопа, который управляет механизмом, перемещающим датчик, на котором закреплена цифровая матрица. Недостатком данного метода является необходимость широкоугольного объектива, так как при работе с малыми углами обзора матрице приходится двигаться слишком быстро и на относительно большие расстояния. Во втором случае стабилизируется положение корпуса бортовой ОЭС. Данный метод не предъявляет дополнительных требований к ОЭС, а скорее предполагает подключения внешних гироскопов.

Таким образом методы механической системы стабилизации усложняют механизм, что затрудняет применение на борту МБЛА.

Применение методов оптической системы стабилизации изображения подразумевает стабилизацию бортовой ОЭС за счет подвижных оптических линз до того, как изображение запишется на цифровую матрицу. Наиболее известные методы оптической системы стабилизации основываются на призмах с переменным углом преломления и стабилизаторе изображения. Первый способ основан на применении специальной призмы с переменным углом преломления. Такая призма состоит из плоского стекла, гибко соединённого со специальной пленкой, которая расширяется и сжимается по мере необходимости.

Стабилизатор изображения использует оптические линзы, которые сдвигаются электронными магнитами перпендикулярно оптической оси объектива так, что при движении объектива лучи света, отраженные от объекта, изменяют свою траекторию по отношению к оптической оси. Угол преломления корректируется путем перемещения группы линз в плоскости, перпендикулярной оптической оси. Несмотря на ряд преимуществ методов оптической

системы стабилизации их применение на МБЛА затруднено ввиду сложности и ненадежности механизма.

Методы программной системы стабилизации являются наименее аппаратно-затратными, позволяющими выполнять стабилизацию в реальном масштабе времени программными средствами. Данный подход является наиболее целесообразным к применению на МБЛА самолетного типа, так как он позволяет не только стабилизировать изображение, но и отказаться от механизмов механической и оптической стабилизации.

Сравнительный анализ работы программных методов стабилизации изображения, формируемого на МБЛА в условиях турбулентности атмосферы, является целью данного доклада.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ковриго, О. В. Обоснование углов обзора бортовой оптико-электронной системы и условий применения ее в составе малогабаритного беспилотного летательного аппарата для решения задачи стабилизации цифровых изображений/ О.В. Ковриго, А.В. Шарамет // Вестник ВА РБ. – 2019. – № 3. – С. 101–109.
2. Ковриго, О. В. Анализ влияния турбулентности атмосферы на вероятность выхода изображения объекта наблюдения за пределы строба слежения бортовой ОЭС малогабаритного БЛА / О.В. Ковриго, А. В. Шарамет // Сборник научных статей ВА РБ. 2020. – № 38. – С. 106–112.

УДК 358.424

Д.Я. Козловский, А.Н. Монич

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

УЧАСТИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ТУРЕЦКОЙ РЕСПУБЛИКИ В СОВРЕМЕННЫХ ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ

Всего за последние десять лет беспилотные летательные аппараты (далее - БПЛА) на поле боя стали обыденностью. Но и сейчас они не останавливаются в развитии. БПЛА почти полностью заменили всю составляющую разведки, а также в значительной мере затронули армейскую авиацию.

По статистике в современных вооруженных конфликтах ударные БПЛА показывают наибольшую эффективность поражения противника, особенно при отсутствии у него развитой системы ПВО. Это позволяет БПЛА часами осуществлять облет чужой территории, обнаруживать и уничтожать цели с высокой точностью, превосходящую точность огня артиллерии.

В наше время Турецкая Республика (далее ТР) стремительно наращивает военный потенциал в области строительства как

ударных, так и разведывательных БПЛА, как за счет закупок иностранного производства, так и за счет собственных разработок.

Основные турецкие БПЛА Bayraktar (ударный оперативно-тактический беспилотный летательный аппарат), ANKA (семейство тяжелых ударных беспилотников). На данное время на вооружении у ТР ВС насчитывается около сотни БПЛА, как ударных, так и разведывательных.

Осенью 2019 года президент Турции Реджеп Тайип Эрдоган заявил о вмешательстве в многолетний ливийский конфликт ВС ТР.

Однако Турция не отправила в североафриканскую страну крупные армейские соединения с авиацией и танками. Также Эрдоган предпочёл не посылать в Ливию в авиацию. Вместо этого в регион были переброшены БПЛА. Очевидны и плюсы такого решения: сбитый БПЛА - это только потерянная техника, в то время как сбитый самолет – это еще и попавший в плен или погибший пил [1].

Таким образом, первые турецкие БПЛА задействованы в Ливии в декабре 2019 года и почти сразу же начали применяться против сил Халифа Хафтара.

Всего в Ливии с помощью БПЛА произведено около тысячи авиаударов ВС ТР. Эти события в последствии были названы «крупнейшей дроновой войной в мире».

Это не первый случай применения турецких БПЛА в боевых условиях. Ранее они уже использовались для борьбы с курдскими формированиями. Но именно ливийский театр военных действий позволил испытать в боях турецкие БПЛА и заодно презентовать их потенциальным покупателям.

Совсем другой масштаб БПЛА ВС ТР приобрели в Сирийском вооруженном конфликте. Здесь ТР противостояли не незаконные вооруженные формирования, а настоящая регулярная армия.

В пользу ТР сыграли несколько факторов:

во-первых, БПЛА взлетали с турецкой территории, не надо было никуда перебрасывать;

во-вторых, турецкая интервенция в Сирии, в отличие от Ливии, проходила практически с прямой санкции Запада и США, не нужно было оглядываться на «мировое сообщество»;

в-третьих, на момент турецкого вторжения в провинцию Идлиб силы сирийской ПВО были сосредоточены в окрестностях Дамаска, на юге страны. Без серьезного прикрытия остался Север Сирии [2].

Эти три фактора стали залогом успешного применения турецких БПЛА различного класса и назначения, включая разведывательные и ударные.

Ударные БПЛА не только давали целеуказание штабам, но и самостоятельно осуществляли огневое поражение противника. За несколько недель турецкие БПЛА смогли нанести армии Сирии крайне значительные потери. Были уничтожены десятки танков и бронетранспортеров, погибли сотни солдат правительственных сил Сирии.

Эффективно отработала и разведывательная авиация ВВС Турции. Разведчики-дроны смогли обеспечить высокую точность наведения турецкой артиллерии. За счёт поддержки с воздуха удалось остановить продвижение войск Сирии и даже отбросить их.

Таким образом, это первое серьёзное применение БПЛА показало, что концепция замены армейской авиации на ударные БПЛА вполне работает, хотя до идеала ей ещё далеко. БПЛА могут работать массово и в интересах наземных войск. Даже после того, как сирийская армия в полном объеме задействовала ПВО, БПЛА оставались достаточно серьёзной угрозой, способной в том числе противодействовать самим комплексам ПВО. При этом стоит учитывать, что ТР применяла далеко не самые современные БПЛА из ныне существующих.

Для турецкого ОПК эти машины являются еще и экспортным товаром. Например, Украина купила комплексы Bayraktar TB2 на сумму в десятки миллионов долларов. Поэтому бои за Идлиб для Анкары важны не только с военной, но и с имиджевой точки зрения [3].

В феврале 2020 года стало понятно, что Турция располагает технологией роевого взаимодействия летающих беспилотников, что позволяет эффективно выполнять задачи даже в условиях попыток ПВО противостоять действиям беспилотной авиации [4].

Все это позволило турецким СМИ заговорить о «новой военной доктрине» Анкары. Было заявлено, что системы радиоэлектронной борьбы Турции сыграли «жизненно важную роль», позволив БПЛА уничтожить сирийские системы ПВО.

Именно эти БПЛА наравне с израильскими дронами-камикадзе сейчас активно используются во время наступления азербайджанской армии в Нагорном Карабахе.

БПЛА, применяемые все активнее в различных военных конфликтах, в Нагорном Карабахе становятся, похоже, самым результативным видом вооружения в азербайджанском арсенале. Применение БПЛА наносит ощутимый ущерб, как прямой – от ударов вооруженных дронов и барражирующих боеприпасов, так и опосредованный – от использования БПЛА для координации действий артиллерии.

Военные Азербайджана в первые дни конфликта уничтожили в Нагорном Карабахе не менее шести систем ПВО.

«Хотя власти Азербайджана не сообщили, какой тип БПЛА использовался

для таких ударов, вполне вероятно, что речь идет о Bayraktar TB2 турецкого производства, которые, как сообщается, страна начала приобретать в июне», – рассказывает американское издание. [5]

Таким образом, можно предположить, что третье десятилетие нашего века станет временем, когда ударные БПЛА превратятся в такую же неотъемлемую часть войны, какой ранее оказались их разведывательные собратья. А потом, быть может, БПЛА замахнутся на следующую ступеньку – и скажут своё слово в воздушном бою.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воина дронов: уроки Идлиба. Армейский стандарт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cutt.ly/Kge8tTl>. – Дата доступа: 06.10.2020.
2. Использование ударных дронов в Идлибе: какие выводы может сделать Россия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tass.ru/opinions/7990777> - Дата доступа: 03.10.2020.
3. Турецким беспилотникам приписан фантастические успехи в Сирии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vz.ru/world/2020/3/11/1028062.html>. - Дата доступа: 01.10.2020.
4. В Карабахе турецкие Bayraktar TB2 уничтожили советские «Осы» и «Стрелы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2020/09/29/bayraktartb2/>. - Дата доступа: 05.10.2020.
5. Турецкое окно возмездия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://armystandard.ru/news/t/2020327108-IGCCQ.html>. - Дата доступа: 02.10.2020.

УДК 629.7

М.В. Кондалов, Ю.М. Зайцев

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*

РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНЫХ ВИХРЕВЫХ МОДЕЛЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ

Современные методы ведения боевых действий способствуют поиску новых способов применения БЛА. Новое направление применения БЛА, это поиск цели в труднодоступном месте, ее распознавание и поражение с максимальной точностью, например, группы людей, объектов инфраструктуры или небронированной техники. Разновидность БЛА нового типа получила свое наименование – «барражирующий боеприпас» или «беспилотный летательный аппарат одноразового применения» (БЛА ОП).

В качестве планера БЛА ОП можно рассмотреть аэродинамическую компоновку с прямым крылом, цилиндрическим корпусом, с передним или задним расположением оперения. Выбор такой схемы обеспечит реализовать складные консоли крыла для компактного размещения БЛА в переносном контейнере, цилиндрический корпус обеспечит минимальное сопротивление при компактном размещении в нем оборудования и боезаряда.

Для более точного определения компоновки БЛА ОП, обладающей высокими аэродинамическими характеристиками необходим аэродинамический расчет различных вариантов схем расположения несущих поверхностей и их размеров. При этом обеспечить компактность планера ЛА в складном положении, т.е. при выборе аэродинамической компоновки БЛА ОП необходимо учесть возможность деформации несущих поверхностей и оперения. Указанные характеристики будут определяться для эксплуатационных режимов полета, которые предусматривают полет БЛА ОП на малых дозвуковых скоростях вблизи поверхности земли при безотрывном обтекании несущих поверхностей.

При математическом моделировании на ЭВМ обтекания самолета использована смешанная схематизация поверхности исследуемых объектов [1]. Это позволяет получать множество важных с практической точки зрения результатов, например, рассчитывать коэффициенты аэродинамических сил и моментов крыльев и аэродинамических компоновок самолета в широком диапазоне изменения кинематических параметров, в том числе при неустановившемся движении экономно расходуя ресурсы ЭВМ.

Телесная схематизация самолета и его частей, дает возможность адекватно моделировать особенности течения на всей поверхности, однако при использовании такой схематизации самолета на практике в рамках МДВ возникает ряд существенных трудностей как вычислительного, так и принципиального характера [2]. Детальный учет всех особенностей компоновки самолета приводит к росту числа вихревых рамок, моделирующих его поверхность, что существенно увеличивает время расчета и не всегда приемлемо на практике, особенно при моделировании динамики движения самолета. К проблемам принципиального характера относится, например, вопрос о способе разбиения (порядок размещения, размер и число вихревых особенностей) поверхности на вихревые рамки. Имеется множество важных рекомендаций, полученных в рамках МДВ [2]. Однако задача алгоритмизации правильного разбиения произвольной поверхности является не до конца изученной и формализуемой, и поэтому во многом зависит от опыта исследователя, использующего МДВ.

Использование смешанной схематизации позволяет учесть недостатки схематизации самолета тонкими несущими

поверхностями и упростить задачу разбиения поверхности, приущую телесной схематизации самолета.

Создание 3D модели самолета – процесс довольно сложный и вполне справедливо сравнимый с созданием натурной модели для эксперимента. Однако соблюдение геометрического подобия в процессе создания – не самая сложная задача. Наиболее трудной, кропотливой работой является процесс разбиения объекта на модули так, чтобы соседние модули пересекались по всей опорной линии.

Модель самолета создается в CAD-системах. Модули задаются опорными линиями, каждая из которых задается конечным набором опорных точек. Разбиение всей поверхности на ячейки трех- и четырехугольной формы строится так, что любые две соседние ячейки стыкуются по углам.

Именно в этом случае возникает регулярное разбиение поверхности. Геометрия самолета вводится по точкам, каждая точка задается координатами X , Y , Z . Задаваемые точки образуют опорные линии в пространстве. Затем задаются модули, которые соединяют нужное количество линий в какую-то одну из частей трехмерной поверхности самолета.

Создания вихревой расчетной схемы самолета осуществляется через специализированный интерфейс «MESH». В интерфейсе реализован алгоритм, при котором объекты сохраняются в текстовом файле *.dat в виде модулей с координатами каждой точки. В созданном файле отражается параметрическая информация об исследуемом объекте, назначаются линии схода вихревой пелены, углы отклонения управляющих поверхностей.

Для расчета обтекания БЛА применялась смешанная схематизация, когда фюзеляж моделировался объемными элементами, а крыло и хвостовое оперение тонкими пластинами, при этом крыло было изогнуто по средней линии хорд. Такая схематизация позволила получить достоверные аэродинамические характеристики.

На рисунке 1 приведена расчетная схематизация исследуемого самолета в изометрии и при виде сверху и сбоку. Точкой показано положение центра приведения, относительно которого производился расчет аэродинамических моментов. Положение этого центра в проекции на ось связанной системы координат соответствует 25 % САХ.

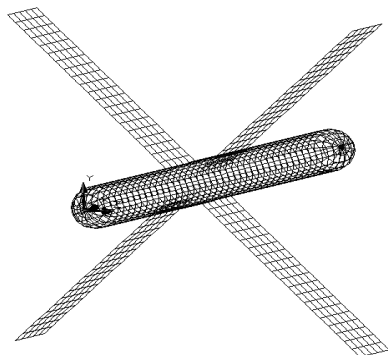


Рисунок 1 – Расчетная схема схематизации самолета

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кондалов М.В., Тарасов А.Л. Схематизация математической модели самолета для расчета методом дискретных вихрей / М.В. Кондалов, А.Л. Тарасов // XXXIX Гагаринские чтения: научные труды международной молодежной научной конференции, Москва, 9-13 апреля 2013 г. – М.: МАТИ, 2013. – Т.2. – С. 285-290.

2. Белоцерковский, С.М. О схематизации летательного аппарата и его частей в линейной аэродинамике / С.М. Белоцерковский // Применение ЭВМ для исследования аэродинамических характеристик летательных аппаратов. – Труды ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. – 1983. – Вып. 1311. – С. 3-16.

УДК 358.4

Д.А. Кондрица

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», военный факультет

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВООРУЖЁННОМ КОНФЛИКТЕ УКРАИНЫ

Беспилотные летательные аппараты (далее БПЛА) используются в различных военных областях, включая разведку, мониторинг окружающей среды, пограничный патруль, поисково-спасательные операции, помощь в случае стихийных бедствий, отслеживание и мониторинг. Ожидается, что в следующем десятилетии рынок БПЛА будет быстро расти в гражданских и коммерческих отраслях, таких как сельское хозяйство, энергетика, коммунальные услуги, горнодобывающая промышленность, строительство, недвижимость, средства массовой информации и производство фильмов.

В последнее время очень сильно преобладают вооружённые конфликты с использованием новейших технологий. К одним из таких технологий и относятся беспилотные летательные аппараты.

Ещё во времена Советского Союза они существовали на службе различных армий. Специалисты считают, что эпоха современных не военных дронов началась в 2006 году. Именно в этом году Федеральная авиационная администрация США одобрила полеты небольших пользовательских БПЛА. Широкое распространение получили не бытовые дроны для развлечения, а летательные аппараты для научных задач и промышленности. Уже в 1986 году Советский Союз разработал целую группу БПЛА, применяемых для ведения тактической разведки в условиях боевых действий путём фото- и видеоразведки.

Однако, беспилотные летательные аппараты первого поколения были очень сложные и непростые в эксплуатации и управлении, но их модернизации до сих пор используются на вооружении нескольких стран. Одной из таких стран стала Украина, ВВС которой в 2015 году приняли на вооружение такие БПЛА, как Ту – 143 «Рейс», которые применялись в конфликте на Донбассе. Этот БПЛА предназначен для ведения разведки путем фото- и видеосъемки, а также ведения радиационной разведки. Вес его составляет 1230 кг, время полета – до 15 мин, дальность полета – 180 км.

В 2017 году ВС Украины перешли на новые модификации беспилотников, которые были созданы на основе, таких как «RQ-2 Pioneer».

Эти БПЛА отвечают всем требованиям: доступность, дешевизна и простота в эксплуатации. На данный момент, это все те требования, которые должны быть присущи беспилотнику современности.

Основные характеристики «RQ-2 Pioneer»: общая масса составляет 189 кг, максимальная скорость 176 км/ч, время полёта 5 ч.

Те БПЛА, которые использовались или используются в конфликте на Донбассе, можно разделить на четыре группы: стратегические, оперативно-тактические, тактические и локального применения.

К стратегическим беспилотникам, используемым на Донбассе можно отнести американский «RQ-4 Global Hawk». Основные характеристики: вес – 12100 кг, грузоподъемность 900 кг, максимальная высота 20 км, время полёта 35 ч, скорость 176 км/ч. Данный БПЛА используется США во всех конфликтах и стоит у них на вооружении. Используется он для радиоэлектронной разведки.

К оперативно-тактическим будет относиться многофункциональный разведывательно-ударный беспилотный комплекс «Bayraktar TB2», который был закуплен в Турции. Основные характеристики: максимальная скорость – 250 км/ч, грузоподъемность – 55 кг, автономность – 24 ч, максимально взлётная масса – 650 кг.

По данным Украины два остальных вида изготавливаются в самой стране, на основе китайских БПЛА. В частности это «PD-1» и «A1-C «Фурия»». Но данные БПЛА зарекомендовали себя не с лучшей стороны. Основные характеристики «Фурии»: большая взлетная масса – 2,5 кг, скорость – 130 км/ч, высота полёта – 2 км, дальность полёта 50 км.

В украинском конфликте БПЛА используют не только Вооруженными Силами Украины, активно беспилотники применяет противоположенная сторона. По данным СМИ, вторая сторона использует два вида беспилотников, так называемые «кустарные» и аппараты Вооруженных Сил Российской Федерации.

Впервые информация об использовании «кустарных» аппаратов появилась в СМИ в 2014 году, когда так называемое «ополчение» сбрасывало с них гранаты Ф-1. С помощью наблюдательного беспилотника и стаканчика, они изготавливали ударный аппарат. Принцип действия заключался в сбрасывании гранаты Ф-1, которая находилась в боевом состоянии в стеклянном стакане или банке. При падении стеклянная тара разбивалась, тем самым давая возможность гранате сработать.

Как известно, со стороны повстанцев были использованы и такие российские разработки как «Орлан-10», «Груша», «Застава», «Стрекоза», «Форпост». Эти аппараты способны передавать сигнал на расстояние до 120 км и применяются в составе разведывательных комплексов - несколько летательных аппаратов, средства запуска и перевозки.

Уже на сегодняшний день ВС Украины провели испытательные полёты таких турецких беспилотников как «Байрактар TB2», которые себя хорошо зарекомендовали. Слабой стороной этого аппарата являются: небольшая боевая нагрузка, возможность действовать только против легкобронированной техники и слабо защищённых объектов.

БПЛА в зоне конфликта на Донбассе применялись двумя сторонами.

Основными задачами применения БПЛА в ходе конфликта в Украине являлись: сбор разведанных, наблюдение за стратегически важными объектами, определение координат для нанесения главного удара и передача информации. Война на Донбассе с технической и инновационной стороны стала нулевой точкой для модернизации украинских БПЛА. Применение БПЛА

участниками противоборствующих сторон в Украине показала необходимость изучения боевого опыта использования данных летательных аппаратов в общевойсковом бою.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. БПЛА Вооруженных Сил Украины в войне на Донбассе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://colonelcassad.livejournal.com/5056017.html>. – Дата доступа: 20.09.2020.

УДК 623.746

С.А.Коньков

РУП «Научно-производственный центр multifunctionальных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси

ОСОБЕННОСТИ БОЕПРИПАСОВ БЛА, ПРИМЕНЯЕМЫХ «ИГИЛ» В СИРИИ И ИРАКЕ

Опыт военных конфликтов последнего времени показал, что успех боевых операций во многом зависит от применения беспилотной авиации.

Распространение вооруженных БЛА в рамках текущей гражданской войны в Сирии и Ираке – признанный факт. «Джунд аль-Акса», «Хезболла», «Исламское государство» (ИГ) и иракские правительственные силы применяют, как правило, коммерческие БЛА, которые подверглись модификации и были снабжены самодельными бомбами или, в случае «Хезболлы», боевыми элементами из кассетных боеприпасов. Разнообразие боеприпасов, которыми вооружают БЛА, на удивление велико, при этом для разных регионов, охваченных конфликтом, характерны различные боеприпасы, что можно объяснить целым рядом факторов, от изготовителя до имеющихся в наличии материалов.

Для сбора данных использовалась информация только о тех ударах, которые ИГ решило обнародовать и опубликованная в сети интернет (<https://ru.bellingcat.com>), поэтому следует учитывать, что она отображает лишь часть воздушных операций с применением БЛА.



Рисунок 1 – Внешний вид самодельного боеприпаса

На фотографии четко видны три разные части: 1 – стабилизатор, 2 – средняя часть, 3 – боеголовка (в данном случае – 40-мм граната)

1. Боеголовки (взрыватель)

ИГ использует широкий ассортимент боеголовок для изготовления боеприпасов, начиная с 40-мм гранат и заканчивая боевыми элементами, которые не удалось опознать. (49,6% - 40-мм гранаты, 26,4% - неизвестного происхождения, 13,2% - гранаты, 7,4% - снаряды, 3,4% - листовки и белый снаряд (заводское исполнение)).

1.1 40-мм. боеголовка



Рисунок 2 – Отдельная 40-мм граната



Рисунок 3 – Двойная 40-мм боеголовка

В материалах, опубликованных ИГ, в качестве боеголовок чаще всего встречаются 40-мм гранаты. Их в основном применяют в Ираке, по большей части в Мосуле и его окрестностях. Существует два подвида таких боеголовок: из отдельной 40-мм

гранаты или из двух соединенных вместе 40-миллиметровых гранат (второй вариант мы назовем «двойная 40-мм боеголовка»). Желтые стрелки на рисунке 3 указывают на два ведущих пояса, по которым становится понятно, что это две 40-мм гранаты, соединенные друг с другом.

1.2 Боеголовка-граната

Этот тип боеголовки называют «гранатой» из-за сходства с американской Mk II, но на самом деле ее происхождение неизвестно. Боевики ИГ широко применяют ее для изготовления сбрасываемых с БЛА бомб.



Рисунок 4 – Пример боеголовки-гранаты

1.3 Боеголовка-граната

Вероятно, это снаряды более крупного калибра, модифицированные таким образом, чтобы их можно было сбрасывать с БЛА.



Рисунок 5 – Внешний вид

2. Стабилизатор

Стабилизатор – это важная составляющая боеприпасов, которые сбрасывают с БЛА. Он способствует более точному попаданию, а также тому, что бомба летит носовой частью вниз (что повышает вероятность взрыва при попадании в цель). В видеоматериалах, опубликованных ИГ, встречаются несколько разновидностей стабилизаторов: парашюты, шлейфы и пластиковое оперение (самодельное и промышленного производства), деревянные 6-ти перьевые.

В качестве целей для ударов наиболее часто фигурируют взведходы, боевые позиции, внедорожники, грузовики, автомобили, автобусы и др. Почему ИГ выбирает именно эти цели, неизвестно. Тем не менее, если учесть, что транспортные средства – это важный объект, который проще заметить, чем пехотинцев, и поразить который легче, нежели бронированные машины, то выбор боевиков становится понятен.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Waters, N. Какие боеприпасы иг сбрасывает с беспилотников [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.bellingcat.com>.

УДК 533.69

М.А. Котельников, А.А. Тищенко

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ОДНОРАЗОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА

В докладе рассматриваются пути обоснования аэродинамической компоновки малоразмерных ударных беспилотных летательных аппаратов однократного применения для использования в тактическом звене сухопутных войск при ведении боевых действий в условиях городской местности.

Современные вооруженные конфликты имеют локальный характер действий, бандитские формирования и террористические организации, как правило, располагаются среди мирного населения, поэтому задача точечной ликвидации группы террористов и их лидеров в настоящий момент актуальна. Актуальность точечной ликвидации противника возрастает в связи с переходом боевых действий в городские районы, так называемую урбанизированную местность. В городе при его плотной застройке, условия ведения боевых действий существенно отличаются от полевых. Пространство города можно разделить на несколько зон: воздушное

пространство над городом и между зданий, крыши зданий и сооружений, помещения зданий и сооружений, улицы, парки, водоемы, а также подвальные помещения, канализация и метрополитен в крупных мегаполисах. Таким образом, можно рассматривать боевые действия не на плоскости, а в объеме со сложной городской инфраструктурой. Общевоинские подразделения в таких условиях способны оборонять любые здания, создавая многоуровневую систему огня, но их недостатком является отсутствие тяжелой техники, позволяющей разрушать укрытия противника и здания. В тоже время техника в городских условиях является уязвимой целью для войск противника, ограниченной в маневре среди узких улиц и домов. В свою очередь артиллерия приспособлена вести огонь прямой наводкой, причем дальность прямой видимости, порой не достигает и 500 м. Авиация, в том числе вертолеты являются легкой целью для средств ПВО противника, который может внезапно появляться в любых зданиях. Применение высокоточного оружия затруднено в связи с малым количеством визуально наблюдаемых целей. Таким образом, существует потребность в высокоточном оружии, управляемом в реальном времени, несущим боевой заряд малой мощности, способным точно выводить из строя противника, а также выполнять разведывательные задачи.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в вооруженных конфликтах давно стало нормой, более того целесообразность их применения вместо пилотируемых летательных аппаратов постоянно возрастает, также расширяется область и способы их применения. БЛА, несущие вооружение, имеют большой вес и размеры, а также требуют оборудованных взлетно-посадочных полос или больших пусковых установок, часто требующих отдельного автомобиля, для их взлета и посадки, следовательно, непригодны для использования небольшими подразделениями и диверсионными группами без соответствующих средств обеспечения [1]. В последнее время широкое распространение получили системы, действующие по принципу «запустил и забыл», такие аппараты относят к классу ударных, однократного применения, также называемых *Loitering munition* или «барражирующий боеприпас». За относительно короткий промежуток существования такого класса аппаратов, было разработано большое количество вариантов технического исполнения. Все представленные в настоящее время БЛА ОП значительно отличаются по своим характеристикам поражая одинаковые цели, поэтому возникает задача, связанная с поиском такой аэродинамической компоновки, которая позволит с высокой эффективностью решать как вопросы поиска и идентификации целей противника, так и их точечного уничтожения.

Ставится задача, по обоснованию аэродинамической компоновки малоразмерного ударного БЛА ОП. При формировании ТЗ, необходимо обработать большой объем информации, провести анализ средств поражения противника, разработанных БЛА, средств ПВО противника, всех факторов влияющих на выполнение задач. На основании сформулированной задачи, формируется начальная цель: аппарат должен запускаться из транспортно-пускового контейнера (ТПК) (желательно наземный, воздушный и надводный старты), быть компактным и мобильным, оперативным в применении. Боевая часть БЛА ОП должна позволять выводить из строя цели различной степени защищенности, поэтому желательно использование модульной конструкции [2], для оперативной смены БЧ перед применением. Методика включает в себя структурно-параметрический синтез опорного облика БЛА ОП, решение уравнения существования ЛА, построение моделей и оценку их аэродинамических и маневренных характеристик, оценку эффективности и выбор рационального варианта.

В результате проведения исследований с использованием методики получены 7 вариантов компоновок БЛА ОП, представленные на рисунке 1.

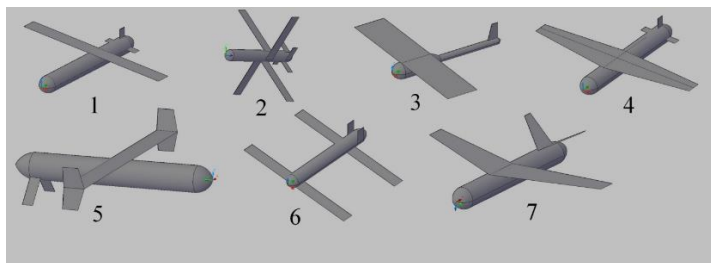


Рисунок 1 – Аэродинамические компоновки полученных схем БЛА ОП

Оценка аэродинамических характеристик представленных компоновок происходит при помощи метода дискретных вихрей. С точки зрения обеспечения наибольшей продолжительности полета выступает схема № 1, обладающая наибольшим уровнем аэродинамического совершенства при углах атаки от 6 до 7 градусов, определяемым аэродинамическим качеством.

С применением предложенной методики проведены исследования, в результате которых получены различные варианты облика аппаратов, соответствующие заданным требованиям

компактности, высокого уровня аэродинамических характеристик, размещения на борту высокoeffективной боевой части, выбираемой в условиях боевых действий в зависимости от типа поражаемых объектов противника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федутин, Д.В. «Дроны-камикадзе» приобретают популярность в мире. Основные тенденции развития барражирующих боеприпасов / Д.В. Федутин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.conjuncture.ru/nvo-ng-ru-11-11-2016>. – Дата обращения 02.11.2017.

2. Анисимов, А.Н. Подход к формированию компоновочного решения для беспилотного летательного аппарата одноразового применения / А.Н. Анисимов, В.В. Панов, С.В. Широков // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2017. – № 6, Т. 15. – С. 29–39.

УДК 629.7

Е. В. Куриленко

Белорусская государственная академия авиации

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ УГЛОМ ТАНГАЖА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

На этапе структурного проектирования беспилотного летательного аппарата необходимо иметь информацию о характеристиках систем разрабатываемого беспилотного летательного аппарата. Эту информацию можно получить при проведении натурного эксперимента или математического моделирования. Как правило, натурный эксперимент на стадии проектирования не используется по известным всем причинам [1]. Математическое моделирование для каждого типа беспилотного летательного аппарата имеет свою специфику. Эта специфика определяется назначением беспилотного летательного аппарата, особенностями применяемых в них аэродинамических схем и способов формирования управляющих сил и моментов [2].

В работе представлены результаты имитационного моделирования закона управления углом тангажа беспилотного летательного аппарата, имеющих компоновочную схему самолетного типа. Закон управления представлен в виде уравнение (1).

$$\Delta \delta_{\text{ВРА}} = -k_{\text{В}}^{\vartheta} (\vartheta_3 - \vartheta) + k_{\text{В}}^{\omega_z} \omega_z, \quad (1)$$

где ϑ_3 и ϑ – соответственно заданное и текущее значения угла тангажа, k_B^{ϑ} и $k_B^{\omega_Z}$ – передаточные числа, $\Delta \delta_{\text{ВРА}}$ – отклонение руля высоты от балансировочного положения.

Структурная схема, построенная в соответствии с законом управления (1), показана на рисунке 1. При ее построении использованы передаточные функции короткопериодического продольного движения. Для систем автоматического управления полетом характерна многоконтурность структурных схем, что препятствует применению наиболее наглядных методов анализа динамики контуров управления. Это препятствие легко преодолевается простым преобразованием структурной схемы, когда обратная связь ω_Z , приводится к основной обратной связи (пунктир на рисунке 1).

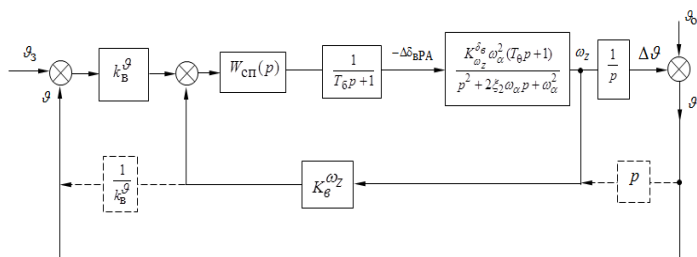


Рисунок 1 – Структурная схема контура автоматического управления углом тангажа

Обратная связь по ω_Z в сочетании с основной обратной связью контура дает эффект, аналогичный включению в прямую цепь форсирующего звена.

Передаточная функция разомкнутого контура тангажа с учетом динамических свойств типового сервопривода с жесткой обратной связью определится как произведение передаточных функций последовательно соединенных звеньев, уравнение (2).

$$W(p) = \frac{k_B^{\vartheta} \omega_{\text{СП}}^2 k_{\omega_Z}^{\delta \vartheta} (T_{\vartheta} p + 1) (T_{\theta} p + 1) \omega_{\alpha}^2}{(p^2 + 2\xi_{\text{СП}} \omega_{\text{СП}} p + \omega_{\text{СП}}^2) (p^2 + 2\xi_{\alpha} \omega_{\alpha} p + \omega_{\alpha}^2) (T_6 p + 1) p}. \quad (2)$$

Математическое моделирование разомкнутого контура тангажа (рисунок 1) с учетом динамических свойств типового

сервопривода с жесткой обратной связью проводилось в среде MatLab R2017b в частотной области (рисунок 2) [4].

Анализ логарифмических частотных характеристик (рисунок 2) показал, что запас устойчивости по амплитуде составляет $G_m = 24,9\text{ dB}$ (при минимуме 6 dB), что гарантирует приемлемое качество переходных процессов движения беспилотного летательного аппарата по тангажу. Для заданных значений параметров беспилотного летательного аппарата и сервопривода [4] такая величина запаса по амплитуде G_m достигнута при коэффициенте усиления разомкнутого контура $k_B^g k_{\omega_z}^{\delta_B}$ порядка единицы [4]. Таким образом, имитационное моделирование канала тангажа беспилотного летательного аппарата позволило оценить динамику полета беспилотного летательного аппарата. Установлено, что обратная связь по сигналу ω_z в сочетании с основной обратной связью контура даст эффект, аналогичный включению в прямую цепь схемы форсирующего звена.

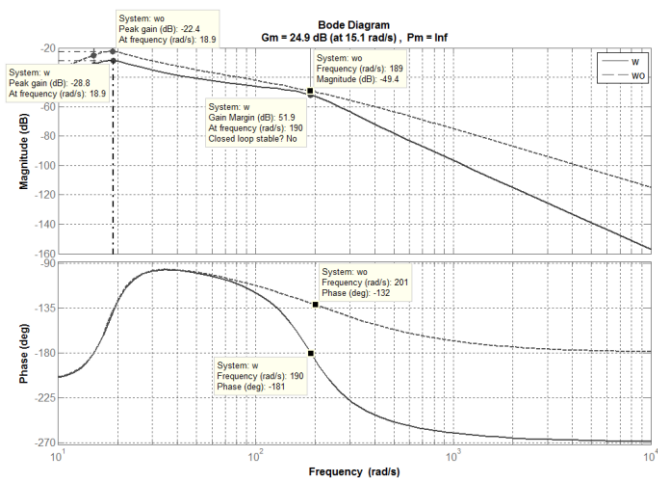


Рисунок 2 – Логарифмические частотные характеристики контура тангажа:

w – передаточная функция короткопериодического продольного движения;
 wo – передаточная функция эквивалентной обратной связи

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Принципы построения многоуровневых архитектур систем управления беспилотными летательными аппаратами / К.С. Яковлев, Д.А. Макаров, А.И. Панов, Д.В. Зубарев // *Авиакосмическое приборостроение*. – 2013. – № 4. – С. 10-28.
2. Беспилотные летательные аппараты. Основы устройства и функционирования / под ред. И.С. Голубева, И.К. Туркина. – М., 2008. – 656 с.
3. Васильев, В. В. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде Matlab. Учебное пособие для студентов и аспирантов / В. В. Васильев, Л. А. Симак, А. М. Рыбников // *НАН Украины*. – Киев, 2008. – 189 с.
4. Балич, Е. В. Математическое моделирование канала тангажа беспилотного летательного аппарата с использованием среды MATLAB R2017b / Е.В. Балич, науч. рук. А. Г. Капустин // *Мавлютовские чтения: материалы XIII Всероссийской молодежной научной конференции: в 6 т. / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: РИК УГАТУ, 2019. – Т.5. – С. 302.*

УДК 629.735.7

Г.И. Лапцевич, С.В. Синявская, И.С. Хаджиков

Белорусская государственная академия авиации

АНАЛИЗ СИСТЕМ ПОСАДКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БПЛА)

С изменением военно-политической и геополитической обстановки в мире все более широкое применение в вооруженных силах развитых в техническом оснащении государств находят беспилотные летательные аппараты (БПЛА) различного назначения, которые имеют большие потенциальные возможности для применения в качестве воздушного компонента разведывательных систем в ширококомасштабных войнах, локальных конфликтах, миротворческих операциях и народном хозяйстве.

Всего в мире известно порядка 300 проектов БПЛА, приблизительно около 80% из всех проектируемых, но самое широкое развитие получают комплексы с малыми геометрическими размерами и весом, по взлетной массе (кг) (M_0) делятся на: микро ($M_0 < 1,0$); малые ($1,0 < M_0 < 100,0$); легкие ($100,0 < M_0 < 500,0$); средние ($500,0 < M_0 < 5000,0$); тяжелые ($5000,0 < M_0 < 15000,0$); сверхтяжелые ($M_0 > 15000,0$).

Основными достоинствами БПЛА являются: исключительная безопасность для операторов БПЛА, которые могут находиться на большом расстоянии от управляемого объекта, возможность достижения целей при меньших затратах, высокая маневренность, низкий уровень шума и камуфляжная окраска.

Современная классификация БПЛА, различается по способу посадки, т.е. по - самолетному и точечной посадкой. Для малых БПЛА предпочтительна точечная посадка, например: система

посадки на борт судна в сеть, но она имеет ряд недостатков, а именно:

- невысокую точность наведения БПЛА в точку прицеливания в условиях качки судна;
- невозможность повторения маневра посадки аппарата при пролете парашюта мимо штанги;
- невозможность полёта в сложных метеорологических условиях.

Если установить передающую радиостанцию и принимающую сигналы корректирующих команд приемную радиостанцию с подключенными исполнительными механизмами органов управления в БПЛА, то повысится точность приведения БПЛА к захватывающему устройству в сложных метеоусловиях, что будет являться достоинством системы.

Возможно, также осуществлять точечную посадку малых БПЛА улавливанием их в вертикальную сеть радиотехническими средствами – угломерным, амплитудным и фазовым методами.

Посадка «по-самолетному», производится опытным пилотом-оператором вручную по мониторам, на которых отображается трехмерное изображение от БПЛА, имитирующее визуальную посадку летчиком и навигация осуществляется только при помощи GPS без использования имеющихся средств радиотехнического обеспечения полетов.

Если использовать систему посадки в комбинации разностно-дальномерного и амплитудного методов, то можно определять координаты БПЛА на всех этапах посадки в зоне действия двух приемных станций, расположенных вдоль оси ВПП в ручном или автоматическом режиме с помощью измерительных радиоприемников, АРП и АРК, работающих в УКВ диапазоне без использования GPS.

В Республике Беларусь разрабатывается и производится ряд БПЛА для военных и мирных целей, такие как: «Беркут» – реактивная беспилотная мишень, с ее помощью можно симитировать условия приближенные к боевым и отработать навыки расчётов зенитных комплексов, приземление мишени осуществляется с помощью парашютной системы; «Буревестник» – с дальностью применения до 290 км, в зависимости от целевой нагрузки, может использоваться в светлое и темное время суток для ведения разведки; контроля государственной границы; обнаружения чрезвычайных ситуаций и оценки их развития; контроля состояния территорий, на которых проходят нефте- и газопроводы; борьбы с браконьерством; мониторинга сельскохозяйственных угодий; радиоактивного мониторинга; «Бусел М» – класса «мини» с дальностью применения 20-70 км, осуществляет фото-, видео-, инфракрасную или

мультиспектральную съёмку с помощью оптических систем, установленных на гиостабилизированной платформе в темное и светлое время суток.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Радиотехническое оборудование летательных аппаратов: учебн. для подготовки офицеров запаса по профилю ВВС / под общ. ред. к.т.н. Б.А. Михайлова. – М.: Воен.издат. МО СССР, 1971. – 464 с.
2. Сосновский, А.А. Радиотехнические средства ближней навигации и посадки летательных аппаратов / А.А. Сосновский, И.А.Хаймович. – М.: «Машиностроение», 1975. – 320 с.
3. Терентьев, В.М. Исследование проблемы управления ДПЛА нормальной схемы на режиме посадки по-самолетному / В.М.Терентьев [и др.] // Авиация и космонавтика – 2013: тез.докл. 12-й Междунар.конф., Москва, 12-15 нояб. 2013г. / МАИ. – СПб.: Мастерская печати, 2013. – С. 118-121.
4. Система посадки беспилотных летательных аппаратов: пат. 10666 / В.М. Анисимов, О.М. Пляц, С.В. Синявская, В.М. Синявский, Л.А. Синяков. – Опубл. 16.02.2015.
5. Система ручного управления посадкой беспилотного летательного аппарата: пат 10590 / А.Г. Капустин, О.М., В.М. Синявский, Л.А. Синяков, А.В. Чигарев. – Опубл.: 28.11.2014.

УДК 621.396

А.Н. Левадный

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» НАН Беларуси

СПОСОБЫ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННЫ РАДИОСВЯЗИ БЛА- РЕТРАНСЛЯТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Для организации радиосвязи с маловысотным и малоразмерным БЛА, действующим вне прямой радиовидимости, на предприятии разрабатывается двунаправленная линия связи с использованием БЛА-ретранслятора, который может находится от наземного пункта управления на расстоянии свыше 100 км. Для сравнения, комплекс с ретрансляцией сигнала БЛА типа «Гранад ВА-1000» с дальностью обслуживания до 50 км испытывался компанией «ЮВС Авиа» в интересах МО РФ [1].

При разработке требуется обеспечить необходимое качество и помехозащищенность участка линии между БЛА-ретранслятором и малоразмерным БЛА, так как последний имеет ограничение на электрическую мощность передатчика и меньшие расстояния до источников преднамеренных радиопомех. Участок между наземным пунктом и БЛА-ретранслятором является менее

критическим, так как на земле используется следящая антенная система и размеры антенны, мощность передатчика имеют менее жесткие ограничения.

Для повышения энергопотенциала радиолинии возможно использование направленных антенн на обоих БЛА с прицеливанием диаграммы направленности антенны (ДНА), причем конструктивно это проще выполнить на ретрансляторе. Для управления ДНА возможно использовать различные способы;

- быстродействующие фазированные антенные решетки на фазовращателях, которые обеспечивают малую угловую дискретность переключения ДНА,
- антенны Батлера на микрополосковых многослойных направленных ответвителях с матричными схемами управления, которые управляются по двум угловым координатам и имеют сравнительно небольшое число переключаемых лучей [2],
- антенны решетки линейные, плоские, кольцевые на симметричных вибраторах с переключаемыми ДНА [2,3],
- антенны с электромеханическим следящим электроприводом, модель которой показана на рисунке 1 [4].

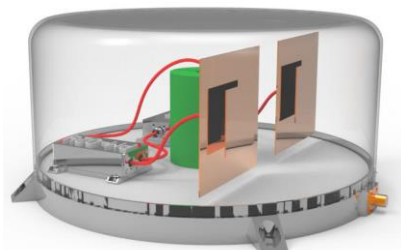


Рисунок 1 – Модель антенны на управляемой электромеханической платформе

Для прицеливания ДНА рассчитываются углы пеленга – угловое положение линии, соединяющей центры масс двух БЛА в связанной системе координат БЛА–ретранслятора. Пространственные координаты центров масс БЛА измеряются на борту с помощью БИНС с некоторыми ошибками. По измеренным прямоугольным координатам $\vec{X}_1(t)$ для первого и $\vec{X}_2(t)$ для второго БЛА рассчитывается вектор относительных координат:

$$\Delta \vec{X}(t) = \vec{X}_1(t) - \vec{X}_2(t) \quad (1)$$

С учетом углов Эйлера θ , ϕ и V положения связанной системы координат БЛА-ретранслятора производят расчет углов пеленга

$$\left. \begin{aligned} \beta_r &= \arctg \frac{\Delta z_1}{\Delta x_1}; \\ \varepsilon_r &= \arctg \frac{\Delta y_1}{\sqrt{\Delta x_1^2 + \Delta z_1^2}}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Рассчитанные значения углов подают, например, на входы электромеханических следящих систем для поворота антенной платформы. Учитывая незначительный вес вибраторной или патч-антенны, электропривод имеет хорошие динамические характеристики. Алгоритм расчета проверен с использованием вычислительной среды «Matlab».

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беспилотник-ретранслятор «Гранад ВА-1000» для Минобороны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [//vrk.name/news/136799_bespilotnikretranslyator_granad_va1000_dlya_minoborony.html](http://vrk.name/news/136799_bespilotnikretranslyator_granad_va1000_dlya_minoborony.html). – Дата доступа: 1.10.2020.
2. Щетинин, Н.Н. Матричные схемы Батлера СВЧ-диапазона / Н.Н. Щетинин, Р.Н. Андреев // Воронежский институт ФСИН РФ. – Воронеж, 2010. – 250 с.
3. Кубанов, В.П. Направленные свойства антенных решеток / В.П. Кубанов. – Самара: ПГУТИ, 2011. – 56 с.
4. Боев, Н.М. Построение систем связи БЛА для передачи информации на большие расстояния / Н.М. Боев, П.В. Шаршавин, И.И. Нигруца // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 1. – С.20-25.

УДК 623.462.22

А.В. Лопухов, В.Р. Драгун, А.А. Бабченко

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

Синтез законов управления бортовой системы стабилизации беспилотного летательного аппарата (БЛА) является актуальной научно-технической задачей. Решение такого рода задачи в виде функциональных зависимостей, которые связывают управляющие воздействия (поступающие на вход рулевого привода) с параметрами управления является неотъемлемым этапом разработки бортовой системы стабилизации БЛА.

Для синтеза закона управления БЛА будем использовать метод аналитического конструирования агрегированных

регуляторов (АКАР) [1], который основан на принципах и подходах синергетической теории управления. Данный метод основан на использовании нелинейной математической модели, вследствие чего повышаются динамические свойства объекта управления (наиболее точно отражают динамику системы с физической точки зрения).

Движение БЛА в продольной вертикальной плоскости описывается нелинейной системой дифференциальных уравнений представленной в [2]. Анализ движения объекта проводится с учетом всех координат систем, так как традиционные подходы рассматриваются для каждого канала регулирования отдельно. В таком случае связь между каналами управления осуществляется не косвенно, а непосредственно формируются внутри синтезируемого регулятора.

Требуется получить вектор управления, который обеспечит перевод БЛА из произвольного начального состояния в требуемое, которое определяется управлением ориентации БЛА, с требуемыми углами атаки и скольжения.

Синтез управления выполнен в аналитическом виде и представлен на графиках ниже.

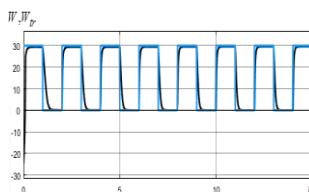


Рисунок 1 – Нормальное ускорение БЛА

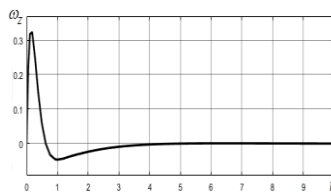


Рисунок 2 – Угловая скорость БЛА

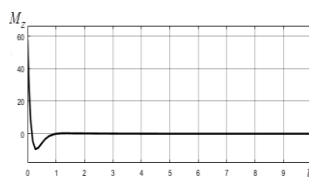


Рисунок 3 – Момент сил БЛА

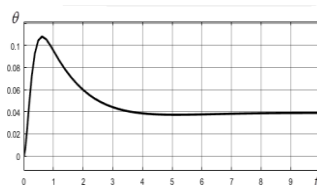


Рисунок 4 – Изменение угла БЛА

На рисунках 1–4 представлены лишь некоторые результаты моделирования, однако поставленные цели при управлении продольным движением БЛА достигаются.

Синтез регулятора продольного движения БЛА на основе нелинейной математической модели движения, в том числе без применения процедур линеаризации и разбиения объекта управления на отдельные контуры, показал свою работоспособность. Найденные законы управления учитывают динамические свойства, вследствие чего использование метода АКАР и стратегий управления продольным движением в нелинейной постановке является актуальным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колесников, А.А. Новые нелинейные методы управления полётом / А. А. Колесников – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 196 с.
2. Кун, А.А. Основы построения систем управления ракетами / А. А. Кун, В. Ф. Лукьянов, С. А. Шабан – М.: Изд. академии, 2016. – 232 с.
3. Лопухов, А.В. Методика синтеза регулятора методом аналитического конструирования агрегированных регуляторов для бортовой системы стабилизации зенитной управляемой ракеты / А. В. Лопухов, О. В. Сидорович // Сб. науч. статей Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2019. – № 37. – С. 58–65.

УДК 358.422

Е.А. Макарук, В.Р. Силицкий

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ

В условиях современного военного конфликта все чаще и чаще начинают применяться новые виды оружия: различные приспособления для стрельбы из-за угла; беспилотные летательные аппараты (БПЛА); лазерные комплексы, предназначенные для борьбы с БПЛА и т.п. Один из самых перспективных видов оружия – «беспилотники».

Интеллект – самая важная часть воздушных роботов. Однако не стоит думать, что БПЛА самостоятельно принимают решения: они – марионетки. Это значит, что управление ими осуществляет человек. Оператор принимает все решения: от управления полетом до уничтожения выбранной им же цели [1].

При сравнении непосредственно пилотируемой авиации и беспилотных комплексов вторые имеют следующие преимущества:

- отсутствие необходимости подвергать опасности лётный состав;
- сравнительно малые затраты на обслуживание и эксплуатацию;

- малую заметность в ходе боевых действий, что затрудняет обнаружение;
- повышенную живучесть аппарата, связанную с более высокой маневренностью;
- отсутствие пилота позволяет снять ряд конструктивных ограничений, что уменьшает массу и стоимость аппарата, тем самым повышая надежность [2].

Стоит отметить, что история беспилотных комплексов была начата странами-участницами Первой мировой войны. Уже к 1920 году Германией были разработаны планёры, дистанционно управляемые по средствам проводной связи. Разработки не останавливались и в межвоенный период, а также в ходе Второй мировой войны. Существенного прорыва достигнуто не было. После 1945 года США бросили все силы на создание дистанционно управляемых ракет и авиабомб и только в 60-е годы прошлого века вернулись к идее беспилотных авиационных комплексов.

Ведение Холодной войны стимулировало американцев на выпуск крылатых беспилотных разведчиков, массовое производство которых началось в 1962 году. К концу 60-х годов был создан первый прототип беспилотного вертолёт, после чего начали активно использовать БПЛА в ходе вооружённого конфликта во Вьетнаме, где они окончательно доказали свою эффективность [3].

Главным прорывом, продвинувшим производство и использование дронов, стало развитие спутниковых систем навигации. Беспилотные комплексы применялись в ходе боевых действий в Персидском Заливе, в урегулировании конфликтов миротворцами ООН в Югославии, Ираке и Афганистане [4].

Сегодня, помимо своей основной задачи – ведения разведки, беспилотные комплексы выполняют и другие задачи:

- огневая поддержка сухопутных войск с воздуха;
- нанесение точечных ракетных ударов.

Исходя из публикуемой в СМИ информации, в настоящее время беспилотные летательные комплексы способны решать следующие боевые задачи:

- разведка;
- создание активных и пассивных помех;
- поиск наземных целей и их поражение;
- демонстративные и отвлекающие действия, ретрансляция радиосигналов.

Хороший пример применения БПЛА в военных целях – Сирийская Арабская Республика.

В начале 2020 г. Турция нанесла ряд ощутимых ударов по подразделениям сирийской армии с массовым использованием беспилотных комплексов.

По информации министерства обороны Турции только за одну ночь войска обстреляли более 200 целей, уничтожив 5 вертолетов, 23 танка, 23 артиллерийских орудия, зенитные ракетные комплексы «Бук» и «Панцирь», а также 309 военнослужащих сирийской армии. В атаке использовались новейшие оперативно-тактические комплексы Bayraktar TB2 и многоцелевые TAI Anka. Их применение обеспечило успех турецкой армии.

Впервые в ходе боевых действий массово применили БПЛА. Машины не только указывали штабам цели, но и по решению операторов атаковали технику противника. По данным турецких военных осуществлялось до трех вылетов в день. Кадры, снятые беспилотными комплексами, показали их эффективность. С помощью легких бомб МАМ-С с лазерным наведением, а также 22-килограммовых МАМ-Л, снаряженных мощной бронебойной, кумулятивной, осколочно-фугасной или термобарической боевыми частями, турецкие войска легко находили и уничтожали цели на земле.

Теоретически – беспилотные летательные аппараты в настоящее время являются потенциально опасным оружием, которому под силу выполнение большого спектра боевых задач на малых и больших дальностях в течение длительного времени. Фактически – БПЛА действительно мощное оружие, способное на выполнение практически всего спектра задач, ставящихся перед непосредственно пилотируемой авиацией. Самое важное, что получают войска при использовании «беспилотников» – повышение живучести личного состава: как военнослужащих-операторов, так и бойцов других подразделений, которым они предоставляют информацию о противнике в реальном времени и могут подготовить плацдарм для наступления, помочь в обороне.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Откровения оператора боевого дрона / под общ. ред. Т.М. Маккерли. – Минск, 2017. – 384 с.
2. Линник, С.В. Боевое применение беспилотных летательных аппаратов / С.В. Линник; под ред. А.П. Баринаова. – Минск, 2018. – 328 с.
3. Осипов, Г.И. Применение беспилотных самолётов ВВС США / под ред. Е.В. Шерышева. – Варшава, 1975. – 52 с.
4. Макарин, Д.А. Применение беспилотных летательных аппаратов в локальных конфликтах и войнах / под ред. Д.А. Макаренко. – М.: Молодой учёный, 2016. – 111 с.

УДК 621.396

Е.С. Максимович, В.А. Бадеев, Ю.И. Семак

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С РАДИОЛОКАЦИОННЫМИ ОТРАЖАТЕЛЯМИ РАЗЛИЧНОГО ТИПА И РАЗМЕРА

В ходе технического обоснования вариантов возможных конструктивных решений специальных устройств БЛА мишенного типа выполняются расчеты для получения данных, определяющих параметры и габаритные размеры создаваемого изделия. Одной из задач обеспечения расчетов является моделирование многослойной диэлектрической системы с радиолокационными отражателями различного типа и размера в интересах управления эффективной поверхностью рассеивания (ЭПР).

В докладе в качестве целесообразного способа получения априорных данных о характеристиках рассеяния также представлены методы математического моделирования. В расчете параметров и величины ЭПР многослойных радиолокационных отражателей сферической и цилиндрической формы, которые необходимы для их создания, использовались программы трехмерного моделирования электромагнитного поля CST Studio Suite и FEKO. Базовый метод расчета в CST Studio Suite – метод конечного интегрирования (FIT). Базовым методом FEKO является метод моментов (MoM).

Численное исследование сферических линз с различными отражателями выполнено в CST Studio Suite, а цилиндрических линз – в FEKO.

На рисунке 1 приведены эскизы (модели) сферической линзы Люнеберга с отражателем полусферической формы и с усеченным кольцевым срезом шириной 15 мм.

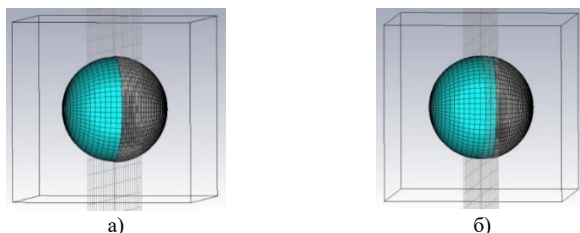


Рисунок 1 – Эскиз (модель) линзы с отражателем:
а) полусферической формы; б) с усеченным на 15 мм кольцевым срезом

Графики зависимости ЭПР от угла падения плоской волны для линзы Люнеберга с полусферическим отражателем и с усеченным на 15 мм кольцевым срезом на разных частотах показаны на рисунке 2.

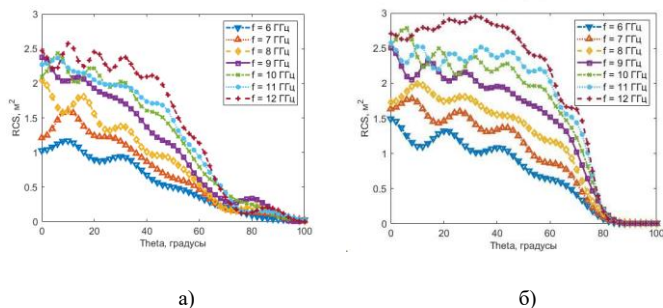


Рисунок 2 – Зависимость ЭПР от угла падения плоской волны для линзы:
а) с полусферическим отражателем; б) с усеченным на 15 мм кольцевым срезом.

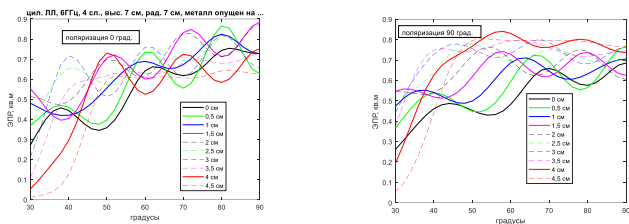
Изображение модели четырехслойной цилиндрической линзы Люнеберга и принцип изменения площади металлизации приведены на рисунке 3.



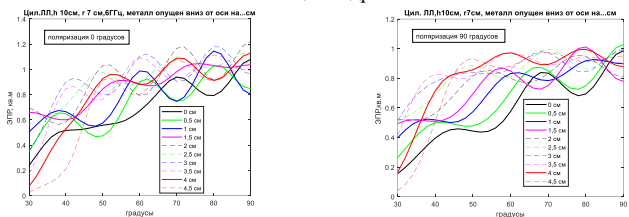
Рисунок 3 – Модель четырехслойной цилиндрической линзы Люнеберга и изменение площади металлизации смещением секущей плоскости

Графики зависимости ЭПР линзы Люнеберга с радиусом 7 см и высотой 7 см, 10 см и 14 см от угла φ ($30^\circ - 90^\circ$) приведены на рисунке 4. Площадь металлизации уменьшалась путем смещения секущей плоскости от оси цилиндра на расстояние от 0 до 4,5 см.

Высота цилиндра 7 см



Высота цилиндра 10 см



Высота цилиндра 14 см

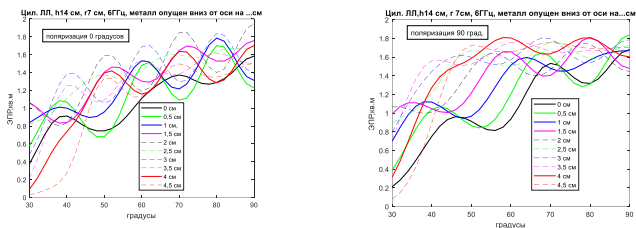


Рисунок 4 – Графики зависимости ЭПР четырехслойной цилиндрической линзы Лüneберга от ϕ

Из графиков видно, что при угле поляризации 90° кривые носят менее изрезанный характер, т.е. имеют более плавный вид.

ИНЖЕНЕРНЫЙ РАСЧЕТ СКОРОСТИ СХОДА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С КАТАПУЛЬТЫ

В докладе представлены способы и последовательность расчета скорости схода беспилотного летательного аппарата (БЛА) с катапульты с линейной и нелинейной зависимостями силы (ускорения) от величины перемещения тележки с БЛА по направляющим катапульты.

Используемый подход позволяет решать и обратную задачу – определить требования к источникам энергии катапульты (силе сжатия/растяжения, давление воздуха в ресивере и т.п.) для достижения требуемой скорости схода БЛА различной массы. Большой вклад в развитие теории расчетов катапульт внесли сотрудники Харьковского Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского [1, 2, 3].

В качестве приводов в катапультах с направляющими используются резиновые или пружинные амортизаторы [1], силовые пневматические цилиндры [2], пиротехнические газогенераторы и др.

Для расчета скорости схода БЛА с пружинной или шнуровой катапультой с линейным изменением силы необходимы следующие исходные данные:

– исходные данные БЛА: масса БЛА с тележкой – m , максимальная сила тяги силовой установки БЛА – P , площадь крыла – S , коэффициент подъемной силы – C_y , коэффициент лобового сопротивления – C_x , плотность воздуха – ρ ;

– исходные данные катапульты: максимальное усилие сжатой пружины (растянутого шнура) – $F_{\text{пр}}$, длина направляющих (1), смещение пружины (шнура) при запуске БЛА – Δl ($\Delta l = l/i$, где i передаточное число полиспаста, коэффициент упругости пружины (шнура) – k , коэффициент полезного действия полиспаста – η , коэффициент трения тележки по направляющим – f , угол наклона направляющих – θ).

Сила сжатия пружины равна $F_{\text{пр}} = k \times \Delta l$, а ее работа:

$$A = \int_0^l k \cdot l \cdot dl = \frac{k}{2} \cdot l^2. \quad (1)$$

После ряда преобразований выражение для скорости движения и схода БЛА с направляющих будет иметь вид:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot l(P_{\text{ср.в}} + \frac{gkl}{2l}) - m \cdot g(\sin\theta + f_{\text{мп}} \cos\theta)}{m + \frac{1}{3}l \cdot S \cdot \rho(C_x - f_{\text{мп}} C_y)}}. \quad (2)$$

Так как в большинстве случаев требуется решать обратную задачу – определить требуемое усилие пружины (или другого источника энергии) для достижения требуемой скорости схода БЛА с направляющих, то из выражения (2) получаем среднее значение усилия пружины, действующего на тележку с БЛА, в виде:

$$F_{\text{ср.пр}} = V^2 \times \left[\frac{m}{2 \times l} + \left(\frac{C_x}{6} - 0,5 \times f_{\text{тр}} \times C_y \right) \right] - P_{\text{ср.в}} + m \times g(\sin\theta + f_{\text{тр}} \cos\theta). \quad (3)$$

Получив из выражения (3) требуемое среднее значение усилия пружины для достижения скорости отрыва добавляем этого значения путем оптимального подбора составляющих выражения (2): изменением коэффициента упругости пружины (k), передаточного числа полиспаста (i), изменением длины направляющих (l).

Расчет скорости схода БЛА с катапульты с пневматическим приводом имеет ряд особенностей. Обычно силовые цилиндры таких катапульт имеют ограниченную длину хода штока (до 1 м), а для уменьшения стартовых ускорений необходимо увеличивать длину направляющих. Для увеличения величины направляющих используются полиспасты и вариаторы. Еще одним из направлений увеличения длины направляющих является использование многоступенчатого телескопического цилиндра [2]. При этом в выражении (2) произведение $k \cdot l$ необходимо заменить на силу на штоке цилиндра, которая равна:

$$F_{\text{шт}}(l) = \eta_{\text{ц}} \times S_{\text{ц}} \times p(x), \quad (4)$$

где $S_{\text{ц}}$, м^2 – площадь поперечного сечения цилиндра;
 $p(x)$, Н/м^2 – давление в цилиндре, как функция изменения давления от хода штока;

x , м – текущее значение хода штока цилиндра;

$\eta_{\text{ц}}$ – КПД цилиндра (обычно принимают $\eta_{\text{ц}} = 0,8$ [2]).

Не линейное изменение силы по длине направляющих характерно для катапульт с пневмоприводом с запасом воздуха в ресиверах при малых проходных сечениях шлангов, штуцеров, пневмоклапанов и при использовании вариаторов. Расчет скорости схода БЛА в таких случаях предлагается вести в следующей последовательности:

– определить максимальную (F_{max}) и минимальную (F_{min}) силы, действующие на тележку с БЛА в начале и в конце

направляющих с учетом передаточных чисел полиспаста и вариатора;

– разбить длину направляющих l на несколько участков (п от 5 до 10) длиной $\Delta l = l/p$;

– с учетом кинематической схемы определить значения действующих на БЛА с тележкой сил (F_i) на каждом участке;

рассчитать ускорение для массы БЛА с тележкой для начала каждого участка с учетом КПД кинематической схемы, сил, затраченных на подъем БЛА по направляющим и на преодоление трения:

$$a_i(l) = \frac{F_i(l)}{m} \times \eta - g(\sin \theta + f \times \cos \theta), \quad (5)$$

где m , кг – масса БЛА с тележкой;

η – коэффициент полезного действия кинематической схемы;

θ – угол наклона направляющих;

f – коэффициент трения тележки по направляющим.

Для первого участка, длиной Δl и средним значением ускорения $a_{1cp} = (a_0 + a_1)/2$, рассчитать значение скорости в конце участка (v_1) и время прохождения первого участка (t_1) по формулам:

$$v_1 = \sqrt{2 \times \Delta l \times a_{1cp}}; \quad (6)$$

$$t_1 = \frac{v_1}{a_{1cp}}, \quad (7)$$

Для остальных участков расчет скорости и времени производится с учетом приобретенной скорости на предыдущем участке по следующему алгоритму:

определяем скорость в конце второго участка в виде

$$v_2 = v_1 + t_2 \times a_{2cp}, \quad (8)$$

где $a_{2cp} = (a_1 + a_2)/2$ - значение ускорения в середине второго участка;

выражаем длину второго участка (и последующих участков) через скорость на предыдущем участке, среднее значение ускорения на данном участке и время прохождения данного участка в виде

$$\Delta l_2 = v_1 \cdot t_2 + \frac{a_{2cp} \cdot t_2^2}{2}; \quad (9)$$

определяем корни квадратного уравнения (9), один из которых (обычно положительное значение) является временем прохождения второго участка (t_2);

подставляя в (9) вычисленные составляющие определяем скорость в конце второго участка (v_2);

аналогично вычисляется скорость и время на последующих участках, используя данные предыдущего участка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Калужин, И.В. Двухшнуровая резиновая катапульта для запуска в полет беспилотного летательного аппарата / И.В. Калужин, В.А. Яценко; Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2011. – № 51. – С. 28-35.
2. Наземное пусковое устройство беспилотного летательного аппарата с пневмоприводом / В.Ф. Греков и др. // Наука і техніка. Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2013. – № 3(12). – С. 12-18.
3. Середа, В.А. Оптимизация динамических характеристик наземной катапульты с целью минимизации длины направляющих / В.А. Середа; Научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана // Наука и образование. – 2013. – № 2. – С. 28-36.

УДК 629.735.7

Е.Н. Марченко, С.В. Синявская

Белорусская государственная академия авиации

ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БПЛА) И ДРОНОВ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ МИРА

В настоящее время эксплуатация беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) осуществляется по нормам Воздушного кодекса Республики Беларусь и требует наличия трех сертификатов – летной годности, воздушного персонала и эксплуатанта (в случае коммерческого использования). Владелец дронов для запуска аппаратов в Республике Беларусь необходимо зарегистрироваться в Белорусской федерации беспилотной авиации (БФБА). Полеты дронов регламентируются «Правилами использования авиамodelей». Дроны могут летать на высоте до 100 метров и при хорошей видимости удаляться от оператора не более чем на 800 метров, дроны весом более 0,5 кг подлежат специальной маркировке непромокаемой меткой с указанием наименования и адреса владельца. Получение разрешения на использование частот сопряжено с вступлением в БФБА и ежегодной уплатой членских взносов. Запрещено использование дронов в приграничных зонах, больших городах Республики Беларусь и некоторых районах города Минска.

В **России** с начала апреля 2016 года введена обязательная регистрация БПЛА весом более 250 грамм, включая игрушечные дроны. Их регистрацией занимается Федеральная служба безопасности. Владельцы беспилотных аппаратов, как приобретенных в России, так и ввезенных на территорию РФ из-за

рубежа, обязаны зарегистрировать их в контролирующем органе, т.е. необходимо сообщить информацию о стране-изготовителе дрона, его серийный номер, год изготовления, назначение аппарата, его максимальную взлетную массу, а также тип, количество и мощность его двигателей. Помимо этого, владельцам БПЛА нужно сообщить в ФСБ имя владельца (или название организации, которой принадлежит БПЛА), дату и место рождения владельца, а также его паспортные и контактные данные.

Ирландия с 2015 года заняла активную роль, в быстро развивающейся области БПЛА, она является одним из немногих государств-членов ЕС, участвующих в разработке законодательства, регулирующего использование БПЛА (все дроны более 1 кг должны быть зарегистрированы).

В **Италии** действует запрет на использование дронов (для некоммерческой съемки легче 25 кг) при большом скоплении людей (более чем на 50 метров), в городах, рядом с железнодорожными вокзалами, аэропортами (в радиусе 8 км), военными объектами, электростанциями и правительственными учреждениями. Разрешается запуск дронов на открытом, хорошо просматриваемом пространстве в удалении не менее чем 150 метров от городской инфраструктуры при постоянном сохранении визуального контакта с аппаратом. Для коммерческой съемки необходимо покупать лицензию.

В **Австрии** зоны, разрешенные для полетов, делятся на 4 категории. Без лицензии можно летать только на открытых пространствах (на природе) и вблизи сельскохозяйственных угодий (ферм).

В **Чехии** дроны запрещены в городах и в местах скопления людей. БПЛА массой менее 7 кг разрешено запускать на безопасном расстоянии от людей и строений, аппараты массой от 7 до 20 кг должны летать на расстоянии не менее 150 метров от людей и зданий.

Британская ассоциация пилотов (BALPA) отстаивает необходимость программирования дронов по автоограничению воздушного пространства для осуществления полетов. Речь идет об установке своего рода гео-блоков. Серия DJI Phantom уже включает в себя гео-блокировку. GPS-трекер содержит координаты тысяч аэропортов по всему миру. Он не позволяет войти в эти районы. Если дрон приближается к границе заблокированной зоны (в радиусе от 2 км от крупного аэропорта), в автоматическом режиме его высота полета будет ограничена 10 м.

В **Канаде** регулирование и контроль полетов на дронах осуществляет Министерство транспорта Канады (Drone Wars), выдает специальное разрешение на использование дрона, полетное

устройство имеет вес менее 25 кг и соблюдаются стандартные правила безопасности полета (не угрожает никому и ничему).

В **США** с 2015 года все БПЛА подлежат обязательной регистрации. Регистрация осуществляется Федеральным управлением гражданской авиации (FAA), зарегистрировалось более 300 000 владельцев БПЛА. США запрещает полеты беспилотных самолетов, в том числе хобби дронов выше 122 метров, также использование на расстоянии 5 миль от аэропорта, не должен весить более 25 кг. Дронами нельзя пользоваться в Национальном парке Йосемити, чтобы не тревожить птиц и животных (такое правило есть во многих заповедниках мира). При этом в каждом штате действуют свои правила, разрешающие или запрещающие БПЛА.

В Управлении гражданской авиации **Южной Африки** (SACAA) необходима регистрация и приобретение лицензии, которая требует медицинского освидетельствования, знания английского языка, прохождения курсов подготовки к полетам, завершающихся теоретическим экзаменом и тестом по полученным практическим навыками. Лицензия действительна в течение 24 месяцев и может быть выдана лицам, достигшим возраста 18 лет. Лицензии может быть выдана на три категории: самолет, вертолет или мульти-ротор.

Работу БПЛА **Филиппин** на территории страны регулирует Управление гражданской авиации Филиппин. Согласно действующему меморандуму владельцы и операторы БПЛА обязаны зарегистрировать свое оборудование, при этом заявитель должен отвечать ряду условий, в частности, иметь сертификат о прохождении учебного курса по работе БПЛА и лёгную практику не менее 5 часов, а также, заявитель обязан предоставить подробное описание своего полета с обозначением целей. Любое нарушение условий меморандума подразумевает выплату серьезных штрафов. Зонами несанкционированных полетов так же являются населенные пункты, аэропорты, военные учебные лагеря и др. воздушное пространство.

Таким образом, требования правила эксплуатации к использованию дронов во всех государствах мира становятся все строже и смогут предотвратить нанесение ущерба людям, частным владениям, памятникам истории и культуры, заповедникам и паркам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дрон дрону рознь: как поднять его в воздух, чтобы ничего не нарушить [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. - Режим доступа:

<https://pravo.by/novosti/obshchestvenno-politicheskie-i-v-oblasti-prava/2019/may/35343/> - Дата доступа: 01.10.2020.

2. Правила использования дронов в странах мира [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://digbox.ru/news/pravila-ispolzovaniya-dronov-v-stranakh-mira> - Дата доступа: 03.10.2020.

3. Где и как можно летать за рубежом? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://glazamidrona.ru/news/drone/gde-i-kak-mozhno-letat-za-rubezhom/> - Дата доступа: 05.10.2020.

4. Погорелов, В.И. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев: учеб. пособие / В.И. Погорелов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд.-во Юрайт, 2020. - 191 с. – (Высшее образование).

5. Беспилотные летательные аппараты, их электромагнитная стойкость и математические модели систем стабилизации: монография / В.А. Крамарь [и др.]. – М.: ИНФРА-М, 2020. - 180 с. – (Научная мысль).

УДК 627.7.621

П.Б. Масленников, С.А. Борисевич, А.А. Колесник

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ LI-FI ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОМПЛЕКСАХ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

В последнее время стал активизироваться интерес к связи в видимом свете. Так как распространение светодиодов, которые поддаются более тонкой настройке, чем обычные лампы накаливания, наверняка сделает технологию экономичнее и удобнее в использовании. Есть еще один важный фактор - быстро растущую популярность беспроводных коммуникационных устройств во всем мире.

У существующей беспроводной сети Wi-Fi есть проблема: чем доступнее она становится, тем медленнее работает. В условиях плотных городских застроек диапазон, в котором передаются сигналы Wi-Fi, все чаще переполнен помехами в основном от других аналогичных устройств [1]. Поэтому использование технологии Wi-Fi в комплексах с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) носит ограничивающий характер, особенно при использовании в городских условиях.

Однако, использование «роевых» технологий на БПЛА обязывает организовывать взаимодействие между элементами «роя» [2]. Так как расстояния между БПЛА в «Рое» небольшие, то это позволяет использовать технологию Li-Fi.

Преимущество использования технологии Li-Fi хорошо показано в работе Г.Е. Шнейдера [1]. Рассмотрим более подробно особенности данной технологии.

Основными требованиями к компонентам Li-Fi являются следующие:

- светодиод, являющийся источником передаваемых данных должен иметь яркое свечение;
- кремниевый фотодиод (фотодетектор), являющийся приёмником передаваемых данных, должен эффективно реагировать на видимый свет;
- светодиоды должны включаться и выключаться для генерации цифровых последовательностей, состоящих из различных комбинаций 1 и 0.

Система - излучатель Li-Fi включает в себя четыре основных компонента:

- лампочка;
- высокочастотный (ВЧ) усилитель цепи питания;
- печатная плата;
- корпус.

Так как наиболее распространённой системой беспроводного интернета на сегодняшний день является Wi-Fi, то имеет смысл сравнить с ней систему Li-Fi. Сделать это возможно посредством рассмотрения основных проблем, возникающих при анализе подобных систем.

Проблемы Wi-Fi, связанные с радиоволнами:

- ёмкость. Данные в беспроводных сетях передаются с помощью радиоволн, которые ограничены и дороги. Они имеют весьма ограниченную пропускную способность и работают только в определённых диапазонах. С увеличением объёма передаваемых данных и развитием таких технологий, как 3G и 4G, подобные сети всё хуже справляются со своей задачей. У них просто заканчивается спектр;
- эффективность. 1.4 миллиона сотовых радиостанций потребляют огромное количество энергии. Большая часть этой энергии используется не для передачи радиоволн, а для охлаждения этих станций. Поэтому эффективность таких радиостанций составляет всего лишь 5 %;
- доступность. Доступность радиоволн является большой проблемой. Крайне не рекомендуется использовать мобильные телефоны и другие системы радиосвязи в самолётах, нефтехимических предприятиях, заправочных станциях и больницах. Это вопрос безопасности;
- безопасность. Радиоволны могут проникать сквозь стены. Они могут быть перехвачены и использованы в интересах злоумышленника, о чём пользователь, вероятно, даже не будет подозревать. Это является главной проблемой безопасности подобных сетей.

Преимущества Li-Fi:

- емкость. Свет имеет в 10000 раз большую полосу пропускания частот, чем радиоволны. Кроме того, для данной технологии имеется огромное количество инфраструктуры, ведь системы освещения используются повсеместно. Поэтому Li-Fi имеет хорошие шансы для широкого применения, так как часть необходимого оборудования уже имеется;

- эффективность. Передача данных с помощью Li-Fi является очень дешёвой. Ведь светодиодные фонари потребляют мало энергии и являются весьма эффективными. Кроме того, заменив неэффективные лампы накаливания на светодиодные, можно сэкономить огромное количество энергии и, следовательно, сократить потребление ресурсов;

- доступность. В отличие от радиоволн, свет есть везде. Более того, он просто необходим. Поэтому повсеместное его использование является мощным источником высокоскоростной передачи данных;

- безопасность. Световые волны не проникают сквозь непрозрачные стены. Таким образом, они не могут быть перехвачены для ненадлежащего использования. С появлением Li-Fi, для доступа в сеть больше нет необходимости находиться в зоне действия Wi-Fi.

Недостатки Li-Fi:

- одним из недостатков такой системы по сравнению с радиоволнами является то, что световой поток не может проникать сквозь стены и непрозрачные материалы. Выше эта особенность была отнесена к преимуществам безопасности, однако, с точки зрения удобства, это, несомненно, недостаток;

- другой недостаток заключается в том, что Li-Fi нормально работает только в зоне прямой видимости, то есть светодиодное устройство передатчика и фотодетектор приёмника должны находиться строго напротив друг друга. Правда эта проблема возникает из-за недостатков реализации – она вполне устранима в будущем.

Таким образом, технология Li-Fi по сравнению с Wi-Fi:

1. Использует волны видимого света вместо радиоволн.
2. Имеет более широкую полосу пропускания.
3. Имеет большую скорость передачи данных.
4. Более инфобезопасна.
5. Имеет меньшую зону покрытия.
6. Способствует оптимизации энергозатрат.
7. Li-Fi-устройства не создают друг другу помехи в сети.

Таким образом, технологию Li-Fi в комплексах с БПЛА можно использовать при групповом («роевом») применении, особенно при самоорганизующейся сети БПЛА на основе искусственного интеллекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Rani, J. Li-Fi (Light Fidelity)-The future technology In Wireless communication / P. Chauhan, R Tripathi // International Journal of Applied Engineering Research. – 2012. – Vol.7, No.11. – P. 83-89.

2. Леонов, А.В. Роевой интеллект для управления БПЛА в FANET / А.В. Леонов, В.А. Чаплышкин // Молодой ученый. – 2016. – № 12 (116). – С. 314-317.

УДК 621.793

В.В. Медведев, А.Т. Волочко, Г.В. Марков

Белорусская государственная академия авиации

РЕЗИСТИВНЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ НА ИЗОЛИРУЮЩЕЙ ПОДЛОЖКЕ ДЛЯ СИСТЕМ АВИОНИКИ

Создание новых компьютеризированных систем авионики, эксплуатирующихся при низких температурах, обуславливает разработку и использование высокоэффективных нагревательных устройств для быстрого обеспечения нормальных температурных условий работы на таких системах [1]. Основным элементом нагревательных устройств является резистивный нагреватель, представляющий собой резистивное покрытие, наносимое на изолирующую подложку. Пропускаемый через резистивное покрытие электрический ток нагревает покрытие и изолирующую подложку и тепло через подложку передаётся объекту, который необходимо нагреть. В частности, в системах авионики такие нагреватели, прикреплённые к жидкокристаллической матрице различных мониторов, позволяют им достаточно быстро выходить на рабочий режим.

Резистивное покрытие из хрома, ниобия, тантала, а также из нихрома при необходимом для нагревателя поверхностном сопротивлении порядка 300 Ом/квадрат обладают слишком большим температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), что весьма часто создает большие трудности при адаптации такого нагревателя к работе в электронных устройствах. Поэтому целью данной работы являлось исследование свойств резистивных покрытий Cr-Ni, обладающих пониженным ТКС, выбор на этой основе состава покрытия, разработка технологии его нанесения, а также разработка высокотеплопроводных керамических материалов на основе оксида алюминия, легированных добавками TiO_2 , MgO , ZnO , MnO_2 и позволяющих снизить температуру спекания керамики в целом.

Резистивное покрытие на основе системы Cr-Ni наносилось электроннолучевым методом на установке ВУ-1А при давлении

остаточных газов в вакуумной камере не более $5 \cdot 10^{-3}$ Па. Хром и никель наносились послойно, и толщина каждого слоя не превышала 5 нм. Температура подложки поддерживалась на уровне 180–220 °С, что приводило к диффузионному перемешиванию слоев прямо в процессе их нанесения. Исследуемые покрытия наносились на ситалловые подложки типа СТ-5-1-1-1.0 и свежесколотые кристаллы NaCl. Исследовались поверхностное сопротивление R и температурный коэффициент сопротивления α , а также структура и фазовый состав покрытия. Для этих целей использовались четырехзондовый метод измерения сопротивления, электронограф

ЭМР-102 и электронный микроскоп SEM, с установленной на нем системой энергодисперсионный микроанализа.

Подложка для электрического нагревателя должна быть изолятором, химически инертной, обладать высокой диэлектрической прочностью, гладкой поверхностью, значительным коэффициентом теплопроводности и её ТКС α , должен быть близок ТКС покрытия [2,3]. Исходя из этих требований в качестве основного керамического материала были выбраны промышленные порошки электрокорунда белого марки 25А зернистостью М1 и глинозёма марки ГН. Исследования начались с анализа поверхностного сопротивления покрытий из нихрома стандартного состава и сплавов с большим и меньшим содержанием Cr. Анализ полученных зависимостей R и α от толщины слоев Cr и Ni и общей толщины покрытия h показал, что удовлетворить требования к покрытию у которого $\alpha < 1 \cdot 10^{-4}$ 1/К, возможно только при увеличении содержания Cr в нём. Последовательное нанесение покрытий с R , находящимся в области 320 – 370 Ом/квadrat, при одновременном увеличении содержания Cr в них и уменьшение толщины слоев Ni и Cr до 5 нм привел к следующему результату: покрытие составом 80Cr+ 20 Ni при $R \approx 340$ Ом/квadrat имеет $\alpha \approx 0$. Для данного состава были проведены исследования зависимости $\alpha(R)$. Результаты исследований представлены на рисунке 1.

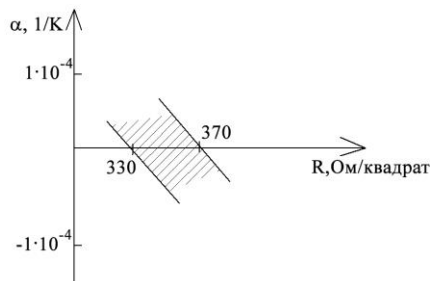


Рисунок 1 – Зависимость термического коэффициента сопротивления от поверхностного сопротивления покрытия системы 80Cr+ 20 Ni

Из них следует, что если поверхностное сопротивление $R < 330$ Ом/квадрат, α – положительно, а если $R > 370$ Ом/квадрат, α – отрицательно. На рисунке 1 в зависимости $\alpha(R)$ выделена область (она заштрихована), где преимущественно располагаются полученные экспериментальные данные. Более точный вид зависимости $\alpha(R)$ получить не удалось.

Резистивное покрытие состава 80Cr+20Ni с поверхностным сопротивлением R около 340 Ом/квадрат и термическим коэффициентом сопротивления α меньшим $1 \cdot 10^{-4}$ 1/K может использоваться как нагревательные элементы резистивного нагревателя на высокотеплопроводной керамической подложке. В качестве высокотеплопроводной керамической подложки можно использовать керамику, полученную прессованием промышленного порошка электрокорунда марки 25А зернистостью М1, легированного TiO_2 и ZnO , имеющей коэффициент теплопроводности выше 24 Вт/(м·К).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Материалы в приборостроении и автоматике: справочник / под ред. Ю.М. Пятин. – М.: Машиностроение, 1982. – 528 с.
2. Колпаков, А.П. Skin-технология. Силовая электроника завтрашнего дня / А.П. Колпаков // Силовая электроника. – 2013. – № 1. – С. 24–28.
3. Резников, С.Б. Силовые полупроводниковые ключи для импульсных преобразователей электроэнергии с модульной масштабируемой архитектурой / С.Б. Резников и др. // Электротехника. – 2019. – № 2. – С.10–17.
4. Лукин, Е.С. Особенности выбора добавок в технологии корундовой керамики с пониженной температурой спеканием // Огнеупоры и техническая керамика. – 1999. – № 9. – С.10–12.

5. Лукин, Е.С. Прочная корундовая керамика с пониженной температурой испытания / Е.С. Лукин и др. // Огнеупоры и техническая керамика. – 1996. – № 10. – С. 2–5.

УДК 358.4

Д. М. Микulich

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», военный факультет

ОХОТНИКИ ЗА КОПТЕРАМИ

На сегодняшний день 102 государства используют беспилотные летательные аппараты (далее БПЛА) в военных целях. Из них – 40 стран, имеют беспилотники, оснащённых оружием, способных поражать, как живую силу противника, так и его технику. Применение БПЛА нашло себя и в террористических кругах. Компактность и мобильность данных летательных аппаратов позволяет совершать самые неожиданные нападения. Для стандартных систем противовоздушной обороны, малоразмерные беспилотники практически неуязвимы. Для предотвращения таких случаев Вооружённые силы различных государств занимаются активным созданием различного рода систем противодействия дронам.

В настоящее время Российской Федерацией ведутся разработки и внедрения различных систем противодействия БПЛА. На российских полигонах проходит испытание переносной комплекс противодействия беспилотным летательным аппаратам малого радиуса действия «Стилет». Это устройство ближнего радиуса действия, которое позволяет подавить излучение беспилотных летательных аппаратов на дальности прямой видимости. На нём имеется оптический прицел, который позволяет расширить зону видимости оператора и соответственно обнаружить беспилотный летательный аппарат на больших дальностях.

Сбить дрон в плохую погоду или ночью сделать почти невозможно. Поэтому для таких целей был создан радиоэлектронный комплекс борьбы с малоразмерными беспилотными летательными аппаратами «Репеллент». «Репеллент» – это подавление дистанционно управляемых беспилотников. Он оснащен уникальной сверхчувствительной станцией радиотехнической разведки и постановки помех, а также мощной оптической системой кругового обзора, способной рассмотреть миниатюрные беспилотники днем и ночью в плохую погоду. «Репеллент» способен находить не только сами беспилотники, но и тех, кто ими управляет. Но в наше время уже освоены технологии управления коптерами не на прямую, а через спутники. Так вот, «Репеллент» глушит и эту связь. Как уверяют создатели – аналогов такой станции в мире нет. Средство

«Репеллент» может отгонять «рой» назойливых беспилотников от режимных объектов в мирное время или от кого угодно во время войны. Дальность действия данного комплекса по разведке и радиоэлектронному подавлению не менее 30 км. В радиусе 30 км зона будет полностью защищена от беспилотных летательных аппаратов. Частотный диапазон радиоразведки и радиоэлектронного подавления составляет от 200 до 6000 МГц. Количество БПЛА, которое может перехватить станция - неограниченно. Создатели «Репеллента» родом не из радиолокации, а из радиоразведки они используют другой принцип. Обнаруживают не столь сам коптер, сколько радиоканалы. А дальше просто глушат их. «Репеллент» создает глухую непроницаемую стену, куда беспилотные летательные аппараты залететь просто не могут. При том, что не для беспилотных летательных аппаратов, это среда совершенно свободно пересекается.

По большому счёту коптеры с камерами хоть и представляют опасность, но скорее разведывательную. Если говорить серьезно, то куда опаснее ударные дроны, способные бросить боеприпасы. Для противодействия тем и тем дронам, в России была создана уникальная система «Силок». Комплекс состоит на вооружении частей и подразделений радиоэлектронной борьбы Центрального военного округа Российской Федерации. Он предназначен для обнаружения и нейтрализации беспилотных летательных аппаратов без физического воздействия на цель. Устройство в автоматическом режиме находит беспилотник, определяет его координаты, а затем выводит из строя каналы управления, телеметрию и связь, в результате чего дрон оказывается непригодным к использованию. Принцип действия, как и у антидроновых ружей, полная блокировка управления. Принципиальная разница в том, что здесь оператору не надо куда-то целиться, система способна работать автоматически. Если коптер-нарушитель залетит на охраняемую территорию, он тут же попадает в «Силки». При обнаружении беспилотных летательных аппаратов оператору «Силка» становится известно направление полета, высота полёта, точки старта, скорость полёта. На сегодняшний день, такая система несёт боевое дежурство на российской военной базе в Таджикистане.

В настоящее время, гражданские коптеры переделывают под боевые. На них подвешивают гранаты и другие взрывчатые вещества. Такие коптеры очень сложно заметить. Они представляют угрозу при движении колонны. Один коптер сбрасывает гранату и улетает – колонна останавливается. Затем подлетает второй, третий. Из стрелкового оружия их сбить практически невозможно. Таким образом, колонна уничтожена. В такой ситуации главное вовремя заметить коптер, а ещё лучше

поймать. В Вооружённых Силах Российской Федерации применяется охота на дронов с помощью сетей. Сеть для дронов не похожа на рыболовную, но принцип действия тот же. Устройство, которое преграждает путь коптера-нарушителя - это горизонтальные нити. Вертикальных нитей в ней нет, потому что они бы сделали сеть жёсткой. Для работы данной сети необходимо два дрона. Когда коптер подлетает, то он заворачивает нить на себя и наматывает её на лопасти. Сеть не сбрасывается сверху, а наносится сбоку.

Исходя из вышеизложенного, применение малоразмерных беспилотных летательных аппаратов в современных условиях создает реальную военную и террористическую угрозу особо важным военным объектам и элементам государственной инфраструктуры. С учетом тактико-технических характеристик малоразмерных беспилотных летательных аппаратов и существующих отечественных средств обнаружения, наиболее эффективным средством борьбы с малоразмерными беспилотными летательными аппаратами являются средства радиотехнической разведки и радиоэлектронного подавления каналов управления, передачи данных и спутниковой навигации. Комплексное применение данных средств приведет к срыву выполнения задачи малоразмерными беспилотными летательными аппаратами, даже за пределами зоны поражения зенитных систем и обеспечит защиту важных государственных объектов от разведки вероятного противника и активное прикрытие войск в ходе ведения боевых действий. В связи с чем, обнаружение малоразмерных беспилотных летательных аппаратов является приоритетной задачей при создании систем по борьбе с главной угрозой будущего.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Демьянович, М. А. Использование беспилотных летательных аппаратов в преступных целях: методы противодействия и борьбы / М.А. Демьянович // Правопорядок: история, теория, практика. – 2019. – № 2 (21). – С. 94.
2. Беспилотники: комплекс борьбы с малоразмерными БЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ntc-reb.ru/repellent.html>. - Дата доступа: 29.09.2020.
3. Радиоэлектронная защита: какие комплексы разрабатываются в России для противодействия дронам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russian.rt.com/russia/article/762252-kompleks-protiv-dronov-silok> - Дата доступа: 29.09.2020
4. Изделия и комплексы противодействия беспилотным летательным аппаратам [Доклад]. – СПб.: АО «НИИ «Вектор», 2018. – 51 с.

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЛОКАЛЬНЫХ
КОНФЛИКТАХ**

С развитием разведывательных и ударных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) изменился ход боевых действий в локальных конфликтах. Военные конфликты – в Ираке, Сирии, Ливии, Йемене продемонстрировали растущую роль БПЛА и расширения их возможностей влиять на ход боевых действий. Практика применения БПЛА показала, что при грамотном применении БПЛА в связке с системами РЭБ и стандартными средствами огневого поражения можно достигать серьезных оперативных результатов.

Ударные и разведывательные БПЛА окончательно стали важным компонентом военной машины для любой современной страны. Применение данного компонента у одной из противоборствующих сторон в локальных конфликтах давало существенное преимущество, как на тактическом, так и на оперативном уровне. Так конфликт в Нагорном Карабахе показал, что массированным применением азербайджанской армией беспилотных средств поражения можно достигать стратегических целей [2].

За счет ведения гибридных войн такие страны как Иран и Турция получают богатый опыт боевого применения БПЛА. Кроме того, совершенствуется тактика их применения как против слабого, так и против равного противника. Опыт, который получил в Ираке, Сирии и Йемене, а Турция в Ираке, Ливии и Сирии, не менее важен, чем характеристики применяемых БПЛА.

До последнего времени считалось, что по уровню решаемых задач БПЛА призваны дополнять пилотируемую авиацию. Новые возможности по выполнению боевых задач и различные тактики применения БПЛА позволили считать беспилотные авиационные комплексы реальной альтернативой пилотируемой авиации.

БПЛА эффективно решает проблему воздушной разведки. Министерство обороны РФ в феврале 2017 года в Сирии задействовало около 70 российских БПЛА. Для введения воздушной разведки в основном использовались легкие аппараты «Элерон – 3СВ» и более тяжелые «Орлан-10». Круглосуточный контроль практически всей зоны боевых действий позволил эффективно планировать боевые операции сирийской армии. Российские комплексы с БЛА «Форпост» и «Застава» применялись для корректировки огня артиллерии и пилотируемой авиации [1].

В карабахском противостоянии Азербайджан применял БПЛА в качестве управляемого боеприпаса для борьбы с живой силой и легкобронированной техникой. Тактика массированного применения БПЛА «дронов – камикадзе» при поддержке средств РЭБ позволила снизить оборонительные возможности Армении в гористой местности [2].

Достаточно хорошую эффективность показали ударные БПЛА по противодействию средствам ПВО. БПЛА обладают заметными преимуществами над управляемыми ракетами «воздух – земля», «воздух – РЛС» пилотируемой авиации. Благодаря большой продолжительности полета, возможности размещения на борту различных приборов сканирования в различных диапазонах и информационного обмена с оператором, БПЛА может вести поиск целей в режиме «охотник» на малых высотах, в глубине противника.

БПЛА показали свою эффективность практически во всех современных локальных конфликтах. С учетом опыта их применения можно сделать вывод, что не прибегая к использованию наземных сил, использование БПЛА способствует росту потерь противника еще до огневого контакта с ним. БПЛА позволяют существенно снизить как наступательные, так и оборонительные возможности противника. Таким образом, в условиях развития беспилотной авиации во всем мире, очень важно развивать в нашей стране все виды БПЛА, не ограничиваясь на каком-либо одном виде.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Опыт боевого применения российских беспилотных летательных аппаратов в Сирии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bmpd.com/2587680.html>.
2. Ударные БПЛА и война в Нагорном Карабахе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cassad.livejournal.com/6240026.html>.

УДК 629.7.05

А.В. Овчаров

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ

На сегодняшний день беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и их применение представляет большой интерес и повод для обсуждения. БПЛА активно разрабатывают в США, Израиле, Канаде, Франции, Германии, Великобритании, Украине, Беларуси и России. Это обусловлено принципиально новыми возможностями, которые открываются при использовании БПЛА. Прежде всего – отсутствие угроз сохранности жизни летного состава в ходе

эксплуатации, малые затраты на обслуживание и эксплуатацию, трудность обнаружения, маневренность. Рассмотрим основные способы применения БПЛА и методы защиты от них.

Оптическая разведка.

Самое распространенное применение беспилотных летательных аппаратов нарушителями. Как правило, на мультикоптер крепится камера, которая производит съемку местности и передает данные оператору или же производит запись на карту памяти [1].

Съемка может продолжаться от нескольких минут, до нескольких дней и даже больше, например, в случае использования привязного беспилотного аппарата со стационарной батареей питания. Задачи разведки может выполнять практически любой тип БПЛА, поэтому универсальный метод борьбы с данным типом нарушителей подобрать практически невозможно. Однако можно с уверенностью сказать, что в данном случае наиболее дешевым и универсальным способом будет программный взлом и дальнейшей дезактивация летательного аппарата.

Механические способы воздействия на «летающие камеры» возможны к применению, однако стоит учитывать, что они довольно дороги в установке и обслуживании, поэтому их применение возможно только на особо важных объектах.

Несанкционированная доставка грузов

Объектами риска в данной ситуации могут быть колонии и тюрьмы, пограничные зоны, охраняемые открытые объекты с зоной досмотра и другие объекты. Поэтому очевидно то, что высота полета летательного аппарата должна быть не большой, а мобильность и маневренность, должны отвечать высоким требованиям. Очевидно, что для доставки грузов подходят только мультикоптеры, так как только они отвечают данным требованиям. Например, Walkera QR X800 способен поднимать грузы до 1.5 кг.

Хорошим способом борьбы в данных ситуациях будут сети, так как они позволяют обезвредить летательный аппарат и получить переносимый им груз. Однако не на всех объектах, возможно, установить данные комплексы защиты. Вторым способ борьбы может быть «хаккинг» беспилотника, однако многие летательные аппараты, запрограммированы в случае попытки взлома, возвращаться в хозяину, тем самым упускается возможность заполучить переносимый груз, если стоит такая задача. Хорошо в данном случае подойдет отправка сигنالоподобной помехи с целью подачи команды на посадку. Однако данный метод требует определенных навыков и времени при калибровке оборудования.

Диверсионные задачи

В случае возникновения диверсионной угрозы, главным фактором становится время. Беспилотный летательный аппарат, необходимо обезвредить до момента его активации, поэтому основной задачей является раннее обнаружение угрозы. Малый летательный аппарат неспособен переносить много взрывчатого вещества, поэтому нарушитель будет стараться, как можно ближе приблизиться в цели, что бы произвести максимально точный удар и принести, как можно больший ущерб. Для выполнения таких задач хорошо подходят одноразовые беспилотные аппараты, и как следствие перед ними не стоит задачи возврата к оператору. Главной задачей является максимально быстрое обезвреживание такого аппарата или его ликвидация, возможны варианты перехвата управления и устранение из охраняемой зоны.

Хорошим способом противодействия будут: лазерные установки и дроны перехватчики, так как они способны обезвредить объект на максимально большом расстоянии. В случае заблаговременного обнаружение цели, возможны меры по перехвату управления.

Радиоэлектронная борьба

Задачей в данном случае является искажения или глушение сигнала сотовой, спутниковой или радиосвязи. Задача может выполняться привязными беспилотниками, если цель долговременное воздействие, а так же мультикоптерами и вертолетами, так как они способны длительное время зависать в воздухе.

В данной ситуации фактор времени менее важен, чем в случае с диверсией, поэтому возможно обезвреживание летательного аппарата любым способом.

Перехват управления другими БПЛА

В данном случае, цель нарушителя – кража другого беспилотного аппарата. Чаще всего применяются мультикоптеры. Сложность обезвреживания нарушителя состоит в том, что велика вероятность повреждения собственного летательного аппарата. Поэтому в данной ситуации требуются высокоточные методы воздействия, а именно лазерные установки, в редких случаях микроволновые. При наличии опытного пилота возможно использование сетей. Но все эти способы дорогостоящие и не мобильны. Но чаще всего самым эффективным методом защиты являются программные методы, направленные на защиту беспилотного от взлома и программирование его на возвращение в случае попытки взлома.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Семенец, В. О. П. Способы противодействия беспилотным летательным аппаратам / В.О. Семенец, М.П. Трухин // Научные

технологии в космических исследованиях Земли. – 2018. – Т. 10, № 3. – С. 7–12.

2. Ищук, И.Н. Способы применения групп беспилотных аппаратов коптерного типа одним оператором. / И.Н. Ищук, С.Д. Зубков, П.А. Аккубеков // Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами: сб. докладов и статей по материалам II научно-практической конференции. – Коломна: 924 ГЦ БПА МО РФ, 2017. – 337 с.

УДК 621.3

Э.Ж. Павлушкин, А.Ю. Юшкевич, В.И. Майчук

Белорусская государственная академия авиации

ЦИФРОВОЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКАМЕРОЙ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) находят самое широкое применение. Они позволяют при минимальных финансовых затратах решать широкий круг задач, в зависимости от сферы применения, в том числе при сборе информации с помощью телевизионных средств. БПЛА уделяется большое внимание, т. к. они являются автономными, независимыми от человеческого фактора, а также устойчивы к внешним воздействиям.

Основой системы электронного управления телекамерой на БПЛА является блок управления в состав, которого входит центральный процессор, связанный с другими управляемыми процессорами, системной памятью и исполнительными устройствами. Цифровое устройство управления (рисунок 1) строится на базе микроконтроллера PIC16F877 и состоит из: двух аналогово-цифровых преобразователей (АЦП), цифрового вычитателя (ЦВ), цифрового регулятора (ЦР), устройства цифрового управления (УЦУ), двигателя постоянного тока (ДПТ), датчика положения (ДП), редуктора (Р) и платформы (П).

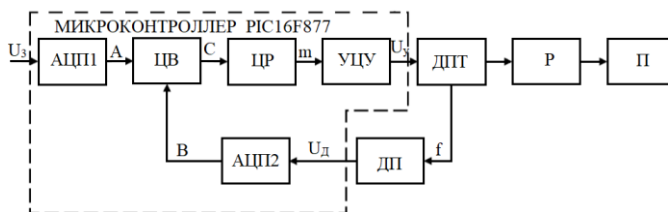


Рисунок 1 – Функциональная схема цифрового устройства управления телекамерой БПЛА

Командный сигнал управления (U_z) задается с помощью команд телеуправления диспетчера. Величина (U_z) выбирается исходя из требуемой скорости угла поворота камеры, а ее величина пропорциональна углу поворота задающего устройства диспетчера. Контроль текущего угла поворотного устройства осуществляет ДП, который может быть оптическим или потенциометрическим (например, ПТП 11 0,3-10-5). В общем случае с датчика ДП снимается сигнал (U_d) представляющий собой напряжение, пропорциональное углу поворота платформы телекамеры БПЛА. Командный и контрольный сигналы представлены в виде напряжений (U_z и U_d), которые преобразуются с помощью АЦП в цифровые коды А и В. При этом ЦВ определяет разность С этих цифровых кодов, которая затем поступает на ЦР для осуществлении функции цифровой коррекции. После коррекции управляющий сигнал (m) подается на УЦУ, где сигнал усиливается, преобразуется, а затем выдает в виде ШИМ импульсов на исполнительный ДПТ. Через редуктор платформа приводится в движение. С ДП снимаются данные о положении поворотной платформы.

Микросхема PIC16F877 содержит процессор с RISC-архитектурой, т. е. с сокращенной системой команд. Эти процессоры обычно имеют набор однородных регистров универсального назначения, причем их число может быть большим. Система команд отличается относительной простотой, коды инструкций имеют четкую структуру, как правило, с фиксированной длиной. В результате аппаратная реализация такой архитектуры позволяет с небольшими затратами декодировать и выполнять эти инструкции за минимальное число тактов синхронизации.

Подключение входных устройств к измерительной системе цифрового устройства управления является очень непростым делом и часто выявляет неожиданные проблемы, причины которых скрыты от проектировщика: об их местонахождении можно только догадываться, их появление трудно предсказать, а устранить можно только в процессе эксперимента. Понимание причин возникновения помех при проектировании систем позволяет избежать ряда ошибок в выборе оборудования, его размещении, экранировании и кабельной разводке, а также ускорить процесс внедрения системы. Все эти проблемы прекрасно решаются с помощью полупроводниковых приборов фирмы International Rectifier. В данном случае используем защищенные верхние ключи IPS521 фирмы International Rectifier. Они имеют температурную защиту от перегрева (с авто перезапуском при остывании), защиту от короткого замыкания (электронный предохранитель с самовосстановлением), от перенапряжений и от

электростатического разряда. Нагрузка включается после ключа, поэтому ключ называется верхним. В номенклатуре изделий есть нижние ключи, в которых нагрузка включается в верхнем плече. IPSS21 требует некоторое количество дополнительных элементов в схеме управления и индикации для ограничения тока. Данный ключ может коммутировать ток до 10 А и работает на напряжения до 50 В. Максимальное переходное сопротивление коммутирующего перехода 80 мОм.

Таким образом, данное цифровое устройство управления обеспечит высокое быстродействие и надежность и является важной составляющей частью любого БПЛА.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tekpol.ru>. – Дата доступа 24.04.2020.
2. Гук, М.Ю. Процессоры: учеб. пособие для вузов/ М.Ю. Гук. – СПб.: Питер, 1998. – 167 с.
3. Гольденберг, Л.М. Цифровая обработка сигналов: справочник / Л.М. Гольденберг, Б.Д. Матюшкин, М.Н. Поляк. – М.: Радио и связь, 1990. – 167 с.

УДК 533.69

Е.Н. Погорелов, Д.Э. Дьяченко

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ПРОФИЛЯ КРЫЛА ДЛЯ ДОЗВУКОВОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В докладе рассматривается вопрос подбора и расчета характеристик профиля крыла для дозвуковых малоразмерных беспилотных летательных аппаратов с использованием технологии репликативных искусственных нейронных сетей.

Одним из типов БЛА быстроразвивающихся в настоящее время являются дозвуковые малоразмерные, предназначенные для выполнения задач в тактическом звене сухопутных войск. Как правило, малоразмерные БЛА решают разведывательные задачи, не исключая применения их для других целей. Их эффективность не раз подтверждалась в ходе боевых действий, особенно в участвовавших в последнее время локальных конфликтах и как показывает практика, БЛА являются сложными для поражения средствами ПВО целями.

К носимым малоразмерным БЛА предъявляются требования низкой стоимости, а также ограничения по взлетной массе связанные с физиологическими возможностями оператора, носителя комплекта. Для транспортировки БЛА используются так

называемые транспортно-пусковые контейнеры (ТПК), для размещения в котором, требуется применение складных несущих поверхностей. Основным элементом конструкции планера БЛА, создающим аэродинамическую подъемную силу является крыло. Как показывает практика, наиболее простым и дешевым в изготовлении является прямоугольное в плане крыло. Для размещения в ТПК, конструкция БЛА ОП должна не выходить за ограничения по максимальным геометрическим размерам, которые определяются в том числе хордой профиля крыла и его толщиной. Профиль крыла оказывает непосредственное влияние на аэродинамические характеристики БЛА в целом. Соответственно возникает противоречие между выбором простого в изготовлении, компактного крыла и обеспечением высоких аэродинамических характеристик БЛА.

Рассмотрим способы выбора профиля крыла. Классический подход основывается на опыте конструкторов и проектировщиков, а также на использовании программ для моделирования обтекания поверхности летательного аппарата, позволяющих определить широкий спектр аэродинамических характеристик.

В настоящее время широкое развитие в проектировании объектов и сложных систем получили искусственные нейронные сети (ИНС) [1]. Для уменьшения размерности описания объектов и генерации объектов заданного класса применяются репликативные или копирующие ИНС [2]. Впервые репликативные ИНС были применены для решения задач сжатия информации, на примере изображения [3]. Репликативные ИНС являются одним из подвидов многослойных персептронов. Эти сети имеют симметричную архитектуру. Первый (входной) и последний (выходной) слои имеют одинаковое количество нейронов, равное длине входного вектора. Средний (скрытый) слой имеет существенно меньшую размерность (узкое горло) [4]. Фактически репликативные ИНС позволяют снизить размерность данных путем перехода к так называемым «естественным» координатам. В случае использования нейронов с линейными передаточными функциями данный подход приводит к известному методу главных компонент [5].

На аэродинамические характеристики БЛА значительным образом влияют скорости полета. Как известно, для обеспечения прямолинейного горизонтального полета ЛА необходимо равенство подъемной силы и силы его веса. Абсолютное значение подъемной силы зависит от скоростного напора, поэтому при низких скоростях полета, подъемная сила может сильно уменьшаться. Особенностью малоразмерных БЛА как раз являются низкие скорости полета (80–150 км/ч, что соответствует 20–40 м/с), что компенсируется небольшой взлетной массой до 16 кг. В полете могут возникнуть ситуации, когда скорость действующего возмущения ветра будет

больше скорости самого БЛА, что существенным образом повлияет на мгновенное изменение углов атаки и скольжения, а также может привести к нестационарному отрывному обтеканию, образованию глобального отрыва и нестационарному срыву потока.

Рассмотрим особенности применения технологии искусственных нейронных сетей ИНС применительно к задаче генерирования новых профилей крыла с заданными характеристиками. Так как у нас имеются ограничения по максимальным геометрическим размерам БЛА, мы исходя из них, формируем ограничения – это максимальные размеры хорды и толщины профиля. Имеется множество аэродинамических профилей, предназначенных для обучения ИНС. Трехслойная репликативная ИНС имеет входной и выходной слои, размерностью в 59 входов-выходов и узкое горло – скрытый слой размерностью в 6 нейронов. В результате обучения ИНС может воспроизводить на выходе тот же самый вектор, который подается на входной слой. Аэродинамические профили задаются уравнениями $z_{\text{на}}(x)$ и $z_{\text{ни}}(x)$, описывающими их верхнюю и нижнюю части. Каждый профиль задается таблицей значений функций для 30 значений аргумента. Для остальных значений аргумента координаты контура находятся с помощью интерполяции сплайнами. Значения координаты x нормируются по длине хорды профиля и задаются в безразмерном виде от 0 до 1. В выбранной системе координат (рисунок 1) каждый профиль описывается вектором, состоящим из 57 чисел.

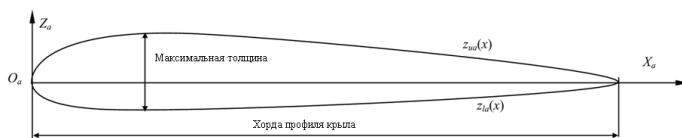


Рисунок 1 – Геометрические параметры профиля крыла, используемые ИНС

В работе [4] рассмотрена задача формирования профилей, верхняя часть которых проходит через точку с фиксированной координатой. Была обучена сеть, в которой координаты верхней поверхности профиля крыла подается сразу на выходной слой.

ИНС позволяет генерировать объекты с заданными характеристиками что, позволяет создавать именно те объекты, которые интересуют проектировщика, не обрабатывая все возможные. В результате на выходе генерируется множество профилей с общей точкой в данной координате.

Стоит отметить, что чем больше исходный банк данных, тем разнообразнее варианты сгенерированных профилей. Проведенные расчеты показывают, выбор профиля крыла с высоким уровнем аэродинамических характеристик позволяет увеличить продолжительность полета дозвукового малоразмерного БЛА на 9–10 %, что непосредственно влияет на эффективность разведки.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Свириденко, Ю.Н. Новые тенденции в методах аэродинамического проектирования / Ю.Н. Свириденко, В.В. Вышинский // Научный вестник МГТУ ГА. Серия Аэромеханика и прочность. – 2006. – №97 (1). – С.12-16.
2. Хехт-Нильсен, Р. Нейрокомпьютинг: история, состояние, перспективы / Р. Хехт-Нильсен // Открытые системы. – 1998. – №4-5 (30-31). – С. 12-17.
3. Gottrell, G. Image compression by back propagation: An example of extensional programming / G. Gottrel, P. Munro, D. Zipser: Proc. 9th Annual Confer, Cognitive Soc., 1987. – 1987. – P. 461-473.
4. Вышинский, В.В. Упрощенная математическая модель компоновки малоразмерного летательного аппарата / В.В. Вышинский, А.О. Кисловский, С.А. Колчев // Научный Вестник МГТУ ГА. –2016. – Том 19, № 6. – С. 86-94.
5. Jolliffe, I.T. Principal Component Analysis / I.T. Jolliffe. – New York: Springer-Verlag, 1986. – 385 с.

УДК 629.7.036.24

А.В. Поляков, И.В. Денисов

Белорусская государственная академия авиации

МОДЕРНИЗАЦИЯ ДВИГАТЕЛЯ ЛОКВУДА-ХИЛЛЕРА

Обычный пульсирующий двигатель имеет движущуюся часть – клапан. Проблема этих двигателей заключается именно в этом. Клапаны находятся в очень жестких условиях – на них действует высокая температура и давление, из-за этого они требуют регулярной замены и именно по этой причине пульсирующие двигатели не нашли широкого применения. Реактивные снаряды (ФАУ), разработанные немцами в период второй мировой войны и использованные в боевых действиях против Англии, имели именно такие двигатели, и именно по этой причине многие снаряды не достигли своей цели. В тот период работы по проектированию таких двигателей вело и НАСА, но самые лучшие результаты, которых удалось добиться – 20–30 минут непрерывной работы. Соответственно, убрав движущиеся части, двигатель можно было сделать «вечным».

Разработка Локвуда-Хиллера

В течение 50-60х годов была сделана исследовательская работа, которая привела к созданию бесклапанного пульсирующего двигателя в США. В 1967 году они запатентовали свое изобретение

и сделали несколько работающих прототипов с впечатляющими характеристиками. Они заявили, что данный двигатель при весе 30 фунтов (около 12 кг), создает тягу в 300 фунтов (около 120 кг). Работу двигателя сопровождал очень сильный шум, и его детали раскалялись практически до белого каления. Потребление топлива этого прототипа составило 0.85 фунта на фунт тяги в час, а минимальная тяга на «холостом ходу» 30 фунтов. Много в этом двигателе было взято от более раннего проекта француза Марконета, но Локвуд заявил, что он внес решающие изменения в конструкцию, позволившие многократно увеличить эффективность, например он впервые предложил использовать спрямляющие поток устройства для увеличения тяги. Одно из огромных преимуществ бесклапанного двигателя – его полная устойчивость против попадания инородных материалов.

Улучшение 1.

Использование тепла, которое возникает при работе двигателя. Во время работы двигателя Локвуда-Хиллера в отдельных его частях температура достигает 1150–1250 градусов цельсия, это тепло никак не используется и рассеивается в атмосфере, как правило это безвозвратные потери. Тепло можно преобразовать в электроэнергию с помощью термоэлектрогенератора. Термоэлектрогенератор – это техническое устройство, предназначенное для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую, посредством использования термоэлектрических материалов. Подобные генераторы уже используются во многих сферах жизни. Так например одна из версий походной печи-электрогенератора biolite при весе около одного килограмма имеет емкость аккумулятора 2600 mah. Существует целый спектр подобных портативных устройств. Явление возникновения ЭДС на концах последовательно соединенных разнородных проводников, контакты между которыми находятся при различных температурах называется эффектом Зебека. Данный эффект состоит в том, что в замкнутой цепи, которая состоит из разнородных проводников, возникает термо-ЭДС, если места контактов поддерживают при разных температурах. Цепь, состоящая только из двух различных проводников, называется термопарой.

Улучшение 2.

Ионизация как способ увеличения энтальпии сгорания различных видов топлива. В современной жизни использование процессов горения с целью получения больше энергии, сжигание различных видов топлив, играет большую роль в энергетике, в металлургической и других отраслях промышленности. Так, 70% всей энергии, вырабатываемой в настоящее время в мире, получается в результате сжигания органических топлив. Отсюда следует, что актуальны усилия, направленные на оптимизацию

процесса горения, с целью повышения к.п.д. энергетических агрегатов, снижения количества вредных выбросов с продуктами горения. Электрический заряд является одним из способов увеличения энтальпии продуктов сгорания различных топлив. На основе изучения особенностей воздействия на горение электрических полей, возможно создание новых способов управления процессами горения в энергетических и технологических агрегатах. Сжигание топлива (доменный и природный газ) можно интенсифицировать при подаче на горение ионизированного воздуха. Ионизация воздуха может быть достигнута в тлеющем, искровом или дуговом разрядах. Любой разряд – это прохождение тока через газ. Технология интенсификации горения содержит в себе подготовку окислителя к сжиганию, которая состоит в том, что перед подачей окислителя на сжигание его пропускают через неоднородное стационарное электрическое поле. При этом происходит образование атомарного кислорода, который является наиболее сильным окислителем, чем молекулярный. Таким образом, при прохождении окислителя через неоднородное стационарное электрическое поле он активизируется, т.е. становится более реакционно-способным. Это приводит к более быстрой реакции горения любого топлива: твердого, жидкого, газообразного, к более полному сгоранию горючей составляющей топлива, к возможности сжигания топлива при меньшем, чем обычно, коэффициенте избытка воздуха.

Улучшение 3

Система впрыска топлива. Раздельный впрыск топлива позволяет сократить его расход, так как топливо подается дозированно, а не непрерывно. На автомобилях уже давно используется подобная система-инжектор. В авиации такая система применялась с 1930-х годов, на поршневых моторах, но по причине низкого на тот момент уровня точной техники и электронной механики оставалась несовершенной. С конца 1990 раздельный впрыск применяется в легкомоторной авиации. По сравнению с моновпрыском при раздельном впрыске на автомобилях снижался расход топлива на 30–40 %. так же наблюдался прирост мощности, снижение зависимости от атмосферного давления.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конструкция и лётная эксплуатация воздушных судов. Особенности самолётов первоначального лётного обучения: учебное пособие / В.М. Корнеев.- Москва, 2017. – 250 с.
2. Обшивка летательного аппарата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Обшивка_летательного_аппарата#Соединение_элементов_каркаса_и_обшивки. – Дата доступа: 10.10.2020.

УДК 627.7.621

Д.В. Родионов, Д.Г. Ханин, И.Е. Сердюков

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОСОБЕННОСТИ РЕТРАНСЛЯЦИИ СИГНАЛОВ В СЕТИ СВЯЗИ С ЛИНЕЙНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ МЕЖДУ ДВУМЯ БЛА

На сегодняшний день в военных целях беспилотные летательные аппараты (БЛА) используют для организации непрерывного воздушного наблюдения в заданном районе, выявления фактов передвижения живой силы, перемещения вооружений, организации засад и закладки взрывных устройств на маршрутах движения транспортных колонн либо другой активности противника. Полученная с помощью разведоборудования БЛА информация об объектах атаки позволяет повысить эффективность выхода на цель, ее идентификации и поражения в сложной обстановке, в частности, при действиях в условиях населенных пунктов [1-2].

По мере расширения разнообразия решаемых задач в настоящее время предъявляются все больше требований к расширению дальности полета и повышению адаптируемости систем к сложным условиям эксплуатации БЛА. Например, в горных районах или городских районах с высокой плотностью застроек связь между БЛА и наземной станцией управления может быть легко прервана, в результате чего наземная станция управления теряет обратную связь с БЛА, в реальном времени, что приводит к срыву выполнения целевых задач.

Решение состоит в развертывании системы с несколькими БЛА, которая могла бы использовать взаимосвязь между несколькими БЛА для поддержания непрерывной связи между каждым БЛА и наземной станцией управления, обеспечивая при этом ретрансляцию и маршрутизацию для увеличения дальности связи с наименьшими затратами.

Обычно используемые экономичные беспроводные модули ограничены небольшим радиусом действия и ЗПВ. Использование системы ретрансляции связи обеспечивает практический способ решения этих проблем, повышая эффективность связи БЛА в режиме превышающем ЗПВ. Эта система также дает возможность координации связи нескольких БЛА с одной и той же релейной структурой.

Для построения подсистемы связи возможно использование ряд широко применяемых технологий: IEEE 802/11n Wi-Fi, 3G/4G-LTE мобильной сети связи, и радиочастот 433 МГц / 915 МГц. Wi-

Fi может обеспечить надежное и высокоскоростное соединение, но имеет сравнительно небольшой диапазон. Типичные маршрутизаторы Wi-Fi имеют эффективную дальность действия менее 100 м, делая их не пригодными для дальних полетов на открытой местности. Применимость 3G/4G-LTE мобильной сети в значительной степени зависит от мощности сигнала источника, который сильно отличается в зависимости от местности, и не всегда доступен в отдаленных районах, где проводятся целевые операции по предназначению. Радиостанции 433 МГц / 915 МГц могут быть реализованы с помощью легкодоступных трансиверов. При этом дальность действия может достигать несколько километров. Радиоточки могут быть развернуты на любом объекте без обеспечивающей инфраструктуры.

При использовании множества БЛА для организации сети связи возникает вопрос выбора метода доступа к разделяемой среде передачи, в качестве которой используется радиоканал. Одним из методов может быть мультиплексирование с временным разделением каналов, под которым понимается отведение временного слота каждому узлу связи на базе БЛА для передачи пакетов данных. При этом использование адаптивных методов регуляризации временных слотов позволит обеспечить требуемое качество обслуживания сообщений разной приоритетности (QoS). При этом для обеспечения аутентификации каждого узла (каждого БЛА и наземной станции) при передаче информации, как служебной, так и целевой предлагается использовать уникальный идентификатор (ID). Такой идентификатор используется в структуре кадров передаваемых сообщений при пакетной передаче данных.

Заголовок кадра содержит два поля: «идентификатор источника» и «идентификатор узла назначения». ID источника указывает на узел, с которого был передан кадр, а ID назначения (получателя) на узел, которому адресован кадр. Такой подход необходим для реализации маршрутизации кадра. Анализируя ID получателя принимается решение: если ID получателя соответствует принимаемому узлу (БЛА), то команды передаются контроллеру полета. В противном случае сообщение ретранслируется по соответствующему каналу связи в соответствии с маршрутной таблицей, заложенной в коммуникационном модуле. Блок-схема работы предложенного метода продвижения информационных кадров на основе ID представлена на рисунке 1.

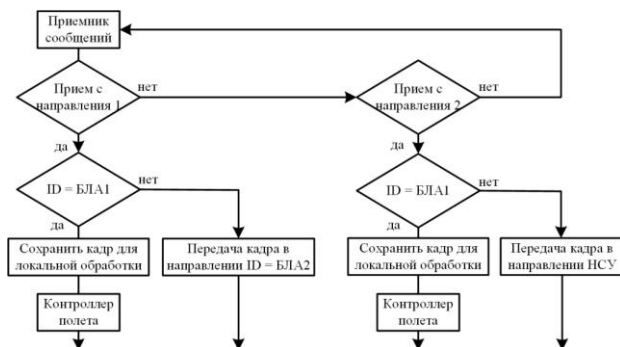


Рисунок 1 – Блок-схема продвижения кадров при организации ретрансляции сигналов с помощью БЛА

Немаловажными показателями эффективности качества связи при организации пакетной передачи информации являются:

- потеря данных;
- ошибки в принятых информационных пакетах.

Анализ экспериментальных данных показал, что при скорости передачи данных от 4 до 16 кбит/с процент потерянных данных увеличился с 3 % до 9 %, а частота ошибок данных выросла с 0,2 % до 0,5 %. Более высокая скорость передачи данных (16 кбит/с) привела как к большим потерям данных, так и к более высокой вероятности ошибок. Требуемая пропускная способность передачи данных управления БЛА меньше 10 кбит/с. Практический эксперимент показал достаточность скорости передачи данных 8 кбит/с (для передачи команд управления БЛА). Для организации ретрансляции сигналов при обеспечении приемлемой потери данных и частоты ошибок такая скорость передачи данных может оказаться достаточной для передачи команд управления БЛА.

Таким образом для решения задач организации надежной и устойчивой связи на расстояниях превышающих расстояние прямой видимости, а также в условиях препятствующих прямому распространению сигналов перспективным направлением исследований является создание информационно-телекоммуникационной сети связи на базе БЛА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Павлушенко, М.И. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития / М.И. Павлушенко, Г.М. Евстафьев, И.К. Макаренко // Научные записки

ПИР-Центра: Национальная и глобальная безопасность. – 2004. – № 2 (26). – С. 590–611.

2. Яцук, К. В. Применение беспилотных летательных аппаратов в локальных конфликтах и войнах / К.В. Яцук, М.С. Стафеев, С.В. Казаринов // Молодой ученый. – 2016. – № 25. – С. 107-111.

УДК 629.7

С. Н. Романёнок

Белорусская государственная академия авиации

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Опыт западных стран показывает, что экономическую эффективность разработки и эксплуатации БЛА возможно повысить упрощением требований к разрабатываемым образцам, снижением объема испытаний на надежность, а при эксплуатации – внедрением принципа индивидуального расходования ресурса и использованием метода эксплуатации по техническому состоянию (ТЭС). Поэтому в западных странах существует определенное разграничение между БЛА по предъявляемым к ним требованиям. В настоящее время аналогичного разграничения в Республике Беларусь нет, поэтому требования ко всем типам БЛА (например с взлетной массой 10 кг. и 200 кг.) предъявляются одинаково, что неэффективно с экономической точки зрения.

Общие требования по надежности, общая методология выбора номенклатуры нормируемых ПН и обоснования их значений, а также порядок и правила изложения требований к надежности в технических заданиях на разрабатываемые изделия изложены в [1]. Выбор показателей надежности осуществляют на основе классификации изделий по признакам, характеризующим их назначение, последствия отказов и достижения предельного состояния, особенности режимов применения и др.

В соответствии с данным документом БЛА наиболее распространенных типов в Республике Беларусь, относятся к восстанавливаемым изделиям конкретного назначения стареющим и изнашиваемым одновременно, вида I (т.е. в процессе эксплуатации могут находиться в работоспособном или неработоспособном состояниях), многократного циклического применения.

БЛА являются ремонтируемыми и обслуживаемыми в процессе эксплуатации изделиями. Организация системы технического обслуживания предусматривает контроль перед применением в ходе подготовок: предварительной, предполетной и к повторному полету. Наличие в составе БЛА электронно-

вычислительных машин и устройств вычислительной техники относит их к изделиям с отказами сбойного характера.

Для отнесения БЛА к той или иной группе по возможным последствиям отказов и (или) достижения предельного состояния при применении и (или) последствия отказов при хранении и транспортировании предлагается ввести критерий оценки по кинетической энергии.

Проведенный анализ подходов к классификации БЛА показывает, что существует достаточно большое разнообразие подходов к классификации БАК [2]. Однако наиболее рациональной является классификация по кинетической энергии, в связи с тем, что именно этот классификационный признак (КП) определяющий по рискам и уровню безопасности полетов. К классификации по кинетической энергии можно отнести и классификацию по скорости и взлетной массе, которые формируют прямоугольные области в соответствующей системе координат. Классификацию по скорости и взлетной массе используют такие организации как NASA и ARC (США), классификацию по кинетической энергии применяют в Новой Зеландии и Европейская ассоциация по безопасности авиации (EASA). Как дополнительный КП кинетическую энергию используют в Швеции и НАТО.

Исходя из опыта мировой практики и анализа опыта эксплуатации БЛА на территории Республики Беларусь, предлагается ввести три класса БЛА:

I класс – максимальная взлетная масса до 25 кг, максимальная скорость до 130 км/ч;

II класс – максимальная взлетная масса от 25 кг до 150 кг, максимальная скорость до 370 км/ч. и не имеющие на борту вооружения, взрывчатых веществ иные опасные грузы;

III класс – иные БЛА, т.е. с максимальной взлетной массой более 150 кг, максимальной скоростью свыше 370 км/ч.

При этом принимаем, что БЛА I и II классов являются изделиями отказы или переход в предельное состояние которых не приводят к последствиям катастрофического (критического) характера (без угрозы для жизни и здоровья людей, незначительным или «умеренным» экономическим потерям и т.п.), а БЛА III класса. являются изделиями отказы или переход в предельное состояние которых приводят к последствиям катастрофического (критического) характера (к угрозе для жизни и здоровья людей, значительным экономическим потерям и т.п.).

На состав номенклатуры ПН имеет влияние предполагаемый метод технической эксплуатации. Существуют два основных метода – техническая эксплуатация по ресурсу (ТЭР) и ТЭС. В отличие от ТЭР, при которой восстановление (списание) изделия осуществляется в плановом порядке при выработке ресурса или вне

плана при отказе, ТЭС предусматривает восстановление (списание) изделия только при достижении им определенного в эксплуатационной документации вида неработоспособного или неисправного состояния (отказа или предотказовго состояния).

Наиболее эффективной с экономической точки зрения, является техническая эксплуатация по методу ТЭС, поскольку позволяет реализовать весь ресурсный потенциал изделий. Поэтому эксплуатацию БЛА типов I и II предлагается организовывать по данному методу. Поскольку риски, связанные с эксплуатацией БЛА III типа более высоки, то их эксплуатацию возможно организовывать как по методу ТЭР так и по методу ТЭС.

Таким образом, в соответствии с методикой изложенной в [1] и в связи с представленными предложениями сформирован перечень рекомендуемых ПН рассматриваемых БЛА, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень рекомендуемых ПН БЛА

Наименование ПН	Обозначение	I и II классы	III класс	
		ТЭС	ТЭР	ТЭС
Коэффициент оперативной готовности	$K_{ог}$	+	+	+
Среднее время восстановления	T_v	+	+	+
Средний срок сохраняемости	$T_{с\ ср}$	+	+	+
Средний ресурс до списания (полный)	$T_{р.ср.сп}$	+		
Средний ресурс до капитального (среднего и т.п.) ремонта	$T_{р.ср.кр}$		+	
Средний срок службы до списания (полный)	$T_{сл.ср.сп}$	+		
Средний срок службы до капитального (среднего и т.п.) ремонта	$T_{сл.ср.кр}$		+	
Гамма-процентный ресурс до списания	$T_{г\%сп}$			+

Гамма-процентный ресурс до капитального ремонта	$T_{p,kr}$		+	
Гамма-процентный срок службы до списания	$T_{сл,сп}$			+
Гамма-процентный срок службы до капитального ремонта	$T_{сл,кр}$		+	

Кроме того, в связи с вышеизложенным, предлагается упростить порядок подтверждения ресурсных показателей для БЛА классов I и II, предоставить право разработчику (изготовителю) подтверждать соответствие показателей долговечности по результатам расчетов в соответствии с методиками, утвержденными в ТНПА.

Таким образом, представлен подход к выбору и обоснованию номенклатуры ПН БЛА, отличающийся от известного, наличием дополнительного КП по кинетической энергии и позволяющий повысить общую экономическую эффективность разработки и эксплуатации БЛА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности: ГОСТ 27.003-2016. – Введ. 01.03.2019. – М.: Стандартинформ, 2018. – 22 с.
2. Ткачёв, Д.А. Классификация беспилотных авиационных систем / Д.А. Ткачёв, С.Б. Сивашко / Наука и военная безопасность. – 2015. – №3 (46). – С. 25–31.

УДК 358.423

И. В. Самосюк, А. Н. Монич

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ВООРУЖЁННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ ВООРУЖЕННЫХ КОНФЛИКТАХ

Воружённые Силы Российской Федерации (далее – ВС РФ) в наше время входят в десятку ведущих стран мира по разработке разведывательных и ударных беспилотных летательных аппаратов

(далее – БПЛА). Наиболее перспективными и распространенными являются БПЛА «Орлан-10», «Элерон-3», «Форпост», «Орион».

РФ является давним союзником Сирии, поэтому она активно участвовала в военных действиях на ее территории, где ВС РФ был использован широкий спектр средств вооружения и военной техники, в том числе и различных роботизированных средств, прежде всего - БПЛА.

БЛА «Орлан-10» - российский многофункциональный БПЛА, предназначенный для ведения разведки наблюдением за стационарными и подвижными объектами на труднодоступной местности, в том числе при проведении поисково-спасательных и ремонтных работ.

БПЛА «Орлан-10», хотя и не несет вооружения, но фактически является частью ударным, так как может использоваться систему управления огнем и корректировки артиллерийских ударов в реальном времени для САУ класса «Мста-С» находящихся на удалении 20–30 км. от поражаемой цели, получая от БПЛА координаты целей и поправки по наблюдаемым посредством гиросtabilизированной ИК-камеры разрывам снарядов.

Так, 25 декабря 2016 года БПЛА «Орлан-10» использовался для выполнения задач по воздушному мониторингу надводной обстановки во время поисково-спасательных работ после катастрофы самолета Ту-154 под Сочи, а также применяется в ходе военной операции ВС РФ в Сирии. В ходе этой операции БПЛА «Орлан-10» был сбит в районе г. Алеппо в октябре 2015 года, однако боевая задача была выполнена. Также БПЛА «Орлан-10» задействовался на территории Украины, но был сбит экипажем вертолёта Ми-24 из состава Объединенных сил Украины 13 октября 2018 года в небе над г. Лисичанском [1].

Таким образом, новая модификация БПЛА «Орлан-10» оборудована 12 камерами высокого разрешения, что позволяет создавать качественные 3D карты, а также алгоритмы поведения в нештатных ситуациях (пропадание радиосвязи, отсутствие сигналов ГЛОНАСС/GPS, отказ двигателя).

БПЛА «Элерон-3» – предназначен для круглосуточного ведения воздушной оптикоэлектронной разведки. БПЛА” Элерон-3” ВС РФ применяется в боевых действиях против «ИГИЛ» в военной операции в Сирии в составе авиационной группы ВВС РФ в Сирии, где за время проведения данной операции стало Известно о трёх случаях потерь БПЛА в июле 2015 года и марте 2018 года. Также зафиксировано применение БПЛА «Элерон-3» в боевых действиях на востоке Украины, в зоне ответственности 1 и 2 АК ОГ ВС РФ [2].

Таким образом, БПЛА «Элерон-3» может осуществлять визуальный поиск оператором объектов разведки в режиме

реального времени, определять точное местоположения объектов разведки с отображением на наземном пульте управления координат объекта посредством ГЛОНАСС или GPS , а также выполнять аэрофотосъёмку местности.

Более «тяжёлый» БПЛА «Форпост», оснащённый существенно более продвинутыми оптико-электронными системами, в подавляющем большинстве случаев использовались для наблюдения и контроля ударов по первоочередным целям. Это позволяло вести скрытое наблюдение с существенных удалений от целей. БПЛА «Форпост» применялся в ходе военной операции РФ в Сирии с авиабазы Хмеймим. 12 января 2018 года группа Conflict Intelligence Team сообщила, что БПЛА «Форпост» был сбит НВФ в Сирии. 11 июля того же года еще один борт был сбит системой ПВО Израиля, по утверждению представителя «ЦАХАЛ» - в границах воздушного пространства этой страны. Использовался данный вид БПЛА и на территории Украины, где 20 мая 2015 года один БПЛА (номер 923) был потерян под поселком Пески, Донецкая область. Всего известно о 5 БПЛА «Форпост», потерянных над Донбассом (номера 905, 915, 916, 920 и 923 [3].

БПЛА «Орион» - предназначен для визуальной, радиолокационной или радиотехнической разведки с возможностью длительного патрулирования в заданном районе. Предусматривается установка до четырех ракет воздух-земля. В сентябре 2017 года впервые было замечено использование БПЛА «Орион» в Сирии. В 2018 году «Орион» испытали на применение авиабомб. В декабре 2019 года на коллегии Министерства обороны С. Шойгу рассказал, что «Орион» в ударном варианте был впервые испытан в реальной боевой работе в Сирии.

Интересно, что разработка БПЛА велась по заказу ВС РФ с 2011 года.

В рамках опытно-конструкторской работы БПЛА проходил с шифром «Иноходец». Главным разработчиком и исполнителем работ стала компания «Транзас» из Санкт-Петербурга. В настоящий момент главный исполнитель – группа «Кронштадт». Первый опытный образец для проведения лётных испытаний изготовлен в 2015 году. В том же году опытный образец «Ориона» был замечен под г. Рязань вблизи аэродрома «Протасово». Испытания начались в «лётно-исследовательском институте им. Громова» в первой половине 2016 года [4].

Наиболее массовыми задачами для российских БПЛА в Сирии являлась разведка целей для ударов авиации, оценка результатов поражения, корректировка артиллерийского огня. Использование БПЛА в указанных задачах подтверждается многочисленными

видеокадрами наблюдения с БПЛА результатов стрельбы как ствольной, так и реактивной артиллерии в Сирии.

Стоит отметить, что БЛА задействовались и для других задач, включая картографирование, сопровождение конвоев, а также поисково-спасательные операции.

Небезынтересным обстоятельством является то, что в ходе вооруженного конфликта в Сирии подразделениями ВС РФ были задействованы не только серийно производимые образцы БПЛА, но и достаточно экзотических разработки, в числе которых БПЛА, использующие водородные топливные элементы, а также БЛА с аппаратурой трехмерного картографирования местности.

Таким образом, в период с 2016 по 2019 года в конфликтах Сирии и Украине, по официальным данным Министерства обороны РФ, российскими военными было задействовано около 670 БЛА ВС РФ. В основном использовались упомянутые выше лёгкие аппараты «Элерон-3», более тяжелые «Орлан-10» и существенно более тяжелые БЛА «Форпосты» и «Орион». Указанные модели составляют основной костяк систем БЛА, применяемых в настоящее время российскими военными [5].

ВС РФ имеют хороший потенциал и возможность для развития как разведывательных, так и ударных беспилотных летательных аппаратов. Это позволит РФ стать первой страной в мире по разработке БЛА.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беспилотный летательный аппарат «Орлан-10». Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://goo.su/2GGa>. - Дата доступа: 06.10.2020.
2. Беспилотный летательный аппарат «Элерон-3». Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://goo.su/2ggB>. - Дата доступа: 05.10.2020.
3. Беспилотный летательный аппарат «Форпост». Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://goo.su/2gGc4>. - Дата доступа: 02.10.2020.
4. Беспилотный летательный аппарат «Форпост». Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://goo.su/2GgC>. - Дата доступа: 01.10.2020.

УДК 621.39.

М.В. Самсонов, Е.А. Богословский

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОБЛЕТА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Точная аэронавигация воздушных судов (ВС) невозможна без применения радиотехнических средств (РТС). Проверка параметров и характеристик наземных средств радиотехнического обеспечения (РТО) является одной из важнейших составляющих обеспечения безопасности полётов ВС. Среди всех средств РТО имеются такие как радиомаячные системы (РМС) инструментального захода ВС на посадку и радиотехнические системы ближней навигации (РСБН), которые в обязательном порядке нуждаются в проведении летных проверок (облёта). Такие проверки выполняются специализированными воздушными судами – лабораториями (ВСЛ), оборудованными аппаратурой летного контроля.

В настоящее время существует противоречие между реальным и требуемым состоянием специализированных ВСЛ, решающих задачи облёта радиотехнических средств, заключающимся с одной стороны в:

- отсутствие ВСЛ Ан-26 в достаточном количестве;
- моральном и физическом устаревании ВСЛ на базе самолета

Ан-26;

- противоречия в штатной принадлежности ВСЛ Ан-26.

С другой стороны требуется:

- разработка практических рекомендаций по применению КБЛА (комплекса с беспилотным летательным аппаратом) в системе связи и РТО;
- возможность проведения летных проверок средств РТО с применением КБЛА;
- необходимость осуществления подготовки аэродромов государственной авиации в радиотехническом отношении скрытно и кратчайшие сроки.

Анализ основных направлений совершенствования средств вооруженной борьбы показывает, что период до 2035 г. наибольшее развитие получают «безэкипажные» системы оружия и, в частности, комплексы с беспилотными летательными аппаратами. Уже в настоящее время прослеживается тенденция к сокращению количества пилотируемых летательных аппаратов при увеличении численности беспилотных летательных аппаратов, при этом происходит постоянное расширение номенклатуры последних и перечня решаемых ими задач [1].

При решении задач облета радиотехнических систем обеспечения полетов авиации, с применением КБЛА, возникает вопрос о выборе БЛА и его оптимальной целевой нагрузки (ЦН). Массогабаритные размеры и вид ЦН зависят от летно-технических характеристик БЛА и характера решаемых задач. Для решения задач в интересах облета целесообразно использовать БЛА самолетного типа среднего класса (взлетная масса 100–300 кг, ЦН до 40 кг). Может использоваться беспилотный вертолет легкого класса (взлетная масса 150 кг, ЦН до 35 кг) [2].

При этом в качестве ЦН БЛА используется:

- телеметрическая аппаратура;
- аппаратура радиоретрансляции;
- аппаратура приема радиотехнических сигналов;
- средства предварительной обработки и передачи данных в канал связи;
- система навигации БЛА;
- спецвычислитель;
- система управления БЛА;
- телевизионная камера планового обзора;
- антенные устройства.

Пункт обработки информации, поступающей от БЛА, будет размещаться на наземной станции управления (НСУ), где помимо обработки и отображения информации, поступающей от радиотехнических средств, осуществляется также управление БЛА. Современные телекоммуникационные технологии позволяют организовать канал связи с пропускной способностью, достаточной для обмена данными между БЛА и НСУ. Перенос функций управления носителем и аппаратурой лётного контроля на «землю» позволяет значительно сократить массу ЦН БЛА [3].

ЦН может применяться как в модульном варианте, так и жестко связанной с конкретным БЛА. В зависимости от летно-технических характеристик БЛА может использоваться комбинированная ЦН.

Выбор ЦН БЛА для решения задач в интересах облета радиотехнических систем должен определяться следующими параметрами:

- летно-техническими характеристиками БЛА;
- минимально возможными массогабаритными размерами бортовой аппаратуры;
- модульностью конструкции целевой нагрузки;
- возможностью комбинирования целевой нагрузки.

Таким образом, создание специализированного комплекса беспилотного летающего аппарата предназначенного для решения задач облета радиотехнических средств, позволит осуществить подготовку аэродромов государственной авиации в

радиотехническом отношении в кратчайшие сроки и скрытно, а также значительно повысить эффективность летных проверок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ильин, С.В. Беспилотная авиация зарубежных стран / С.В. Ильин, А.В. Онищук // Беспилотная авиация: состояние и перспективы развития: сб. пленарных докладов II Всероссийской НПК, Воронеж, 11–12 марта 2020 г. – Воронеж: ВУНЦ ВВС ВВА, 2020. – С. 21–35.

2. Виноградов, А.Д. Принципы построения и состояние разработки беспилотного вертолета легкого класса / А.Д. Виноградов, Д.А. Дьяконов, В.И. Евсеев // Беспилотная авиация: состояние и перспективы развития: сб. пленарных докладов II Всероссийской НПК, Воронеж, 11–12 марта 2020 г. – Воронеж: ВУНЦ ВВС ВВА, 2020. – С. 63–85.

3. Богословский, Е.А. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в качестве использования их для облета средств радиотехнического обеспечения полетов / Е.А. Богословский, Е.В. Макеев, В.Д. Попов // VII научные чтения имени А.С. Попова: сб. научн. статей VII Международной НТК, Воронеж, 24–25 октября 2018 г. – Воронеж: ВУНЦ ВВС ВВА (г. Воронеж), 2018. – С. 98–100.

УДК 519.6

А.А. Санько, Д.А. Гаврилюк, И.А. Данилов

Военный факультет в Белорусской государственной академии авиации

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПЧЕЛИНОГО РОЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОИСКА ЦЕЛЕЙ БПЛА

Алгоритм искусственной пчелиной колонии (далее, пчелиный алгоритм) – алгоритм роевого интеллекта, основан на имитации поведения колонии пчёл, широко используется в задачах оптимизации [1–3]. Необходимым условием для его применения является наличие некоторого топологического расстояния или его аналога на области решений, что идентично исследованию площади или пространства средствами технического наблюдения БПЛА, имеющей целью обнаружения объектов противника.

Предлагаемая схема используемого варианта метода роя пчел для БПЛА, имеет следующий вид. Дана некоторая целевая функция $f(x, y, z)$, определенная на множестве допустимых решений $D \in R_n$. Требуется найти глобальный условный максимум функции $f(x, y, z)$ на множестве D , т. е. такую точку $(x, y, z) \in D$, что $f(x, y, z) = \max(f(x, y, z))$.

Для нахождения оптимизационной функции $f(x, y, z)$, предлагается использовать теорию поиска [4], при следующих ограничениях:

поскольку в процессе поиска действуют случайные факторы, то поиск целей представляет собой случайный процесс;

во время наблюдения за целью расстояние (дальность) от цели до поисковой единицы не изменяется;

наблюдение за зоной возможного местонахождения цели имеет место периодическое наблюдение, т. е. цель может быть обнаружена лишь в определенные дискретные моменты времени;

цели распределены неравномерно в области D ;

наблюдение за целью ведется с помощью одного прибора непрерывного действия.

1) На первом шаге метода в точки со случайными координатами $(X_0, Y_0) \in D$, отправляются разведчики – (БПЛА, мобильные группы разведки, самолеты ДРЛО и т.д.), числом – S .

Для каждого разведчика находятся координаты его положения:

$$x^j = x_{\max} \text{rand}(1); y^j = y_{\max} \text{rand}(1), z^j = z_{\max} \text{rand} \quad (1),$$

где rand – равномерное распределенное случайного числа на отрезке $[0; 1]$, $j = 1 \dots S$; $x_{\max}$, $y_{\max}$, $z_{\max}$ – максимальное значение параметра целевой функции.

2) Для всех полученных решений (для всех разведчиков) находятся значения целевой функции $f(x^j, y^j, z^j)$ в области D . Из вычисленных значений целевой функции выделяются два вида участков (подобластей):

- n лучших участков, которые соответствуют наибольшим значениям целевой функции;

- m перспективных участков, соответствующих значениям целевой функции, наиболее близким к наилучшим значениям.

Подобласть d_n , называется подобластью локального поиска и представляет собой гиперкуб в пространстве с центром в точке X_n , Y_n , Z_n и длинами сторон, равными 2Δ . Здесь Δ – параметр, называемый размером области локального поиска.

В каждый из лучших и перспективных участков посылаются по N и по M БПЛА, соответственно (причем $N > M$, а $S > N+M$). Лучшие m решений исследуются более тщательно (локальный поиск) – для этого в их Δ -окрестности просматривается r случайных точек из которых выбирается лучшая. На основе анализа значений целевой функции, соответствующих всем БПЛА, после некоторого числа итераций находятся n новых лучших и m новых перспективных участков и т.д. Размеры подобластей, в которые посылаются БПЛА, уменьшаются в зависимости от значения разности между нормированным значением целевой функции и ее найденным значением – (δ), например при ($\delta \geq 0,5$ и $\delta \leq 0,999 \rightarrow \Delta=3$), при ($\delta \geq 0,01$) и ($\delta \leq 0,099 \rightarrow \Delta=0,2$).

Алгоритм завершается, когда $f(x, y, z) = \max(f(x, y, z))$ – условная вероятность обнаружения цели. Метод одинаково хорошо

применим для решения как задач с непрерывной функцией качества, так и задач дискретной оптимизации. В развитие работы планируется усовершенствование алгоритмического описания предлагаемого метода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пантелеев, А.В. Методы глобальной оптимизации. Мета эвристические стратегии и алгоритмы / А.В. Пантелеев, Д.В. Метлицкая, Е.А. Алештна. – М.: Вузовская книга, 2013. –244 с.
2. Beni, G. Swarm Intelligence / G. Beni, J. Wang // Annual Meeting of the Robotics Society: Proceedings of Seventh International Conference.– Tokyo: RSJ, 2000. – 250 p.
3. Мильграм, Ю.Г. Исследованием операций и алгоритмизация боевых действий / Ю.Г. Мильграм. – М.: ВВИА имени Н.Е Жуковского, 1967. – 460 с.

УДК 621.396

Ю.И. Семак

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси

КОНЦЕПЦИЯ РЕТРАНСЛЯТОРА УКВ-СВЯЗИ НА МАЛОРАЗМЕРНОЙ БЕСПИЛОТНОЙ ПЛАТФОРМЕ САМОЛЕТНОГО ТИПА

Принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об установке на беспилотный летательный аппарат (БЛА) ретрансляторов (репитеров) связи (РТР) и принципах их работы не обладают новизной. Однако, окончательные технические решения, которые давали бы полное представление об устройстве двухинтервальной линии с РТР на борту малоразмерного БЛА, а также содержали данные для конструирования (разработки РКД) предполагают изготовление и испытание экспериментальных образцов (рисунок 1).

Конкретная область применения УКВ-ретранслятора охватывает цифровую УКВ-ретрансляцию данных (речевой информации) на малоразмерной беспилотной мультимоторной воздушной платформе типа «Бусел М50» под условия работы абонентов в зонах чрезвычайных ситуаций и гористой местности. Совокупность аппаратно-программных средств, служащих для передачи информации от одного абонента к другому через УКВ-ретранслятор, размещенный на БЛА-РТР представляет собой подсистему приема/передачи данных (ППД).

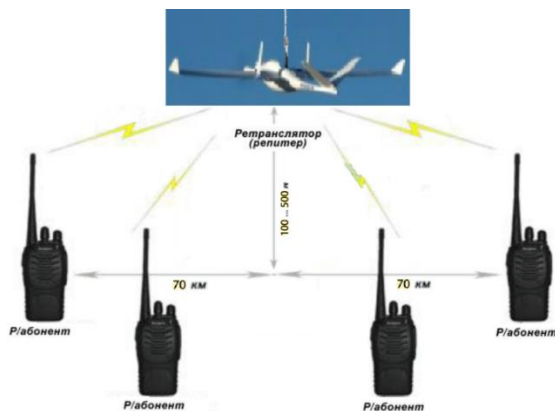


Рисунок 1 – Схема цифровой радиосвязи через РТР (УКВ-ретранслятор) на воздушной платформе БЛА-РТР типа «Бусел М50»:

Р/абонент – радиостанция типа Motorola DP 1400-PP400 или аналогичная;

Ретранслятор (репитер) – малогабаритный цифровой ретранслятор Либидь К-2РН на платформе БЛА «Бусел М50»

Устройства подсистемы (аппаратные средства) реализованы на цифровых технологиях компании Motorola Inc. Современные технические решения на базе стандарта DMR (англ. Digital Mobile Radio – цифровая подвижная радиосвязь) реализуют цифровые методы обработки и передачи речевого сигнала, а также позволяют уменьшить по сравнению с аналоговыми методами влияние радиопомех, работать в условиях техногенного шума, существенно повысить качество речи и обеспечить высокую степень защиты радиопереговоров от прослушивания. Компанией Motorola (Motorola Solutions*) в соответствии с Европейским стандартом цифровой конвенциональной подвижной радиосвязи ETSI 102361-1/2/3 DMR разработана открытая платформа Motorola MOTOTURBO* (MotoTRBO), которая:

- повышает эффективность использования радиочастотного спектра;
- расширяет интеграцию передачи данных и «голоса»;
- реализует предпочтительный набор функциональных возможностей;
- гарантирует совместимость между собой устройств приема/передачи данных (речевой информации) различных изготовителей.

Цифровая система двусторонней радиосвязи MotoTRBO реализует технологию цифрового временного уплотнения сигналов TDMA, при которой на одном физическом радиоканале организуются два канала обмена информацией (тайм-слоты).

Для полноценного использования системы ППД в качестве абонентских применены радиостанции из линейки MotoTRBO.

Определена область применения программного изделия «GVU112», разработанного на предприятии, в системе ППД.

Малогабаритный цифровой ретранслятор Либидь К-2РН является конструктивной сборкой двух радиостанций MotoTRBO, имеет диапазон рабочих частот 403...470 МГц и весит 0,7 кг. Общий вес оборудования РТР не должен превышать 1 кг, что накладывает особые ограничения на конструкцию антенной системы.

В качестве абонентских радиостанций в системе цифровой УКВ-ретрансляции данных (голосовой информации) применяются радиостанции типа Motorola DP 1400-PP400 или аналогичные.

При высоте полета БЛА-РТР в диапазоне 0,5...3 км радиус максимальной зоны покрытия УКВ-радиосвязью достигает 70 км.

В докладе представлены условия функционирования ретранслятора УКВ-связи, размещенного на БЛА «Бусел М50». По результатам проведения макетирования предполагается получение исходных данных для этапа «Технический проект» ОКР.

УДК 369.2

А.А. Смагин, О.С. Долгов, Б.Б. Сафоклов.

Институт №1 «Авиационная техника»,

Московский авиационный институт (Научно исследовательский университет)

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ШАССИ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НЕСТАНДАРТНОЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Для БПЛА нестандартных аэродинамических схем (АДС), таких как летающее крыло внешний облик и компоновка этих самолетов нацелены, в первую очередь, на максимально эффективное решение определенных задач, побочным эффектом чего является отступление от классических общепринятых геометрических параметров взлетно-посадочных устройств. Одной из ключевых особенностей геометрии шасси летающего крыла с умеренными углами стреловидности является нестандартное соотношение базы b и колеи B : в данном случае база превышает колею или практически равна ей. Отсутствие длинного фюзеляжа и малое плечо органов управления по тангажу может привести к нехватке управляющего момента для создания взлетного угла атаки, исключает возможность компоновки основных опор шасси на большом расстоянии от центра масс таких ЛА. В свою очередь, при таких ограничениях по базе b , попытка подобрать

значение колеи, не превышающей базу, дает чрезмерно узкую колею, опасную с точки зрения боковой неустойчивости самолета.

Ввиду измененных сочетаний геометрических параметров шасси самолеты нетрадиционных схем имеют недостаточную устойчивость и специфическую управляемость при движении по земле, преимущественно с такими негативными особенностями, как:

- Затрудненное выдерживание направления на больших скоростях движения ввиду отсутствия ВО и малой эффективности аэродинамических поверхностей управления в канале рысканья;
- Недостаточная эффективность привода механизма разворота колес на больших скоростях;
- Склонность к рывковым уводам с курса при работе СТК в режиме дифференциального торможения колес на малых скоростях, что продиктовано большим значением плеча от центра масс ЛА до тормозного колеса, вследствие чего возникающая в процессе торможения сила создает управляющий момент большой величины.

Вопросы взаимосвязи работы систем шасси практически не освещаются в тематической литературе. Тем не менее, общие сведения по составу и взаимодействию систем шасси приводятся в работах Conway H.G., Norman S. Currey [1, 2]. Более подробное описание систем управления колесами передней опоры (МРК) содержится в работе Кондрашова Н.А [4]. Подробные сведения по тормозным системам шасси самолетов приводятся в монографии сотрудников ПАО «АК Рубин» Коконина С.С., Крамаренко Е.И., Матвеевко А.М [3].

В рамках решения задачи – доведение характеристик устойчивости и управляемости ЛА с измененными пропорциями шасси до приемлемого уровня самолетов с классической геометрией шасси, мы предлагаем объединение МРК и СТК в единый контур управления. Автоматическое взаимодействие этих двух систем позволит перекрыть зоны их максимальной эффективности таким образом, что при их совместной работе на всех этапах движения будет обеспечена достаточная устойчивость и управляемость.

Ключевая задача исследования состоит в разработке контура (алгоритма) автоматического взаимодействия СТК и МРК, отвечающего следующим требованиям:

- Быстродействие;
- Исключение автоколебаний и парирование уводов в канале рысканья;
- Минимизация негативного влияния на взлетно-посадочные характеристики (ВПХ) самолета (связанная с увеличением длин разбега и пробега);
- Исключение возможности бокового капотирования.

Предлагаемое объединение в единый контур управления двух отдельных и независимых систем шасси, на существующих БПЛА не встречается, автоматическое взаимодействие указанных систем не реализовано (подобная совместная работа организуется управляющими воздействиями экипажа только на пилотируемых ЛА). Интегральный контур управления системами шасси позволит:

- Улучшить устойчивость и управляемость БПЛА при движении по земле;
- Увеличить безопасность полетов, в том числе и при возникновении аварийных ситуаций в процессе движения;
- Смягчить ограничения по величине составляющей бокового ветра на взлете и посадке;
- Исключить курсовые колебания самолета, предельным случаем которых является сход с ВПП;
- Повысить ВПХ;
- Повысить ресурс каждой из систем за счет частичной разгрузки другой;
- Упростить технику пилотирования при ручном управлении;
- Добиться снижения массы передней опоры за счет уменьшения габаритов МРК.

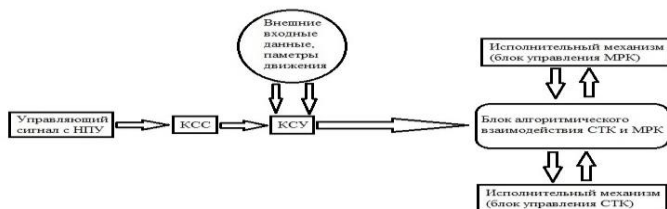


Рисунок 1 – Предлагаемая схема управления системами шасси

По результатам тестирования модели первого этапа (интегральное взаимодействие СТК и МРК не осуществляется) получены данные по предельным возможностям этих систем в плане удержания БПЛА на ВПП при действии различных типов возмущений. Смоделированы сходы с ВПП и боковое капотирование в результате работы системы управления БПЛА с большим рассогласованием управляющего и исполнительного сигналов, получены расчетные (прогнозируемые) значения по величине этой задержки, являющиеся ограничениями при создании КСС БПЛА. Ведутся работы по созданию алгоритмов взаимодействия СТК и МРК, которые будут апробированы на

модели следующего этапа, планируется верификация расчетных данных по результатам летных испытаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Conway, H.G.. Landing gear design /H.G. Conway. – London, 1958. – 850 p.
2. Norman, S. Currey. Aircraft landing gear design. Principles and practices / S. Currey Norman. – London, 1988. – 350 p.
3. Кондрашов, Н.А. Проектирование убирающихся шасси самолетов / Н.А. Кондрашов. – М.: Машиностроение, 1991. – 223 с.
4. Коконин, С.С. Основы проектирования авиационных колес и тормозных систем / С.С. Коконин, Е.И. Крамаренко, А.М. Матвеев. – М.: Изд-во МАИ, 2007. – 264 с.
5. Гончаров, П.С. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ / П.С.Гончаров, И.А.Артамонов, Т.Ф. Халитов. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 504 с.
6. Фетисов, В.С. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В.С. Фетисов, Л.М. Неугодишкова. – Уфа, 2014. – 217 с.

УДК 321.311.243

В.Н. Степаненко, С.Д. Юхневич

Белорусская государственная академия авиации

ВАРИАНТ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Проблема энергообеспечения полетов беспилотных летательных аппаратов (далее – БЛА) вдали от стационарных источников электрической энергии весьма актуальна как для зарядки аккумуляторов БЛА, так и для энергоснабжения автоматизированных рабочих мест операторов БЛА. Существующие аккумуляторы электрической энергии имеют или большую массу, или достаточно малую энергоемкость. Для выполнения беспилотной авиацией заданий, сопровождающихся большой продолжительностью полета, особенно на большом удалении от мест постоянного базирования, целесообразна оптимальная организация процесса зарядки аккумуляторов БЛА.

Возможность подключения к электрическим магистралям имеется далеко не всегда. Современные бензиновые и дизельные электрогенераторы имеют большие габаритные размеры и массу, нуждаются в обеспечении топлива, а их работа сопровождается высоким уровнем шума, что негативно сказывается на обеспечении скрытности при работе военных БЛА.

Для устранения отмеченных недостатков процесса энергообеспечения полетов БЛА авторами предлагается разработка

солнечной энергетической установки (далее – СЭУ), определяемая следующими свойствами:

1. Модульность конструкции – позволяет достичь следующих показателей:

- 1.1. возможность регулирования габаритных характеристик;
- 1.2. возможность регулирования массы;
2. Универсальность (стабильное функционирование вне зависимости от времени суток, сезона, метеоусловий и мест расположения);
3. Бесшумность (уровень шума практически равен нулю);
4. Простота в эксплуатации: сборки, разборки и использования по назначению;
5. Простота технического обслуживания и ремонта (далее – ТОиР);
6. Безопасность при эксплуатации, ТОиР;
7. Экономичность (конструкция не предполагает расхода рабочего тела);
8. Экологичность.

Принцип работы СЭУ заключается в прямом преобразовании тепловой энергии солнечного излучения в механическую энергию с последующим преобразованием (при необходимости) в электрическую энергию с помощью механического электрогенератора (рисунок 1). СЭУ можно использовать в качестве двигателя для различных целей.



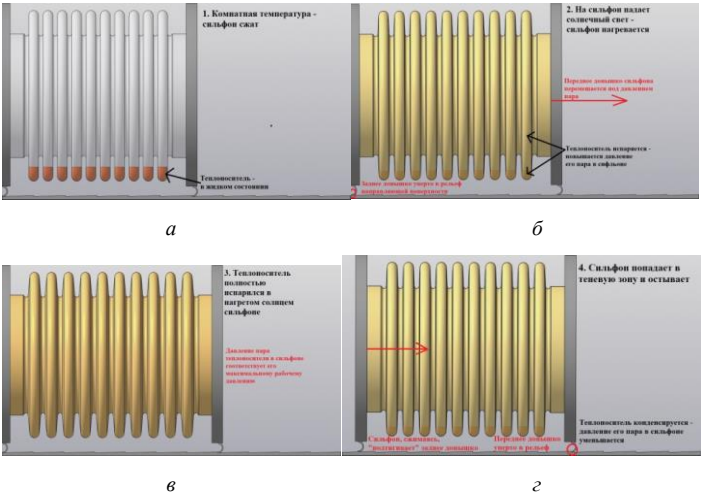
Рисунок 1 – Принцип работы СЭУ

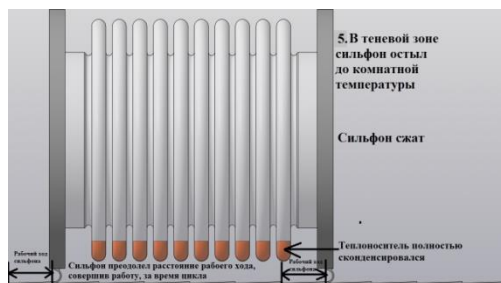
Рабочими элементами СЭУ являются сильфоны (рисунок 2). В каждый сильфон через специальное отверстие предполагается помещать необходимое (заранее рассчитанное) количество рабочего вещества (теплоносителя). Заправленный сильфон герметизируется.

На торцах сильфонов закреплены зацепы, ограничивающие их перемещение. Оба торца могут перемещаться только в одну сторону благодаря конструкции зацепа (ноу-хау) с направляющей поверхностью (рисунок 2, а). При нагревании каждого сильфона (например, солнечными лучами) происходит его удлинение (под действием давления, создаваемого при испарении теплоносителя).

Зацепы сиффона позволяют переместиться лишь одному из его торцов (рисунок 2, б). Затем, при исключении попадания солнечных лучей на поверхность сиффона (попадание сиффона в область охлаждения), он охлаждается и, следовательно, из-за понижения давления внутри сиффона, вызванного конденсацией теплоносителя, сжимается. Поскольку у перемещающихся торцов сиффона имеется лишь одна степень свободы, другой («задний») торец «подтягивается» к «переднему», стоящему неподвижно (рисунок 2, в). Расстояние, на которое перемещается сиффон (каждый из его торцов), равное величине его рабочего хода при данном давлении насыщенного пара находящегося внутри него теплоносителя, определяется как рабочий ход сиффона (рисунок 2, д).

Циклическое повторение этих итераций позволяет получить перемещение сцепки сиффонов по заданной траектории. Таким образом, тепловая энергия, получаемая сиффонами СЭУ от солнца, преобразуется прямо в механическую.





д

Рисунок 2 – Рабочий цикл сиффона:

а) комнатная температура, сиффон сжат; теплоноситель пребывает в жидком состоянии; б – на сиффон падает солнечный свет – сиффон нагревается; теплоноситель испаряется, повышается давления его пара в сиффоне; переднее доннышко сиффона перемещается под давлением пара; г – сиффон попадет в теневую зону и остывает; теплоноситель конденсируется – давление его пара в сиффоне уменьшается; сиффон, сжимаясь, «подтягивает» заднее доннышко, переднее доннышко уперто в рельеф направляющей поверхности; д – в теневой зоне сиффон остыл до комнатной температуры и сжался (теплоноситель полностью сконденсировался); сиффон преодолел расстояние рабочего хода, совершив работу, за время цикла

СЭУ имеет две рабочие зоны: зону нагрева (удлинения сиффионов) (рисунок 3, а) и зону охлаждения (сжатия сиффионов) (рисунок 3, б).

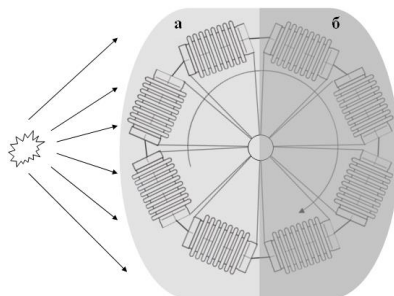


Рисунок 3 – Рабочие зоны СЭУ с замкнутой траекторией движения сиффионов:

а – зона нагрева (удлинения сиффионов), б – зона охлаждения (сжатия сиффионов)

Зона нагрева СЭУ (удлинения сиффионов) является зоной прямого взаимодействия с источником энергии (например, зона

падения солнечных лучей), благодаря чему сильфоны нагреваются и удлиняются. Передние торцы нагретых сильфонов перемещаются по замкнутой траектории в зону, закрытую от прямого взаимодействия с источником энергии (например, теневая зона, куда солнечные лучи не проникают) – зону охлаждения СЭУ (сжатия сильфонов). В зоне охлаждения СЭУ сильфоны сжимаются, «подтягивая» за собой свои задние торцы. Таким образом, разница температур в зонах нагрева и охлаждения вынуждает сильфоны силовой установки «шагать» по направляющей поверхности.

Вариант предполагаемого устройства СЭУ продемонстрирован на рисунке 4.

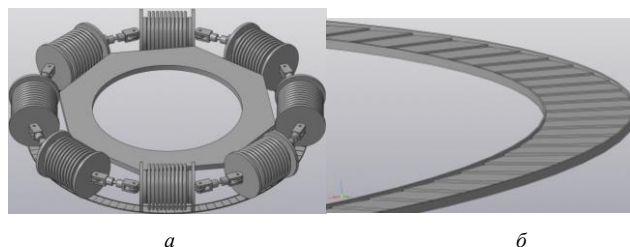


Рисунок 4 – Вариант предполагаемого устройства СЭУ:

а – общий вид СЭУ; б – участок направляющей поверхности

Зубчатое колесо в центре установки будет соединено с валом механического электрогенератора или движимым объектом.

Для оптимизации количества подводимой энергии (например, солнечного излучения) могут быть использованы концентраторы.

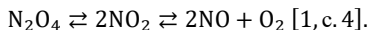
В качестве рабочего тела в СЭУ предполагается легкокипящая жидкость.

Представляется целесообразным применение в качестве рабочих тел и теплоносителей химически реагирующих смесей, в которых происходят обратимые химические реакции, сопровождающиеся тепловыми эффектами и изменением числа молей. Увеличение числа молей при нагреве и уменьшение его при охлаждении подводит к увеличению эффективности термодинамического цикла, а наличие теплового эффекта в химически реагирующей систем обеспечивает высокие значения тепловых свойств из-за передачи значительного количества тепла путем концентрационной диффузии [1, с. 4].

Отличительной особенностью диссоциирующих газов являются высокие значения их тепловых свойства за счет

протекающих в них химических реакций с большим тепловым эффектом [2, с. 219].

Из большого класса химически реагирующих систем, в которых реакции протекают с увеличением числа молей и поглощением тепла при диссоциации газа, наиболее изученной является система



Тetraоксид азота N_2O_4 – одна из самых легкокипящих жидкостей (температура кипения $T_{\text{кип}} = +21,15^\circ\text{C}$ при давлении $p = 101,325 \text{ кПа}$). Также тетраоксид азота обладает малой удельной теплотой парообразования ($r = 424,55 \text{ кДж/кг}$ при температуре $+30^\circ\text{C}$), что говорит о небольших энергетических затратах на фазовый переход и определяет высокий КПД рабочего цикла СЭУ [3].

Высокие теплофизические свойства N_2O_4 позволяют обеспечить интенсивный теплосъем в теплообменном оборудовании солнечных электростанций. [2, с. 221].

Впервые предположения о возможности повышения экономичности термодинамического газового цикла за счет применения диссоциирующих газов независимо высказали М. Лайтхилл [4] и И.М. Ковтун, А.Н. Наумов и С.Л. Косматов [5, 2, с. 219].

Перспективность применения химически реагирующей четырехокси азота в качестве теплоносителя и рабочего тела солнечных электростанций (СЭС) описана в одноименной работе В.А. Немцева и В.Н. Степаненко [2].

Эффективность практического использования тетраоксида азота в качестве теплоносителя и рабочего тела энергетических установок подтверждена экспериментально и представлена в научных работах А.Н. Девоино, С.Д. Ковалева, Л.И. Колыхана, В.С. Миргородского, Б.Е. Тверковкина, А.К. Красина, В.Б. Нестеренко, В.Н. Степаненко, И.С. Куликова, В.П. Бубнова, А.М. Матюнина, Л.В. Мишиной, Ю.И. Бакалина, Кремешного А.И., А.Б. Вержинской, Ю.Д. Ильяхина, А.Б. Поводайло, А.Н. Дашук и др. [1, 2, 4-16].

Систематические теоретические и экспериментальные исследования термодинамических и переносных свойств диссоциирующих газов, термодинамических циклов и схем энергетических установок, изучение перспектив применения диссоциирующих газов в качестве теплоносителя ядерных реакторов и рабочего тела турбомашин приведены в работах

специалистов Института ядерной энергетики (далее – ИЯЭ) АН БССР [17, 18].

Примерами таких энергетических установок служат «Памир-630Д», «Вихрь-2» и др. разработки ИЯЭ АН БССР.

В таблице 1 представлено сравнение некоторых теплофизических характеристик тетраоксида азота N_2O_4 , диэтилового эфира $C_4H_{10}O$ (самого легкокипящего эфира) и воды H_2O [3, 19, 20].

Таблица 1 – Некоторые теплофизические характеристики тетраоксида азота N_2O_4 , диэтилового эфира $C_4H_{10}O$ и воды H_2O

Характеристика/вещество	Тетраоксид азота N_2O_4	Диэтиловый эфир $C_4H_{10}O$	Вода H_2O
Температура кипения, °С	+21,15	+34,6	+100
Давление насыщенного пара, кПа При температуре +30 °С	149900	101325	4,2417
Удельная теплота парообразования, кДж/кг при температуре +30 °С	424,55	353,8	2430,2

Таким образом, по совокупности теплофизических показателей тетраоксид азота предлагается авторами как наиболее перспективное вещество в качестве рабочего тела и теплоносителя представленного варианта СЭУ.

Поскольку тетраоксид азота – сильный окислитель, то сильфоны должны быть выполнены из нержавеющей стали. В качестве варианта рабочих элементов СЭУ авторами предлагаются сильфоны однослойные стальные специальные, изготовленные из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т или 08Х18Н10Т [21].

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Степаненко, В.Н. Исследование теплообмена и гидравлического сопротивления при охлаждении турбулентного потока химически реагирующей системы $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2$ в трубе при повышенных температурах стенки [Текст] : дис. ... кан. тех. наук : 05.14.03 / В.Н. Степаненко. – Минск, 1976. – 198 с. – Библиогр.: с. 146-160.
2. Немцев, В.А., Степаненко, В.Н. Перспективность применения химически реагирующей четырехокси азота в качестве теплоносителя и рабочего тела солнечных электростанций (СЭС) [Текст] / В.А. Немцев, В.Н.Степаненко // Атомная энергетика, ядерные и радиационные технологии XXI века: докл. VIII Международной конференции, Минск, 23-26 июня 2020 г. – Минск, 2020. – С. 36-42.
3. Физико-химические и теплофизические свойства химически реагирующей системы $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2$ [Текст] / В.Б. Нестеренко, В.П. Бубнов, Ю.Г. Котелевский [и др.] ; АН БССР. – Минск : Наука и техника, 1976. - 344 с., ил.

4. Лайтхилл, М. Динамика диссоциирующего газа / М. Лайтхилл // Fluid Mech. – 1957. – № 2. – С. 2-5.
5. Ковтун, И.М. Газотурбинная установка на диссоциирующем газе: а.с.166202/ И.М. Ковтун, А.Н. Наумов, С.Л. Косматов // Бюллетень изобретений и товарных знаков. – 1964. – № 21. – С. 28-32.
6. Куликов, И.С. Прочность тепловыделяющих элементов быстрых газоохлаждаемых реакторов [Текст] / И.С. Куликов, Б.Е. Тверковкин. – Минск: Наука и техника, 1984. – 103 с.
7. Нестеренко, В.Б. Физико-технические основы применения диссоциирующих газов как теплоносителей и рабочих тел атомных электростанций / В.Б. Нестеренко. – Минск: Наука и техника, 1971. – 312 с.
8. Нестеренко, В.Б. Физико-химические и теплофизические свойства растворов на основе четырехоксида азота / В.Б. Нестеренко. – Минск: Наука и техника, 1981. – 303 с.
9. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. / Н.Б. Варгафтик. – М.: Наука, 1972. – 721 с.
10. Ривкин, С.Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара [Текст] / С.Л. Ривкин, А.А. Александров ; М.: Энергия, 1980. – 424 с.
11. Сильфоны однослойные и двухслойные измерительные. – Саранск: СПЗ, 2017. – 33 с.

УДК 629.735–519

Т.А.Тищенко, Е.Э.Нестюк, М.А. Курашевич

Белорусская государственная академия авиации

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕРВОПРИВОДОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Сервопривод представляет собой систему, предназначенную для отработки момента, скорости и позиции объекта с заданной точностью и динамикой. Классический сервопривод состоит из двигателя, датчика позиции и системы управления. Сервоприводы (сервомашинки) получили достаточно широкое распространение. Их можно встретить в точных приборах, автоматах, производящих различные платы, программируемых станках, промышленных роботах и других механизмах. Большую популярность приводы приобрели в авиамодельной сфере за счет эффективного расхода энергии и равномерного движения. Сервоприводы используются для приведения в действие органов управления беспилотных летательных аппаратов.

Все сервоприводы в первую очередь классифицируются по размеру (суб-микро, микро, мини, стандартные, гиганты и т.д.) и именно с размера начинается выбор сервомашинки. Скажем, практически на всех беспилотных летательных аппаратах малого размера (автомоделях масштаба 1:10 и 1:8) стоят машинки стандартного размера, на вертолётах – микро и мини и так далее. Размер сервопривода определяет её вес и габариты. Сервопривод стандартного размера обычно имеет габариты 40х20х35-40мм и вес

в пределах 40-80г. Это и есть наиболее распространенный формат сервомашинок.

Далее идут вторичные признаки, определяющие возможности привода:

1. Двигатель сервопривода. Бывает 3 видов: коллекторный, коллекторный с полым ротором (их еще называют «без сердечника» от английского «coreless») и бесколлекторный. Соответственно, самые дешевые и распространенные сервомашинки идут с коллекторным, наиболее продвинутые – с бесколлекторными двигателями.

2. Материал редуктора. Варьируется от пластикового до стального и самого технологичного титанового. Чем прочнее редуктор, тем долговечнее серво и тем большие нагрузки и более экстремальную эксплуатацию может перенести.

3. Материал корпуса сервомашинки. Корпусы сервоприводов чаще всего выполнены из пластика. Дорогие модели имеют металлические (алюминиевые) корпуса с рёбрами, выполняющие функцию радиатора, что позволяет рассеивать и отводить тепло, которое образуется при работе рулевой машинки.

4. Внутренний интерфейс. Речь идет о способе обработки импульсов и управлении мотором сервомашинки. Выделяют аналоговые и цифровые приводы. Цифровые сервоприводы отличаются более высокой точностью обработки управляющего сигнала, т.е. они способны значительно быстрее реагировать на внешние воздействия и быстрее развивать крутящий момент и скорость. Такие сервоприводы лучше и чётче удерживают заданную позицию. Это достигается благодаря установленному на плате микропроцессору, который принимает, анализирует, обрабатывает управляющие импульсы и посылает сигналы на двигатель с гораздо большей частотой (в десятки раз).

5. Потенциометр и точность позиционирования. Он отвечает за данные, по которым определяется положение вала сервомашинки. Потенциометр наравне с шестернями является одним из самых слабых мест сервопривода. Также существуют сервоприводы без потенциометра, т.е. рулевая машинка является бесконтактной и точность положения вала измеряется с помощью магнитных полей и специального чипа со встроенным HALL сенсором. Это инновационная технология позволяет достигать невероятной точности положения в 0,087 градуса! (у сервомашинки Anderson). Для сравнения, в простых рулевых машинках такая точность может колебаться до +/- 2-3 градусов.

Любой сервопривод беспилотного летательного аппарата имеет 4 основных параметра:

1. Усилие (кг/см). Показатель, который показывает, насколько тяжёлый груз сервопривод может удерживать в покое на рычаге заданной длины. Например, сервопривод Anderson 530611HV-SG имеет показатель в 28кг/см. Это значит, что сервопривод удержит на весу в горизонтальном положении рычаг длиной в 1 см с подвешенным на его конце грузом весом 28 кг. Разбежка по усилию у современных сервоприводов от 1 до 100 кг и даже больше.

2. Скорость реакции (град/сек). Скорость сервопривода – это скорость поворота качалки на 60 градусов. Самые простые сервомашинки делают это упражнение за 0,2 секунды; лучшие сервоприводы могут это сделать за 0,04 секунды – это невероятно быстро.

3. Максимальный угол поворота качалки. Сервоприводы могут иметь угол поворота вала 60, 90, 180 градусов. Угол поворота ограничивается электроникой и механически. Существуют сервоприводы без ограничения, т.е. вращающиеся на 360 градусов

4. Вольтаж. Стандартные сервоприводы работают обычно с напряжением до 6V. Есть высоковольтные сервоприводы, которые могут работать в диапазоне от 3 до 8,4V. Это значит, что они без проблем могут питаться напрямую от Li-по аккумуляторов 1-2S. Обычно на таких сервоприводах имеется обозначение HV, т.е. High Voltage.

На все эти характеристики следует обращать внимание при выборе привода под конкретную модель.

Самые простые сервоприводы оснащаются коллекторными моторами, пластиковыми редукторами и втулками на валах. Опционально более высокоскоростные приводы могут оснащаться металлическими редукторами, подшипниками. Цифровые сервомашинки лучше аналоговых. Самые дорогие сервоприводы оснащены бесколлекторными моторами. Бесколлекторные сервоприводы с металлическими редукторами значительно более надежны, долговечны, более мощные по сравнению с сервоприводами с пластиковыми шестернями и коллекторными моторами, но и цена их в разы больше.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бычков, М.Г. Современный сервопривод — классификация и терминология. Сервопривод / М.Г. Бычков, А.Н. Ладыгин. — М.: МЭИ, 2013. – 88 с.

2. Яценков, В.С. «Твой первый квадрокоптер: теория и практика» / В.С. Яценков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 249 с.

ПРОБЛЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫМ БЛА СРЕДСТВАМИ ПВО

Опираясь на опыт ведения боевых действий в последних локальных конфликтах и войнах, следует отметить значительное увеличение применения малоразмерных беспилотных летательных аппаратов (БЛА), что определяет важность оценки возможных угроз идущих от малоразмерных БЛА, тактики их применения, имеющихся у них недостатков и преимуществ, оценки возможностей поражения малоразмерных БЛА современными комплексами противовоздушной обороны (ПВО), а также определения наиболее эффективных способов борьбы с ними. Одной из основных боевых задач решаемой БЛА является ведение воздушной разведки. Малоразмерные разведывательные БЛА в силу небольшой дальности действия и малого времени работы являются относительно недорогими, а информация, которую они способны добыть, окупает затраты на их разработку, производство и эксплуатацию. При использовании пилотируемой авиации для разведки даже ценная разведывательная информация не оправдывает невосполнимые потери летного состава. Профессиональный летчик ценнее любого БЛА [1]. Именно поэтому самый многочисленный и наиболее развитый тип БЛА – малоразмерные разведывательные БЛА. Вооруженные конфликты последних лет (Ближний Восток, Афганистан, Сирия) ярко продемонстрировали, что применение таких БЛА резко повышает эффективность боевых операций.

Основным преимуществом малоразмерных БЛА является их малая заметность в радиолокационном и оптическом диапазонах. Это обусловлено малыми размерами и широким применением в конструкции БЛА легких композитных материалов. Бесшумность БЛА обеспечивается электрическими двигателями. Основными недостатками малоразмерных БЛА являются: хрупкая конструкция; подверженность линий передач данных между БЛА и оператором воздействию помех; имеющиеся ограничения по массе и полезной нагрузке; небольшая дальность действия дистанционного управления.

Опыт локальных войн и конфликтов показывает, что одним из перспективных направлений применения БЛА является использование стаи из нескольких БЛА. Путём объединения в группы и четкого распределения ролей такие БЛА смогут эффективно преодолевать ПВО и выполнять различные боевые задачи. Учитывая, что в настоящий момент малоразмерные БЛА получили широкое распространение не только в армиях государств,

но и у террористических группировок, задача борьбы с малоразмерными БЛА становится первостепенной. Современные комплексы ПВО имеют в своем составе радиолокационную станцию (РЛС) обнаружения целей, а также радиолокационные и оптико-электронные системы сопровождения целей и наведения ракет. В настоящее время на вооружении ЗРВ и войсковой ПВО находятся достаточно эффективные комплексы ПВО ближней, малой и средней дальности, обладающие определенными возможностями поражения БЛА. К таким комплексам относятся ЗРК «Бук», «Тор-М2», «Оса-АКМ», «Стрела-10М», ЗПРК «Тунгуска». Однако в случае работы по малоразмерным воздушным целям комплексы ПВО могут сталкиваться с проблемами, обусловленными спецификой построения и боевого применения БЛА.

Так, результаты полигонных облетов в России показали, что РЛС обнаружения целей комплекса «Тор-М2» обеспечивает обнаружение малоразмерных БЛА на дальностях 3–4 км. Там же практический опыт экспериментальных стрельб по малоразмерным мишеням, аналогам БЛА – свидетельствует о невысокой эффективности их поражения. Основными причинами являются, несовершенство системы управления подрывом боевой части зенитной управляемой ракеты (ЗУР), а также большие ошибки сопровождения цели и наведения ЗУР. Вероятнее всего такие же проблемы возникнут и при применении по БЛА ЗРК «Оса-АКМ», стоящих на вооружении в ЗРВ ВВС и войск ПВО.

Результаты полигонных испытаний в Российской Федерации ЗРПК «Панцирь-С1», по некоторым характеристикам сопоставимого с ЗПРК «Тунгуска» показывают, что стрельба ракетным вооружением по малоразмерным БЛА практически невозможна. Причиной тому является малая дальность обнаружения малоразмерных БЛА РЛС обнаружения и целеуказания, которая составляет 3–5 км, что практически совпадает с ближней границей зоны поражения ЗУР. Применение пушечного вооружения принципиально возможно, но по причине малых размеров БЛА, вероятность поражения будет невелика.

Оценка возможностей поражения малоразмерных БЛА ЗРК «Стрела-10М» показывает, что комплекс обеспечивает поражение малоразмерных целей только в дневное время. Эффективность поражения ЗРК «Стрела-10М» в данном случае определяется дальностью обнаружения цели расчетом и дальностью захвата на сопровождение цели головки самонаведения (ГСН) ЗУР. Статистика полигонных испытаний ЗРК «Стрела-10М», на полигонах России показала, что средняя дальность обнаружения малоразмерных БЛА в дневное время при ясной погоде составляет

от 1,3 до 4,5 км. Такие характеристики не позволяют эффективно бороться с ними [2].

Таким образом, результаты испытаний ведут к выводу о недостаточной эффективности применения комплексов ПВО ЗРВ и войсковой ПВО против малоразмерных БЛА. Следует подчеркнуть основные факторы, являющиеся причиной низкой эффективности борьбы с малоразмерными БЛА: небольшие габариты (размах крыла до 1,6 м, длина не более 1 м) и, как следствие, малая уязвимость конструкций несущих поверхностей от огневого воздействия средств ПВО; малые величины эффективной площади рассеяния (0,001–0,1 м²) и тепловой контрастности; возможно малые скорости полета (10–30 м/с); возможность полета на предельно малых высотах (до 200 м) [3].

Невысокие значения показателей эффективности поражения малоразмерных БЛА активными зенитными средствами обуславливают необходимость разработки и проведения комплекса специальных мероприятий по организации их поражения данными средствами, а также проведения ряда мероприятий по противодействию системам разведки и огневого подавления, имеющих на борту БЛА. Такой комплекс мероприятий может включать: модернизацию существующих образцов зенитного вооружения в интересах повышения эффективности борьбы с малоразмерными целями; применение специализированных систем радиоэлектронного противодействия БЛА; разработку перспективных образцов зенитного вооружения, предназначенных для обнаружения и поражения малоразмерных воздушных целей, включая БЛА. Ввиду недостаточной эффективности противодействия БЛА средствами ПВО, следует рассматривать меры противодействия БЛА основанные на радиоэлектронном противодействии и они могут быть следующими: дистанционное подавление частот управления БЛА; направленное электромагнитное излучение регулируемой мощности для вывода из строя аппаратуры БЛА; перехват управления между оператором и БЛА, путем подбора частот радиосигнала. Борьба с БЛА является новым видом противодействия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беспилотные летательные аппараты (БЛА) зарубежных стран. Разработка и основные модели. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.modernarmy.ru/article/152.html>.
2. Ерёмин, Г. В. Малоразмерные беспилотники – новая проблема для ПВО [Электронный ресурс] / Г.В. Ерёмин, А.Д. Гаврилов, И.И. Назарчук // Арсенал Отечества. – 2014. – № 5. – Режим доступа: <http://arsenal-otechestva.ru/component/content/article?id=267:5-2014.html>.

3. Куликов Л. Беспилотные авиационные системы военного назначения: проблемы и перспективы развития / Л. Куликов, В. Растопчин, Н. Бондаренко // Аэрокосмическое обозрение. – 2004. – № 1. – С. 7

УДК 621.396.96

А.В. Шарамет, В.В. Ковалевич

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ НЕПОДВИЖНОГО ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ УГЛОМЕРНОЙ БОРТОВОЙ СИСТЕМОЙ

Современный боевой летательный аппарат (ЛА) оснащен бортовой радиолокационной системой (БРЛС), которая используется для обнаружения и сопровождения воздушных и наземных объектов [1]. В случае создания противником сложной помеховой обстановки работа БРЛС существенно усложняется, измерение дальности и скорости оказывается затруднительным [2, 3]. При этом возможно использование БРЛС для измерения углового направления на источник радиоизлучения (ИРИ) в пассивном режиме [4, 5].

При работе БРЛС в пассивном режиме непосредственное измерение дальности ИРИ по задержке сигнала невозможно. Для оценки дальности ИРИ могут использоваться методы косвенного оценивания, основой которых является прием сигнала в нескольких точках траектории полета ЛА [1].

Для косвенной оценки могут быть реализованы кинематический и триангуляционный методы и равномерного движения ИРИ, что при маневрировании приводит к увеличению ошибок оценки его местоположения. Триангуляционный метод в простейшем случае основан на измерении пеленгов ИРИ из двух разнесенных точек в пространстве. Уравнения данного метода описывают связи между сторонами и углами образованного треугольника, вершинами которого являются начало координат, ИРИ и ЛА [4]. Движение ЛА дает возможность многократного пеленгования из нескольких точек, что можно использовать для повышения точности определения местоположения ИРИ. Поэтому актуальной является задача оптимального использования многократных измерений пеленга из различных точек пространства, полученных с помощью однопозиционной БРЛС, движущейся по произвольной траектории. Использование математического аппарата векторной алгебры помогает избежать допущений и в то же время получить математически строгие решения.

В качестве объекта наблюдения будем рассматривать неподвижный наземный ИРИ, в качестве наблюдателя – ЛА с

установленной БРЛС (пеленгатор), свободно перемещающийся в пространстве относительно ИРИ. Необходимо решить задачу оценивания местоположения ИРИ в декартовой системе координат (ДСК) с максимальной (потенциально достижимой) точностью в среднеквадратичном смысле измерение пеленгов ИРИ осуществляется из разнесенных точек в пространстве (несколько пеленгований из одной точки пространства не производится).

Местоположение ИРИ задается точкой C_0 , перемещение пеленгатора – точками M_t , а в заданной ДСК их положение определяется векторами $\mathbf{c}_t = (c_x \ c_y \ c_z)^T$ и $\mathbf{r}_t = (r_{tx} \ r_{ty} \ r_{tz})^T$ соответственно, где t – номер измерения, (рисунок 1).

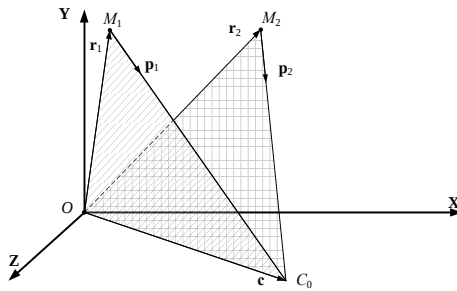


Рисунок 1 – Геометрия расположения ИРИ и ЛА в процессе измерения пеленгов

Для описания результата измерения пеленга будем использовать вектор направляющих косинусов (ВНК):

$$\mathbf{p}_t = \begin{pmatrix} p_{tx} \\ p_{ty} \\ p_{tz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \beta_t \cos \varepsilon_t \\ \sin \varepsilon_t \\ -\sin \beta_t \cos \varepsilon_t \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где β_t и ε_t – азимут и угол места с номером измерения t .

Аналитическое решение задачи триангуляции ИРИ может быть основано на построении векторных зависимостей между искомым вектором $\mathbf{c}$ и измеряемыми векторами с использованием плоскостей измерений.

Введем понятие плоскости измерения, которая задается двумя векторами – вектором, определяющим положения пеленгатора $\mathbf{r}_t$, и ВНК $\mathbf{p}_t$. На рисунке 1 показаны две плоскости измерения, заданные нормальными к плоскостям $\mathbf{p}_1$ и $\mathbf{p}_2$ образованные векторами

$$\mathbf{p}_1, \mathbf{r}_1 \text{ и } \mathbf{p}_2, \mathbf{r}_2 \quad \mathbf{n}_1 = \mathbf{p}_1 \times \mathbf{r}_1 \text{ и } \mathbf{n}_2 = \mathbf{p}_2 \times \mathbf{r}_2 \text{ соответственно}$$

Запишем уравнения связи для двух плоскостей измерений (рисунок 2) в векторном виде:

$$\begin{cases} (\mathbf{p}_1 \times \mathbf{r}_1)\mathbf{c} = 0; \\ (\mathbf{p}_2 \times \mathbf{r}_2)\mathbf{c} = 0, \end{cases} \quad (2)$$

Несмотря на то, что в систему (2) входит искомый вектор $\mathbf{c}$, найти его не представляется возможным. Система (2) является однородной, а поэтому не разрешимой относительно $\mathbf{c}$. Для нахождения вектора $\mathbf{c}$ необходима еще одна плоскость, не принадлежащая пучку измерительных плоскостей, но проходящая через ИРИ. В качестве третьей плоскости целесообразно использовать плоскость, образуемую нормалью $\mathbf{n}_3 = \mathbf{p}_1 \times \mathbf{p}_2$ к векторам $\mathbf{p}_1$ и $\mathbf{p}_2$ и точками M_1, M_2 (рисунок 2).

Для двух измерительных плоскостей с учетом (2) и (3) получаем три векторных уравнения, сведем их в однородную систему:

$$\begin{cases} \mathbf{n}_1(\mathbf{c}) = 0; \\ \mathbf{n}_2(\mathbf{c}) = 0; \\ \mathbf{n}_3(\mathbf{v} - \mathbf{c}) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Систему (3) можно переписать в виде неоднородного уравнения в матричной форме:

$$\mathbf{Nc} = \mathbf{b}, \quad (4)$$

Матрица $\mathbf{N}$ квадратная (3 x 3), следовательно, решение уравнения (4) может быть получено в следующем виде:

$$\mathbf{c} = \mathbf{N}^{-1}\mathbf{b}. \quad (5)$$

Из (5) видно, что для однозначного определения местоположения ИРИ достаточно найти обратную матрицу $\mathbf{N}^{-1}$, что не требует больших вычислительных затрат. При этом максимальная точность достигается в случае, когда ИРИ расположен на дальности, сравнимой с расстоянием между измерительными точками, и пеленги симметричны, нормали к прямой, соединяющей точки пространства. При невыполнении этих условий точность определения местоположения ИРИ снижается, для повышения точности необходим способ, который использует множество измерений пеленга для нахождения искомой величины по заданному критерию.

Таким образом, полученные аналитические выражения по результатам двукратного пеленгования с использованием

произвольного орта позволяют решить задачу определения местоположения источника радиоизлучения в однопозиционных бортовых угломерных радиолокационных системах независимо от траектории летательного аппарата.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обоснование технического облика аппаратуры прикрытия объектов вооружения и военной техники от бортовых радиолокационных станций обзора земной поверхности много функциональных самолетов: отчет о НИР «Эскаорт» / Лапука О.Г. [и др.]. — Минск, 2016. — 165 с.
2. Основы теории радиоэлектронной борьбы / под. ред. Н. Ф. Николенко. — М.: Воениздат, 1987. — 280 с.
3. Цветков, В. В. Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиоподавление / В. П. Демин, А. И. Куприянов — М.: Изд. МАИ, 1998. — 320 с.
4. Южаков, В. В. Современные методы определения местоположения источников электромагнитного излучения. / В. В. Южаков // Зарубеж. радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. — 1987. — № 8. С. 67–79.
5. Соколова, Н. С. Возможности наблюдения за маневрами цели с помощью измерения только пеленга или только скорости изменения пеленга / Н.С. Соколова // Новости зарубежной науки и техники. Сер. Авиац. Системы. — 1993. — № 4. — С. 5–15.

УДК 656.2-027.45

С.В. Швецова, А.В. Швецов

*Дальневосточный государственный университет путей
сообщения, Хабаровск, Россия,*

*Владивостокский государственный университет экономики и
сервиса, Владивосток, Россия*

АСПЕКТЫ ИНТЕГРАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВОЗДУШНОЕ ДВИЖЕНИЕ

В настоящее время распространения возможностей, предоставляемых технологиями и методами, связанными с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), в значительной мере сдерживается существующими ограничениями по применению БПЛА на определенных объектах и территориях [1, 2]. Рассматриваемые ограничения вызваны угрозами безопасности, возникающими при движении беспилотных летательных аппаратов [3, 4].

Факторы, создающие угрозы безопасности при движении беспилотных летательных аппаратов, систематизированы в диаграмме (рисунок 1).

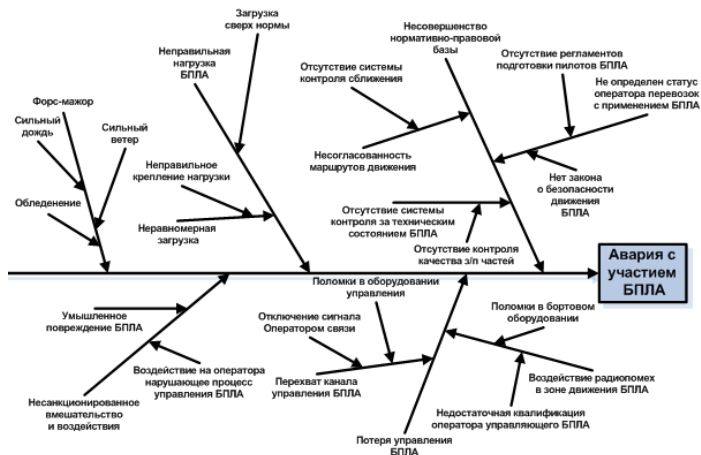
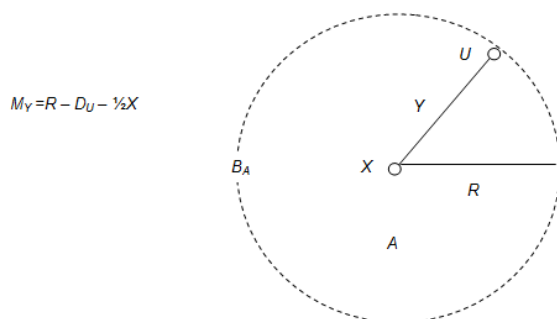


Рисунок 1 – Факторы риска аварий с участием беспилотных летательных аппаратов

Рассматриваемая проблема безопасности движения беспилотных летательных аппаратов непосредственно связана с устойчивостью границ выделенного для полетов БПЛА воздушного коридора (ВВК), при выходе из которых БПЛА может столкнуться с другими наземными/воздушными транспортными средствами (ТС), зданиями или людьми. Устойчивость границ выделенного воздушного коридора, – состояние, при котором полет БПЛА (от точки взлета до точки посадки) возможен только в границах ВВК. Обеспечение такой устойчивости возможно на основе создания условий блокирования рассматриваемого объекта в выделенном для его передвижения воздушном коридоре, что позволит предотвратить, аварийные ситуации, связанные с выходом объекта из границ ВВК. Технически данная задача сводится к предотвращению возможности пересечения БПЛА границ ВВК. При такой постановке задачи представляется целесообразным обеспечить постоянную связь БПЛА с несвободной материальной точкой (НМТ) расположенной в центре окружности ВВК и ограниченной в передвижении осью ВВК. При этом полученная постоянная связь должна ограничивать расхождение рассматриваемых объектов, на расстояние, при котором БПЛА (либо его часть) выйдет из границ ВВК. Так, при НМТ и БПЛА в форме сферы и ВВК в форме цилиндра, постоянная связь будет обеспечивать требуемое ограничение, при условии, что она не

превышает расстояние равное длине радиуса ВВК за вычетом длины БПЛА и $\frac{1}{2}$ длины НМТ [5] (рисунок 2).



А – ВВК (вид спереди)
 В_А – границы ВВК
 R – радиус ВВК
 X – НМТ
 U – БПЛА
 D_U – длина U
 Y – постоянная связь между U и X
 M_Y – максимальная длина Y

Рисунок 2 – Условия ограничения зоны передвижения БПЛА в границах ВВК

Разработанный метод повышения безопасности движения беспилотных летательных аппаратов (АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ 2) применим в приложениях, предусматривающих маршрутное движение БПЛА. Практическая реализация метода возможна с применением технического комплекса описанного в патентной заявке авторов № RU 2020127238.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Unmanned Aircraft Systems Advisory Group (UAS-AG) [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.icao.int/safety/UA/Pages/Unmanned-Aircraft-Systems-Advisory-Group-\(UAS-AG\).aspx](https://www.icao.int/safety/UA/Pages/Unmanned-Aircraft-Systems-Advisory-Group-(UAS-AG).aspx).
2. Huttunen, M. Drone Operations in the Specific Category: A Unique Approach to Aviation Safety / M. Huttunen // The Aviation & Space Journal. – 2019. – Vol. 18. – P. 2–21.
3. Cash Incident [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-02-16/what-may-be-first-drone-linked-copter-crash-being-investigated>.
4. Швецова, С. В. Обеспечение безопасности движения беспилотных летательных аппаратов при эксплуатации на объектах транспортной

УДК 623-1/-8

Н.В. Шмигирилов, А.В. Елизаров, М.Г. Ефименко

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Аннотация. В данной работе рассмотрено создание комплекса системы автоматизированного управления БПЛА и военной техникой, отражены основные концепции, этапы создания и результаты, которые были достигнуты при разработке подобной системы.

В ходе выполнения работы была создана уменьшенная модель беспилотного летательного аппарата (БПЛА) типа ЯК-54, оборудованная сервоприводами, бортовым компьютером (рисунок 1).

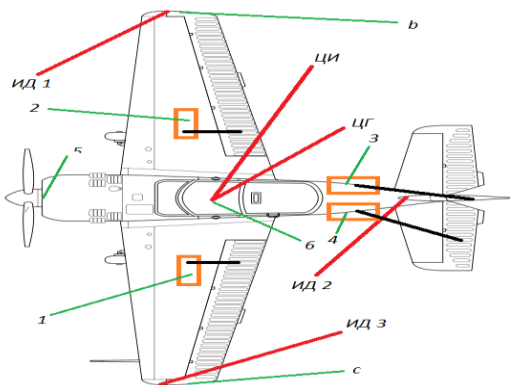


Рисунок 1 – Модель БПЛА с установленным оборудованием

В комплекс автоматизированных средств управления беспилотным летательным аппаратом входят:

- приемник радиосигнала (2.4 ГГц), принимающий сигнал передатчика для осуществления ручного управления аппаратом;
- портативный виртуальный контроллер (ПВК) (Рис.2);
- ноутбук в качестве станции управления и отладки.

БПЛА целиком и полностью переходит под контроль микроконтроллера Atmega (328), который в свою очередь будет координировать БПЛА по контрольным точкам. Для ориентирования в пространстве задействованы два основных модуля:

- цифровой акселерометр;
- цифровой гироскоп.

Для непрерывной передачи данных угловой скорости и ускорения в пространстве используется I2C. В отличие от имеющихся аналогов, располагает необходимой скоростью передачи данных.

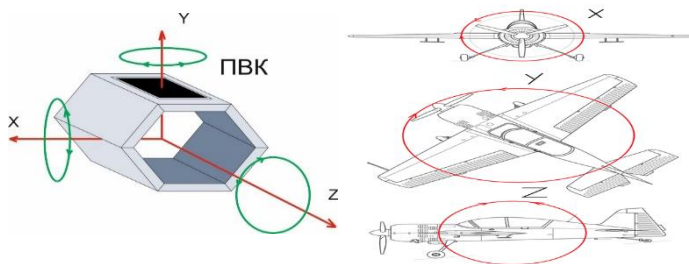


Рисунок 2 – Схема управления БПЛА портативным виртуальным контроллером в пространстве

Основной частью всего комплекса системы автоматизированного управления, является портативный виртуальный контроллер.

ПВК крепится на предплечье оператора. При помощи электронного гироскопа и акселерометра может отслеживать свое местоположение. За счет конъюнкции данных с гироскопа и акселерометра, мы получаем те координаты, в которых находится объект управления относительно его первоначального местоположения. Данный прибор является универсальным средством определения местоположения, а при использовании привязки глобальных координат к начальным координатам движения объекта, мы можем определять его местоположение.

Технические характеристики:

- напряжение питания 1,9В – 3,6В;
- интерфейс обмена данными – SPI;
- частота приёма и передачи – 2,4 ГГц;
- частота обновления сигнала 100...800 Гц;
- количество каналов – 128 с шагом 1МГц;
- тип модуляции – GFSK;

скорость передачи данных – 250kbps, 1Mbps и 2Mbps;
чувствительность приёмника – 82 dBm;
расстояние приёма/передачи данных – 30 – 100м – прямая видимость;
коэффициент усиления антенны – 2dBm;
диапазон рабочей температуры от - 40⁰C до +85⁰C;
организация сети на одном канале до 7 модулей (1 приёмник и 6 передатчиков).

Подключение к микроконтроллеру AVR Atmega328 осуществляется по SPI-интерфейсу.

Перед началом передачи данных, модули NRF24101 настраиваются. При этом каждому передатчику присваивается свой уникальный идентификатор («Pipe ID» или «Идентификатор трубы»), а приёмнику необходимо присвоить все идентификаторы тех передатчиков, от которых он будет принимать данные.

Каждый идентификатор представляет из себя произвольное число, состоящее из 5 байт, но он должен задаваться по следующим правилам:

на одном и том же канале идентификатор каждого передатчика должен быть уникальным;

чтобы приёмник мог принимать данные от передатчиков, ему должны быть указаны их идентификаторы;

идентификаторы труб Pipe0 и Pipe1 должны отличаться всеми пятью байтами, например, Pipe0 = 0x7878787878, а Pipe1 = 0xB4B5B6B7F1;

идентификаторы труб Pipe2 – Pipe5 должны отличаться от Pipe1 только последним байтом, например: Pipe1 = 0xB4B5B6B7F1; Pipe2 = 0xB4B5B6B7CD; Pipe3 = 0xB4B5B6B7A3; Pipe4 = 0xB4B5B6B70F; Pipe5 = 0xB4B5B6B705.

На передней стороне ПБК находится цветной экран с QVGA-разрешением 320×240 пикселей. Дисплей работает через интерфейс SPI и отображает данные о работоспособности системы и координаты местоположения.

Внутри ПБК установлен цифровой трёхосный гироскоп, позволяющий определять угловую скорость вокруг собственных осей X, Y, Z (рисунок 2).

Гироскоп основан на чипе L3G4200D и представляет собой миниатюрный датчик перемещений в 3D пространстве.

Для согласования уровней напряжения от разных устройств используется обвязка. В данном случае это управляющее устройство Atmega328 с 5 вольтовой логикой и модуль гироскопа L3G4200D с 3,3 вольтовой логикой.

Последовательная асимметричная (система шифрования или электронной подписи, при которой открытый ключ передаётся по открытому каналу и используется для проверки ЭП и для

шифрования сообщения) шина для связи между интегральными схемами внутри электронных приборов.

Микроконтроллер ATmega328 по всем параметрам является 8 битным компьютером. После включения, его процессор загружает байт из заданной ячейки памяти и интерпретирует это как команда. То, что пойдет дальше зависит от значения этого байта. Только в отличие от известных нам компьютеров, ATmega328 не запускает операционную систему. Использование ресурсов находится под полным контролем программиста. Микроконтроллер семейства AVR с низким энергопотреблением, имеет 8-битный процессор и позволяет выполнять большинство команд за один такт.

Область применения ПВК очень разнообразна, начиная от корректировки полётов беспилотных ЛА, заканчивая управлением прицельно-навигационного комплекса вооружения и военной техники, но весь спектр применения раскрывается, когда управление тем или иным средством надо взять под свой контроль или требуется срочное вмешательство оператора в процесс выполнения той или иной задачи. Самое главное отличие ПВК от других средств управления заключается в его мобильности и компактности, потому что в наше время это играет важную роль, т.к. именно эта особенность повышает спектр его использования.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Назаров, Д.М. Интеллектуальные системы / Д.М. Назаров. – М.: Изд. Юрайт, 2020. – 186 с.

УДК 65.011.56

Е.А. Шупиков, К.Е. Рогачевский

Военный факультет в УО «Белорусской государственной академии авиации»

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ АЭРОСЪЕМКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

В последнее время все чаще возникает необходимость в получении цифровых моделей местности (ЦММ). ЦММ – изображение плановых координат и высот конкретного участка местности. С ее помощи возможно проводить анализ рельефа, наблюдать за состоянием заданного участка местности и объектов, расположенных на нем, быстро проектировать карты, рассчитывать площади и объёмы земляных работ, проводить анализ уклонов, анализ полученных данных в 3D. Данные для построения ЦММ можно получить проведя аэросъёмку или с использованием искусственных спутников Земли. Наибольшей простотой и

оперативностью в данном случае обладает проведение аэросъемки с использованием беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

Для получения качественного графического материала необходимо соблюдать следующие условия.

Район полетов должен перекрывать необходимую площадь съемки и учитывать дополнительные маршруты за границы съемки для обеспечения перекрытия аэрофотоснимков

В зависимости от характеристик БЛА район полетов может быть разбит на несколько полетных заданий или летных дней. При этом рекомендуется составлять полетные задания так, чтобы перекрытие между соседними областями съемки составляло не менее 70 %.

При планировании маршрутов полетов и определении объектов аэрофотосъемки необходим рациональный выбор оси предстоящего полета.

При использовании БЛА, не требующих аэродромного базирования, следует обратить внимание на выбор наиболее подходящих площадок взлета-посадки, обеспечивающих беспрепятственное наблюдение за стартом и посадкой БЛА. При выполнении полета на фиксированной высоте от точки запуска рекомендуется использовать площадку с максимальным превышением над земной поверхностью. Площадки взлета-посадки должны соответствовать требованиям спецификации БЛА.

Высота полета БЛА при проведении съемки должна обеспечивать безопасность выполнения полетов над застроенной территорией. Для этого высоту полета БЛА рекомендуется устанавливать с превышением не менее 30 м от максимальной высоты объектов (рельеф, элементы застройки и т.д.) в районе полетов.

При задании высоты полета необходимо учитывать технические характеристики применяемой фотокамеры. При использовании цифровых камер в качестве параметра, отвечающего за точность получаемой продукции, используется соотношение единицы растрового изображения с его линейным размером на земной поверхности. Необходимое значение этого параметра вычисляется в зависимости от масштаба топографической съемки, устанавливаемого заданием и особенностями программ обработки.

При эксплуатации БЛА с электрическим двигателем при низких температурах воздуха необходимо учитывать возможное сокращение времени полета, из-за снижения емкости батарей.

Решение о выполнении полета принимает оператор БЛА, с учетом природных и техногенных факторов на момент запуска, при отсутствии прямой или возможной угрозы проведению работ.

Средние погрешности определения планового положения предметов и контуров местности с четкими, легко

распознаваемыми очертаниями (границами) относительно ближайших пунктов (точек), не должны превышать в масштабе плана на незастроенных территориях 0,5 мм для открытой местности и 0,7 мм – для горных и лесных районов.

Средняя погрешность на реках, внутренних водоемах и акваториях не должна превышать 1,5 мм в масштабе плана.

Средние погрешности съемки рельефа и его изображения на ЦММ относительно ближайших точек съемочного обоснования не должны превышать от принятой высоты сечения рельефа:

1/4 – при углах наклона местности до 2°;

1/3 – при углах наклона местности от 2° до 6° (для планов в масштабах 1:5000 и 1:2000) и от 2° до 10° – для планов в масштабах 1:1000, 1:500 и 1:200;

1/3 – при высоте сечения рельефа через 0,5 м для планов в масштабах 1:5000 и 1:2000.

Для залесенных (закрытых) участков местности указанные величины при обосновании в программе работ допускается увеличивать в 1,5 раза.

В районах местности с рельефом, имеющим углы наклона свыше 6° (для планов в масштабах 1:5000 и 1:2000) и свыше 10° (для планов в масштабах 1:1000, 1:500 и 1:200).

Одним из способов расчета основных параметров полета БЛА, обеспечивающую взаимосвязь и высоты съемки является расчет по формуле:

$$GSD = \frac{S_w \times H \times 100}{F_r \times imW}$$

где GSD – размер пикселя на земле, см/пиксел;

S_w – ширина сенсора камеры, мм;

F_r – фокусное расстояние, мм;

H – высота съемки, м;

imW – ширина кадра съемки (снимка), пиксел.

УДК 621.396.96

К.И. Якута, А.Г. Боровой, А.П. Кульпанович

Белорусская государственная академия авиации

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАДИОВЫСОТОМЕРА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Высота полета летательного аппарата (ЛА) является одним из основных измеряемых навигационных параметров, что обусловлено непосредственным ее влиянием на безопасность полетов. В настоящее время существуют множество измерителей высоты, основными из которых являются: барометрический высотомер, радиовысоотомер, спутниковая навигационная система. Вместе с тем единственным устройством из этого перечня, которое измеряет

истинную высоту (с учетом рельефа местности) является радиовысотомер. Бортовые авиационные радиовысотомеры активно применяются уже несколько десятилетий [2], однако использование существующих изделий в качестве бортового оборудования для беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в значительной степени ограничено, что с учетом их интенсивного развития, является своего рода проблемой для расширения диапазона условий боевого применения БЛА.

Основными ограничениями любого бортового оборудования для БЛА является масса-габаритные характеристики и энергопотребление, которые должны быть минимизированы. В таких условиях возникает задача разработки имитационной математической модели по результатам моделирования которой существует возможность обоснования технического облика (структура и тактико-технические характеристики) радиовысотомера для БЛА. Структурная схема имитационной математической модели радиовысотомера представлена на рисунке 1.

Математическая модель радиовысотомера состоит из четырех составляющих: блока ввода исходных данных, блока формирования отраженного сигнала, модели функционирования радиовысотомера и блока оценки статистических характеристик измеряемых параметров.

Блок ввода исходных данных отвечает за формирование начальных условий и ограничений для имитационной математической модели радиовысотомера.

Блок формирования отраженного сигнала (сумма отраженных сигналов от единичных элементов подстилающей поверхности) предназначен для формирования принимаемого радиовысотомером излучения [3, 5]. Под единичным элементом понимается участок подстилающей поверхности облучаемый передающей антенной радиовысотомера с площадью рассчитываемой исходя из количества моделируемых элементов диаграммы направленности антенны и геометрических соотношений.

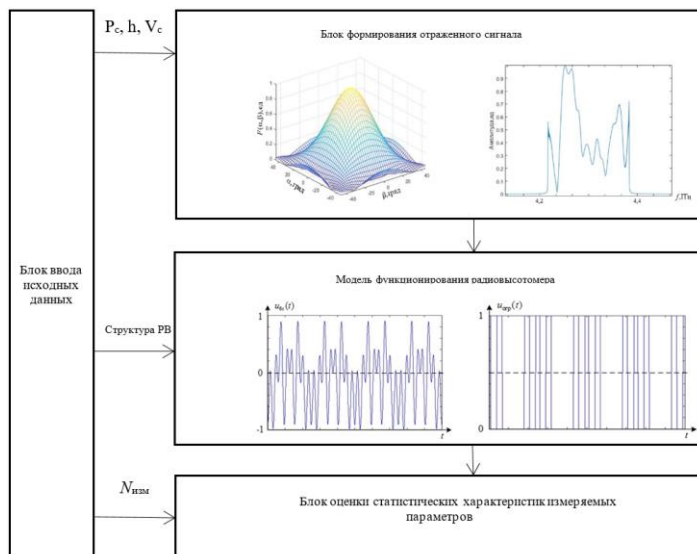


Рисунок 1 – Структурная схема математической модели радиовысотомера малых высот

При этом учитывается подавляющее большинство факторов, влияющих на формирование отраженного сигнала, основными из которых являются:

мощность излучаемого сигнала, его вид и характеристики передающей и приемной антенн радиовысотомера;

расстояние от фазового центра антенны до середины единичного элемента подстилающей поверхности;

угол падения излучаемого сигнала на подстилающую поверхность;

тип подстилающей поверхности;

значения уровня диаграммы направленности антенны в направлении излучения;

значение доплеровской частоты и фазы сигнала в зависимости от геометрических соотношений для каждого отраженного сигнала от единичного элемента земной поверхности.

Математическая модель радиовысотомера описывает основные преобразования осуществляемые в процессе обработки отраженного от подстилающей поверхности сигнала. В ней также учтена возможность изменения структуры и алгоритмов обработки сигнала, что используется при обосновании технического облика радиовысотомера для БЛА [4].

Блок оценки статистических характеристик измеряемых параметров предназначен для получения оценок технических характеристик радиовысотомера в зависимости от условий моделирования [1]. Это позволяет на основе анализа полученных результатов обосновать технический облик радиовысотомера в зависимости от заданных ограничений.

Таким образом, разработанная имитационная математическая модель радиовысотомера представляет собой эффективный инструмент проведения анализа основных достоинств и недостатков различных схем построения и обоснования технических характеристик для достижения заданных параметров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: учебник / Е.С. Вентцель. – 6-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.
2. Авиационная радионавигация: Справочник / А.А. Сосновский, И.А. Хаймович, Э.А. Лутин, И.Б. Максимов; под ред. А.А. Сосновского. – М.: Транспорт, 1990. – 264 с.
3. Справочник по радиолокации / под ред. Я.С. Ицхоки. – М.: «Сов. радио», 1976. – Т. 1. Основы радиолокации. – 456 с.
4. Калитин, С. Б. Авиационные радионавигационные устройства и системы. Авиационные радиовысотомеры / С. Б. Калитин. – Минск: ВА РБ, 2008. – 89 с.
5. Ярлыков, М. С. Авиационные радионавигационные устройства и системы / М.С. Ярлыков, В.А. Болдин, А.С. Богачев; под ред. М.С. Ярлыкова. – Воронеж: Издание ВВИА им. Проф. Н.Е. Жуковского, 1980. – 384 с.

НАПРАВЛЕНИЕ
«СРЕДСТВА НАЗЕМНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ»

ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПОТОКА В ГИДРОСИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

При транспортировке вязкой среды по гидросети процесс переноса теплоты наблюдается в виде нагрева (охлаждения) гидросистемы. Это означает что необходимо учитывать неизоэнтальпическую составляющую при анализе гидродинамического процесса. Вводится новый инструментарий для описания существенно нелинейных уравнений, возникающих при описании движения монофазных сред. С помощью которого можно будет анализировать сложные математические объекты возникающие при описании гидродинамических процессов ВРУ. Область изменения или область, которая описывает течение жидкости или смеси воздуха с жидкостью интересна на примере труб.

Линеаризованная система Навье-Стокса [1] определяется в сетеподобной области $\mathfrak{Z}_T = \mathfrak{Z} \times (0, T)$ ($T < \infty$) соотношениями вида:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} - \nu \Delta Y + \nabla p = f, \quad (1)$$

$$\operatorname{div} Y = 0. \quad (2)$$

Будем считать, что состояние системы (1)-(2) описывается функцией $\bar{Y}(x, t)$, являющейся слабым решением уравнения (1) в области $\Gamma_{t_0, \infty}$ с начальным и краевым условиями:

$$Y|_{t=t_0} = \bar{Y}_0(x), \quad x \in \mathfrak{Z}, \quad Y|_{x=\partial \mathfrak{Z}_{t_0, \infty}} = 0, \quad (3)$$

функция $Y(x, t) \in V^{1,0}(a, \mathfrak{Z}_{t_0, \infty})$ является слабым решением системы (1)-(2) в области $\mathfrak{Z}_{t_0, \infty}$ с начальным и краевым условиями:

$$y|_{t=t_0} = Y_0(x), \quad x \in \mathfrak{Z}, \quad y|_{x=\partial \mathfrak{Z}_{t_0, \infty}} = 0. \quad (4)$$

Состояние $\bar{Y}(x, t)$ системы (1)-(2) назовем невозмущенным, а $Y(x, t)$ – возмущенным; состояния $\bar{Y}(x, t)$, $Y(x, t)$ определены в области $\mathfrak{Z}_{t_0, \infty}$ удовлетворяют соответствующим начальным и краевым условиями (3), (4).

Невозмущенное состояние $\bar{Y}(x, t)$ системы (1)-(2) называется слабо устойчивым по Ляпунову, если для любых $t_0 > 0$ и $\varepsilon > 0$ существует $\delta(t_0, \varepsilon) > 0$ такое, что при $\|Y_0 - \bar{Y}_0\|_{L_2(\mathfrak{Z})} < \delta(t_0, \varepsilon)$ выполняется $\|Y(\cdot, t) - \bar{Y}(\cdot, t)\|_{W^1(a, \mathfrak{Z})} < \varepsilon$ при $t \geq t_0$, где $Y(x, t)$ – возмущенное состояние системы (1)-(2) [2, 3].

Аналогично определению устойчивости невозмущенного состояния системы (1)-(2) можно ввести определение равномерной, асимптотической и экспоненциальной устойчивости невозмущенного состояния системы (1)-(2) в области $\mathfrak{Z}_\infty$.

В силу линейности системы (1)-(2) можно все определения переформулировать для нулевого (тривиального) состояния системы (1)-(2).

При установленных выше предположениях невозмущенное состояние системы (1)-(2) в области $\mathfrak{Z}_\infty$ слабо устойчиво.

В силу линейности системы (1)-(2) функция $\theta(x, t) = Y(x, t) - \bar{Y}(x, t)$ и является слабым решением начально-краевой задачи для однородной системы (1)-(2), удовлетворяющее начальному и краевому условиям:

$$\theta|_{t=t_0} = \Phi(x), \quad x \in \mathfrak{Z}, \quad \theta|_{x=\partial\mathfrak{Z}_{t_0,\infty}} = 0, \quad (5)$$

где $\Phi(x) = Y_0(x) - \bar{Y}_0(x)$ [4].

Рассмотрен линеаризованный аналог классической задачи Навье-Стокса. Был проведен анализ устойчивости программного течения гидравлического потока. Для линеаризованной системы Навье-Стокса рассмотрены достаточно распространенные при описании гидродинамических процессов в воздухоразделительных установках вопросы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лионс, Ж.-Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач / пер. с фр. Л. Н. Волевича; под ред. О. А. Олейник. – М.: Мир, 1972. – 587 с.
2. Провоторов, В.В. Оптимальное управление параболической системой с распределенными параметрами на графе / В.В. Провоторов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2014. – № 3. – С. 154–163.
3. Волкова, А.С. Обобщенные решения и обобщенные собственные функции краевых задач на геометрическом графе / А.С. Волкова, В.В. Провоторов // Известия высших учебных заведений. Математика. – 2014. – № 3. – С. 3–18.
4. Александров, А. Ю. Об устойчивости решений одного класса нелинейных систем с запаздыванием / А.Ю. Александров, А.П. Жабко // Автоматика и телемеханика. – 2006. – № 9. – С. 3–14.

УДК 629.7.08

Г.В. Берестевич, М.Н. Лещенко, Е.Г. Спиридонов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ПРИМЕНЕНИЕ ИНВЕРТОРОВ В КАЧЕСТВЕ ПЕРЕДВИЖНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ПУСКОВЫХ ПЛАТФОРМ НАЗЕМНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Транзисторные инверторы представляют собой отдельный класс источников вторичного электропитания и предназначены для преобразования постоянного напряжения (тока) первичного источника в переменное напряжение (ток) для питания соответствующих потребителей. Инверторы могут быть как самостоятельными устройствами, так и составной частью других устройств: источников бесперебойного питания, преобразователей частоты, регуляторов синхронных и асинхронных двигателей. На сегодняшний день для мощностей до 10 кВА используются транзисторные инверторы с силовыми ключами на основе МДП-или IGB-транзисторов. На современном этапе инверторы применяются как на борту летательных аппаратов, так и в наземных авиационных комплексах.

На борту летательных аппаратов транзисторные инверторы используются для питания таких потребителей, как радиолокационное оборудование, пилотажно-навигационные комплексы, оборудование радиосвязи, устройства систем автоматического управления и т. д. [1,2].

В наземных авиационных комплексах инверторы используются для питания аэродромного оборудования, в качестве составной части систем электроснабжения комплексов обслуживания мобильных объектов и беспилотных летательных аппаратов в полевых условиях, а также передвижных и стационарных пусковых платформ и т. п.

Постоянно возрастающие требования к качеству электроэнергии переменного тока на фоне постоянно увеличивающегося количества потребителей переменного тока вызывают необходимость повышения мощности и надежности инверторов. Повышение мощности может быть выполнено либо разработкой устройств на базе более мощных электронных компонентов, либо так называемым модульным способом. В последнем случае наращивание мощности происходит за счет параллельного включения одинаковых модулей инверторов, когда они работают на общую нагрузку.

Такой способ обладает рядом преимуществ по сравнению с одномодульной системой электропитания.

Для обеспечения электроснабжения критических нагрузок возможно использование одномодульных источников переменного тока. Однако при возникновении аварийной ситуации на борту летательного аппарата или проведении профилактических, регламентных и других видов работ в наземных условиях источник необходимо отключать. При этом нагрузка на какое-то время обесточивается, что неприемлемо для определенных типов нагрузок.

Модульный способ позволяет создать некоторую избыточность системы по мощности за счет резервирования при использовании дополнительных преобразователей. В случае выхода из строя или принудительного отключения одного из модулей, происходит подключение резервного модуля, что не приводит к временному перерыву питания нагрузки.

Кроме того, многие производители, выпускающие инверторы, стремятся разработать одиночный преобразователь средней мощности и выпускать его в больших количествах. Но потребность в преобразователях большой мощности постоянно растет. При этом производители стремятся уменьшить расходы на новые разработки и, по возможности, уменьшить себестоимость уже выпускаемых устройств. Поэтому с экономической точки зрения им выгоден способ параллельного соединения инверторов средней мощности, так как он позволяет минимизировать время и производственные затраты на создание новых преобразователей [3].

Таким образом к преимуществам многомодульной конструкции источников вторичного электропитания можно отнести:

- возможность наращивания выходной мощности при увеличении нагрузки без затрат на новые разработки;
- возможность простого резервирования дополнительных модулей, поскольку при подключении резервного модуля параметры выходного напряжения системы не изменяются;
- возможность создания определенной избыточности системы по мощности, используя дополнительные преобразователи, как резервные;
- возможность замены неисправных модулей без отключения системы, что позволяет минимизировать время обслуживания при ремонте, простоту технического обслуживания и профилактики, максимальную эксплуатационную эффективность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балагуров, В.А. Электроснабжение летательных аппаратов / В.А. Балагуров, И.М. Беседин. - М.: Машиностроение, 1975. – 350 с.

2. Моин, В. С. Стабилизированные транзисторные преобразователи / В. С. Моин. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 376 с.

3. Севернс, Р. Импульсные преобразователи постоянного напряжения для систем вторичного электропитания: пер. с англ. / Р. Севернс, Г. Блум; под ред. Л.Е. Смольникова. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 294 с.

УДК 629.7.08

Г.В. Берестевич, А.А. Рыжков, Е.Г. Спиридонов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОМОДУЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕДВИЖНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ПУСКОВЫХ ПЛАТФОРМ

Инвертор (по зарубежной терминологии DC/AC converter) - устройство, преобразующее электрическую энергию источника напряжения постоянного тока в электрическую энергию переменного тока [1].

Инверторы широко используются в наземных стационарных установках, а также на борту подвижных объектов для питания различной радиоэлектронной аппаратуры и электромеханических устройств.

На борту воздушного судна (ВС) в зависимости от типа системы электроснабжения (рисунок 1) инверторы могут относиться как к основной системе переменного тока (если в качестве первичной системы используется система постоянного тока), так и к аварийной (при комбинированной первичной системе электроснабжения).

Требования к качеству электроэнергии переменного тока постоянно растут, также увеличивается и количество потребителей переменного тока. Необходимость в увеличении мощности инверторов привела к распространению, так называемого, модульного способа, состоящем в параллельном соединении преобразователей (рисунок 2).

Основная проблема, возникающая при организации параллельной работы преобразователей, заключается в неравномерном распределении токов между включаемыми инверторами. Это может быть вызвано как разбросом параметров функциональных частей инверторов, так и несинхронизированной работой задающих генераторов (ЗГ), которые являются обязательной составной частью данного вида преобразователей.

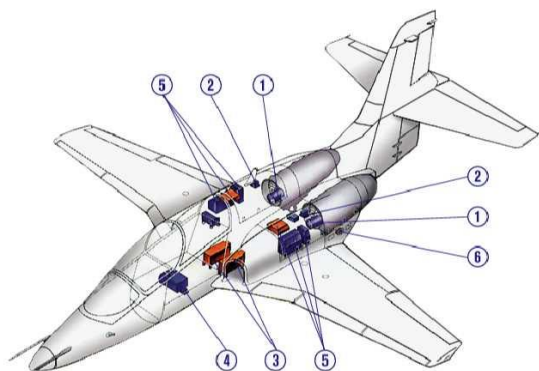


Рисунок 1 – Система электроснабжения самолета МиГ -АТ:
 1 – стартер –генератор, 2 – блок регулирования и защиты, 3 – статический преобразователь, 4 – аккумуляторная батарея, 5 – распределительные устройства постоянного и переменного тока, 6 – панель аэродромного питания

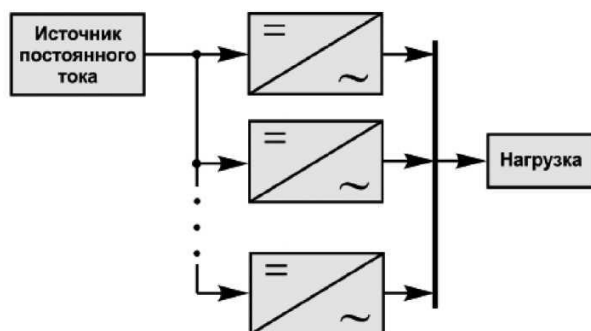


Рисунок 2 – Параллельное соединение инверторов

Для обеспечения равномерного токораспределения между каналами в многомодульном инверторе необходимо синхронизировать параллельно работающие каналы по фазе, частоте и амплитуде. Несинхронность по фазе, частоте и амплитуде оказывает значительное влияние на равномерное распределение мощности между модулями. Если не применять специальных средств для выравнивания токов между каналами, то разброс выходных напряжений модулей по фазе, частоте и амплитуде всего в 1% может привести к дисбалансу распределения мощности между

каналами до 50 % [2] и возникновению недопустимых бисний и модуляций.

В этом случае один из модулей будет принимать на себя чрезмерно большой ток нагрузки, что устраняет основное преимущество применения многомодульного принципа энергопреобразователя.

При проектировании многомодульных преобразователей используются инверторы с управлением по напряжению и с токовым управлением. К основным структурам относятся однофазный инвертор с управлением по напряжению и ШИМ-регулированием и однофазный инвертор с управлением по току и релейным регулированием.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автономные инверторы / под ред. Г. В. Чалого. – Кишинев: Штиница, 1974. – 336 с.
2. Артюхов, И. И. Автономные инверторы тока в системах электропитания / И. И. Артюхов, Н. П. Митяшин, В. А. Серветник. – Саратов: Сарат. политехн. ин-т, 1992. – 152 с.

УДК 621.311.031 (478)

С.В. Василевич, В.С. Попеску

*Белорусская государственная академия авиации,
Департамент «Электрификация сельского хозяйства, механика и
основы проектирования» Кишиневского Государственного
Аграрного Университета Молдовы.*

ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА ПРОЦЕСС ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 0,4 КВ

Энергообеспечение всевозможных производственных комплексов, а также аэропортов и аэродромов – сложная и важная работа, обеспечивающая их нормальную и безопасную работу. Обеспечение бесперебойной подачи электроэнергии потребителям является важной задачей для стабильного развития народного хозяйства. В данной работе рассмотрены оценки надежности распределительных сетях 0,4 КВ на основе отказов, обусловленных различными случайными факторами. Оценка проводилась на примере электрических сетей Республики Молдова.

Распределительные электрические сети 0,4 КВ в Республике Молдова имеют большое количество отказов, которые влияют на надежность электроснабжения всех потребителей, в том числе в авиационной отрасли [1]. Причины отказов и их влияние на надежность электрических сетей в настоящее время активно изучаются, что позволит технически и экономически обоснованно

планировать меры и действия служб эксплуатации сети, с целью обеспечения стандартных показателей надежности [2,3].

Для определения факторов, влияющих на электроснабжение потребителей, были зафиксированы все отказы, имевшие место в распределительных сетях 0,4 КВ в Республике Молдова. Исследования проводились в течение 4 лет (2016, 2017, 2018, 2019). Были исследованы 7 секторов сети общей протяженностью 14126 км и обработано 48 357 отказа.

Для определения причин перебоев была разработана концепция анализа и систематизации экспериментальных данных об отказах электрических сетей и схема классификации перебоев, что позволило выделить факторы влияния на процесс поставки электроэнергии.

Были рассмотрены 10 случайных факторов влияния, которые привели к отказу в работе распределительных сетей и оказали влияние на энергоснабжение потребителей всех категорий надежности для каждого сезона.

Для обработки характерной информации об условных отказах в исследуемых электрических сетях на основе стандартного процесса анализа и расчета, была предложена концепция оценки поведения факторов влияния с использованием концепции удельной длины (сеть 100 км). Данная концепция позволяет определить и сравнить влияние этих факторов на истинный уровень надежности всех электрических сетей, независимо от их общей длины. При оценке надежности электрических сетей и определении поведения факторов влияния использовались: теория графов и матриц; теория вероятностей; методы статистического анализа и обработки экспериментальных данных об отказах в электрических сетях; математическое моделирование; вычисления с использованием программ «Microsoft Excel», «StatGraphics», «Curve Expert», «EasyFit 5.5 Professional».

На основе обработки отказов, была определена частота возникновения отклонений, вызванных каждым случайным фактором на протяженность 100 км линий для каждой системы в зависимости от сезона. Все это позволило упростить расчет и определить распределения прерываний для всех случайных факторов влияния в зависимости от частоты появления в системе и времени года.

Экспериментальные и теоретические распределения были рассмотрены по следующим показателям: частота системных и сезонных отказов, продолжительность отказов и количество отключенных потребителей. В таблице показаны результаты процесса случайных отказов, которые имели место в исследуемых сетях для каждого сезона (в соотношении на 100 км сети).

Таблица 1 – Результаты обработки отказов, вызванных случайными факторами влияния

Факторы		Сезонное количество отказов на 100 км сети									
		Зима		Весна		Лето		Осень		Годовая	
		Итого	%	Итого	%	Итого	%	Итого	%	Итого	%
1	Климатические условия	2,73	18,19	2,14	15,27	1,74	10,24	1,19	11,86	7,8	13,9
2	Дефекты в оборудовании	4,45	29,65	3,37	24,10	5,73	33,68	2,19	21,88	15,7	28,1
3	Воздействие животных и птиц	0,94	6,25	0,46	3,30	0,72	4,22	0,38	3,84	2,5	4,5
4	Воздействие механизмов	4,56	30,40	5,17	36,94	5,83	34,27	4,62	46,18	20,2	36,0
5	Вызванные растительностью	0,18	1,23	0,39	2,79	0,45	2,63	0,26	2,63	1,3	2,3
6	Качество передачи	0,25	1,66	0,29	2,08	0,26	1,55	0,26	2,56	1,1	1,9
7	Эксплуатационные ошибки	1,04	6,96	1,16	8,27	1,08	6,35	0,63	6,25	3,9	7,0
8	Ошибки потребителей	0,08	0,52	0,32	2,28	0,37	2,17	0,31	3,13	1,1	1,9
9	Акты вандализма	0,11	0,76	0,19	1,37	0,18	1,04	0,16	1,63	0,6	1,2
10	Ошибки в транспортных сетях	0,20	1,33	0,36	2,59	0,30	1,76	0,35	3,48	1,2	2,2
	ИТОГО	14	100	13	100	16	100	10	100	53	100

В процессе оценки надежности исследуемых сетей была предложена концепция равномерности первичной информации по соотношению к 100 км сети, что обеспечивает возможность сравнения интенсивности отказов, обусловленных различными факторами влияния для любого сектора, независимо от длины сетей, на основе стандартного процесса анализа и расчета.

Согласно результатам, полученным на основе предложенного метода, следует, что наибольшее количество отказов в распределительных сетях 0,4 КВ в Республике Молдова, которые влияли на электроснабжение потребителей всех категорий надежности, были вызваны климатическими условиями и дефектами оборудования. Результаты исследования дают возможность прогнозировать ожидаемое количество факторов, обусловленных отказами, что позволяет технически и

экономически обоснованно планировать меры и действия служб эксплуатации распределительной сети с целью обеспечения нормированных показателей надежности.

Заключение. Обработка экспериментальных данных относительно потоков отказов в распределительных сетях 0,4 КВ в Республике Молдова, позволила выявить 10 факторов влияния и позволила оценить количество отказов, вызванных по каждому сектору, в зависимости от сезона.

На основании полученных результатов было установлено, что наибольшее количество отказов в распределительных сетях 0,4 КВ Республики Молдова было вызвано климатическими условиями и дефектами оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Erhan, T. Major factors, which influence on levels value of short circuit currents in electrical power systems / T. Erhan // Bulletin of the Politechnical Institute of Iassy, România. – 2002. – Tom XLVIII (LII) Fasc.5A. – P. 303-311.
2. Dobrea, V., popescu v. Electrotehnică, sisteme de electronica / V. Dobrea, V. Popescu. – UASM, Chişinău, 2012. – 96 p.
3. Попеску, В. Анализ надежности электрических распределительных систем / В. Попеску // Проблемы региональной энергетики. – 2012. – № 1 (17). – С. 12-17.
4. Georgescu, O. Maintenance Based on Reliability With Applications to Components of Transmission and Distribution Power Lines / O. Georgescu, D. Sarchiz, D. Bucur. – Jurnal of Sustainable Energy. – 2010. – vol.1. – P. 22-28.

УДК 661.935

Ю. И. Водопьянов, А. В. Чалый

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-Воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» г. Воронеж, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКАНАЛЬНЫХ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ В УЧЕТЕ НАРАБОТКИ СИСТЕМ ОЧИСТКИ И ОСУШКИ ГАЗОВ СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ АВИАЦИИ

В существующих средствах наземного обеспечения общего применения (СНООП) нет устройств, позволяющие вести учет и контроль наработки систем очистки и осушки газов в постоянном режиме. Подобный учет ведется в ручную в журналах учета работы спецустановок, что вызывает подчас ошибки, приводящие к нарушениям в эксплуатации и техническом обслуживании СНООП.

Решить проблему возможно применив отечественное цифровое двухканальное (двухцепное) реле времени ЭРКОН-224 или подобное ему.

Реле времени ЭРКОН-224 двухканальное может применяться в:

- пищевой, химической, нефтехимической промышленности;
- при термической обработке материалов;
- лабораторные и научные исследования и пр.

Универсальное цифровое двухканальное реле времени коммутирует с нормированными выдержками времени цепи переменного и постоянного тока в схемах автоматики и управления, являясь функциональным аналогом широкой номенклатуры одноканальных и двухканальных реле времени типа ВЛ, РВО, РВЦ, РВ.

Каждый канал универсального двухканального реле времени ЭРКОН-224 может функционировать в соответствии с одной из одиннадцати временных диаграмм, что позволяет использовать одно реле вместо ряда устройств. Вид временных диаграмм задается независимо для каждого канала при конфигурировании и сохраняется в энергонезависимой памяти.

Каждый канал имеет одну группу контактов на переключение, контрастную светодиодную индикацию, хорошо видимую при любом освещении.

Каналы могут работать как в независимом, так и зависимом режимах работы. В зависимом режиме работы один канал управляет запуском временной диаграммы другого канала, что позволяет с помощью реле времени ЭРКОН-224 реализовывать временные диаграммы чрезвычайно высокой сложности. В нашем случае – учет и контроль наработки систем очистки и осушки газов СНООП в постоянном режиме.

Функциональные возможности реле времени ЭРКОН-224:

- формирование временных интервалов и замыкание/размыкание выходных реле;
- программный выбор уставок и диапазонов уставок;
- светодиодная индикация состояния выходных реле;
- индикация отсчета временных интервалов в режимах прямого или обратного счёта;
- сохранение параметров реле при отключении напряжения питания;
- программный выбор временной диаграммы из 11 вариантов, включая свободно программируемую;
- два равнозначных полнофункциональных канала с возможностью зависимого и независимого режимов работы. В зависимом режиме один канал управляет запуском временной диаграммы другого канала. Функциональная схема реле времени ЭРКОН-224 представлена на рисунке 1. Реле времени ЭРКОН-224 состоит из блока питания, программно-временного контроллера,

устройства управления, устройства индикации и исполнительного устройства, предназначенного для коммутации внешних нагрузок.

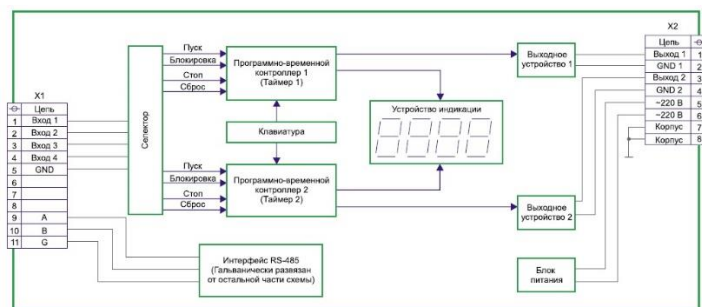


Рисунок 1 – Функциональная схема реле времени ЭРКОН-224

Преимущества реле времени ЭРКОН-224 двухканального:

- может служить полноценной заменой целого ряда устройств благодаря двухканальному исполнению и одиннадцати временным диаграммам;

- универсальность применения;
- надежность и простота в эксплуатации.

По классификации ГОСТ 22557-84 реле времени ЭРКОН-224 относится:

- по числу выходных цепей с независимыми уставками выдержек времени – к двухцепным (двухканальным) реле;
- по наличию регулировки выдержек времени и шкалы – со ступенчатой регулировкой и шкалой;
- по месту расположения регулятора выдержек времени – с регулятором выдержек времени на наружной поверхности оболочки;

По способу монтажа на панели и способу присоединения внешних проводов:

- к предназначенным для выступающего монтажа с задним подключением проводов;
- по виду входной воздействующей величины – к управляемым замыканием или размыканием входной цепи при предварительно поданном напряжении питания;
- по виду исполнительной части реле – к реле с контактным выходом.

Применение изделия предложено в Военном учебно-научном центре военно-воздушных сил «Военно-Воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» при

доработке СНООП, таких как унифицированная компрессорная станция УКС-400В-П4 и воздухозаправщик ВЗ-20/350. Использование ЭРКОН-224 с доработкой воздушных трубопроводов линии зарядки ВЗ-20/350 и блока осушки УКС-400В-П4 позволит вести независимый электронный учет времен работы осушителя ВЗ-20/350 и регенерации баллона УКС-400В-П4, произвести сигнализацию о необходимости безошибочного проведения последующей регенерации и замене осушителя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Средства зарядки летательных аппаратов сжатыми газами: учебное пособие / Ю.И. Корольков, С.П. Ланин и др. – Воронеж: ВВАИУ, 1993. – Часть II. Воздухозаправщики. – 114 с.
2. Средства обеспечения газами. Узлы и агрегаты средств заправки газами: учебно-методическое пособие / Е.Г. Спиридонов, В.А. Маслов, П.И. Папилин и др. – Воронеж: ВВАИУ, 2010. – 82 с.

УДК 621.592

Воробьев А.А., Куксов Д.Ю., Колос Д.Д.

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСШИРЕНИЯ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ ГАЗА И ЖИДКОСТИ В ДРОССЕЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ

Представлено математическое описание процессов дросселирования бинарных смесей газа и жидкости. Получены соотношения для определения энергетического состояния потоков и их покомпонентного состава за дроссельным устройством.

Дроссельные устройства являются одним из наиболее простых и в тоже время самых распространенных устройств, предназначенных для регулирования материальных потоков в установках газоразделения типа АКДС-70М2 и ТКДС-100В. При дросселировании бинарной газовой смеси при определенных входных и выходных параметрах, определяемых теплофизическими свойствами компонентов, возможна конденсация потока и образование парожидкостной смеси. При дросселировании жидкости всегда предполагает частичное образование пара за дроссельным устройством [1]. Необходимо отметить, что общая энтальпия и общий состав смеси до и после дроссельного устройства остается неизменным, а задача моделирования сводится к определению долей образовавшихся после дросселирования потоков пара и жидкости, их составов и энтальпии.

Рассмотрим процесс дросселирования бинарной смеси азота и кислорода в дроссельном устройстве. В соответствии со схемой,

представленной на рисунке 1 для зоны, ограниченной контуром I, уравнение теплового баланса примет вид

$$F_1 i_1 = q F_1 i_1'' + (1-q) F_1 i_1', \quad (1)$$

где F_1 – массовый расход потока бинарной смеси кислорода и азота, поступающей в дроссельное устройство, кг/с; q – доля образовавшегося пара при дросселировании, кг/кг; i_1 – энтальпия смеси до дросселирования, кДж/кг; i_1'' – энтальпия потока образовавшегося пара за дроссельным устройством, кДж/кг; i_1' – энтальпия потока образовавшейся жидкости за дроссельным устройством.

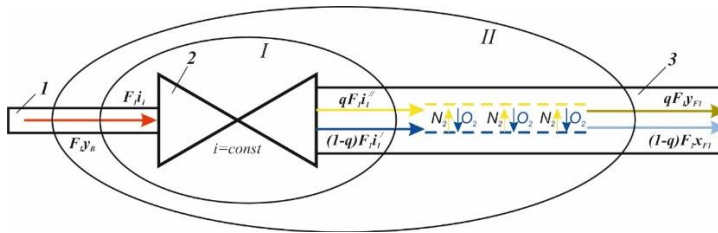


Рисунок 1 – Схема процесса дросселирования бинарной смеси:

1 – трубопровод высокого давления; 2 – дроссельное устройство;
3 – трубопровод низкого давления

При описании механизма протекания процесса дросселирования будем исходить из следующего. Массовая доля азота в потоке при дросселировании остается неизменной, поэтому непосредственно после дроссельного устройства образующиеся пар и жидкость будут иметь такую же концентрацию, что и исходная смесь и будут неравновесными. Вместе с тем, значительная длина трубопроводов на участке от дроссельного устройства до места ввода в технологические аппараты, как правило, имеют значительную длину, тем самым обеспечивая условия для протекания массообменного процесса. Ввиду этого будем полагать, что потоки пара и жидкости к моменту их поступления в технологические аппараты станут равновесными. С учетом вышеизложенного для участка, ограниченного контуром II на рисунке 1, можно записать:

$$F_1 y_B = q F_1 y_{F1} + (1-q) F_1 x_{F1}, \quad (2)$$

$$y_{F1} = \frac{\alpha x_{F1}}{1 + (\alpha - 1)x_{F1}} \quad (3)$$

Коэффициент относительной летучести α , входящий в уравнение Рауля-Дальтона (3), определяется по соотношению [2]

$$\alpha = 4,09 \cdot (10,197 \cdot P)^{-0,2719}, \quad (4)$$

где P – давление после дроссельного устройства.

В результате преобразований системы уравнений (1) – (3), получим

$$q = \frac{i_1 - i_1'}{i_1'' - i_1'}, \quad (5)$$

$$[(\alpha - 1)(q - 1)]x_{F1}^2 + [(y_B - q)(\alpha - 1) - 1]x_{F1} + y_B = 0. \quad (6)$$

Из уравнения (6) имеем:

$$x_{F1} = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad (7)$$

$$\text{где } a = [(\alpha - 1)(q - 1)], \quad b = [(y_B - q)(\alpha - 1) - 1], \quad c = y_B.$$

Выводы: Получены соотношения для определения доли пара и жидкости и их составов после расширения бинарных смесей газа и жидкости в дроссельном устройстве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Архаров, А.М. Криогенные системы. Основы проектирования аппаратов, установок и систем [Текст] / А.М. Архаров, И.А. Беляков. – М.: Машиностроение, 1999. – 720 с.
2. Расчет коэффициента относительной летучести смеси азот-кислород по экспериментальным данным [Текст] / А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, М.И. Слюсарев, А.А. Воробьев // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: матер. VI Международная научно-техническая конференции. – Воронеж: ВГУИТ, 2017. – С. 987–991.

УДК 656.71

Е.Д. Горбачёва

Белорусский государственный университет транспорта

СРЕДСТВА НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЁТОВ

В настоящее время авиационный транспорт набирает свои обороты и выполняет большую работу по перевозкам грузов и пассажиров. Поскольку это серьезная и ответственная работа, то за исправным функционированием авиационного транспорта должно

уделяться большое внимание, так как от его исправной работы и правильно проведённых процедур его подготовки к эксплуатации зависит жизнь пассажиров и сохранность доставляемого груза.

Средства наземного обеспечения полётов (далее – СНО) играют значимую роль среди авиационного транспорта.

Под СНО понимают комплекс из специальной техники, машин, агрегатов, механизмов и вспомогательного оборудования. Все они используются для подготовки летательного судна к рейсам.

Вспомогательное оборудование используется для технического обслуживания самолётов, при подготовке судна к полёту, а также для выполнения регламентных и ремонтных работ авиационной техники.

СНО в зависимости от степени применяемости подразделяются на два вида. Первый – это СНО общего применения, второй – СНО специального применения.



Рисунок 1 – СНО общего применения



Рисунок 2 – СНО специального применения

Все средства наземного обеспечения должны подходить для выполнения сразу нескольких видов работ по техническому обслуживанию различных типов и категорий авиационного транспорта.

Средства наземного обеспечения не должно оказывать воздействия на безопасность полётов, жизни, здоровья рабочих, а также пассажиров авиационно-транспортных средств и окружающую среду. Кроме того, СНО должны быть совместимы технически и технологически с самолетами, вертолетами и другими объектами гражданской авиации, стабильность работы параметров, сохранность самолетов и вертолетов, имущества авиапассажиров и авиапредприятий.

Производительность СНО должна обеспечивать выполнение работ по ремонту и обслуживанию самолетов и вертолетов в предназначенное или технически обоснованное время, исходя из чего действия по обслуживанию авиационных средств с использованием СНО должны быть максимально механизированы и автоматизированы.

Несомненным преимуществом средств наземного обеспечения должна стать максимальная мобильность и автономность в работе, при этом средства с электрическим проводом должны иметь возможность подключения к промышленной сети.

Все средства наземного обеспечения должны быть сертифицированы на территории той страны, на которой они эксплуатируются для получения разрешения к техническому обслуживанию авиационного транспорта. Это относится и к иностранным СНО.

При этом они должны соответствовать требованиям стандартов по эргономике, инженерной психологии и технической эстетике, а также санитарным, медико-техническим требованиям и условиям жизнедеятельности технического состава работников.

Управление работой систем СНО должно быть комфортным, производиться с рабочего места оператора или при помощи переносного пульта дистанционного управления. Конструкцией рабочего места оператора предусматривается обеспечение максимального обзора обслуживаемых авиационных машин. Размещение приборов и органов управления должно обеспечивать оператору возможность производить работы в любое время суток.

Конструкцией СНО должно быть предусмотрено обеспечение безопасного и удобного доступа их к самолету (вертолету) на расстояние, позволяющее осуществлять нормальную работу по прямому назначению. СНО не должны повреждать лакокрасочное

покрытие и элементы самолета (вертолета) в процессе его обслуживания.

Все СНО направлены на улучшение функционирования авиационного транспорта, устранения всех неполадок, а также несут в себе вспомогательную функцию, в частности, использование СНО не должно загрязнять окружающую среду.

На рабочих, отвечающих за данные действия возложена высокая ответственность, так как любое неверное решение или действие может привести к непоправимой ситуации, в результате которой могут пострадать физические и юридические лица.

Подводя итог вышеизложенного, можно сделать вывод, что ни одно транспортное средство нельзя использовать без предварительного осмотра и проверки. Это и касается авиационного транспорта. Средства наземного обеспечения полётов используются для подготовки судна, исправления поломок, проводят диагностику и другие комплексы проверок, а также помогают обслуживанию летательного судна и позволяют сделать перевозку пассажиров и грузов более безопасной и надежной.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Средства наземного обслуживания самолетов и вертолетов гражданского назначения. Общие технические требования: ГОСТ 31812-2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200100089>.
2. Средства наземного обеспечения полётов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/aviatekhnika>.

УДК 621.59

О.Л. Ерин, Д.А. Шевченко

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УЗЛА ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА ГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Высокая эффективность различных производств связана с рациональным использованием материальных и энергетических ресурсов и характеризуется расширением номенклатуры энергопреобразующих устройств, повышением их мощности, ужесточением условий эксплуатации и ограничением по весогабаритным показателям.

Во всех областях жизни современного человека огромную роль наряду с другими видами энергии играет энергия сжатого воздуха. Сжатый воздух используется на транспорте, в энергетике,

в горной и нефтяной промышленности, металлургии, медицине, а также при проведении различных технологических процессов. Широкое применение сжатого воздуха вызывает необходимость использования большого количества компрессорных установок. Эксплуатация компрессорного оборудования связана с большими затратами электроэнергии. Неотъемлемой частью компрессорных установок различного функционального назначения является система охлаждения, эксплуатационные характеристики которой существенно влияют на эффективность работы.

В связи с этим возникает вопрос о создании систем охлаждения, которые обеспечивали бы требуемый тепловой режим с минимальными затратами материальных и энергетических ресурсов.

В настоящее время предложена конструкция узла охлаждения воздуха газодобывающей станции, а именно поршневого детандер-компрессорного агрегата, включающего в себя поршневой компрессор, поршневой детандер, размещенные в одном корпусе, имеющие общую шатунно-поршковую группу с расположением цилиндра детандера над цилиндром компрессора и систему принудительного газораспределения для детандера. Основными недостатками такой конструкции являются сложность их конструкции, большая удельная металлоемкость, низкая эксплуатационная надежность, а также невысокая эффективность работы, обусловленная теплопритоками из-за близкого расположения цилиндров детандера и компрессора и принудительным механизмом газораспределения детандера.

Существует другая конструкция детандер-компрессорного агрегата, в которой исключены теплопритоки со стороны горячего цилиндра компрессора к холодному цилиндру детандера благодаря разделению их промежуточной камерой. Однако сохранение принудительного механизма газораспределения детандера не исключает вышеперечисленных недостатков. [1].

Известен способ работы и поршневой детандер-компрессорный агрегат, включающий в себя поршневой компрессор, поршневой детандер, размещенные в одном корпусе, с присоединенными к коленчатому валу шатунно-поршковыми группами, в котором стенки цилиндра поршневого детандера содержат выпускные окна, соединенные общим коллектором, а впускной клапан выполнен нормально открытым и снабжен закрепленным на пружине запорным элементом [2]. Основным недостатком является то, что часть рабочего тела остается в цилиндре после рабочего хода, сжимается при обратном ходе поршня и разогревается при сжатии, после чего смешивается с холодным рабочим телом, поступившим через впускной канал, и

повышает его температуру за счет конвективного теплообмена, что снижает эффективность работы детандера.

Устранение указанных недостатков и повышение эффективности работы узла охлаждения 1, представленного на рисунке, достигается за счет удаления использованного рабочего тела из цилиндра при обратном ходе поршня.

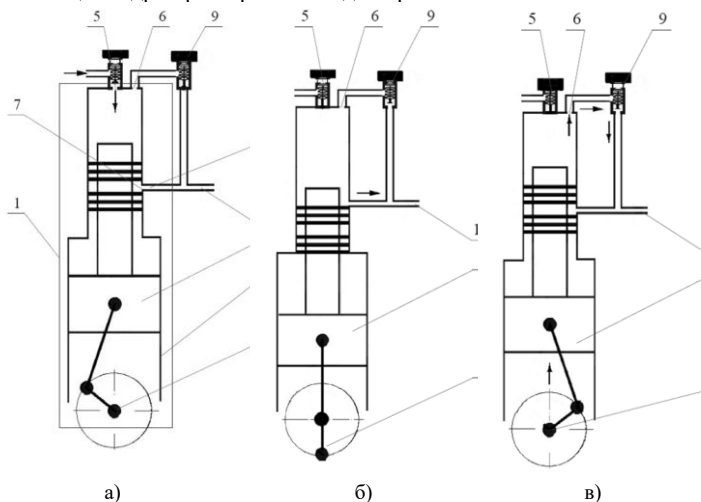


Рисунок 1 – Способ работы узла охлаждения

Рабочее тело под давлением через впускной канал 5 подают в цилиндр 2 и воздействуют на поршень 3, связанный с кривошипно-шатунным механизмом 4. После впуска рабочего тела в цилиндр 2, впускной 5 канал перекрывают. Выпускной канал 6 и перепускной клапаны 9 в это время закрыты.

Под действием давления рабочего тела, поршень 3 перемещается от впускного 5 канала к нижней мертвой точке с увеличением объема цилиндра, при этом увеличение объема рабочего тела сопровождается понижением его температуры. При достижении поршнем 3 нижней мертвой точки, выпускные окна 7 открываются и основная часть рабочего тела поступает в общий коллектор 8. Поршень 3 начинает движение вверх и сжимает оставшуюся часть рабочего тела в цилиндре 2, с одновременным ее нагреванием.

В это время открывают выпускной канал 6 и перепускной клапаны 9, и оставшуюся часть рабочего тела направляют через их полости в полость канала 10, где она перемешивается с основной частью и поступает для дальнейшего использования. После

достижения поршнем верхней мертвой точки, выпускной канал 6 и перепускной клапан 9 закрывают, а впускной канал 5 открывают для подачи новой порции рабочего тела в цилиндр 2.

Предложенный способ работы узла охлаждения позволяет повысить эффективность и эксплуатационную надежность устройства, упростить конструкцию, снизить удельную металлоемкость агрегата за счет увеличения его производительности, связанной с изменением температуры рабочего тела.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Расширительные машины [Текст] / К.И. Страхович, И.К. Кондряков, В.И. Епифанова, К.С. Буткевич, В.Н. Новотельнов. – М.; Л.: Машиностроение, 1966. – 296 с.
2. Поршневой детандер - компрессорный агрегат: пат. 2134850 Российская Федерация / А.Д. Ваяшов, А.Н. Кабаков, В.С. Калекин, С.П. Куликов, И.К. Прилуцкий. – Оpubл. 20.08.99.

УДК 621.59

И.В. Желтоухов, А.В. Козлов, Р.С. Сустретов

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия*

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ И МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Для обеспечения воздушных судов государственной авиации жидкими и газообразными азотом и кислородом с содержанием получаемого продукта, соответствующего ГОСТ 9293–74, ГОСТ 5583–78 и ГОСТ 6331–78 применяются мобильные газодобывающие станции малой производительности. На воздухоразделительных газодобывающих станциях малой производительности ТКДС–100В, АКДС–70М2 используется метод низкотемпературной ректификации воздуха с холодильным циклом высокого давления (цикл Гейландта), что является не характерным для установок большой производительности и установок, использующих другие методы разделения воздуха [1].

Производительность, как основной характеризующий газодобывающую станцию показатель в значительной степени зависит от качества регулирования тепловых и массообменных процессов, протекающих в разрезной ректификационной колонне криогенного блока разделения воздуха газодобывающей станции. В современных воздухоразделительных газодобывающих станциях

малой производительности используются ректификационные колонны тарельчатого типа, контактным устройством которых является ситчатая тарелка. Учитывая ряд преимуществ регулярной пакетной гофрированной теплообменной насадки относительно ректификационных тарелок, предлагается на воздуходелительных газодобывающих станциях малой производительности в ректификационной колонне высокого давления применить данный тип контактного теплообменного устройства.

Наиболее эффективной является работа колонны при нагрузке, близкой к максимально возможной. Требуемая степень разделения исходной смеси в ректификационной колонне достигается регулированием интенсивности кипения и флегмового отношения в соответствии с количеством и составом исходной смеси. Увеличение флегмового числа повышает чистоту дистиллята, но влечет за собой перерасход тепла для испарения избыточной флегмы.

В связи с этим, чрезвычайно актуальным является разработка такой системы управления процессом ректификации, которая позволит максимально оптимизировать работу газодобывающей станции малой производительности и существенно повысить эффективность ее применения.

Низкотемпературная ректификация воздуха представляет собой процесс тепло- и массообмена между потоками неравновесных жидкости и пара (состоящих из одинаковых компонентов) в адиабатном аппарате с постоянным давлением. Движущей силой процесса является неравновесная разность концентраций компонентов разделяемой смеси [2].

Регулирование потоков питания ректификационной колонны высокого давления может быть осуществлено, путем перераспределения общего потока регулировочным вентилем Р-1 в пределах от 50 до 70% для основного и от 50 до 30% для детандерного соответственно. Технологическая схема газодобывающей станции представлена на рисунке 1.

В ректификационной колонне имеется градиент температуры и давления, который определяется условиями равновесия. Уровень криогенной жидкости в испарителе ректификационной колонны высокого давления также является регулируемым параметром, который в значительной степени зависит от величины открытия регулировочного вентиля Р-2.

Общее массовое количество производственного азота, отбираемого в жидком виде из конденсатора колонны низкого давления, является регулируемым параметром, которое определяется степенью открытия регулировочного вентиля Р-6, перепадом давлений в колоннах № 1 и № 2.

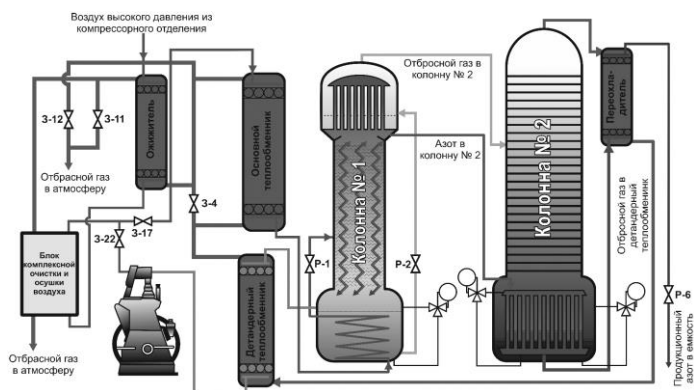


Рисунок 1 – Технологическая схема газодобывающей станции с модернизированной ректификационной колонной высокого давления № 1 насадочного типа:

1 – детандерный агрегат; 2 – насадочная ректификационная колонна высокого давления; 3 – тарельчатая ректификационная колонна низкого давления; 4, 5, 6 – указатель уровня криогенной жидкости; 3-12, 3-11, 3-22, 3-17, 3-4 – запорные вентили; P-1, P-2, P-3 – регулировочные вентили

Степень открытия регулировочного вентиля P-6 определяет производительность установки. В тоже время на величину максимальной производительности, а, следовательно, и максимальной величины открытия вентиля P-6, накладывает ограничения требуемая концентрация продукта. Основная задача сводится к обеспечению таких условий протекания процесса низкотемпературной ректификации воздуха в ректификационной колонне высокого давления при которых будет обеспечено наилучшее протекание теплообменных процессов на контактном устройстве.

Наилучший контакт фаз в колоннах насадочного типа достигается в момент начала «захлёбывания» колонны, т. е. в тот момент, когда пар начинает препятствовать стеканию жидкости [3].

В связи с этим задача регулирования процесса отбора продуктов разделения воздуха сводится к поиску такого значения величины расхода пара, которое обеспечит максимально возможную нагрузку ректификационной колонны при определенном флегмовом отношении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Криогенные системы: учебник для студентов вузов по специальности «Техника и физика низких температур» и «Холодильная, криогенная техника и кондиционирование»: В 2 т. / А.М. Архаров и др. – 2 изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1999. – Т.2. Основы проектирования аппаратов, установок и систем. – 720 с.

2. Архаров, И. А. Моделирование процессов тепло–массопередачи на регулярных насадках колонн дистилляционных установок / И. А. Архаров, Е. С. Навасардян // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2006. – № 9. – С. 22–25.

3. Воробьев, А.А. Интенсификация тепломассообмена в насадочной ректификационной колонне воздухоразделительной установки малой производительности, работающей по циклу высокого давления / А.А. Воробьев, А.В. Козлов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2015. – № 2. – С. 22–25.

УДК 661.175.3

А.А. Жукова, В.А. Котович

Белорусская государственная академия авиации

КРАТКИЙ ОБЗОР ВИДА, СОСТАВА ПОЖ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Сегодня одним из необходимых условий безопасности полётов является обработка воздушного судна (далее ВС) противообледенительными жидкостями (ПОЖ). Основное применение ПОЖ – удаление снега и льда с аэродинамических поверхностей самолёта, фюзеляжа и последующая защита от возможного покрытия ВС ледяными осадками.

В Республике Беларусь и Российской Федерации активно используются жидкости на основе диэтилен-, моноэтилен- и пропиленгликоля. В соответствии с нормативными документами, такими жидкостями являются [1]:

Тип I: Арктика ДГ; Safewing EG I 1996; Octaflo Lyod.

Тип II: Safewing MP II Flight.

Тип IV: Safewing MP IV Launch; Max Flight sneg.

Отличиями жидкостей Тип I от жидкостей Тип II и Тип IV являются:

1. Состав. Жидкости Тип I имеют в своём составе воду, компонент с пониженной температурой замерзания (КПТЗ), поверхностно активное вещество (ПАВ) и ингибитор коррозии (ИК). В жидкостях Тип II и Тип IV к этим компонентам добавляется загуститель.

2. Применение. Жидкости Тип I применяются на всех видах ВС ГА, но только для удаления ледяной массы с поверхности воздушного судна. Жидкости Тип II и Тип IV применяются на ВС со скоростью отрыва передней стойки шасси не менее 185 км/ч и

служат не только для удаления ледяной массы, но и для последующей защиты ВС во время посадки пассажиров и рулёжки.

Основным компонентом в ПОЖ является КПТЗ. Он должен соответствовать следующим требованиям: низкая температура замерзания, необходимое содержание атомов кислорода для полярного взаимодействия с водой, высокая термостабильность. Данным критериям соответствуют: глицерин, диэтилен-, моноэтилен- и пропиленгликоль. Следует рассмотреть основные недостатки ПОЖ на данных КПТЗ, а так же основные проблемы при их использовании.

КПТЗ оказывают негативное воздействие на окружающую среду вследствие своей токсичности. Оценка токсичности происходит по следующим критериям: летальная концентрация (ЛК) для водных микроорганизмов и биологическое потребление кислорода (БПК). Проблема, связанная с уменьшением токсичности КПТЗ, является актуальной для многих аэропортов, производителей ПОЖ и научно-исследовательских центров по оценке, сертификации и разработке ПОЖ. Рассмотрим ранее упомянутые КПТЗ:

1. Пропиленгликоль. ЛК равна 46300 мг/л. БПК равно 1680 г/кг.
2. Моноэтиленгликоль. ЛК равна 10000 мг/л. БПК равно 910 г/кг.
3. Диэтиленгликоль. ЛК равна 53300 мг/л. БПК равно 1510 г/кг.
4. Глицерин. ЛК равна 34900 мг/л. БПК равно 1220 г/кг.

Таким образом, по сумме двух критериев, наиболее экологически безопасным является диэтиленгликоль.

Помимо КПТЗ, на токсичность ПОЖ в такой же степени влияет и поверхностно активное вещество (ПАВ). Его ЛК обычно варьируется в пределах от 1000 до 100 мг/л. Поэтому на данный момент перспективным является рассмотрение таких ПАВ как Tergitol L-64, с ЛК равной 15000 мг/л [2].

Снизить влияние на окружающую среду возможно не только изменением состава ПОЖ. В достаточной степени вред для окружающей среды можно уменьшить грамотным использованием ПОЖ с должным уровнем профессионализма. Например, на обработку Boeing-737 требуется от 100 л до 1 тонны ПОЖ, из которых только 30 % остаются на самолёте. Ещё 30 % улетучиваются, а оставшиеся 40 % попадают на место стоянки и в почву. Так же некачественная первичная обработка самолёта может повлечь за собой повторное покрытие ВС ПОЖ, что увеличит затраты жидкости. На сегодняшний день обработка самолёта производится машинами-«эlefантами» и порталными системами под управлением человека (рисунок 1). Поэтому должный уровень

подготовки специалистов позволяет выполнять обработку ВС более эффективно.



Рисунок 1 – Портальная система Ice Wolf в аэропорту Денвера

Перспективным является и повторное использование жидкости. Известны случаи повторного использования стекающей с самолёта жидкости для менее ответственных задач [3], однако мы уверены, что прогрессивная система обработки ВС должна иметь встроенную систему повторного использования ПОЖ. Тем самым это снизит не только затраты жидкости, но и объёмы ПОЖ, попадающие в окружающую среду.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Перечень противообледенительных жидкостей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://centr.favt.ru/public/materials/files/poj-16-17.pdf>- Дата обращения: 06.10.2020.
2. Alternative Aircraft Anti-Icing Formulations with Reduced Aquatic Toxicity and Biochemical Oxygen Demand [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nap.edu/catalog/22962/alternative-aircraft-anti-icing-formulations-with-reduced-aquatic-toxicity-and-biochemical-oxygen-demand>. – Дата обращения: 05.10.2020.
3. Шарапова, А. В. Обезвреживание сточных вод от тяжелых металлов под действием ультразвука и утилизация противообледенительных жидкостей с применением прородных сорбентов : дис. ...канд. хим. наук :03.02.08 / А.В. Шарапова. –Ульяновск, 2015. – 114 с.

УДК 629.7.064.5:681.5

П.В. Зобов, А.В. Ширяев

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е.Жуковского и
Ю.А.Гагарина» (г.Воронеж)*

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ

Современный этап развития авиации характеризуется новым скачком качественных характеристик самолетов четвертого и пятого поколений. Отсутствие текущего контроля выходных параметров электроагрегатов в процессе их работы на борту летательного аппарата (ЛА) изначально повышает вероятность питания потребителей ЛА некачественной электрической энергией и, как следствие, уменьшает вероятность безотказной работы самолетного оборудования.

Поэтому актуальной является задача поиска способов решения задач автоматического, встроенного контроля работоспособности и диагностирования спецоборудования авиационных агрегатов по их техническому состоянию в процессе эксплуатации.

В настоящее время контроль этих режимов производится оператором визуально по приборам с большой периодичностью и малой точностью. Все это не дает возможности судить о полной работоспособности электросистем воздушных судов в каждый момент времени в процессе их функционирования.

Задача контроля электроэнергии в установившихся режимах уже сейчас может быть решена путем создания встроенной в источник автоматической системы контроля и диагностирования, способной оперативно определить выход основных параметров за нормы, предусмотренные ГОСТ 54073-2010 [3], а также предоставить статическую информацию о количестве таких отклонений в процессе рабочего времени. Последнее, в свою очередь, позволяет судить о техническом состоянии наземного источника. Наибольшие функциональные возможности такой системы контроля можно реализовать с помощью современных микроконтроллеров.

На основе анализа работы авиационного подвижного электроагрегата [1] разработан алгоритм работы системы диагностики и контроля качества электрической энергии, составлена структурная схема системы диагностики [2].

Основой системы является микрокомпьютер который анализирует сигналы, поступающих от блоков сбора и обработки информации.

От датчиков сигналы поступают в блок сбора и преобразования информации. Аналоговые сигналы в блоке

преобразуются в цифровые и отправляются в блок управления. Блок управления анализирует полученную информацию и в случае обнаружения неисправностей выдает сигнал на дисплей и при необходимости блокирует запуск системы или завершает работы системы.

На основе вышесказанного составлена структурная схема системы диагностики, которая изображена на рисунке 1.

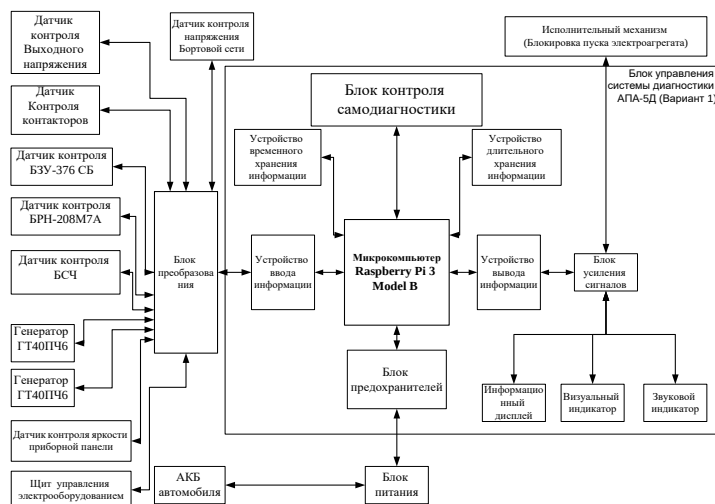


Рисунок 1 – Структурная схема диагностики и контроля

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Щербаков, В.Н. Электроэнергетические системы / В.Н. Щербаков, А.А.Косенко. – Воронеж: ВВАИИ, 2005. – 220 с.
2. Косенко, А.А. Средства обеспечения энергией, электропреобразовательные агрегаты / А.А. Косенко, В.Н. Щербаков. – Воронеж: ВАИУ, 2008. – 320 с.
3. Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии: ГОСТ 54073-2010. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2010. – 25 с.

УДК 358.42:355.424.4

В.Г. Игнатьев, А.В. Капков

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНОГО ГАЗИФИКАТОРА СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ

Анализ применения группировок войск (сил) на стратегических КШУ «Восток-2018», «Центр-2019» и «Кавказ-2020» показал, что при перебазировании авиационной техники с аэродрома постоянного базирования на аэродромы рассредоточения, а также в случае использования аэродромных участков дороги возникает проблемный вопрос – обеспечение авиационной техники газами (кислородом, азотом).

Общезвестно, что хранение и транспортирование газа к месту его потребления, исходя из экономических соображений, целесообразно производить в сжиженном виде. Именно поэтому газификация сжиженных газов является одним из звеньев технологической цепи обеспечения авиационной техники сжатыми газами.

В настоящее время, основными средствами газификации сжиженных газов в авиации Вооруженных Сил Российской Федерации являются стационарные газификационные установки СГУ-7КМ и СГУ-7КМ-У. Разработка и изготовление мобильного газификатора сжиженных газов позволит не только исключить из технологического процесса обеспечения авиационной техники газами средств доставки (транспортировки) сжиженных газов на место газификации и газозарядных станций типа АКЗС и УГЗС, но и решить вопросы непосредственной заправки воздушного судна сжатыми газами, в том числе на аэродромах рассредоточения и на аэродромных участках дороги.

Анализ использования средств газификации показал, что к мобильному газификатору сжиженных газов должны быть предъявлены следующие требования:

- высокая мобильность;
- автономность;
- способность работать в широком диапазоне климатических условий;
- высокий уровень технологичности и унификации.

Для создания мобильного газификатора сжиженных газов предлагается использовать цистерну транспортную для криопродуктов ЦТК-2,75/0,25 (рисунок 1), которая может быть использована в составе газификационной установки с насосом непогружного типа, а масса удовлетворяет грузоподъемности АБШ

Урал-4320, используемое для монтажа специального оборудования средств наземного обеспечения общего применения.

Кроме цистерны ЦТК-2,75/0,25 в состав специального оборудования разрабатываемого газификатора сжиженных газов входят: агрегат насосный АНК-ВВ-10.20, электроагрегат АД-16-Т400-Р. Испаритель, щит управления, наполнительная рампа.

Агрегат насосный АНК-ВВ-10.20 и электроагрегат АД-16-Т400-Р для разрабатываемого газификатора сжиженных газов были взяты из номенклатуры, выпускаемых в настоящее время производителями в Российской Федерации.

Агрегат насосный АНК-ВВ-10.20 изготавливается ООО «ПРОМГАЗ-ТЕХНОЛОГИИ» в климатическом исполнении «У», категории размещения «2» по ГОСТ 15150.

Для питания технологического оборудования в автономном режиме был выбран электроагрегат АД-16-Т400-Р, изготавливаемый ООО «Энергодизельцентр».

Тепловой и конструктивный расчеты испарителя были выполнены, исходя из условия обеспечения газификации жидкого криопродукта, подаваемого насосом сжиженных газов.

Испаритель представляет набор теплообменных элементов из нержавеющей трубы $\varnothing 14 \times 2,5$, соединенных по потоку криопродукта параллельно в одну секцию. В целях уменьшения габаритных размеров испарителя, теплообменный элемент изготавливают с оребренной наружной поверхностью сечением «звезда».

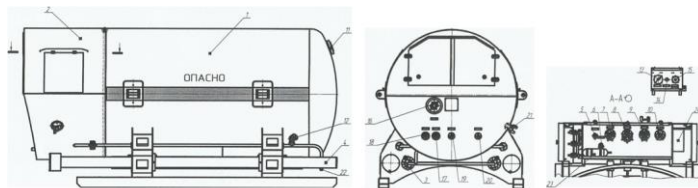


Рисунок 1 – Цистерна транспортная для криопродуктов ЦТК-2,75/0,25:

- 1 – резервуар цилиндрический РЦГ-2,75/0,25; 2 – шкаф арматурный;
- 3 – испаритель наддува; 4 – кожух металлорукава; 5 – вентиль «Утечки из насоса»; 6 – вентиль «Связь по газу»; 7 – клапан «Газоброс»;
- 8 – клапан «Жидкость в испаритель»; 9 – клапан «Наполнение-опорожнение Ду40»; 10 – клапан «Жидкость в насос»; 11 – мембранный узел;
- 12 – вакуумный вентиль; 13 – манометр; 14 – вентиль трехходовой;
- 15 – УЖК-6; 16 – гайка РОТ для наполнения-выдачи через Ду40;
- 17 – штуцер для подсоединения шланга Ду18; 18 – штуцер для подачи жидкости в насос; 19 – штуцер отвода Утечек из насоса; 20 – штуцер связь по газу; 21 – гайка РОТ газоброса; 22 – штуцер продувки испарителя;
- 23 – огнетушитель; 24 – ящик ЗИП

Для обеспечения эффективной генерации пара криопродукта и газификации жидкого криопродукта, подаваемого насосом сжиженных газов, в основу принципа его работы положен нестационарный (неустановившийся во времени) процесс газификации жидкого криопродукта, в котором основной частью теплоты, используемой для генерации пара криопродукта, является теплота, аккумулированная массой труб испарителя при теплообмене с окружающим воздухом (так называемый тепловой ресурс испарителя), зависящая от массовой теплоемкости труб и температуры окружающего воздуха.

Для интенсификации процесса газификация жидкого продукта, поступающего из насоса сжиженных газов, может использоваться блок с электронагревательными элементами, продуваемый вентилятором.

Для военно-экономического обоснования применения мобильного газификатора сжиженных газов был произведен расчет потребного количества сжатого кислорода и определены капитальные и энергетические затраты на газификацию сжиженного кислорода, необходимого для обеспечения боевой подготовки авиационной части. Расчет показал, что применение предлагаемого мобильного газификатора сжиженных газов позволяет не только снизить капитальные и энергетические затраты, за счет исключения из технологического процесса обеспечения авиационной техники газами средств доставки (транспортировки) сжиженных газов и газозарядных станций типа АКЗС и УГЗС, но и решить проблемный вопрос обеспечения авиационной техники газами на аэродромах рассредоточения, а также в случае использования аэродромных участков дороги.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Цистерна транспортная для криопродуктов ЦТК-2,75/0,25: Руководство по эксплуатации. – Екатеринбург: АО «УКЗ» ПКО, 2016. – 63 с.
2. Агрегат насосный АНК-ВВ-10.20: Руководство по эксплуатации. – Псков: ООО «ПРОМГАЗ-ТЕХНОЛОГИЙ», 2016. – 53 с.
3. Электроагрегат АД-16-Т400-Р: Руководство по эксплуатации. – Тулаев: ООО ПКФ «Энергодизельцентр», 2016. – 65 с.
4. Russian Arms Forum [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://russianarms.ru>. – Дата обращения: 07.08.2020.

УДК 621.391

В.И. Колодин, Р.А. Баранов, К.Ю. Ненашев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

В статье представлен подход к выбору показателей оценки эффективности качества радиотехнического обеспечения полетов по этапам выполнения полета, характеризующих качество обеспечения полетов государственной авиации. Определение показателей оценки эффективности качества радиотехнического обеспечения полетов является задачей сложной и многоуровневой, от правильного выполнения которой зависит оценка радиотехнического обеспечения государственной авиации. Предложены обобщенный, общий и частные показатели оценки эффективности подсистемы радиотехнического обеспечения полетов, а также методика их оценки. Рассматриваемый подход к определению перечисленных показателей можно положить в основу рекомендаций по совершенствованию радиотехнического обеспечения государственной авиации.

Радиотехническое обеспечение (РТО) предназначено для решения следующих задач: передачи и приема с высоким качеством различных видов информации, вывод информации о местоположении воздушных судов (ВС) на пункты управления (ПУ) и предоставление радионавигационной информации экипажам ВС в любых климатических условиях и в любое время года и суток. Эффективность связи и РТО (С и РТО) полетов можно оценить группой основных показателей, свойственных информационному обмену, это: достоверность, своевременность и безопасность. Для выполнения этих задач создается система С и РТО, которая представляет совокупность узлов и средств С и РТО, соединенных между собой линиями связи в определенном порядке, соответствующем решению командира на организацию управления.

Достоверность С и РТО – это способность системы С и РТО обеспечивать воспроизведение передаваемых сообщений в пунктах приема с заданной точностью, а также требуемую точность самолетовождения. Количественным значением достоверности С и РТО ($P_{\text{дСРТО}}$) является вероятность того, что число ошибок в сообщении ($N_{\text{ош}}$) не превысит допустимое ($N_{\text{ош.дон}}$):

$$P_{\text{дСРТО}} = P(N_{\text{ош}} \leq N_{\text{ош.дон}}) \quad (1)$$

Своевременность С и РТО – это способность системы С и РТО обеспечивать прохождение всех видов информации в установленные сроки или в реальном масштабе времени. Своевременность С и РТО возможно оценить временем нахождения сообщений определенного вида в информационной системе ($T_{пер}$), которое складывается из времени прохождения сообщения по каналу в системе С и РТО ($T_{пр}$) и времени дополнительных (вспомогательных) операций ($T_{во}$) сообщений:

$$T_{пер} = T_{пр} + T_{во} \quad (2)$$

Безопасность характеризует способность системы С и РТО противостоять несанкционированному получению информации, а также воздействиям противника на элементы С и РТО.

Для оценки безопасности передаваемой информации используется понятия иммитостойкости и разведзащищенности. Иммитостойкость С и РТО – это способность системы С и РТО противостоять вводу ложной, в том числе и ранее переданной, информации и навязыванию ложных режимов работы. За показатель иммитостойкости принимают вероятность отсутствия не достоверной (ложной) информации в информационной системе: $P_{им} = 1 - P_{ли}$, где $P_{ли}$ – вероятность ввода не достоверной (ложной) информации в систему.

Информация, передаваемая в системе управления, обладает оперативной значимостью определенное время, после истечения которого она становится бесполезной, за показатель разведзащищенности информационной системы, как принимают вероятность того, что время вскрытия информации окажется не меньше допустимого $P_{рз} = P(T_{вскр} \geq T_{вскр. доп})$.

На основании выше изложенного, показатель безопасности С и РТО можно определить по следующей формуле:

$$P_{безСРТО} = P_{имсСРТО} P_{скСРТО} \quad (3)$$

где $P_{безСРТО}$ – вероятность безопасности С и РТО; $P_{имсСРТО}$ – вероятность иммитостойкости информации С и РТО; $P_{скСРТО}$ – вероятность скрытости информации С и РТО.

Таким образом, общим показателем оценки эффективности С и РТО понимается вероятность обеспечения информацией в системе С и РТО с заданным качеством (достоверностью, своевременностью и безопасностью) при выполнении каждой задачи системой С и РТО ($F_{СРТО}$).

Для оценки эффективности системы С и РТО, которая обеспечивает обмен информации в системе управления, необходимо учитывать показатели достоверности и

своевременности, при сохранении уровня безопасности не ниже требуемого.

В реальном процессе информационного обмена эти показатели взаимозависимы. Не достаточная достоверность передачи информации приводит к необходимости повторной ее передачи, а это приводит, к снижению своевременности передаваемой информации.

Математическое выражение общего показателя эффективности системы С и РТО можно представить в виде:

$$F_{CPTO} = P \square T_{nep} \square \square T_{nep, \dot{don}} / N_{ou} \leq N_{ou, \dot{don}} \square P(N_{ou} \leq N_{ou, \dot{don}}) P_{безCPTO}, \quad (4)$$

где $P \square T_{nep} \square \square T_{nep, \dot{don}} / N_{ou} \leq N_{ou, \dot{don}} \square$ – условная вероятность своевременной передачи информации при условии выполнения системой С и РТО требований по достоверности; $P(N_{ou} \leq N_{ou, \dot{don}})$ – вероятность достоверной передачи информации.

На основании вышеизложенного, за обобщенный показатель оценки эффективности системы С и РТО можно принять вероятность выполнения задач с заданным качеством на всех этапах полета ВС ($F_{эCPTO}$):

$$F_{эCPTO} = \sum_{n=1}^N \alpha_i F_{CPTO_i}, \quad (5)$$

где N – подмножество i -ых задач системы С и РТО, способствующих достижению цели; α_i – коэффициенты каждой из задач С и РТО, при условии, что их сумма не превышает единицы.

В выполнении задач подсистемой РТО по обеспечению полетов государственной авиации на различных этапах будут использоваться различные средства РТО, которые обеспечивают обмен радиотехнической информацией между ВС и ПУ. Полнота предоставления радиотехнической информации характеризуется способностью средств РТО выполнять задачи по назначению в течение установленного периода времени в различных условиях обстановки, а также качеством передаваемой радиотехнической информации.

Эффективность обеспечения полетов подсистемой РТО можно оценить функциональным критерием вероятностного типа – способностью обеспечить все этапы полета государственной авиации – коэффициентом эффективности подсистемы РТО (K_{pmo}):

$$K_{pmo} = \sum_{j=1}^N P_{j\alpha_j} \quad (6)$$

где P_j – вероятность выполнения j -й частной задачи РТО; α_j – весовой коэффициент j – й частной задачи; $j=1, N$ – подмножество частных задач подсистемы РТО.

Коэффициент эффективности выполнения задач подсистемы РТО объединяет подмножество частных задач, которая отражает эффективность обеспечения полетов государственной авиации и может быть принят в качестве обобщенного показателя эффективности выполнения задач.

В качестве показателей, характеризующих качество выполнения задач РТО, можно принять:

способность подсистемы РТО с высоким качеством обеспечить взлет и построение боевых порядков государственной авиации, которая определяется вероятностью обеспечения взлета и построения боевых порядков ($P_{об\ взл}$);

способность подсистемы РТО обеспечить вывод боевых порядков в район выполнения задач, которая может определяться вероятностью обеспечения вывода в район выполнения задач ($P_{об\ выв}$);

способность подсистемы РТО обеспечить вывод воздушных судов в район аэродромов посадки и обеспечения посадки которая определяется вероятностью обеспечения вывода и посадки ($P_{об\ выв\ и\ пос}$);

С помощью предложенных показателей возможно оценить возможности подсистемы связи и РТО по обеспечению управления.

Приведенные показатели являются вероятностными величинами и определяют качество предоставляемой информации.

Таким образом, процесс управления характеризуется иерархичностью организации, целенаправленностью функционирования, большим числом объектов управления, наличием большого количества информационных связей и взаимодействия между ними.

Представленный подход к выбору обобщенного, общего и частных показателей оценки эффективности С и РТО позволит обеспечить более оперативное, качественное и обоснованное принятие решения на организацию С и РТО.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральные авиационные правила «Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь». – М.: ЦАИ ГА, 2007. – 115 с.
2. Словарь войск связи Вооруженных сил Российской Федерации. – М.: Воениздат, 2008. – 213 с.
3. Ивануткин, А.Г. Подход к выбору показателей эффективности связи и радиотехнического обеспечения полетов авиации / А.Г. Ивануткин, М.А. Данилин, М.Ю. Пресняков // Труды МАИ. – 2016. – № 86. – С. 15-19.

4. Ивануткин, А.Г. Методика оценки эффективности радиотехнического обеспечения полетов авиации / А.Г. Ивануткин // Военная мысль. – 2016. – № 7. – С. 33–40.

УДК 656.7.052

Б.П. Комягин, М.А. Сафронов

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, РФ)*

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ

Для оценки эффективности различных вариантов построения автоматизированных систем управления полетами (АСУП) в интересах бесконфликтного и безопасного управления воздушным движением воздушных судов (ВС) в районе аэродрома днем и ночью, в простых и сложных метеоусловиях при требуемой интенсивности полетов в мирное и военное время следует использовать известные критерии оценки эффективности функционирования АСУП. В ряде работ [1, 2] показано, что такими критериями являются пропускная способность системы, зона действия системы, показатель безопасности полетов и надежность, представляющие собой необходимые, но недостаточные условия для характеристики целевого предназначения АСУП, а значит, определения ее эффективности. По этой причине в [2] был обоснован и выбран обобщенный показатель эффективности АСУП. Он определяется следующим образом.

Комплекс задач по обеспечению обслуживания воздушного движения назовем «потребным объемом задач» Q и представим соотношением

$$Q = \sum_i \sum_j n_{ij}, \quad (1)$$

где n_{ij} – число полетов, которые должны быть проведены при

некоторых j -х условиях с интенсивностью λ_j в течение времени ΔT – продолжительности операции или периода учебно-боевой подготовки.

Степень обеспечения данной АСУП решения потребного объема задач Q можно охарактеризовать количеством возникающих при этом потерь Π авиации небоевого характера. Понятно, что потери Π обратно пропорциональны эффективности системы.

Для АСУП V -го типа математическое ожидание потерь Π_v в течение времени ΔT можно определить следующим выражением

$$\Pi_v = \sum_i \sum_j P_{ij} n_{ij}, \quad (2)$$

где P_{ij} – либо вероятность авиационного происшествия в одном полете для АСУП v -го типа в j -х условиях при интенсивности λ_j – P_{ijv} , либо вероятность возникновения потенциально – конфликтной ситуации (ПКС) – P_{plk}^* для тех же условий [2].

Тогда обобщенный показатель эффективности АСУП будет определяться как следующая функция полезности

$$S_v = Q/\Pi_v, \quad \Pi_v > 0, \quad \Delta T \gg 0. \quad (3)$$

Будем называть эталонной АСУП, которая в максимальной степени обеспечивает решение потребного объема задач Q при наименьших потенциальных потерях Π_3 . Тогда такая АСУП обладает эталонной эффективностью, определяемой как:

$$S_3 = Q/\Pi_3, \quad \Pi_3 > 0, \quad \Delta T \gg 0. \quad (4)$$

Таким образом, имея эталонный показатель эффективности для сравнения различных вариантов АСУП, предназначенных для выполнения равных объемов задач $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n = Q$, можно оценить эффективность каждого варианта АСУП по отношению к эталонному значению (нормированному значению) и на основании полученных результатов указать на наилучший вариант.

Введем коэффициент потенциальной эффективности АСУП v -го типа

$$K_v = S_v/S_3. \quad (5)$$

Для всех сравниваемых АСУП, у которых $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n = Q$, получим

$$K_v = \Pi_3/\Pi_v, \quad K_v \in [0, 1], \quad \Delta T \gg 0. \quad (6)$$

Таким образом, как видно из соотношения (2), основой для определения обобщенного показателя эффективности аэродромных АСУП является либо вероятность авиационного происшествия в одном полете, либо возникновение ПКС. Эти вероятности зависят от структуры воздушного пространства, интенсивности полетов, точностных характеристик измерительной подсистемы АСУП и бортового оборудования ВС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Задорожный, А.И. Автоматизированные системы управления полетами и воздушным движением / А.И. Задорожный. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1988. – 290 с.
2. Савенков, М.В. Инженерно-техническое обеспечение автоматизированных систем управления полетами / М.В. Савенков, Р.А. Закиров, А.И. Задорожный. – М.: Машиностроение, 1989. – 272 с.

УДК 623.618

Д.О. Крикунов

*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*

НЕДОСТАТКИ ПРОГРАММНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСОВ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ АВИАЦИОННЫХ ПОЛКОВ С ПЕРСПЕКТИВНЫМИ АВИАЦИОННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

В условиях современного боя, наведение многоцелевого истребителя на цель осуществляется комплексно, с применением систем управления военного назначения (СУВН). Как известно СУВН имеет иерархическую структуру и состоит из различных подсистем. В нашем случае СУВН представлена управляющей подсистемой в виде автоматизированной системы управления (АСУ) и информационной подсистемой, в виде радиолокационной системы. Элементами АСУ являются комплексы средств автоматизации авиационного полка (части) (КСА ап) [1, 4, 5]. Радиолокационная система представлена станцией обнаружения и целеуказания (СОЦ).

АСУ ап предназначена для автоматизированного управления боевыми действиями авиации и по средствам КСА решает следующие задачи:

- прием сигналов боевой тревоги и централизованное приведение в боевую готовность сил и средств системы;
- прием и обработка информации от подразделений радиотехнических войск, взаимодействующих командных пунктов (КП), подчиненных пунктов наведения (ПН) и воздушных источников;
- автоматизированное управление боевыми действиями авиационных частей в централизованном и децентрализованном режимах;
- организация взаимодействия с соседними КП авиационных частей и зенитно-ракетных войск;
- организация полетов по планам учебно-боевой подготовки.

КСА ап, являющиеся элементами АСУ ап, в общем случае, включают в себя подсистему информационного обеспечения (аппаратура передачи данных (АПД)), подсистему управления (автоматизированные рабочие места (АРМ) и вычислительный комплекс (ВК)), подсистему формирования и передачи команд (станция передачи команд (СПК)). В некоторых случаях СПК может быть отнесена к информационной подсистеме. Основу подсистемы информационного обеспечения составляет АПД принимающая информацию о цели и воздушной обстановке от СОЦ и передающая ее в переработанном виде через СПК и радиостанции (РС), а подсистемы управления - базы знаний и данных электронно-вычислительной машины (ЭВМ), входящих в состав вычислительного комплекса, а также АРМ [1, 2]. АПД осуществляет прием и обработку поступающей от СОЦ информации. На основании сопоставления полученной информации от СОЦ и априорной информации, содержащейся в базах знаний и данных ЭВМ ВК, осуществляется оценка воздушной обстановки, определяются объекты (цели) по которым будет осуществляться наведение, формируется наряд воздушных судов (ВС) на цели, а также выбор управляющего пункта боевого управления (ПБУ) и ПН. Выдается необходимая информация (скорость, высота, направление и т.д.) на борта ВС, выполняется расчет траекторий их полета, вывод в район боевых действий, в том числе выбирается метод наведения на цель и так далее.

Однако, имея такой огромный потенциал для автоматизированного управления авиацией, КСА ап, к сожалению, на современном этапе осуществляют сопряжение лишь с уже морально и технически устаревшей как наземной, так и воздушной техникой. К примеру, из авиационных комплексов осуществляется наведение и сопряжение с МиГ-31, Су-27, МиГ-29, А-50. Наведение и сопряжение с такими перспективными авиационными комплексами как Су-57, Су-35 не осуществляется. Взаимодействие с Су-30 и Су-34 также не поддерживается. Требуется разработка и реализация программно-функционального взаимодействия. Также обстоит дело и с наземными взаимодействующими и вышестоящими КСА. КСА старого типа, разработанные еще в 80-90х годах, такие как «Байкал», «Рубеж», «Универсал» и так далее, до сих пор хоть и стоят на вооружении, однако технически и морально устарели и не соответствуют требованиям современного мира. Конечно, для относительно полноценного применения таких КСА производится их доработка, заменяются различные составные части на модернизированные, но это лишь продлевает их срок службы и на малую долю приближает к решению задач в условиях современной боевой обстановки. Необходимо использование новейшей техники и современных технологий. На сегодняшний

день уже существуют перспективные КСА которые постепенно вводятся в строй. Однако, полноценное их взаимодействие с КСА другого уровня и современными перспективными авиационными комплексами (ПАК) не налажено в связи с отсутствием единой унифицированной базы программно-функционального взаимодействия [3, 5]. Учитывая вышеизложенное, для реализации более полного использования всего функционала КСА ап и всестороннего его применения, необходимо создать современные защищенные унифицированные протоколы взаимодействия с ПАК и такими же КСА разного уровня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основы проектирования и эксплуатации автоматизированных систем управления военного назначения: учеб. пособие / под. ред. В.Л. Ляковского. – М.: МГТУ, 2016. – 188 с.
2. Константинов, И.О. Принципы построения интеллектуальных автоматизированных систем управления с нечетким регулированием на базе логико-лингвистических моделей представления знаний / И.О. Константинов, А.Г. Филатов, Ю.В. Касьянов // Современные проблемы строительного материаловедения: сб. трудов Седьмых Академических чтений РААСН, Белгород, 2001. – Белгород, 2001. – С. 154-158.
3. Сетевые модели в управлении: сб. статей / под ред. Д.А. Новикова, О.П. Кузнецова, М.В. Губко. – М.: Эгвес, 2011. – 443 с.
4. Громаков, Е.И. Проектирование систем управления для гибких автоматизированных производств: учебно-методическое пособие / Е.И. Громаков, А.Г. Каранкевич. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 152 с.
5. Рудинский, И.Д. Технология проектирования автоматизированных систем обработки информации и управления: учебное пособие для вузов / И.Д. Рудинский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 304 с.

УДК 629.7.084

А.В. Крымов, В.В. Кравцов, Е.А. Мирошниченко

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА СНАБЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ

Одним из основных мероприятий эффективного функционирования средств наземного обеспечения полетов является создание системы технического обслуживания техники. Работы, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом являются прогнозируемыми, а работы, связанные с восстановлением работоспособности или замены технических систем при отказах, сопровождаются их долгим простоем из-за

отсутствия запасных частей и агрегатов, а также долгим рассмотрением заявок на восстановление исправности технических систем, что может привести к снижению готовности средств наземного обеспечения полетов.

Своевременность и бесперебойность снабжения технических систем средств наземного обеспечения полетов запасными частями является одной из важных задач по их функционированию [1].

Для обеспечения планового технического обслуживания и восстановления технических систем при отказах необходимо создать систему централизованного снабжения, учитывая место расположения центральных складов и распределительных центров.

На рисунке 1 представлено три варианта организации распределения с помощью одного, трех или шести складов (соответственно варианты а, б и в).

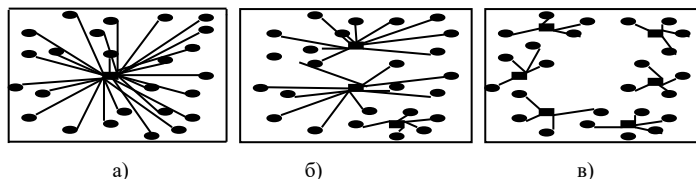


Рисунок 1 – Варианты организации распределения материального потока

Рассмотрим методы определения рационального местоположения распределительного центра, обеспечивающего технические системы средства наземного обеспечения полетов запасными частями [2]:

1. Метод полного перебора.

Рациональное место расположения распределительного центра сначала определяется полным перебором и далее оценкой всех возможных вариантов расположения распределительных центров с помощью математического программирования. Если транспортные сети разветвленные, то данный метод на практике может оказаться, неприменим, из-за того, что число возможных вариантов по мере увеличения масштабов сети и трудоемкость решения, растут по экспоненциальному закону.

2. Эвристический метод.

Эвристический метод очень эффективен для решения больших практических задач. Результаты получаются достаточно близкие к оптимальным при достаточно высокой сложности вычислений, но не обеспечивают отыскания оптимального решения.

Вначале данного метода отказываются от очевидных неприемлемых вариантов, что позволит сократить задачу. Таким образом сокращается количество альтернативных вариантов,

которые необходимо оценить. Остаются только спорные варианты, по которым у эксперта нет однозначного мнения. Для этих вариантов с помощью ЭВМ выполняются расчеты.

3. Метод определения центра тяжести.

Данный метод необходим для определения места расположения одного распределительного центра. При выборе местоположения распределительного центра большее внимание уделяется транспортным расходам, которые напрямую связаны с доставкой запасных частей и агрегатов в распределительный центр и с центра потребителям. С учетом расходов выбирается оптимальный вариант расположения распределительного центра. Рациональное место расположения распределительного центра во многом зависит от особенностей транспортной сети.

Определение точки, соответствующей распределительному центру, находится при помощи следующих формул [3]:

$$M_{x(y)} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{\Pi i} X_{\Pi i} (Y_{\Pi i}) Q_{\Pi i} + \sum_{j=1}^n T_{Kj} X_{Kj} (Y_{Kj}) Q_{Kj}}{\sum_{i=1}^m T_{\Pi i} Q_{\Pi i} + \sum_{j=1}^n T_{Kj} Q_{Kj}}, \quad (1)$$

где M – определяемый центр равновесной системы транспортных затрат, $T_{\Pi i}$ – транспортный тариф для поставщика на перевозку МС, T_{Kj} – транспортный тариф для клиента на перевозку МС, $X_{\Pi i}$ – расстояние от начала выбранной системы координат до i -го поставщика ($i=1, 2, \dots, m$), R_{Kj} – расстояние от начала выбранной системы координат до j -го клиента ($j=1, 2, \dots, n$), $Q_{\Pi i}$ – вес (объем) МС, отправляемый i -м поставщиком ($i=1, 2, \dots, m$), Q_{Kj} – вес (объем) МС, получаемый j -м клиентом ($j=1, 2, \dots, n$).

При решении задачи рационального местоположения распределительного центра необходимо определить условия:

1. Транспортные тарифы одинаковы на всём пути перемещения материальных средств выбранным видом транспорта.

2. Воздушные перевозки осуществляются по кратчайшим расстояниям между пунктами назначения.

3. Распределительный центр выбирается из множества мест расположения авиационных частей объединения.

Для осуществления перевозок местоположение распределительного центра ищем минимальное значение функционала:

$$F = \min_l \left[\sum_{i=1}^m a_i R_{\Pi li} + \sum_{j=1}^n b_j R_{Klj} \right], \quad (2)$$

где $R_{\Pi li}$ – расстояние от i -го поставщика до l -го предполагаемого распределительного центра, R_{Klj} – расстояние от j -

го клиента до l -го предполагаемого распределительного центра, a_i – масса перевозимых МС от i -го поставщика до предполагаемого распределительного центра, b_j – масса перевозимых МС от распределительного центра до j -го клиента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ИАО боевой подготовки и боевых действий авиации вооруженных сил и эксплуатация авиационных РЭК / В.А. Виноградов, В.Ф. Воскобоев, О.А. Лаксаков, М.С. – М.: ВВИА им. профессора Н.Е. Жуковского, 1989. – Ч. 1. – 472 с.
2. Гаджинский, А.М. Логистика / А.М. Гаджинский – М.: Дашков и К⁰, 2008. – 484 с.
3. Гнеденко, Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. - М.: Наука, 1987. – 329 с.

УДК 355.415:517.97

С.Ю. Кулаков, И.А. Гуляев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УЧЕТА НА СКЛАДЕ АВИАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИМУЩЕСТВА

Эффективность функционирования системы материально-технического обеспечения авиационно-техническим имуществом (АТИ) подразделений во многом определяет уровень их боевой и мобилизационной готовности. При этом основной ее целью является наиболее полное удовлетворение спроса потребителей при наименьших затратах на содержание запасов материальных ценностей.

Важнейшим ее элементом является склад, представляющий собой сложный объект, как с технической, так и с управленческой точки зрения [1]. Основной целью складского хозяйства является прием грузопотока с одними параметрами (размерными, качественными и временными), переработка, накопление и выдача его с уже другими параметрами потребителю. Преобразование потока МЦ на складе АТИ должно выполняться с наибольшей производительностью и экономической эффективностью. Проблемы, связанные с эффективностью функционирования складов, оказывают значительное влияние на оптимизацию движения материальных потоков в логистической цепи и, в конечном итоге, на полноту и качество материально-технического обеспечения [2].

Современный склад АТИ – это сложное техническое сооружение, которое состоит из многочисленных взаимосвязанных элементов, имеет определенную структуру и выполняет ряд функций по преобразованию материальных потоков, а также

накапливанию, переработке и распределению грузов между потребителями. При этом возможное многообразие параметров, технологических и объемно-планировочных решений, конструкций оборудования и характеристик разнообразной номенклатуры грузов, перерабатываемых на складах, относит склады к сложным системам.

В то же время склад сам является всего лишь элементом системы более высокого уровня – логистической цепи, которая и формирует основные и технические требования к складской системе, устанавливает цели и критерии её оптимального функционирования, диктует условия переработки груза. Поэтому склад должен рассматриваться не изолированно, а как интегрированная составная часть логистической цепи. Только такой подход позволит обеспечить успешное выполнение основных функций склада и достижение высокого уровня рентабельности.

На складе АТИ осуществляются следующие основные складские операции:

- учет наличия, движения и качественного (технического) состояния материальных ценностей, находящихся на хранении;

- отражение в учетных документах результатов проведения проверок;

- подготовка исполненных первичных учетных документов и передача их в операционный (плановый) отдел;

- своевременная подготовка книг (карточек) учета для сверки с данными операционного (планового) отдела.

Учету подлежат все материальные ценности независимо от назначения, источников поступления и способов приобретения. Учет материальных ценностей ведется в целях:

- формирования полной и достоверной информации об их наличии, движении и качественном (техническом) состоянии;

- контроля за законным, целевым, экономным и эффективным использованием, своевременным принятием мер к возмещению виновными лицами причиненного ущерба;

- предотвращения отрицательных результатов хозяйственной деятельности и выявления внутренних резервов;

- подготовки исходных данных для составления документов отчетности.

Создание специализированной автоматизированной информационной системы учета на складе АТИ с использованием программно-аппаратных решений радиочастотной идентификации позволит получить следующие преимущества:

- реализовать правила по ведению информации в радиочастотных метках и, тем самым, обеспечить проверку комплектующих изделий на аутентичность;

повысить экономическую эффективность складских процессов за счет устранения временных затрат, связанных с непроизводительными потерями.

Схема организации контролируемой поставки материальных ценностей на склад авиационно-технического имущества может быть представлена в следующем виде (рисунок 1).

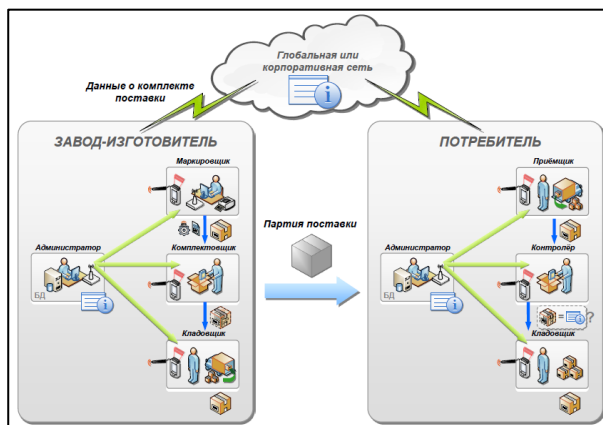


Рисунок 1 – Схема организации контролируемой поставки материальных ценностей на склад авиационно-технического имущества

Использование RFID-системы дает складу АТИ ряд существенных преимуществ, таких как:

- улучшение контроля за перемещениями материальных ценностей в режиме реального времени;
- повышение ответственности складского персонала;
- увеличение скорости поиска, отбора и инвентаризации материальных ценностей;
- уменьшение количества человеческих ресурсов, которые требуются для сбора товаров по накладным и их отгрузки;
- повышение производительности труда [3].

Таким образом, использование RFID-технологии на складе АТИ позволит значительно повысить эффективность системы учета материальных ценностей и производительность труда складского персонала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Багинова, В.В. Основы складской логистики: учеб. пособ. / В.В. Багинова, В.М. Николашин. – М.: МИИТ, 2010. – 86 с.

2. Канке А.А. Логистика: учебник / А.А. Канке, И.П. Кошевая. – М.: Форум: Инфра-М, 2005. – 352 с.

3. Принцип работы технологии RFID и ее применение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rtlservice.com/ru/company/blog/princip_raboty_tehnologii_rfid_i_ee_primenenie/. – Дата обращения: 16.01.2017.

УДК 355.415:517.97

С.Ю. Кулаков, А.А. Каларашук

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

СИСТЕМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

Перевозки опасных грузов [1] различными видами транспорта строго регулируются российским и международным законодательством. Помимо разработки маршрута движения транспортного средства, перевозящего опасный груз, подбора оборудования и способа крепления, важную роль в обеспечении сохранности и целостности груза играет контроль процесса транспортировки.

Он заключается в размещении систем включающих в себя средства объективного контроля внешних факторов, воздействующих на перевозимый груз при его транспортировке. В результате неудовлетворительного дорожного покрытия или нарушения скоростного режима водителем транспортного средства могут возникать значительные силы инерции, приводящие к механическим повреждениям груза.

Для решения данной задачи разработана система контроля транспортировки опасных грузов, техническим результатом которой является создание возможностей использования системы для перевозки опасных грузов различными видами транспорта, информирование водителя о нарушении установленных режимов перевозки, контроля за целостностью укупорки и фактическим наличием перевозимого груза.

Указанный технический результат достигается тем, что система контроля транспортировки опасных грузов конструктивно состоит из блока питания, приемо-передатчика, пульта управления, вычислительного блока, блока управления, светозвуковых сигнализаторов и устройства контроля.

На рисунке приведена структурная схема устройства, где обозначено:

1 – устройство контроля; 2 – автономный датчик контроля состояния опасного груза; 3 – пункт контроля; 4 – блок обработки информации; 5 – считыватель; 6 – акселерометр; 7 – датчики контроля наличия и целостности укупорки груза; 8 – блок оповещения; 9 – источник питания; 10 – пульт управления; 11 –

вычислительный блок; 12 – блок управления; 13 – светозвуковые сигнализаторы.

Устройство работает следующим образом: оператор, посредством пульта управления 10, в блоке оповещения 8 устанавливает пороговые значения параметров состояния опасного груза и размещает на транспортируемых грузовых местах датчики контроля наличия и целостности укупорки груза 7.

В процессе транспортировки груза акселерометр 6 фиксирует ускорения объекта и формирует сигнал на блок обработки информации 4. Считыватель 5 получает информацию с датчиков контроля наличия и целостности укупорки груза 7, сличает их наличие с базой данных и формирует сигнал на блок обработки информации 4. Автономный датчик контроля состояния опасного груза 2 передает сигнал на блок обработки информации 4. Блок обработки информации 4 осуществляет сбор и обработку информации о состоянии перевозимого груза от автономного датчика контроля состояния опасного груза 2, считывателя 5 и акселерометра 6 и формирует сигнал на устройство контроля 1 и вычислительный блок 11. Вычислительный блок 11 осуществляет сравнение значений параметров состояния опасного груза полученных с блока обработки информации 4 со значениями заданными оператором в пульте управления 10 и в случае их превышения формирует сигнал на блок управления 12. Блок управления 12 в зависимости от полученного сигнала включает соответствующий светозвуковой сигнализатор 13.

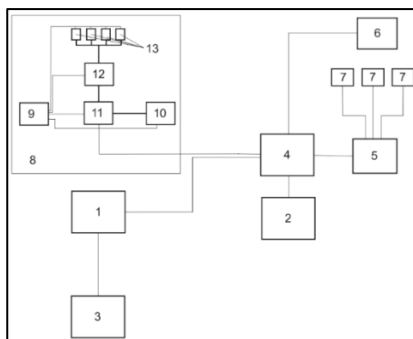


Рисунок 1 – Система контроля транспортировки опасных грузов

Таким образом, использование предложенной системы транспортировки опасных грузов позволит осуществлять контроль за целостностью укупорки, фактическим наличием перевозимого груза и информировать водителя о нарушении установленных режимов перевозки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Грузы опасные. Классификация»: ГОСТ 19433.1-2010. – М. : Изд-во стандартов, 2010. – 72 с.

УДК 629.7.08

Н.Е. Лыхин, Н.М. Белов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ПРИМЕНЕНИЕ ИОНИСТОРОВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ПИКА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРНОМ ЗАПУСКЕ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Одним из наиболее нагруженных режимов работы для наземного электроагрегата является электростартерный запуск авиационных двигателей воздушных судов (ВС). Рассматривая запуск авиационных двигателей Су-25 просадка по напряжению, в соответствии с требованиями стандарта, [1] составляет до 10 В, в течение не более 0,1 с с последующим восстановлением до 14 В при этом пиковое значение по току может превысить 1100 А.

По итогам выполненной в ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) научно-исследовательской работы [2] были отработаны технические решения в ОАО «НТП «Авиатест» (г. Ростов-на-Дону) при создании изделия АЗД-25, общий вид представлен на рисунке 1.



а)



б)

Рисунок 1 – Общий вид изделия АЗД-25:

а) вид слева; б) вид справа

Изделие АЗД-25 предназначено для использования в качестве автономного источника электрической энергии постоянного тока напряжением 27 В и переменного трёхфазного тока напряжением 115/200 В, частотой 400 Гц, а так же для электростартерного запуска газотурбинных двигателей ВС оперативно-тактической и

армейской авиации в режимах «24» и «Запуск через ШРА-250 МЛК (24/48)».

В ходе испытаний, проводимых на аэродроме Липецк, осуществлялся запуск двигателей Су-25 при штатных источниках электрической энергии изделия АЗД-25 и совместно с ионисторами (с одним, с двумя и четырьмя параллельно включенными аккумуляторной батарее 12 САМ-28). На рисунке 2, представлена фотография, на которой: 1 – изделие АЗД-25, 2 – ионисторы, 3 – измерительная аппаратура.

Параметры используемого ионистора следующие: максимальный ток разряда 1200 А, номинальное напряжение 30 В и ёмкость 250 Ф – выпускаются компанией ООО «Тээмп» (г. Москва). Снятая осциллограмма токовой нагрузки с четырёх ионисторов при запуске левого, затем правого двигателя самолёта Су-25 показана на рисунке 3.

По осциллограмме величина отдаваемого тока в нагрузку при запуске левого двигателя составила 472,3 А (точка А на рисунке 3), а при запуске правого двигателя – 558,5 А (точка В на рисунке 3). Напряжение в бортовой сети Су-25 снижалось до 15 В. По оси абсцисс одно деление соответствует 5 секундам.

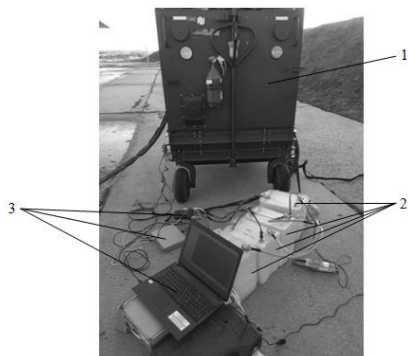


Рисунок 2 – Изделие АЗД-25 с подключенными ионисторами и регистрационной аппаратурой

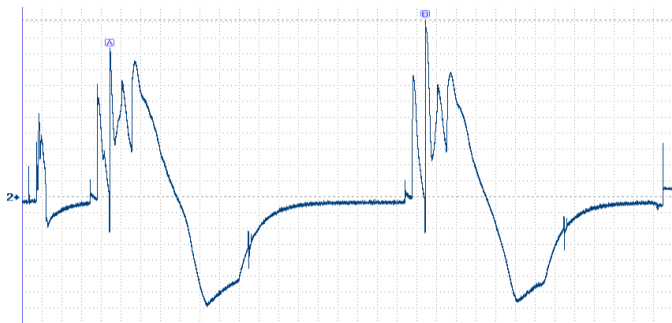


Рисунок 3 – Осциллограмма токовой нагрузки четырех ионисторов при запуске левого, затем правого двигателя Су-25

Запуск авиационных двигателей Су-25 от АЗД-25 с параллельно включенными ионисторами проходил значительно легче. Время потребления тока составило не более 20 секунд, а при обычном запуске (при штатном оборудовании АЗД-25) – составляло более 25 секунд. Разница во времени связана с особенностями конструкции ионистора, а в частности с быстропротекающими электрохимическими процессами. При этом после разряда ионистора сразу же начинается его заряд. Максимальный ток заряда составил 350 А (см. рисунок 3). Поэтому мощность первичного источника должна перекрывать потребление электрической энергии расходуемой на дальнейший процесс запуска авиационных двигателей ВС (длительность запуска авиадвигателя на Су-25 составляет 40...45 секунд) и заряд ионистора.

Таким образом, применение ионисторов в электроэнергетической системе наземного электроагрегата позволяет повысить надёжность запуска авиационных двигателей ВС, за счёт компенсации пика потребляемой мощности в начальный момент пуска.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии: ГОСТ Р 54073-2010. – М.: Издательство стандартов, 2011. – 38 с.
2. Разработка технических решений для малогабаритного аэромобильного средства электроснабжения: отчёт о НИР «Ратрем» (заключ.) / Н.Е. Лыхин, М.Ю. Синёв. – Воронеж: ВАИУ, 2019. – 69 с.

УДК 625.76(0758)

А. С. Люев, Д. В. Каспарович, С. Б. Каверин

Белорусская государственная академия авиации

АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШНЕКОРОТОРНЫХ СНЕГООЧИСТИТЕЛЕЙ

Исследование акустических процессов на шнекороторной снегоочистительной машине с целью снижения уровней звукового давления (УЗД) и эквивалентных уровней звука (УЗ) в кабине и окружающем пространстве до требуемых значений является одним из важнейших и актуальных вопросов не только в области виброакустической динамики сложных механических систем, но и в области охраны окружающей среды от акустического загрязнения и обеспечения безопасности жизнедеятельности.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи экспериментальных исследований – определить УЗД и УЗ в кабине при работе всех рабочих и ходовых механизмов машины; установить вклад источников акустической энергии в общее звуковое поле в кабине, -определить пути снижения шума в кабине.

При системном подходе к вопросу снижения акустических характеристик машины в качестве концептуального принципа принимается тот факт, что акустическая мощность определяется энергией, излучаемой источником в виде звуковых волн в окружающую среду, корпусные, рамные и оболочечные конструкции. Таким образом, реальные источники отдают акустическую энергию в двух формах: в виде звуковой вибрации, передающейся по конструкции машины в точку приема (структурный шум).

Воздушный шум и звуковая вибрация взаимосвязаны и при их распространении по воздушной среде и конструкциям машины проходит многократное преобразование форм энергии из одной в другую. Следовательно, любой реальный источник акустической энергии можно рассматривать с некоторым приближением как совокупность двух независимых источников, один из которых излучает звуковую энергию только в воздушную среду в виде шума, а второй – только в корпусные оболочечные и рамные конструкции, опорные и неопорные связи в виде звуковой вибрации.

Такой подход позволяет разработать более эффективную систему виброакустической защиты оператора и окружающей среды, так как пути распространения энергии различны, то способы снижения общего шума в кабине будут также существенно отличаться друг от друга.

Наиболее полное и объективное представление об излучаемой акустических измерений, например, в кабине, целью разделения

источников является определение вклада каждого источника в общее звуковое поле.

Исследования проводились в лабораторно-полевых условиях в открытом пространстве. При этом использовался новый способ разделения источников на машине при последовательном их включении в общую кинематическую цепь. Измерение УЗД и УЗ осуществлялось прецизионным комплексом, включающим шумомер типа 2203, набор 1/3 – октавных фильтров типа 1613 и дюймовый микрофон. Комплект аппаратуры фирмы «Брюль и Кьер», Дания.

По данным измерений УЗД получен 1/3 октавный спектр шума в кабине. Наибольшие уровни звукового давления наблюдаются при работе всех механизмов машин в полосах со среднегеометрическими частотами 25; 31,5; 40; 50 Гц, а также высокие УЗД имеют место на частотах 63; 80; 100; 125; и 200. Такой шум считается широкополосным низкочастотным.

Наибольший УЗ возникает при одновременной работе всех агрегатов и механизмов и достигает 81,5 дБА. При этом наибольший вклад в общее звуковое поле вносят двигатель и трансмиссия 78 и 76 дБА соответственно. Ротор и шнеки в воздушный шум вносят меньшую лепту.

Закключение. В соответствии с поставленными целью и задачами, руководствуясь полученными результатами акустических исследований шнекороторной снегоочистительной машины сделаны следующие выводы:

1) уровень звука в кабине при одновременной работе всех агрегатов и механизмов превышает нормативное значение на 1,5 дБА.

2) наибольшее УЗД имеют место в широкой полосе 1/3 - октавных низких частот и превышают 80 дБ на среднегеометрических частотах в диапазоне 25...200 Гц,

3) наибольшую долю в общее звуковое поле кабины вносят ДВС и трансмиссия машины 78 и 76 дБА соответственно,

4) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5, 63; 125 Гц -эквивалентный уровень звука превышает нормативные значения на 1,5 ... 3 дБА.

Данные выводы показывают необходимости снижения шума в кабине до нормативных значений (80 дБА). Достичь этого можно путем усиления в кабине звукозащиты оператора, например, за счет применения более эффективной звукопоглощающей конструкции капота двигателя и панелей кабины, а также за счет использования новых звукопоглощающих материалов и других мероприятий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Устинов, Ю.Ф. Снижение виброакустической активности землеройно-транспортных машин / Ю.Ф. Устинов // Изв. вузов. Строительство. – 1994. – №12. – С. 117-121.
2. Устинов, Ю.Ф. Основные концептуальные принципы компьютерных технологий создания малошумных машин / Ю.Ф. Устинов, А.А. Петранин, Е.Н. Петреня // Изв. вузов. Строительство. – 1998. – № 9. – С. 86-95.

УДК 004.032.26

А.О. Малышок, Д.О. Крикунов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ГЛУБОКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АВИАЦИИ

Одной из главнейших задач использования нейронных сетей является решение задач классификации. С непрекращающимся увеличением объема обрабатываемой информации, появляется проблема обработки всего массива данных. В области авиации применение нейронных сетей обусловлено возможностью обработки неограниченного объема входных данных, недоступных человеку.

Так или иначе применение нейронных сетей основано на использовании обучающих данных для достижения приемлемого результата. Среди основных областей для использования технологии, основанной на нейронных сетях – прогнозирование, принятие решений, распознавание образов, оптимизация, анализ данных. Средства наземного обеспечения полетов, такие как средства автоматизации управления, основаны на обработке данных, поступающих с вышестоящих уровней управления, а также со сторонних комплексов, сопряженных в единый узел. Для достижения преимущества в ходе ведения боевых действий, требуется более быстрая обработка данных для принятия решения. Именно в таких областях нейронные сети показывают себя наилучшим образом. Классификация полученной информации и прогнозирование вероятных действий противника при принятии решения на основе гигантского массива данных, недоступного человеческому мозгу, является преимуществом перед системами, организованными без применения нейронных сетей.

Помимо оказания помощи в принятии решений, нейронные сети зарекомендовали себя в распознавании образов по заранее заданным шаблонам. Если применить данное распознавание к беспилотным авиационным комплексам, то можно добиться существенного сокращения используемых человеческих ресурсов,

т.к. оператору не придется анализировать весь поток входящей визуальной составляющей, полагаясь лишь на фрагменты визуальной информации, где встречается заложенный в нейронную сеть искомым объект.

На данный момент достижения в области глубокого обучения, особенно применение глубоких сверточных и рекуррентных нейронных сетей, привели к тому, что машинная обработка изображений и видео стали показывать результаты, сравнимые с человеческими и даже превосходить их. Поэтому такие достижения считаются революционными. А так как процесс проектирования нейронных сетей отличается от стандартного программного обеспечения тем, что разработчику не нужно знать все взаимосвязи входных данных, данная архитектура позволяет разрабатывать более гибкие и совершенные системы.

Явным преимуществом так называемого искусственного интеллекта является его способность учиться и развиваться способами, недоступными для замороженного программного обеспечения. Замороженное программное обеспечение на основе правил ограничено человеческими знаниями, которые использовались для его разработки. Отсюда следует, что область применения нейронных сетей может расшириться до внедрения в систему обучения персонала. Так как решение заранее заданных типовых задач предполагает знание заранее заученных алгоритмов противодействия, то нейронные сети могут предоставить непредсказуемых и адаптивных противников для обучения, подстраиваясь под действия обучаемого.

Кроме того, нейронные сети можно эффективно внедрить в существующую систему безопасности автоматизированных систем управления.

При решении задач с помощью нейронной сети, необходимо собрать данные для ее обучения. Обучающий набор данных представляет собой совокупность наблюдений, для которых указаны значения входных и выходных переменных. Первый вопрос, который необходимо решить – какие переменные использовать и сколько наблюдений собрать. Правильность работы нейронных сетей напрямую зависит от валидности и прозрачности входных данных. Отсюда вытекают и минусы использования данного метода:

- Нейронные сети могут работать с числовыми данными, лежащими в определенном ограниченном диапазоне. Это создает проблемы в случаях, когда данные имеют нестандартный масштаб, когда в них имеются пропущенные значения, и когда данные являются нечисловыми.

- Проблема переобучения.

Разработка нейронных сетей и машинное обучение являются перспективными направлениями информационных технологий. Несмотря на описанные выше недостатки, нейронные сети остаются мощным инструментом, способным решать задачи, которые невозможно решить классическими программными алгоритмами. Это в свою очередь повлечет существенное увеличение скорости принятия решений и сокращение человеческих ресурсов при анализе визуальной информации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. - М.: Диалектика, 2019. – 1104 с.
2. Редько, В.Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики / В.Г. Редько. - М.: Ленанд, 2019. – 224 с.

УДК 621.574.041

В.А. Маслов, Д.Д. Маслов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г.Воронеж)

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН С ЭЖЕКТОРОМ

В современном мире практически не осталось сфер жизнедеятельности человека, в которых не используется искусственный холод. Человек использует искусственный холод как в технологических процессах производства и хранения, так и для личных нужд при создании комфортных жизненных условий. Современные технологии производства холода позволяют использовать холодильные установки различного типа: парокомпрессионные, газовые, теплоиспользующие, термоэлектрические. Выбор типа установки для охлаждения зависит от множества факторов: характеристик охлаждаемого объекта, начальных и конечных температурных условий, потенциальных финансовых возможностей и т.д. Подавляющее большинство холодильных установок во всем мире работают по парокомпрессионному циклу. Но эти установки обладают основным недостатком: высокой стоимостью получаемого холода, особенно при высоких значениях холодопроизводительности. Поэтому на крупных производственных объектах рекомендуется для снижения стоимости холода, а соответственно, и цены конечного продукта, использовать теплоиспользующие холодильные машины, источником энергии в которых является теплота греющих источников (вторичные энергоресурсы) [2].

В современном мире известны два вида теплоиспользующих холодильных установок: абсорбционные и парожекторные. Абсорбционные холодильные машины более распространены в мировом масштабе, имеют низкую стоимость производимого холода, высокую энергоэффективность, но в качестве хладагента используют аммиак (потенциально опасное вещество). В научно-технической литературе довольно подробно проанализированы вопросы возможного повышения энергоэффективности абсорбционных машин. Парожекторные холодильные машины используются гораздо реже, так как коэффициент полезного действия их невысок, поддержание вакуума в испарителе затруднено. Важнейшим преимуществом данного типа холодильных установок является использование в них дешевого, безопасного и легкодоступного хладагента – воды, поэтому холодильные машины с эжектором относятся к перспективным и потенциальным в научном плане. Вопросы снижения стоимости единицы холода, производимого парожекторными холодильными машинами, а следовательно, повышения их энергоэффективности, являются актуальными и перспективными.

Узлы, агрегаты и аппараты парожекторной холодильной машины можно условно разделить на две группы. В первую группу входит теплообменная аппаратура: парогенератор, конденсатор, испаритель. Вторая группа включает в себя преобразователи энергии: эжектор, насосы, дроссельные вентили. В данной статье предлагается проанализировать возможности повышения энергоэффективности парожекторных холодильных машин за счет регулирования, частичной автоматизации и внесения малых конструктивных изменений теплообменной аппаратуры.

Парогенератор является теплообменным аппаратом, в котором за счет энергии подводимой теплоты греющих источников (низкопотенциальной теплоты) вода превращается в пар, который в свою очередь поступает в эжектор. Интенсивность парообразования влияет на эффективность цикла установки и зависит от нескольких факторов: температуры и расхода теплоносителя (источника дешевой энергии), теплообменных свойств парогенератора, расхода и давления подаваемого насосом в парогенератор хладагента (воды). Регулирование с помощью регуляторов и систем автоматизации температуры и расхода теплоносителя, расхода и давления подаваемого насосом хладагента в оптимальных пределах позволяет обеспечить устойчивую работу эжектора, вакуумировать испаритель до необходимого вакуума, снизить расход энергии, затрачиваемой на работу цикла. Улучшение теплообменных свойств парогенератора достигаются за счет ограниченного обребрения труб. Парогенератор является основным теплообменным аппаратом, к которому подводится энергия извне,

обеспечивающая работу холодильной машины. Поэтому повышение энергоэффективности работы парогенератора есть наиболее важная и системообразующая задача.

Вторым теплообменным аппаратом парожекторной холодильной машины является испаритель, в котором происходит охлаждение хладагента в трубном пространстве, за счет кипения хладагента (воды) в межтрубном пространстве при вакууме. Вакуум позволяет получить температуры охлаждения ниже температуры кипения воды при атмосферном давлении. Интенсивность охлаждения хладагента определяется следующими факторами: расходом и давлением хладагента, подаваемого насосом в испаритель, глубиной вакуума, поддерживаемого в испарителе за счет отсасывания потоком рабочего пара паров хладагента из испарителя, температурой и расходом подаваемого в испаритель хладагента. Регулирование температуры и расхода хладагента, расхода и давления подаваемого насосом хладагента, устойчивого вакуума в испарителе в оптимальных пределах позволяет обеспечить устойчивую работу установки с получением необходимой температуры охлаждения, снизить стоимость холода. Конструктивные возможные изменения в испарителе оказывают меньшее влияние на процессы теплообмена, чем в парогенераторе. Испаритель определяет температурный уровень охлаждения, который можно достичь с наименьшими затратами энергии за счет регулирования и автоматизации.

В конденсаторах парожекторных холодильных машин происходит конденсация водяного пара, идущего из эжектора, за счет теплообмена с атмосферным воздухом или холодной водой. Абсолютная конденсация водяного пара позволяет исключить снижение энергоэффективности холодильной установки. Это достигается регулировкой расхода и температуры охлаждающей среды, расхода и давления водяного пара, идущего из эжектора, а также улучшением конструкции конденсатора с целью повышения теплообменных свойств.

Парожекторные холодильные машины имеют ряд недостатков, обусловленных как термодинамическими, так и эксплуатационными причинами, которые снижают энергоэффективность их применения и не позволяют использовать машины данного типа во всех отраслях производства.

Основным недостатком ПЭХМ является низкая энергетическая эффективность из-за больших потерь в эжекторе в связи с тем, что эжектор является насосом трения, а также необходимость поддержания глубокого вакуума в испарителе, конденсаторе и пароструйном аппарате, что налагает особые требования к конструктивному исполнению машинных и

магистральных элементов холодильных установок [2]. Поэтому анализ возможности регулирования и автоматизации теплообменной аппаратуры с целью обеспечения оптимальных параметров работы позволяет снизить стоимость холода и повысить энергоэффективность.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Быкова, А. В. Холодильные машины. Машиностроение: Легкая и пищевая промышленность / А.В. Быкова. – Л., 1982. – 382 с.
2. Кошкин, Н. Н. Холодильные машины. Машиностроение: пищевая промышленность / Н.Н. Кошкин. – Л., 1973. – 506 с.

УДК 358.42:355.424.4

Д.А. Матвиец, В.И. Норкин

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА КРИОПРОДУКТОВ

Назначение тепловой изоляции в криогенной технике – сводить до минимума приток теплоты из окружающей среды. Изоляционные материалы не должны вступать в химическое взаимодействие с криогенными жидкостями, а также с элементами конструкций. Материалы органического происхождения не могут быть использованы для тепловой изоляции сосудов с жидкими кислородам, так как в случае недостаточной герметичности может произойти возгорание или взрыв. Изоляционные материалы должны обладать малой гигроскопичностью и плотностью. Волокнистые теплоизоляторы имеют плотность 150–450 кг/м³, а порошкообразные 60–130 кг/м³. Теплофизические свойства изоляционных материалов зависят от температуры, плотности, влажности и состава газа, заполняющего поры.

Волокнистые материалы – изоляция состоит из стекловидных волокон, получаемых из расплавов горных пород (гранита, глины, доломита, кварцита) или шлаков металлургических печей.

Порошкообразные материалы – для изоляции сосудов со сжиженными газами (CH₄, O₂, N₂ и Ar) широко используются порошкообразные теплоизоляционные материалы, которые имеют низкий коэффициент теплопроводности как при атмосферном давлении, так и в условиях глубокого вакуума, что привело в дальнейшем к созданию вакуумно-порошковой изоляции. Используют перлит, кремнегель, аэрогель кремневой кислоты и вермикулит.

Высоковакуумная изоляция – высоковакуумная изоляция широко применяется в ожижителях, рефрижераторах и сосудах для хранения и транспортирования небольших количеств (5–100 л) сжиженных газов. Высоковакуумная изоляция более эффективна,

однако сложнее в изготовлении и дороже газонаполненной изоляции. Значительные проблемы связаны с эксплуатацией объектов снабженных высоковакуумной изоляцией.

В СССР сложилась практика хранения и транспортирования сжиженных криогенных газов при давлении, близком к атмосферному (обычно несколько более высоком), эта практика сохраняется и в России. За пределами Российской Федерации доминирует альтернативный способ хранения криопродуктов, при котором жидкости хранят и транспортируют при повышенном давлении. Значения давления хранения составляют 0,15, 0,4 и даже 2,5 МПа. Хранение жидких криопродуктов при повышенном давлении требует использования специализированного емкостного оборудования, способного выдерживать возникающие механические нагрузки. Характерным для этих газов является малая объемная теплота парообразования при давлении $P=0,1$ МПа. При их хранении и транспортировании основной задачей является полное исключение или доведение до минимума потерь жидкости.

Кислород - под атмосферным давлением при охлаждении до 90,18 К кислород сжижается в голубоватую жидкость, которая затвердевает при 54,36 К, образуя кристаллы синего цвета.

Азот – при атмосферном давлении и температуре 77,36 К представляет собой бесцветную жидкость, затвердевающую при 63,15 К.

Учитывая то, что, как ранее было отмечено, на практике встречаются две концепции организации хранения криопродуктов: «советская», при которой давление паров жидкости незначительно превышает атмосферное, и «американская», при которой давление паров выбирают в диапазоне от 0,15 до 2,5 МПа, проведем анализ эффективности этих двух концепций.

Несмотря на тепловую изоляцию хранилища, за счет большого градиента температуры в объем заполненный жидкостью будет проникать теплота из окружающей среды. Воспринимая эту теплоту, жидкость в замкнутом объеме будет испаряться. Давление и температура в сосуде будут расти при $V = \text{const}$ (изохорный процесс). За счет подведенного тепла вся жидкость перейдет в газ, давление в сосуде резко возрастет, что может привести к его разрушению. Поэтому практически сжиженный газ хранится при постоянном (чаще всего атмосферном) давлении. За счет теплопригоков жидкость частично испаряется, а образующийся пар для сохранения постоянного давления отводится из сосуда. Иначе говоря, если к сосуду в условиях хранения при $P=\text{const}$ подвести тепло q_1 , то это приведет только к частичным потерям жидкости.

Хранение криопродуктов при повышенном давлении приводит к снижению значения теплоты парообразования и увеличивает потери жидкости от испарения. Кроме того, по мере роста давления

увеличивается температура жидкости. Это приводит к уменьшению плотности насыщенной жидкости, что в свою очередь уменьшает вместимость сосуда. Единственным объяснением столь нерациональной организации хранения криопродуктов является то, что сосуды в которых она хранится, являются газификаторами, т.е. предназначены для выдачи продукта, как в жидком, так и в газообразном виде. Если потребитель заинтересован в получении газа, доставка жидкости в сосудах с высоким значением разрешенного давления, может в течение короткого периода обеспечить снижение потерь, за счет того, что испарившаяся под действием теплопритоков жидкость будет накапливаться в паровом пространстве.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник по физико-техническим основам криогеники / под ред. М.П.Малкова. – М.: Энергия, 1973. – 280 с.
2. Акулов, Л.А. Теплофизические свойства и фазовое равновесие криопродуктов: справ./ Л.А. Акулов, Е.И. Борзенко, А.В. Зайцев. – СПб. : ГУНиПТ, 2009. – 182 с.
3. Ильинский, А.А. Транспорт и хранение промышленных сжиженных газов / А.А. Ильинский. – М. :Химия, 1976. – 220 с.

УДК 678.747.2

А.А. Мишин, В.И. Ушаков, И.И. Шикун

Белорусская государственная академия авиации

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННОГО УГЛЕПЛАСТИКА ВКУ-25 В СРЕДСТВАХ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ

Несмотря на то, что использование полимерных композиционных материалов (ПКМ) в средствах наземного обеспечения полетов большую часть которых составляет военная автомобильная техника занимает в настоящее время малую долю от их общего объема потребления, композиционные материалы находят наиболее эффективное применение в этой области. Композиты, особенно с высокими эксплуатационными характеристиками, являются единственными существующими в настоящее время материалами, имеющими малую массу, высокую прочность и жесткость и достаточно высокую стойкость к усталостным напряжениям. Использование композитов в конструкции военной автомобильной техники позволяет добиться существенных результатов в снижении массы, увеличении надежности, ресурса и защищенности [1, 2]. Объем их применения в современной автомобильной технике растет, и если 30 лет назад они вовсе не использовались, то в настоящее время объем

применения композитов растет тем самым обеспечивая снижение ее массы [3, 4].

Актуальность обусловлена современным состоянием и перспективами развития средств поражения и защиты техники. В настоящее время определяющее значение для успешного применения военной автомобильной техники в ходе боевых действий имеет бронирование.

Одним из путей повышения эффективности военной автомобильной техники является снижение удельного веса броневой защиты в конструкции автомобиля, что позволит повысить тактико-технические характеристики. Основная задача, возникающая при разработке многослойной брони, состоит в минимизации массы при сохранении заданного уровня ударопрочности, а главное, пулестойкости. Отмеченное обстоятельство определило поиск новых технических решений по повышению противопульной защиты средств наземного обеспечения полетов.

В настоящее время перспективным направлением прикладных исследований является разработка бронематериалов способных эффективно противостоять воздействию пуль при условии обеспечения минимальной массы. Внедряются новые материалы – керамика, сверхвысокомолекулярный полиэтилен, композиционные материалы нового поколения, производится сравнение их стоимостных характеристик. Перспективным направлением совершенствования средств защиты является разработка многослойных конструкций.

Основными недостатками применяемых методов создания гетерогенной брони являются ограничения по номенклатуре соединяемых материалов, ограничения по форме поверхности, необходимость использования уникального оборудования, проведения работ в заводских условиях и использования взрывчатых веществ. Альтернативным методом можно рассматривать газотермическое напыление. В РБ данный метод активно используется в машиностроении, действуют научные школы. Данный метод отличается простотой и универсальностью применяемого оборудования, позволяющий создавать покрытия из широкой номенклатуры материалов (металлы, полимеры, керамика, композиты).

Наибольшее распространение получили углепластики на основе эпоксидных связующих. Препреги (полуфабрикаты) углепластиков традиционно получали с применением растворной технологии, т. е. использовали полимерные связующие с высоким содержанием растворителя, как правило – спирто-ацетоновой смеси. Растворная технология имеет следующие недостатки: в препрегах имеется значительное количество летучих, которые

необходимо удалять при формовании, отклонение содержания связующего в препрегах находится в пределах $\pm 4\%$, значительное количество растворителя необходимо улавливать специальными очистными сооружениями [5, 6]. При переходе на расплавные связующие все вышеперечисленные недостатки исчезают, при использовании расплавов связующих избавляются от растворителей, нанос связующего регулируется зазорами между валами технологического оборудования для изготовления препрегов, что приводит к снижению разброса по содержанию связующего в пределах $\pm 2\%$ [7, 8].

Углепластик марки ВКУ-25 изготавливают методом автоклавного формования из препрега на основе эпоксидного связующего ВСЭ-1212, разработанного в ВИАМ, и углеродных нитей марки HTS-45 12k E23 фирмы Toho Tenax (рисунок 1).

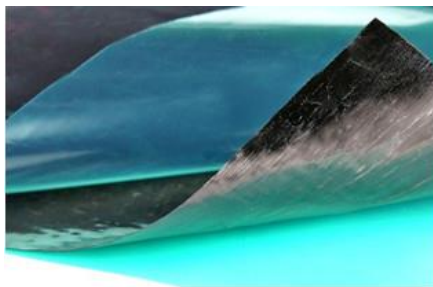


Рисунок 1 – Внешний вид препрега марки ВКУ-25

Препрег углепластика ВКУ-25 получен по расплавной технологии методом пропитки на специализированном участке изготовления препрегов ВИАМ.

При исследовании упруго-прочностных характеристик применяли следующие стандарты: определение предела прочности и модуля упругости при растяжении по ASTM D 3039/D 3039M; определение предела прочности и модуля упругости при сжатии по ASTM 6641/D 6641; определение предела прочности при изгибе по ASTM D 7264/D 7264M; определение предела прочности при межслойном сдвиге по ASTM D 2344/D 2344M.

Углепластик ВКУ-25 прошел полный цикл испытаний в соответствии с программой паспортизации материалов, в ходе которых определены основные упруго-прочностные характеристики, стойкость к воздействию агрессивных сред,

специальных жидкостей, масел и топлив, стойкость к долговременному воздействию природных климатических условий в различных климатических зонах, испытания на термовлажностное старение и долговременную тепловую прочность. В результате проведенных испытаний установлено, что разработанный углепластик имеет высокий уровень сохранения упруго-прочностных свойств ($>60\%$) после воздействия различных факторов, что подтверждает возможность их применения во всеклиматических условиях.

На основании полученных данных были выполнены натурные испытания образца с использованием пистолета Макарова (ПМ). На рисунке 2 представлен результат натурных испытаний при обстреле из ПМ с дистанции 25 м. структуры с углепластиком ВКУ-25.



Рисунок 2 – Результат испытаний противопульной защиты структуры с углепластиком ВКУ-25

В сложившихся условиях для повышения эффективности функционирования военной автомобильной техники необходимо снижение удельного веса броневой защиты в конструкции автомобиля с использованием новых материалов, что позволит повысить тактико-технические характеристики.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каблов, Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» / Е.Н. Каблов//Авиационные материалы и технологии. – 2015. – №1 (34). – С. 3–33.
2. Исследования и разработка автоклавных и безавтоклавных технологий формования ПКМ / А.В. Хрульков, М.И. Душин., Ю.О. Попов, Д.И. Коган //Авиационные материалы и технологии. – 2012. – №S. – С. 292–301.

3. Гращенко, Д.В. Стратегия развития композиционных и функциональных материалов / Д.В. Гращенко, Л.В. Чурсова //Авиационные материалы и технологии. – 2012. – №5. – С. 231–242.

4. Аспекты применения высокопрочных и высокомодульных волокнистых металлических композиционных материалов авиационного назначения (обзор) / О.И. Гришина, В.Н. Кочетов, А.А. Шавнев, В.М. Серпова //Труды ВИАМ. – 2014. – №10. – С. 25.

5. Тимошков, П.Н. Современные технологии переработки полимерных композиционных материалов, получаемых методом пропитки расплавленным связующим / П.Н. Тимошков, А.В. Хрульков //Труды ВИАМ. – 2014. – № 8. – С. 4-6.

УДК 629.7.08

М.В. Мищенко, Д.А. Стариков

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ ИМИТАЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СРЕДСТВА НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Математические модели могут быть использованы для создания систем автоматического управления и для создания имитаторов технических систем, входящих в состав тренажеров средств наземного обслуживания воздушных судов [1].

Основной проблемой моделирования систем и процессов, считается проблема «нахождения золотой середины» [2], решение данной проблемы определяет степень подобия разрабатываемой модели объекту моделирования. Это неизбежно сказывается на сложности полученной модели, от которой с одной стороны зависит ее адекватность, а с другой ресурсоемкость разработки и использования. При недостаточной адекватности модель не сможет обеспечить требуемую достоверность имитации процессов, а при чрезмерной ресурсоемкости возникает предпосылка к утрате технической целесообразности применения метода моделирования. Таким образом вопрос оценки необходимой и достаточной адекватности математической модели для создания имитатора средства наземного обслуживания общего применения достаточно актуален.

Процесс абстрагирования происходит на логическом уровне создания модели технической системы, именно в процессе абстрагирования происходит оптимизация ее сложности.

Задача обеспечения оптимальной в моделировании считается классической, ее решение полностью возложено на инженера-исследователя, однако для ее решения он должен обладать компетентностью как в предметной области, так и в области моделирования [2]. Решение задачи достигается путем оптимизации

сложности математической модели, определения рационального баланса ее простоты и достоверности, при этом за целевую функцию принимается её минимум, а в качестве условия задается необходимая адекватность. Например, в ходе создания компьютерного имитатора средства наземного обслуживания воздушных судов, выбор целевой функции очевиден, в виду того, что снижение сложности модели обеспечит уменьшение ресурсоемкости моделирующего алгоритма, и позволит применить аппаратное обеспечение умеренной расчетной производительности, это обеспечит экономию финансовых и временных затрат на техническое воплощение тренажера.

Для оценки адекватности математических моделей, положенных в основу программ имитаторов, частным случаем которых являются средств наземного обслуживания воздушных судов, зарубежные производители программного обеспечения применяют экспертную оценку качества [3]. При этом, математическая модель должна быть реализована в виде готовой тестовой программы и предоставляется большому количеству экспертов для оценки адекватности с учетом особенностей субъективного подхода.

При осуществлении экспертной оценки придерживаются определенной методики [3], которая подразумевает, привлечение обширной группы специалистов в соответствующей объекту предметной области. Как правило, для облегчения задачи подбора экспертов, используют ресурсы глобальной информационной сети Internet. При этом, качество выбора экспертов, являющихся специалистами в данной предметной области, оставляет желать лучшего. Более или менее удовлетворительная достоверность полученных данных, достигается за счет значительного числа экспертов. Возможности глобальной сети Internet используется при тестировании имитаторов виртуальной реальности, которые содержат модели биологических, технических и других систем, как правило развлекательного назначения [4]. Надо учитывать, что опытом управления специализированными техническими системами, как правило владеет узкий круг специалистов, что делает применение общепринятого метода экспертных оценок трудно применимым.

В ходе решения проблемы оценки адекватности математической модели имитатора средства наземного обслуживания воздушных судов была предложена методика, основанная на экспертном анализе результатов численного эксперимента. Блок-схема реализации предложенной методики представлена на рисунке 1.

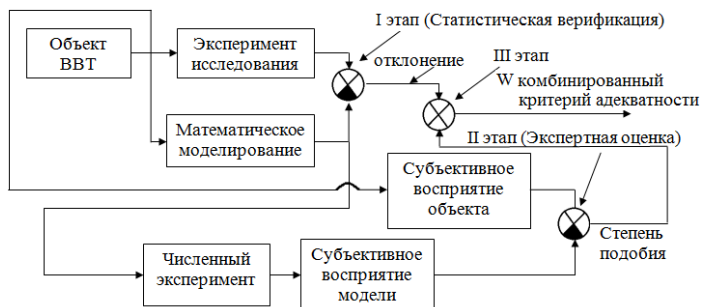


Рисунок 1 – Схема процесса моделирования средства наземного обслуживания воздушных судов

Первый этап оценки, заключается в осуществлении статистической верификации данных математического моделирования по данным натурного экспериментального исследования процесса функционирования технической системы.

Второй этап оценки, подразумевает проведение экспертной оценки степени подобия результатов численного эксперимента с моделью, объекту моделирования.

На третьем этапе, на основе статистической (объективной) и экспертной (субъективной) оценки качества модели получается комбинированный показатель адекватности.

В результате анализа адекватности модели по методу экспертных оценок получается зависимость показателя адекватности поведения модели от величины шага расчета численными методами расчета, определяется значение минимальной достаточной величины соответствия модели объекту моделирования.

Таким образом, новый критерий оценки адекватности моделей, позволяет осуществить оптимизацию ресурсоемкости разрабатываемой математической модели средства наземного обслуживания воздушных судов еще на логическом уровне моделирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жильцов, В. Технологии виртуальных симуляторов в современном дистанционном образовании / В. Жильцов, Е. Павличева. – Информационные ресурсы России. – 2015. – №1. – С. 12-15.
2. Головин, В.Я. Моделирование систем и процессов: учебник для слушателей и курсантов инженерных вузов ВВС / В.Я. Головин, А.С. Шаламов, А.П. Кирсанов. – М: Изд. ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2010. – 432 с.

3. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем: пер. с англ. / Т. Саати, К. Керне. – М. : Радио и связь, 1991. – 224 с.

4. Шапиро, Д. И. Виртуальная реальность и проблемы нейрокомпьютинга / Д.И. Шапиро. – М., 2014. – 454 с.

УДК 629.3.052.3

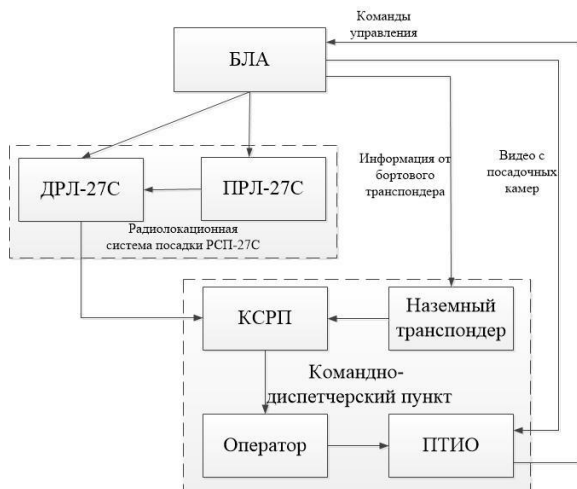
Е.С. Перевозов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА

Предприятия оборонно-промышленного комплекса РФ разрабатывают перспективные системы вооружения, в том числе и автоматизированные системы управления, навигации, посадки и связи (АСУ НПС) [1]. Цель работы – обосновать возможность использования средств перспективных АСУ НПС для управления беспилотными летательными аппаратами (БЛА) в районе аэродрома. В составе комплексов БЛА имеются наземные средства обеспечения взлета и посадки. В случае нештатной ситуации, неблагоприятных метеоусловиях, для оперативного контроля процессом посадки, оператор управления в начале ВПП с портативным терминалом информационного обмена (ПТИО), наблюдает видеоизображение с посадочных камер, контролирует на мониторе траекторию захода БЛА, выдавая при необходимости команды управления по курсу и глиссаде. Высокое качество функционирования комплексов управления БЛА можно обеспечить также при использовании средств перспективной АСУ НПС аэродрома. Для получения о всех летательных аппаратах в ближней зоне аэродрома (в радиусе до 100 км) будет использоваться когерентный диспетчерский радиолокатор, информация с которого транслируется на КДП. На аппаратуру КДП также должна поступать координатная информация с наземного транспондера автоматического независимого наблюдения (АЗН-В). В зоне взлета и посадки аэродрома датчиком координатной информации о летательных аппаратах будет когерентный моноимпульсный посадочный радиолокатор. Применение моноимпульсного метода измерения угловых координат, широкополосных сигналов, их высокая когерентность обеспечивают высокую точность измерения координат и параметров движения летательных аппаратов. Одновременно повышается скрытность работы радиолокатора. По информации от диспетчерского, посадочного радиолокаторов, АЗН-В выполняются вторичная и третичная обработка координатной информации. Важно отметить тот факт, что радиолокаторы

разрабатывались для решения задач обнаружения, измерения координат и параметров движения современных летательных аппаратов с малой эффективной площадью отражения. Ведутся работы по внедрению в контуре управления режима автоматического управления, с исключением из контура человеческого фактора. В сложившихся условиях для организации контура автоматизированного управления БЛА в аэродромной зоне целесообразно включить оператора из расчета из расчета пункта управления с портативным терминалом информационного обмена (ПТИО), разместив его либо на КДП, либо в модуле управления радиолокационной системы посадки (РСП). При этом направление ориентирования приемо-передающего модуля ПТИО должно соответствовать ожидаемому направлению посадки БЛА. В качестве датчиков информации о местоположении БЛА для оператора управления в ближней зоне и зоне взлета и посадки будут мониторы автоматизированных рабочих мест руководителя посадки. На рисунке 1 приведена структурная схема контура управления БЛА при использовании в АСУ РСП типа РСР-27С. Она включает диспетчерский (ДРЛ) и посадочный радиолокаторы (ПРЛ). Комплекс средств руководства полетами (КСРП) обеспечивает автоматический сбор, обработку и отображение информации.



В КСРП, на обзорном мониторе может отображаться координатная информация БЛА полученная как от ДРЛ, так и от бортового транспондера в рамках обмена информацией в формате АЗН-В. В КСРП может выполняться вторичная и третичная обработка от этих датчиков информации. Это обеспечивает устойчивое наблюдение отметок БЛА. Оператор управления БЛА, наблюдая за координатными отметками на мониторах группы руководства полетами, после вхождения в связь с БЛА, может корректировать траекторию его полета как в ближней зоне, так и в зоне взлета и посадки. Дальность обнаружения ДРЛ РСП-27С БЛА с ЭПО 1м² будет не менее 50 км, посадочного – не менее 23 км. Использование моноимпульсного ПРЛ обеспечивает точность измерения угловых координат не более 6 минут. Это обеспечивает высокоточное управление БЛА на этапе посадки.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Губанов, А. В. Состояние и направления развития автоматизированной системы управления полетами военной авиации в районе аэродрома / А.В. Губанов, Ю.В. Спирин, В.С. Свищов // Современные проблемы и перспективные направления развития авиационных комплексов и систем военного назначения, форм и способов их боевого применения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж: ВУНЦ ВВС, 2011. – С. 126–129.

УДК 629.3.052.3

Е.С. Перевозов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

МНОГОПОЗИЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОСАДКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В системах управления воздушным движением в качестве основных датчиков информации о положении воздушных судов (ВС), беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в воздухе используются первичные и вторичные радиолокаторы. Для обеспечения боевых действий авиации могут использоваться средства различного применения: стационарные, мобильные, высокомобильные [1]. Для систем второго и третьего типа могут использоваться как традиционные системы связи, управления и радиотехнического обеспечения, так и системы с использованием новых информационных технологий. К числу таких систем можно отнести многопозиционные системы наблюдения и посадки. В отличие от известных систем вторичной радиолокации последние существенно выигрывают в экономичности, мобильности, без потери качества функционирования (большие дальности обнаружения, высокая точности измерения координат (единицы

метров)), имеют высокую живучесть (объекты распределены по аэродрому). В документах ИКАО получили название MLAT (многопозиционная система наблюдения (МПСН) (мультилатерация)). Схема размещения многопозиционной системы наблюдения и посадки приведена на рисунке 1.

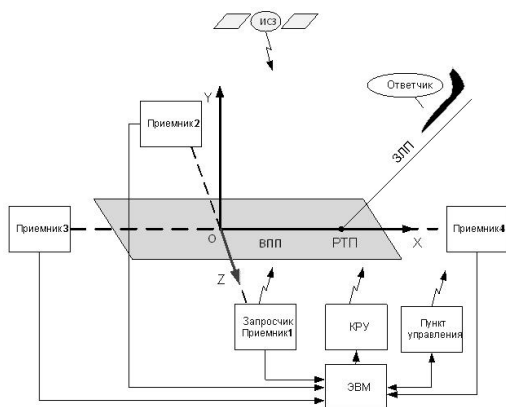


Рисунок 1 – Размещение системы наблюдения и посадки на аэродроме

Приемники 1 и 2 располагают перпендикулярно оси взлетно-посадочной полосы (ВПП), а 3 и 4 – на оси ВПП. Таким образом, приемники на поверхности аэродрома образуют букву “Т”. Местоположение всех приемников точно определено в аэродромной декартовой системе координат. Наземный запросчик и все приемники ответных сигналов синхронизируются сигналами системы единого времени со спутников ГЛОНАСС, GPS. Обмен информацией между ЭВМ, запросчиком и приемниками на земле может быть реализован различными способами: оптоволоконные линии, широкополосный Wi-Max, Wi-Fi, Ethernet. Наземный запросчик формирует запросные сигналы (в формате RBS – A, C), бортовой ответчик в соответствии с поступившими запросными сигналами формирует кодированные ответные сигналы, которые принимаются приемниками 1...4, выполняются процедуры усиления, декодирования, измерения моментов прихода ответных сигналов t_i , трансляция принятых пакетов информации в ЭВМ. Для расчета в ЭВМ численными методами координат пространственного положения x, y, z БЛА в прямоугольной декартовой системе координат OXYZ используются измеренные разности дальностей (временных интервалов τ_{ij} в задержках

ответных сигналов относительно запросчика) между ответчиком и ij парой приемников:

$$\tau_{12}c = ((x-x_{m1})^2 + (y-y_{m1})^2 + (z-z_{m1})^2)^{\frac{1}{2}} - ((x-x_{m2})^2 + (y-y_{m2})^2 + (z-z_{m2})^2)^{\frac{1}{2}}; \quad (1)$$

$$\tau_{13}c = ((x-x_{m1})^2 + (y-y_{m1})^2 + (z-z_{m1})^2)^{\frac{1}{2}} - ((x-x_{m3})^2 + (y-y_{m3})^2 + (z-z_{m3})^2)^{\frac{1}{2}}; \quad (2)$$

$$\tau_{14}c = ((x-x_{m1})^2 + (y-y_{m1})^2 + (z-z_{m1})^2)^{\frac{1}{2}} - ((x-x_{m4})^2 + (y-y_{m4})^2 + (z-z_{m4})^2)^{\frac{1}{2}}; \quad (3)$$

$$\tau_{34}c = ((x-x_{m3})^2 + (y-y_{m3})^2 + (z-z_{m3})^2)^{\frac{1}{2}} - ((x-x_{m4})^2 + (y-y_{m4})^2 + (z-z_{m4})^2)^{\frac{1}{2}}; \quad (4)$$

где $\tau_{12} = t_1 - t_2$, $\tau_{13} = t_1 - t_3$, $\tau_{14} = t_1 - t_4$, $\tau_{34} = t_3 - t_4$, c – скорость света; t_1, t_2, t_3, t_4 – время прихода ответного сигнала на соответствующий приемник после излучения запросного сигнала; x_{mi}, y_{mi}, z_{mi} – известные координаты приемников ответных сигналов. Точность фиксации τ_{ij} теоретически может достигать единиц наносекунд. Координаты установки запросчика и приемников x_{mi}, y_{mi}, z_{mi} на аэродроме известны с высокой точностью и введены в ЭВМ. На мониторах плановых индикаторов пункта управления (ПУ) отображаются: отметки треков БЛА, бортовой номер, высота полета, путевая скорость, прогнозируемое положение БЛА через установленный интервал времени. Для коррекции траектории полета БЛА в ближней зоне аэродрома оператор через средства ПУ передает соответствующие команды управления (КРУ – командная радиолиния управления). При использовании такой системы на этапе посадки возможны три режима управления: ручной, директорный, автоматический. В автоматическом режиме управление БЛА выполняет система автоматического управления (САУ). В этом случае из контура управления исключаются оператор на ПУ, исключаются ошибки пилотирования за счет человеческого фактора. На заключительном этапе захода на посадку, когда БЛА находится в пределах ВПП, для вычисления отклонений от заданной траектории в вертикальной плоскости используются показания высокоточного высотомера малых высот БЛА, измеряющего высоту от уровня поверхности ВПП. Для обеспечения необходимой точности измерения координат БЛА (до единиц метров) в многопозиционной системе с использованием разностно-дальномерного метода необходимо выполнить ряд условий: для получения трех координат ВС необходимо не менее четырех приемных позиций; приемники ответных сигналов по

бокам от ВПП должны быть размещены относительно оси Х (ось ВПП) на расстоянии не менее 500 метров, а относительно торца ВПП – не менее 400 метров [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Губанов, А. В. Состояние и направления развития автоматизированной системы управления полетами военной авиации в районе аэродрома / А.В. Губанов, Ю.В. Спирин, В.С. Свищов //Современные проблемы и перспективные направления развития авиационных комплексов и систем военного назначения, форм и способов их боевого применения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж: ВУНЦ ВВС, 2011. – С. 126–129.

2. Многопозиционная система посадки воздушных судов: пат. РФ №2489325. – Оpubл. 30.08.2011.

УДК 623.451.7

В.Н. Пилюгин, Н.Г. Иванов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.

Гагарина» (г. Воронеж)

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ СНАБЖЕНИЯ ГРУППИРОВКИ АВИАЦИИ АВИАЦИОННЫМ ИМУЩЕСТВОМ

В обеспечении надежной защиты обороны нашего государства особое место занимают Воздушно-космические силы (ВКС). Важность задач, возлагаемых на авиацию, обязывает содержать авиационные соединения и части в высокой боевой готовности, позволяющей в любое время года, суток и в различных метеорологических условиях немедленно начать боевые действия и вести их с полным напряжением. Успех ведения боевых действий авиацией ВКС определяется не только уровнем развития вооружения и военной техники, но и степенью обеспечения их функционирования в любых условиях боевой обстановки. Решение этих задач возложено на специально создаваемую систему обеспечения боевых действий Военно-воздушных сил (ВВС). Система обеспечения боевых действий ВВС представляет собой совокупность сил и средств, развернутых по единому замыслу и плану, инфраструктуру, создаваемую в интересах реализации комплекса мероприятий, проводимых с целью создания войскам ВВС необходимых условий для эффективного выполнения поставленных задач, и максимального снижения эффективности действий вероятного противника.

Результаты военных конфликтов являются основой для далеко идущих выводов, как для стран-участниц, так и других стран. В связи с этим решающую роль приобретают их анализ, критический подход к результатам военных действий, достоверность выводов,

которые должны способствовать укреплению оборонного потенциала в целом, и определить возможные направления применения авиации в войнах будущего.

Анализ влияния форм и способов ведения боевых действий авиации противника и группировки истребительной авиации (ИА) на систему ее снабжения в условиях локальных конфликтов XX века позволит прогнозировать действия по совершенствованию системы снабжения авиационным имуществом (АИ) группировки истребительной авиации в различных условиях боевой обстановки на современном этапе. Система снабжения авиационным имуществом группировки авиации ВКС представляет собой совокупность взаимосвязанных органов управления, складов и баз хранения, сил и средств авиационно-технического обеспечения и источников материальных средств на каждом аэродроме, используемых по единому плану, предусматривающему проведение комплекса авиационно-технических мероприятий, с целью удовлетворения потребностей группировки авиации в авиационно-техническом имуществе (АТИ), восстановительном ЗИП и авиационными средствами поражения (АСП) для обеспечения боеспособности и боеготовности группировки авиации в ходе боевых действий или увеличения боевых возможностей обеспечиваемых войск за время, не превышающее располагаемое.

Возникают проблемы тылового обеспечения авиационных группировок, особенно в районах с ограниченно развитой инфраструктурой. Авиация в этом отношении более требовательна, если сухопутным войскам необходимо иметь транспортные коммуникации, различные объекты инфраструктуры в районе конфликта с заблаговременно складированными запасами военной техники и вооружения, то для нее этого не достаточно. ВВС нужны и постоянно находящиеся в исправном состоянии аэродромы, пригодные для посадки, и емкости для хранения больших объемов топлива, и своя номенклатура боеприпасов, и многое другое. Но даже при доставке в район конфликта и на аэродромы маневра сотен тонн топлива и АСП, вряд ли следует ожидать, что там окажутся в нужном количестве и ассортименте средства наземного обеспечения полетов, оборудование для обслуживания и ремонта самолетов. Это неизбежно повлечет за собой снижение коэффициента исправности парка и боеготовности авиации в целом [1,2].

Целью снабжения АИ, является своевременное удовлетворение потребностей в АТИ, восстановительном ЗИП и АСП для обеспечения боеспособности и боеготовности группировки авиации в ходе боевых действий.

Опыт прошедших войн свидетельствует, что рост интенсивности боевых действий и технической оснащенности

войск приводит к увеличению их потребности в материальных средствах и изменению номенклатуры потребляемых материальных средств.

В настоящее время совершенствование инженерно-авиационного обеспечения возможно за счет оснащения инженерно-авиационной службы всем необходимым для автономной работы при сопровождении авиационных частей, выполняющих маневр, включая наземное оборудование, пакетирование и контейнирование комплектов запасных частей, запасного имущества и приборов. Однако следует признать, что эти и подобные им мероприятия являются не более чем полумерами и трудноосуществимы не только по экономическим соображениям, но и потому, что должны проводиться во всех силовых структурах, что приведет к многократному дублированию и резкому увеличению материальных затрат.

Таким образом, важнейшей тенденцией развития вооруженной борьбы является рост технической оснащенности войск. Это, в свою очередь, приводит к увеличению потребностей группировок авиации в АТИ, восстановительном ЗИП и АСП и требует увеличения объема поставок, перевозок и складирования материальных средств, осуществляемых в ходе снабжения группировок войск. Данная тенденция, в свою очередь, приводит к росту количества сил и средств, привлекаемых для осуществления снабжения войск и повышает важность обоснования тактико-технико-экономических требований к системе снабжения АИ группировки авиации [2–4].

Противник продолжает совершенствовать средства воздушного нападения (СВН), формы и способы их применения. Развивается вооружение и военной специальной техники (ВВСТ) группировок авиации. Поэтому необходимо анализировать влияние на систему снабжения группировки авиации, состояния и тенденций развития СВН противника, ВВСТ авиации, сил и средств авиационно-технического обеспечения, форм и способов их применения.

Таким образом, проведен анализ влияния форм и способов ведения боевых действий авиации противника и группировки истребительной авиации на систему ее снабжения в локальных войнах и военных конфликтах. Проанализировано влияние развития средств воздушного нападения противника на систему снабжения группировки истребительной авиации (принятие на вооружение ряда стран новых разведывательно-ударных комплексов, новых типов авиационных средств поражения и самолетов пятого поколения). Проведен анализ существующей системы авиационно-технического обеспечения в части касающейся снабжения группировки истребительной авиации

материально-техническими средствами. Сделан вывод о несоответствии между потребностями группировки авиации в авиационно-технических средствах в ходе боевых действий и возможностями существующей системы снабжения авиационным имуществом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Симонян, Р.Г. Военная стратегия НАТО / Р.Г. Симонян // Военная мысль. – 1995. – № 1. – С. 13–19.
2. Гуськова, Е.Ю. Трудное урегулирование / Е.Ю. Гуськова // Новая и новейшая история. – 2015. – № 5. – С. 11–23.
3. Орехов О.В. Характерные особенности вооруженной борьбы в войнах и конфликтах последнего десятилетия / О.В. Орехов, С.Г. Чекинов // Военная мысль. – 2004. – № 10. – С. 12–16.
4. Барвиненко, В.В. Уроки и выводы из войны в Ираке / В.В. Барвиненко, Г.А. Березкин, В.А. Меньшиков // Военная мысль. – 2003. – № 7. – С. 58–78.

УДК 355.415:517.97

В.Н. Пилюгин, А.Н. Лебедев, Е.М. Цыбулин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ЗАПАСАМИ

Материальные запасы подразделяются на товарные и производственные. Товарные запасы – это готовая продукция у поставщиков (сбытовая), на складах и базах (складская). Производственными считаются запасы, уже находящиеся у потребителей, но еще не вступившие в процесс переработки.

Запасы можно классифицировать на расходные и резервные. Расходные предназначены для обеспечения потребностей производства при несовпадении сроков и размеров поступления и потребления ресурсов [1,2]. Резервные должны удовлетворять потребности, задержек и срыва поставок, учитывать возможные чрезвычайные обстоятельства (мобилизационный запас). Иногда дополнительно выделяют запас, находящийся в пути между звеньями системы или фазами производства.

Основными факторами образования запасов продукции являются задержки, необходимые для: накопления готовой продукции до размеров отгружаемых партий; укомплектования партий поставки, если потребителю одновременно отгружается несколько номенклатур; упаковки и затаривания продукции; оформления отгрузочной документации; погрузки в транспортные средства.

Необходимость надежного обеспечения спроса, подкрепляемая серьезными экономическими последствиями недопоставок, вынуждает увеличивать запасы что приводит к временному исключению из оборота значительных материальных ценностей. При необоснованном сокращении запасов применяемые к неаккуратному поставщику лишь отчасти компенсируют убытки предприятия.

Всякого рода перестраховки тяжелым грузом ложатся на бюджет системы снабжения и включающих ее организаций. Тогда уровень запасов во многих позициях приближался к *годовому* объему продаж.

Одной из основных причин этой ситуации было то, что учет и планирование велись в агрегированных показателях и оперативное управление осуществлялось на основе усредненных нормативов т.е. практически без обратной связи.

В частности, возникли проблемы, связанные с противоречивостью действия на практике ряда положений Закона о государственном предприятии и постановлений о переходе на хозяйственный расчет, оптовую торговлю средствами производства, о внешнеэкономических связях, приватизации экономических объектов. Децентрализация и демократизация экономики, курс к капитализму существенно повысили роль экономических факторов в организации снабжения и способствовали переносу центра тяжести на локальные экономические структуры и решения.

Разумеется, решение возрастающих по своей актуальности проблем управления запасами даст не минимизация, а *оптимизация* запасов.

Обеспечение потребностей хозяйственных, социальных и военных объектов в различных материальных средствах (топливе, продовольствии, сырье, комплектующих деталях, расходных материалах и т.п.) включает в себя три фазы планирование, производство и распределение. Как правило, к моменту реализации поставки данные, положенные в основу заявки, оказываются устаревшими и объем поставки уже не соответствует фактической потребности. Для предотвращения остановки производства в случае недостаточности поставки у потребителей и в системе снабжения создаются *запасы*.

Управление запасами заключается в установлении моментов и объемов заказа на восполнение их и распределении вновь прибывшей партии по нижестоящим звеньям системы снабжения. Совокупность правил, по которым принимаются эти решения, назовем *стратегией* управления запасами. Каждая такая стратегия связана с определенными (чаще всего в вероятностном смысле) затратами по доведению материальных средств до потребителей.

Будем считать оптимальной ту стратегию, которая минимизирует эти затраты. Отыскание оптимальных стратегий и является предметом *теории оптимального управления запасами* [2,3].

При сравнении стратегий учитываются только переменные составляющие функции затрат, зависящие от выбора стратегии. Таким образом, во многих моделях управления запасами удастся игнорировать большую часть затрат на содержание управленческого аппарата (кроме расходов по оформлению поставок), а также пропорциональную объему партии стоимость производства материальных средств, которая на достаточно длительном отрезке времени определяется суммарным спросом и не зависит от организации снабжения.

Математическая формулировка задачи о нахождении оптимальной стратегии существенно зависит от исследуемой ситуации. Однако общность учитываемых факторов позволяет говорить о единой модели управления запасами. Приведем ее качественное описание, ограничившись для простоты одним складом, на который поступает случайный поток качественно однородных требований – заявок от потребителей (воинские части, организации).

Заявки немедленно удовлетворяются до тех пор, пока их суммарный объем (с начала планируемого периода) не превысит начального запаса. Все последующие требования не могут быть обслужены тотчас же, вследствие чего потребитель простаивает и несет некоторый убыток. Этот убыток по справедливости относится на счет системы снабжения – она выплачивает *штраф*. Время от времени запас хранимого имущества *пополняется* со склада вышестоящего объединения, авиационные базы (склады) или из промышленности, причем с каждым таким пополнением связаны определенные дополнительные затраты. Наконец, склад несет расходы по *хранению* находящегося в нем имущества. Требуется так выбрать момент и объем заказа на восполнение, чтобы суммарные затраты на хранение и поставки были минимальны. На работу склада могут быть наложены некоторые *ограничения* (например, максимальный запас не должен превышать вместимость склада, а его стоимость – заданной суммы). В этих случаях разыскивается условный минимум затрат.

Элементами задачи управления запасами (УЗ) являются: система обеспечения; спрос на материальные средства (МС) обеспечение; возможность восполнения запасов; функция затрат; ограничения; стратегия управления запасами.

Под стратегией понимается в смысле терминологии принятия решений, т.е. как выбранная менеджером линия поведения, полностью определяющая его действия в рамках рассматриваемой модели.

Системы УЗ можно классифицировать по многим признакам: вид запасов; место хранения; структура системы; свойства запасов; статистические характеристики процессов спроса и поставок; цели системы; ограничения; информационные характеристики.

Таким образом, управление запасами на всех уровнях должно стать точной деятельностью, исключающей всякую произвольность. Приведенные выше соображения позволяют утверждать, что достижение наивыгоднейшего компромисса между противоречивыми требованиями сокращения расходов на хранение и надежного обеспечения является делом достаточно сложным и требует тщательного количественного анализа.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Модели и методы теории логистики: учебное пособие /под ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2008. – 294 с.
2. Рыжиков, Ю.И. Теория очередей и управления запасами / Ю.И. Рыжиков. – СПб: Питер 2001. – 384 с.
3. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения: ГОСТ 27.002-89. – М., 1989. – 28 с.

УДК 629.7.05

А.Н. Попов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ХОЛОДИЛЬНЫЕ КОМПРЕССОРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СРЕДСТВАХ НАЗЕМНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Один из главных элементов любой холодильной машины - это компрессор. Компрессор всасывает пар хладагента, имеющий низкие температуру и давление, затем сжимает его, повышая температуру (до 70–90 °С) и давление (до 15–25 атм.), а затем направляет парообразный хладагент к конденсатору.

Основные характеристики компрессора – степень компрессии (сжатия) и объем хладагента, который он может нагнетать. Степень сжатия – это отношение максимального выходного давления паров хладагента к максимальному входному.

В холодильных машинах используют компрессоры двух типов:

- поршневые – с возвратно-поступательным движением поршней в цилиндрах;
- ротационные, винтовые и спиральные – с вращательным движением рабочих частей;

Поршневые компрессоры используются чаще всего в машинах большой мощности.

Основные модификации поршневых компрессоров (отличаются конструкцией, типом двигателя и назначением):

- герметичные компрессоры;
- полугерметичные компрессоры;
- открытые компрессоры.

Герметичные компрессоры:

Используются в холодильных машинах небольшой мощности (1,5 - 35 кВт). Электродвигатель расположен внутри герметичного корпуса компрессора. Охлаждение электродвигателя производится самим всасываемым хладагентом.

Полугерметичные компрессоры:

Используются в холодильных машинах средней мощности (30–300 кВт). В полугерметичных компрессорах электродвигатель и компрессор соединены напрямую и размещены в одном разборном контейнере. Преимущество этого типа компрессоров в том, что при повреждениях можно вынуть двигатель, чтобы отремонтировать клапаны, поршень и др. части компрессора. Охлаждение электродвигателя производится самим всасываемым хладагентом.

Открытые компрессоры:

Имеют внешний электродвигатель, выведенный за пределы корпуса, и соединенный с компрессором напрямую или через трансмиссию.

Мощность многих холодильных установок может плавно регулироваться с помощью инверторов – специальных устройств, изменяющих скорость вращения компрессора.

В полугерметичных компрессорах возможен и другой способ регулировки мощности – перепуском пара с выхода на вход либо закрытием част всасывающих клапанов.

Основные недостатки поршневых компрессоров:

- пульсации давления паров хладагента на выходе, приводящие к высокому уровню шума;
- большие нагрузки при пуске, требующие большого запаса мощности и приводящие к износу компрессора.

Винтовые устройства конструктивно похожие на ротационные. Разница в том, что в них используется два вента: ведущий и ведомый. От поршневых компрессоров агрегаты этого типа отличаются повышенной производительностью при более высоком уровне шума. Это накладывает определенные ограничения на использование винтовых компрессоров в бытовых холодильных установках. Основная сфера их применения – мощное промышленное оборудование, очень большое распространение они нашли в современных аэродромных кондиционерах.

В ВС РФ аэродромные кондиционеры предназначены для создания и поддержания заданных климатических условий внутри кабин, отсеков и салонов самолетов (вертолетов), а также для

вентиляции спецснаряжения летного состава при неработающих бортовых системах кондиционирования во время наземного обслуживания и предполетной подготовки авиационной техники.

В этих кондиционерах применяются различные виды компрессоров, так на аэродромном кондиционере (АК-0,4-М1), была применена современная холодильная установка на базе компрессоров фирмы Bitzer немецкого производства, отличная от устанавливаемой до сих пор на все отечественные аэродромные кондиционеры

Этот компрессор полугерметичный винтового типа, эксплуатируется на хладагентах R404a, R22, R507a, с холодопроизводительностью 377 кВт.

Современные винтовые компрессора обладают целым рядом преимуществ перед другими типами аналогичного оборудования:

- низкими затратами на монтаж и обслуживание;
- современной конструкцией;
- высокой производительностью;
- надежностью и долговечностью (срок службы техники составляет 15–25 лет);
- небольшими габаритными размерами и весом;
- высоким КПД;
- эффективной системой охлаждения устройства, позволяющей снизить риск перегрева и организовать непрерывную круглосуточную работу оборудования;
- высокой степенью автоматизации, возможностью точной настройки и регулировки режимов работы;
- низким уровнем шума;
- высокой степенью чистоты воздуха или газа на выходе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абдурашитов, С.А. Насосы и компрессоры / С.А. Абдурашитов. - М.: Недра, 1974. – 235 с.
2. Шерстюк, А.Н. Компрессоры / А.Н. Шерстюк. – М., 1959. – 180 с.
3. Технические средства тылового обеспечения. – М.: Воениздат, 2003. – 230 с.

УДК 629.7.083

В.В. Скрипкин, Р.П. Бунин

*ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)*

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ АЭРОДРОМНЫЙ КОНДИЦИОНЕР ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

На существующих средствах кондиционирования воздуха (СКВ) недостаточно уделялось внимание защите от оружия массового поражения. Например, последствия применения ядерного оружия – радиационное заражение. Источник заражения атмосферная пыль, улавливаемая воздушными фильтрами, представляет собой набор частиц различного происхождения, состава, формы, размера и с разным электрическим зарядом поверхности. В ходе исследования рассмотрены теоретические основы процесса фильтрования комбинированными фильтровальными структурами (КФС) приточного воздуха с учётом воздействия радиационного заражения.

Рассмотрим механизм фильтрования, основную роль в котором для волокнистого подслоя играет инерционное осаждение, седиментация, диффузия и турбулентная миграция, для зернистого слоя – турбулентная миграция для частиц пыли, средний медианный диаметр $\bar{d}_m$ которых гораздо меньших размера пор зернистого подслоя при скорости $w \geq 1$ м/с.

Максимальный результат фильтрования достигается при допущении, что частицы, не уловленные в результате осаждения одним из механизмов, осаждаются под действием других.

Значения этих параметров необходимы для выбора воздушных фильтров перспективных СКВ (рисунки 1, 2 и 3).

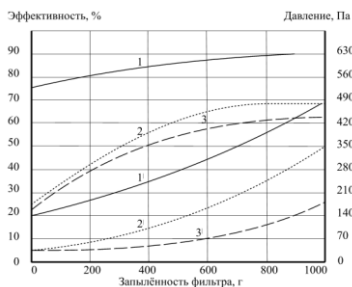


Рисунок 1 – Эффективность фильтров и падение давления в них по запыленности:

1 – 1 вариант фильтра; 2 – 2 вариант фильтра; 3 – 3 вариант фильтра

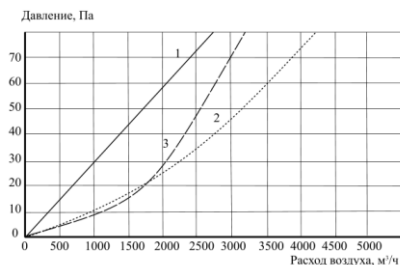


Рисунок 2 – Зависимость расхода воздуха при работе фильтров от давления:
1 – 1 вариант фильтра, 2 – 2 вариант фильтра, 3 – 3 вариант фильтра

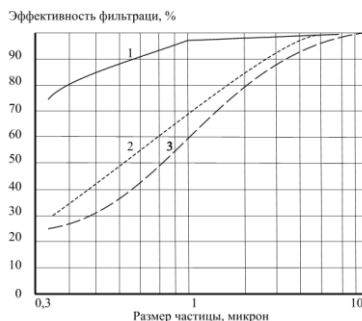


Рисунок 3 – Эффективность фильтрации от размена пылевых частиц:
1 – 1 вариант фильтра, 2 – 2 вариант фильтра, 3 – 3 вариант фильтра

Из анализа графиков (рисунок 1, 2 и 3) следует, что требуемым параметрам в соответствии с фильтром позиция 2.

Продолжительность эксплуатации фильтра до замены или очистки составит:

$$\tau = \frac{100 \cdot M}{L \cdot C \cdot E}, \quad (3)$$

где L – производительность по воздуху, м³/ч; ($L = 4800$ м³/ч);
 M – пылеемкость фильтра, кг; C – содержание пыли в атмосферном воздухе, кг/м³ ($C=0,5 \cdot 10^{-6}$ кг/м³); E – эффективность очистки фильтрующего материала, %.

Пылеёмкость фильтра, кг:

$$M = m \cdot S = 0,565 \text{ кг}, \quad (4)$$

где m – пылеёмкость фильтрующего материала, 0,5 кг/м²; S – площадь фильтрующего материала, м².

При принятых исходных данных получаем:

$$\tau = 131 \text{ ч.}$$

Расчеты показали, что продолжительность эксплуатации фильтра в местности со слабо загрязненной степенью атмосферного воздуха составляет 131 час. По истечении данного времени необходимо заменить или произвести очистку фильтра.

Расчеты позволяют определить наиболее важные параметры, характеризующие скорость и качество очистки воздуха, и предложить на основе анализа модели рациональный вариант воздушного фильтра для нового аэродромного кондиционера, который может эксплуатироваться после применения ядерного оружия, где источник заражения – атмосферная пыль, улавливаемая данным воздушным фильтром.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Евсина, Е.М. Математическое моделирование систем очистки воздуха от различных токсикантов: сб. науч. ст. / Е.М. Евсина. – Астрахань, 2007. – С. 46–49.

УДК 66.011+661.93

М.И. Слюсарев, А.М. Кокарев, Р.А. Сысовский

*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж, Россия)*

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА СТАБИЛИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОЛОННЫ ПОЛУЧЕНИЯ АЗОТА ГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ ТКДС-100В

Для обеспечения полетов воздушных судов государственной авиации в полевых условиях применяют газодобывающую станцию ТКДС-100В. Опыт ее эксплуатации показал, что в режиме получения азота блок разделения воздуха работает нестабильно, а количество выдаваемого потребителям жидкого продукта меньше заявленных паспортных данных, что вызывает повышенное потребление энергии и материальных ресурсов.

Воздухоразделительные установки малой производительности, к которым относится станция ТКДС-100В, для компенсации повышенных теплопритоков извне и возможности производства жидких продуктов разделения воздуха используют

комбинированный холодильный цикл высокого давления с детандером и дросселем на нижнем температурном уровне, что предопределяет в схеме питания ректификационной колонны присутствие детандерного и дроссельного потоков.

Другой особенностью колоны получения азота двухколонного ректификационного аппарата транспортабельной газодобывающей станции ТКДС-100В является отсутствие на азотном режиме тарелки питания, когда ввод детандерного и дроссельного потоков производится в подтарелочное пространство куба ректификационного аппарата.

Для выявления причин указанных недостатков в работе воздухоразделительной установки был проведен анализ научной литературы, который показал, что данные по изучению функционирования ректификационных колонн с такими отличительными особенностями ограничены.

Несмотря на отсутствие в литературе конкретных данных по устранению выявленных недостатков в функционировании станции ТКДС-100В, было установлено, что быстрый рост давления в ректификационных колоннах во многом связан с теплоинерционными свойствами рассматриваемой системы.

Так как проведение экспериментальных исследований при криогенных температурах связано с большими материальными и энергетическими затратами, то для выяснения причин нестабильной работы станции ТКДС-100В был принят метод математического моделирования.

Ввиду сложности процесса ректификации для формализованного его описания были приняты следующие упрощающие допущения: паровая фаза идеальный газ; задержка по пару существенна только в зоне смешения; температуры пара в зоне смешения и кипящей кубовой жидкости отличаются незначительно; рассматривается адиабатная колонна; теплоемкостью материала колонны пренебрегаем; жидкая фаза идеально перемешана; унос и проваливание жидкости отсутствуют; конденсатор колонны полный, испаритель парциальный; динамикой конденсатора пренебрегаем; флегма является насыщенной жидкостью; динамикой изменения уровня жидкости в кубе колонны пренебрегаем; воздух рассматривается как бинарная смесь азота и кислорода.

Математическая модель процесса ректификации для принятой системы допущений описана в [1]. Она включает систему сопряженных нелинейных дифференциально-алгебраических уравнений теплового и материального балансов для отдельных структурных элементов ректификационной колонны: куба, подтарелочного пространства, тарелок колонны и конденсатора.

В настоящей работе использована эта система уравнений, в которой при принятой независимости расхода пара по высоте колонны элиминировано уравнение теплового баланса для каждой тарелки, а уравнения динамики для общего уравнения материального баланса и материального баланса по низкокипящему компоненту (азоту) для произвольной i -ой тарелки записаны в следующем виде:

$$\frac{dM_i^L}{dt} = L_{i+1} - L_i, \quad (1)$$

$$\frac{dx_i}{dt} = \frac{1}{M_i^L} [L_{i+1}(x_{i+1} - x_i) + G_0(y_{i-1} - y_i)] \quad (2)$$

где M_i^L – количество жидкой фазы на тарелке, кмоль;
 L_i – расход жидкой фазы для тарелок с соответствующим номером, кмоль/с; G_0 – расход паровой фазы на первую тарелку, кмоль/с;
 x и y – концентрации азота в жидкой и паровой фазах для тарелок с номером i , кмоль/кмоль;

Для решения поставленной задачи использовали численный метод с применением вычислительной среды MatLab/Simulink. В качестве решателя применяли Matlab – функцию ode15s, которая использует переменный во времени шаг интегрирования. Исходные для расчета данные соответствовали процессу ректификации воздуха в реальной колонне газодобывающей станции ТКДС-100В, число тарелок в колонне было принято равным пяти.

Из опыта эксплуатации мобильной воздухоразделительной установки было выявлено, что основным источником неустойчивости ее работы является тепловой импульс, появляющийся в дроссельном потоке питания колонны после основного теплообменника при переходе блока комплексной очистки и осушки воздуха на параллельный режим работы адсорберов. В связи с этим при проведении моделирования процесса ректификации в азотной колонне этому тепловому импульсу ставили в соответствие ступенчатое изменение потока питания на 10 К при различных количествах кубовой жидкости. Результаты расчетов приведены на рисунке 1.

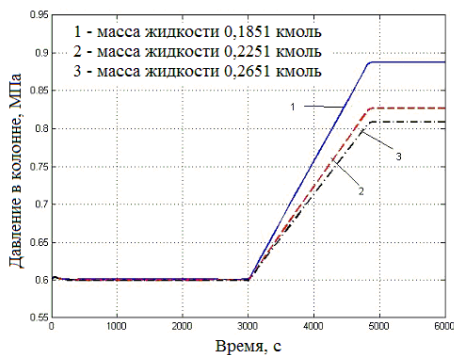


Рисунок 1 – Динамика давления при ступенчатом увеличении температуры потока питания на 10 К

Из анализа рисунка 1 следует, что скачок давления в азотной колонне тем больше, чем меньше количество жидкости в кубе колонны, что можно объяснить незначительной тепловой инерционностью системы в этом случае. Полученный результат был положен в основу уточненного расчета динамики ректификационной колонны, который позволил установить необходимое количество жидкости в кубе колонны, обеспечивающее стабильное функционирование колонны получения азота станции ТКДС-100В.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ryazhskikh, V.I. Static functioning of a high-pressure distillation column in a nitrogen-producing air separation units / V.I. Ryazhskikh, A.M. Kokarev, M.I. Slyusarev // International Journal of Scientific & Technology Research – 2019. – V.8, No.11. – P. 3269–3274.

УДК 629.7.08

А.Б. Тюнин, Н.Н. Скребов, Н.В. Лобанов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ В ХОДЕ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Эффективность применения современного боевого авиационного комплекса (БАК) как единой функциональной системы определяется как характеристиками самого воздушного судна (ВС), так и техническими возможностями средств наземного обслуживания общего применения (СНО ОП). Одним из основных

СНО ОП являются средства электроснабжения (СЭ), выполняющие задачи получения, преобразования и подачи на борт ВС качественной электрической энергии в процессе его наземной подготовки к полетам.

Разработка и принятие на вооружение БАК 4 + и 5 поколений обуславливает повышение объема потребляемой электрической энергии, необходимой для питания потребителей ВС в ходе наземной оперативной подготовки, при одновременном повышении ее качества. Важнейшим параметром качества электрической энергии является частота вырабатываемого напряжения.

Необходимо отметить, что надежность работы, срок службы и режимы работы ряда потребителей переменного тока на борту ВС зависят от точности стабилизации частоты синхронных генераторов [1]. Так качество стабилизации частоты влияет на точность выставки инерциальной навигационной системы БАК.

Требования к качеству регулирования частоты регламентирует ГОСТ Р 54073-2017 [2], согласно которому частота в установившемся режиме работы системы электроснабжения самолетов и вертолетов должна находиться в пределах 380...420 Гц, а при работе от аварийных источников электроэнергии – 360...440 Гц. В настоящее время, для обслуживания систем ВС используются в качестве СЭ авиационные подвижные электроагрегаты (АЭА), которые не в полной мере соответствуют требованиям по обслуживанию существующих и перспективных БАК истребительной авиации по качеству вырабатываемой электрической энергии.

Основной причиной существенного отклонения частоты является применение на АЭА приводных двигателей внутреннего сгорания, сопоставимых по мощности с синхронными генераторами.

В результате этого из-за малой мощности и инерционности приводного двигателя в ходе наземного обслуживания наблюдаются провалы частоты при включении потребителей и ее выбросы при их отключении.

Увеличение мощности, а также применение других типов приводных двигателей не дает желаемого положительного эффекта и экономически является не выгодным. Следовательно, возникает необходимость в разработке и научном обосновании новых технических решений по стабилизации частоты тока мобильных наземных СЭС ВС, направленных на повышение эффективности наземной подготовки воздушных судов.

В результате проведенного анализа систем регулирования частоты наземных электроагрегатов, а также патентного поиска коллективом авторов было предложено новое техническое решение для регулирования частоты автономного синхронного генератора.

Его сущность заключается в опережении момента увеличения оборотов двигателя по отношению к моменту включения нагрузки [3].

Устройство предназначено для дополнительного увеличения оборотов приводного двигателя перед включением нагрузки за счет формирования и передачи по линии связи упреждающего сигнала о намерении ее включения, обеспечивая тем самым технический результат изобретения.

Устройство содержит датчик включения нагрузки, установленный на рукоятке ручного коммутационного аппарата и предназначенный для фиксации момента прикосновения оператора к рукоятке.

В качестве датчика включения нагрузки может быть применен тензодатчик с возможностью определения направления воздействия [4].

Блок формирования управляющего воздействия предназначен для выбора из массива согласно полученному от дешифратора сигналу импульса, хранящегося в памяти блока. Причем, амплитуда и длительность упреждающего импульса, должны соответствовать заданной величине изменения оборотов приводного двигателя, с целью компенсации возмущающего воздействия и получения необходимого качества переходного процесса по частоте синхронного генератора

Блок формирования управляющего воздействия может быть выполнен в виде микропроцессорного устройства с энергонезависимой памятью.

Линия связи между шифратором и дешифратором может быть реализована на основе соответствующей интегральной микросхемы, реализующей на физическом уровне беспроводную передачу данных по радиointерфейсу с возможностью задания адреса передатчика.

Устройство работает следующим образом. При включении нагрузки путем воздействия оператора на ручной коммутационный аппарат до момента замыкания его контактов происходит срабатывание датчика включения нагрузки. На выходе датчика появляется упреждающий сигнал, свидетельствующий о предстоящем включении нагрузки, соответствующий ее мощности и типу. Далее сигнал с датчика поступает на шифратор, где происходит формирование сигнала о порядковом номере нагрузки. Далее по линии связи данный сигнал поступает на дешифратор, где происходит определение порядкового номера нагрузки и передача этой информации в блок формирования управляющего воздействия. Там по порядковому номеру нагрузки происходит выбор импульса, соответствующего поступающему сигналу из массива, хранящегося в памяти. Далее данный импульс поступает на сумматор, где

алгебраически складывается с сигналом штатного регулятора частоты и через регулятор оборотов приводного двигателя увеличивает либо уменьшает его обороты.

Таким образом, начало регулирования частоты синхронного генератора наступает с необходимым опережением по отношению к моменту включения нагрузки.

При сбросе нагрузки последовательность работы элементов в схеме сохраняется прежней, причем вместо увеличения оборотов приводного двигателя происходит их уменьшение для исключения выбросов частоты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скребов, Н.Н. Средства обеспечения энергией: учебник для вузов / Н.Н. Скребов, Ю.В. Медведков, В.П. Поляруш. – М.: Воениздат, 1995. – 424 с.
2. Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии: ГОСТ 54073-2017. – М.: Стандартиформ, 2017. – 39 с.
3. Устройство регулирования частоты автономного синхронного генератора: пат. 001693 Рос. Федерация / А.Б. Тюнин, Н.Н. Скребов. – Оpubл. 10.02.2019.

УДК 620.7.08

А.Б. Тюнин, Н.Н. Скребов, Н.В. Лобанов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Современный авиационный комплекс является единой функциональной системой, эффективность которой определяется не только самим воздушным судном (ВС), но и техническими характеристиками и возможностями средств наземного обслуживания общего применения (СНО ОП). Одним из основных СНО ОП являются мобильные наземные средства электроснабжения, выполняющие задачи получения, преобразования и подачи на борт воздушного судна (ВС) электрической энергии в процессе его подготовки к боевому вылету. Надежное и безотказное функционирование этих средств электроснабжения в ходе наземных проверок является важным фактором успешного выполнения задач, стоящих перед авиационной частью.

Одним из перспективных направлений здесь представляется разработка и внедрение в систему электроснабжения (СЭС) электроагрегатов (АЭА) встроенных систем контроля (ВАСК)

процесса наземного электроснабжения ВС, реализующих оптимальные структуры их построения.

Применение алгоритмов синтеза строго оптимальных структур ВАСК СЭС АЭА на этапе их начальной разработки практически лишено особого смысла.

Во-первых, это связано с небольшой точностью исходных данных о затратах, используемых в критериях оптимальности.

При комбинационном поиске по безусловной схеме критерием оптимальности являются, прежде всего, суммарные затраты на изготовление аппаратуры контроля (АК) каждого параметра. Под затратами здесь могут подразумеваться различные характеристики АК (стоимость проектирования, изготовления или приобретения аппаратуры, её масса, надёжность и др.) или какие-то функции этих характеристик.

Во-вторых, алгоритмы синтеза строго оптимальных структур ВАСК достаточно сложны и их реализация представляет собой довольно трудоёмкий процесс.

При ориентировочных расчетах и на этапе проектирования ВАСК, где к точности решений предъявляются значительно меньшие требования, приемлемые приближённые решения можно получить, используя более простые алгоритмы.

Один из таких наиболее «простых» алгоритмов синтеза квазиоптимальной структуры (КОС) ВАСК рассмотрен в работе [1]. Предлагаемый в ней способ синтеза КОС АК использует рекурсивный метод комбинаторной оптимизации, подробно описанный там же.

Данный алгоритм не связан с перебором возможных структур и основан на систематическом отборе контролируемых параметров с наименьшими затратами на изготовление АК. Он предполагает определение приблизительно оптимального набора контролируемых параметров (КР), достаточного для поиска одиночного отказа по безусловной схеме и обеспечения наименьших затрат на изготовление аппаратуры контроля этих параметров.

Для задач синтеза оптимальных или квазиоптимальных структур ВАСК необходимо построить математическую модель СЭС АЭА (как объекта контроля (ОК)) и задать характеристики этой модели.

Наиболее просто СЭС любого АЭА в данных задачах представить в виде её функционально-логической модели (ФЛМ). А всю необходимую для контроля информацию о функциональных связях ОК (исходные данные модели, описывающие ее различные состояния в процессе работы), задать матрицей контролируемых параметров [1].

В настоящей статье в качестве целевой функции вместо критерия оптимальности, связанного с наименьшими затратами на изготовление аппаратуры измерения, контролируемых параметров (КР), предлагается критерий оптимальности в виде эксплуатационной оценки O , каждого КР в зависимости от λ -характеристик надежности элементов СЭС АЭА.

Интенсивность отказов λ ($[\lambda] = 1/\text{ч} = \text{ч}^{-1}$) в настоящее время является основной справочной характеристикой (показателем) безотказности (надежности) элементов [2], приводимой в технических условиях или других технических документах.

Для удобства синтеза КОС эксплуатационная оценка O , каждого контролируемого параметра представляет собой показатель надежности элемента или суммы элементов, выраженный безразмерным целым числом в соответствии с интенсивностью отказов и количеством контролируемых элементов. Чем выше интенсивность отказов, тем ниже целое число или сумма целых чисел, а следовательно, и эксплуатационная оценка КР.

Таким образом, алгоритм синтеза КОС при выбранном критерии оптимальности будет основан на систематическом отборе контролируемых параметров с наименьшей эксплуатационной оценкой $O_{\min}$.

Для синтеза квазиоптимальной структуры ВАСК был использован программный продукт [3].

Его основу составляет программа разбиения бинарных матричных подмножеств.

Она реализует основанный на рекурсивном методе формальный алгоритм построения квазиоптимальных программ поиска отказа, описанный в [1], и позволяет локализовать одноэлементное подмножество.

Вся программа написана на языке программирования VisualBasicforApplications в приложении MicrosoftExcel. Использование в программе электронных таблиц заметно упрощает ввод исходных данных и вывод конечных результатов.

Предложенный алгоритм синтеза квазиоптимальной структуры встроенной системы контроля и диагностирования СЭС АЭА по минимуму эксплуатационной оценки может быть использован при ориентировочных расчетах на этапах её проектирования как для авиационных электроагрегатов, так и для самих СЭС воздушных судов.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пашковский, Г.С. Задачи оптимального обнаружения и поиска отказов в РЭА / Г.С. Пашковский. – М.: Радио и связь, 1981. – 280 с.

2. Надежность электрорадиоизделий, 2006: Справочник /С.Ф. Прытков и др. – М.: ФГУП «22 ЦНИИ МО РФ», 2008. – 641 с.

3. Скребов, Н.Н. «KORBMTS»: Программный продукт, протокол №336 от 26.01.2019 г. / Н.Н. Скребов, Н.П. Виноградов; ВУНЦ ВВС «ВВА». – Воронеж, 2019. – 40 с.

УДК 004.422.8, 629.064.3

М.Д. Хлупин, Н.П. Виноградов

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е.Жуковского и
Ю.А.Гагарина» (г.Воронеж)*

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МОДУЛЯ

Современные средства энергоснабжения (гидравлические установки), стоящие на снабжении ВВС, разработаны в 70–80-х годах прошлого столетия.

В связи с этим возникает необходимость в разработке перспективных СГО, основными направлениями которых являются:

- блочно-модульная схема построения отдельных изделий и комплекса средств наземного обслуживания общего применения (СНО ОП) в целом;

- применение CALS-технологий и ориентация на международные стандарты.

Идея информационной интеграции выросла на западе (США) в концепцию, получившую название CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла). Русскоязычное название этой концепции и стратегии – ИПИ – информационная поддержка жизненного цикла изделий.

В России одними из первых стали работать над внедрением ИПИ-технологий предприятия именно авиационно-промышленного комплекса.

Настойчивость предприятий военно-промышленного комплекса при внедрении ИПИ-технологий объясняется, прежде всего, значительным сокращением сроков и стоимости создания продукции военного назначения, а также повышением её качества.

В результате анализа, проведенного в работе [1], наиболее приемлемой системой автоматизированного проектирования (САПР) для проектировании СГО является система гибридного параметрического моделирования SolidWorks. Данная САПР более автоматизирована, ориентирована на большее количество стандартов, имеет в распоряжении внутренние взаимосвязи рабочего проекта.

Разработка электронной модели гидромодуля начинается с определения структуры всего гидромодуля и соответственно отдельных его блоков.

Процесс построения трёхмерной модели в SolidWorks основывается на создании объемных геометрических элементов и выполнения различных операций между ними. Подобно конструктору модель набирается из стандартных элементов и может быть отредактирована путём добавления (удаления) этих элементов, или изменения их характерных параметров. Модель несёт в себе наиболее полное описание физических свойств объекта (объем, масса, моменты инерции) и даёт проектировщику возможность работы в виртуальном трёхмерном пространстве.

Большое внимание в SolidWorks уделено работе с комплексными сборками, структурными единицами, которых являются компоненты.

Компоненты сборки могут включать в себя как отдельные детали, так и другие сборки, называемые узлами сборки. Для большинства операций поведение компонентов одинаково для обоих типов.

Процесс создания сборки состоит в последовательном добавлении в сборку созданных ранее и сохраненных компонентов. На рисунке 1 показана структура создания силового блока гидравлического модуля.



Рисунок 1 – Структура создания силового блока гидравлического модуля

Добавленному в сборку компоненту необходимо придать проектное положение. Это достигается с помощью специального механизма, который в программе принято называть созданием сопряжений между ним и добавленными ранее компонентами.

Электронная модель гидромодуля представлена на рисунках 2. Она выполнена по типовым размерам в соответствии с государственными и отраслевыми стандартами.

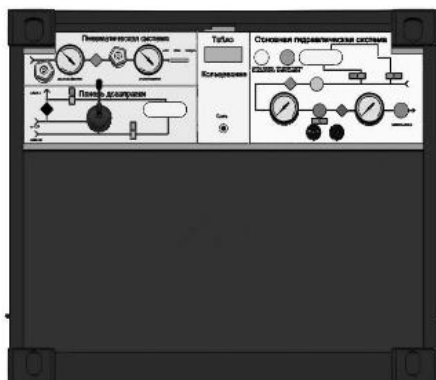


Рисунок 2 – Вид гидромодуля спереди

Разработанная электронная модель установки несёт в себе наиболее полное описание ее физических свойств (объема, массы, моменты инерции) и даёт проектировщику возможность работы с ней в виртуальном трёхмерном пространстве, что позволяет на самом высоком уровне приблизить модель к облику будущего изделия, исключая этап макетирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Синёв, М.Ю. Системы и средства автоматизированного проектирования, применяемые при создании средств наземного обслуживания / М.Ю. Синёв, Н.П. Виноградов, С.В.Золотухин // Совершенствование наземного обеспечения авиации: Сб. ст. – Воронеж, 2008. – Ч. 3. – С. 140-143.

**НАПРАВЛЕНИЕ
«ПРИМЕНЕНИЕ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ
МЕТОДОВ В АВИАЦИИ»**

СПОСОБЫ МЕТАНИЯ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ

Повышение защищенности современной бронетехники остро ставит вопрос о низкой эффективности бронебойных авиационных средств поражения (АСП), в первую очередь снарядов для авиационных пушек. Одним из путей решения данной проблемы является увеличение скорости таких АСП [1, 2].

В настоящее время в АСП применяются реактивный и активный способы метания. Пока дымный порох оставался единственным видом метательного вещества, их развитие шло параллельно. Однако появление бездымных порохов на некоторое время сделало активный способ метания основным. Только появление ракетного двигателя на баллистичном порохе позволило резко увеличить дальность стрельбы ракетами [3].

Активный и реактивный способы имеют разные возможности по обеспечению высоких скоростей метания (более 2000 м/с).

Максимальное значение скорости ракеты достигается при расчетном истечении газов из сопла, когда давление на срезе сопла p_a равно давлению окружающей среды p_H и определяется по формуле [4]:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2k}{k-1} RT_k}, \quad (1)$$

где R – газовая постоянная, T_k – температура продуктов сгорания топлива в ракетной камере, k – показатель адиабаты.

На практике скорость $v_{\max}$, определяемая по формуле (1), не реализуема и реальная скорость истечения определяется по формуле $v_a = \varphi_v v_{\max}$, где $\varphi_v = 0,7 - 0,8$ – коэффициент потерь.

Введем понятие относительной скорости $\bar{V} = v/v_{\max}$, которая определяется по формуле Циолковского [4]:

$$\bar{V} = \varphi_v \ln \left(1 + \frac{1}{m_{\text{пн}}/\omega + \alpha} \right), \quad (2)$$

где $m_{\text{пн}}$ – масса полезной нагрузки, кг; ω – масса заряда, кг; α – коэффициент массового совершенства двигателя.

Из формулы (2) следует, что для каждого значения коэффициента α существует свое предельное значение относительной скорости $\bar{V}_{\text{пр}}$, к которому она стремится при $\frac{\omega}{m_{\text{пн}}} \rightarrow \infty$. То есть, для ракеты существует скоростной барьер, имеющий конструктивную природу. Преодоление этого барьера возможно при применении многоступенчатых двигателей.

При активном способе метания снаряд разгоняется силой давления газов, действующих на его дно. Давление газов на дно снаряда меняется в зависимости от их скорости, равной скорости снаряда [5]:

$$P_{\text{сн}} = P_{\text{д}} \left[1 - \left(\frac{V_{\text{сн}}}{v_{\text{max}}} \right)^2 \right]^{\frac{k}{k-1}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{д}}$ – давление газа на дно ствола орудия, $V_{\text{сн}}$ – скорость снаряда.

Из формулы (3) следует, что при активном способе метания относительная скорость $\bar{V} = \frac{V_{\text{сн}}}{v_{\text{max}}} = 1$ недостижима, так как при $\bar{V} \rightarrow 1$, $P_{\text{сн}} \rightarrow 0$.

Преодоление скоростного барьера при активном способе метания достигается использованием легкогазовых установок. Однако, несмотря на возможность получения большой скорости метания, ввиду малой массы метаемого снаряда используются такие установки только в качестве лабораторных.

Кроме того, необходимо отметить, что с ростом скорости метания преимущества активного способа метания падают, но при этом активный способ остается экономичнее реактивного.

Очевидно, что целесообразно сочетать активный и реактивный способы метания.

Отличительными признаками обычного артиллерийского оружия (с активным метанием) является наличие ствола, нагруженного внутренним давлением, и силы отдачи. Особенностью ракеты (с реактивным метанием) является наличие газов, истекающих через сопло, и дополнительной пассивной массы. Объединение обоих способов можно реализовать с использованием следующих конструктивных решений:

- динамореактивная пушка, в которой газы, истекая через скрепленное со стволом сопло, создают реактивную силу, компенсирующую силу отдачи;
- газодинамическая пушка, в которой снаряд движется под действием газов, истекающих из сопла неподвижного ракетного двигателя;
- артиллерийское оружие, стреляющее снарядами с реактивным двигателем, которые принято называть активно-реактивными снарядами (АРС).

Если применение динамореактивной и газодинамической пушек на воздушном судне представляется не целесообразным, то использование АРС возможно и перспективно [6].

АРС большого калибра широко используются и развиваются в настоящее время. Первые образцы АРС малого калибра создавались еще в 30–40-х годах XX века и показали свою жизнеспособность [7]. Создание АРС имеет ряд конструктивных

трудностей, однако они разрешимы на современном уровне технологий, а перспективы заключаются в следующем [6]:

- низкое давление в канале ствола уменьшает импульс отдачи от выстрела, а значит появляется возможность значительно уменьшить массу оружия;

- использование реактивного двигателя позволяет повысить скорость в момент встречи с преградой, а значит повысить эффективность бронбойного действия;

- в таких АСП появляется возможность в перспективе отказаться от гильзы, а значит повысить темп стрельбы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Подвальный, А.М. О проблемах создания перспективных образцов метаемых реактивных элементов / Подвальный А.М., Прудников А.Г. // Вооружение и экономика, 2014. – №. 5 (42). – С. 15 – 22.

2. Должиков, В.И. Боеприпас авиационного артиллерийского оружия с кумулятивным ускорителем / В.И. Должиков, Д.С. Карамышев // Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации: IX Международная научно-практическая конференция авиационного факультета УО «Военная академия Республики Беларусь»: сб. тезисов докладов, Минск, 23–24 мая 2019 г. – Минск: ВАРБ, 2019. – С. 56.

3. Победоносцев, Ю.А. Первые старты / Ю.А. Победоносцев, К.М. Кузнецов. – М: Издательство ДОСААФ, 1972. – 72 с.

4. Антонов, А.И. Внутренняя баллистика ракетных двигателей твердого топлива: учеб. пособие / А.И. Антонов, О.А. Конопелько, А.В. Рожок. – Минск: ВА РБ, 2018. – 148 с.

5. Конопелько, А.И. Внутренняя баллистика ствольных систем: учеб. пособие / О.А. Конопелько, А.И. Антонов. – Минск: ВА РБ, 2011. – 160 с.

6. Федосевич, М.В. Перспективы разработки активно-реактивных снарядов для авиационных артиллерийских систем / М.В. Федосевич, А.И. Антонов, С.Г. Дубовский // Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации: IX Международная научно-практическая конференция авиационного факультета УО «Военная академия Республики Беларусь»: сб. тезисов докладов, Минск, 23–24 мая 2019 г. – Минск: ВАРБ, 2019. – С. 54.

7. Малокалиберные активно-реактивные боеприпасы [Электронные ресурсы]. – Режим доступа: <http://www.dogswar.ru/armii-mira/vooryjenie/3509-malokalibernye-aktiv.html>.

УДК 504.064

А.И. Балодис, В.А. Хведченя

Белорусская государственная академия авиации

НОВЫЕ ПРИОРИТЕТЫ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Сегодня авиация примерно в 15 раз «уступает» автомобильному транспорту по количеству выбрасываемых в воздух загрязняющих веществ и утверждается, что она является

относительно «чистым» видом транспорта, но ее влияние на климат и экологию может со временем стать ощутимым из-за постоянно увеличивающегося воздушного трафика.

Наносимый гражданской авиацией урон окружающей среде заключается – в акустическом загрязнении (звук на перроне аэропорта равняется 100 дБА, в зданиях – 75 дБА); – в электромагнитном загрязнении. Этому способствует радиолокация и радионавигация, которые необходимы в слежении за маршрутами движения самолетов и метеообстановкой (при этом создаются электромагнитные поля, угрожающие здоровью человека); – в выбросе в воздух продуктов сгорания авиатоплива, а иногда и самого авиатоплива.

Авиационный шум – важный фактор, под воздействие которого попадает большое число людей. Уровень шума современного реактивного самолета при взлете равен 130–140 дБА. В кабине современного самолета шум достигает 100 дБА. Смертельный для человека, звук взрыва – 200 дБА.

В целях снижения акустического загрязнения необходимо внедрение технологий сокращения шума, ужесточение стандартов по шуму для существующего парка самолетов и разработка стандартов для новых моделей воздушных судов.

Самые современные пассажирские самолеты Boeing 737 или Airbus A321, оснащенные экономичными двигателями и оконечными частями крыла самолета, снижающими потребление топлива, потребляют авиационное топливо в объеме 3000 литров на час полета (или 3–3,5 литра на километр полета). За один рейс самолет потребляет авиационное топливо в объеме, сравнимым с количеством бензина, который сжигается одним автомобилем за год.

Таблица 1 – Основные источники выбросов в атмосферу от транспорта

№ п/п	Вид транспорта	Потребляемое топливо, %	Выбросы в атмосферу, %
1	Автомобильный	56,5	71,3
2	Железнодорожный	11,0	6,3
3	Речной	5,9	2,6
4	Строительно-дорожные машины	1,9	1,3
5	Сельскохозяйственные машины	23,5	17,8
6	Авиация	1,2	0,7

Сегодня гражданская авиация ответственна за 3% выбросов парниковых газов в мире. Для их уменьшения необходимо

повышение экологичности авиационных топлив (смешивание керосина и сжиженного природного газа или биотоплива в пропорции 50:50, что может обеспечить сокращение выбросов CO₂ в атмосферу на 50–70 %) и техническое усовершенствование авиационных двигателей (увеличение их тяговой эффективности, подразумевающее уменьшение потребление топлива).

Таблица 2 – Эмиссия от различных видов транспорта из расчета один пассажиро-километр

№ п/п	Вид транспорта	Эмиссия CO, г
1	Самолет (внутренние полеты)	133
2	Самолет (дальние полеты)	102
3	Машина 1 пассажир	171
4	Автобус	104
5	Машина 4 пассажира	43
6	Внутренний поезд	41
7	Междугородный автобус	27
8	Поезд на дальние расстояния	6

Тем не менее, одним из самых грозных выбросов является CO₂. Доля выбросов от авиатранспорта составляет 1,6 %. Ежесуточные рейсы по всему миру оказывают существенную нагрузку на окружающую среду, поскольку каждый сожженный литр авиационного топлива выдает более 2,5 кг CO₂. Полет самолета на расстояние 1000 км приводит к выбросу 9 т. CO₂.

Таблица 3 – Источники выбросов CO₂

№ п/п	Вид услуг	Доля от общего объема выбросов, %
1	Производство электроэнергии и отопление	61,1
2	Промышленность и строительство	12,3
3	Транспорт (за исключением авиaperевозок)	14,6
4	Эксплуатация зданий	9,2
5	Все остальное	1,2
6	Авиатранспорт	1,6

Парниковые газы – в основном CO₂, но также метан (CH₄) выступают в качестве движущих факторов парникового эффекта. А водяной пар создает быстродействующую обратную связь, т.е. водяной пар быстро реагирует на изменение температуры посредством испарения, конденсации и выпадения осадков. Эта

обратная связь означает, что при увеличении концентрации CO_2 в два раза, водяной пар вносит вклад примерно в три раза превышающий вклад парниковых газов. Водяной пар - важная составная часть атмосферы. Он является источником наиболее важного окислителя как в тропосфере, так и в стратосфере, где влияет на истощение озонового слоя.

В условиях постоянного роста объемов авиаперевозок формируются новые направления экологической деятельности международной гражданской авиации, такие как внедрение нового международного экологического стандарта, нормирующего выброс парниковых газов при авиаперевозках, планомерное повышения топливной эффективности авиаперевозок, перевод авиатехники на использование экологичных альтернативных видов топлива, снижение уровня шума в аэропортах в ночное время.

Таким образом, определены новые приоритеты в сфере защиты окружающей среды от воздействия гражданской авиации. Проблема снижения количества выбросов вредоносных веществ может быть решена на современном уровне развития техники.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Приложение 16 к Конвенции о международной гражданской авиации: Охрана окружающей среды. Эмиссия авиационных двигателей. – Монреаль: ИКАО, 2014. – 120 с.
2. Старик, А.М. Авиация и атмосферные процессы / А.М. Старик, А.Н. Фаворский // Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем. – 2015. – №1. – С. 1-20.
3. Халецкий, Ю.Д. ИКАО : Новый стандарт на шум самолетов гражданской авиации / Ю.Д. Халецкий // Двигатели. – 2014. – № 2. – С. 8-11.

УДК 533.013.11

Л. И. Гречихин

Белорусская государственная академия авиации

СТАТИСТИЧЕСКАЯ АЭРОДИНАМИКА В ДОЗВУКОВОЙ ОБЛАСТИ ПОЛЕТА

Дозвуковая газодинамика в гражданской авиации является основой для конструирования и эксплуатации различных летательных аппаратов (ЛА) в атмосфере Земли. Полёты разных типов самолетов основаны на законах динамической газодинамики. В динамической газодинамике применяются два подхода: континуальный и статистический. Континуальный подход был предложен д-Аламбером, а затем развит Эйлером, а основы статистического подхода были разработаны еще Ньютоном. Так называемая «корпускулярная теория Ньютона».

При континуальном подходе лобовое сопротивление летательного аппарата, равномерно движущегося в неподвижной атмосфере, равно нулю, так как возникающая за телом сила отдачи компенсирует силу лобового сопротивления вследствие искривления потока воздуха. Корпускулярная теория Ньютона наоборот приводила к чрезмерно большому лобовому сопротивлению.

В настоящее время континуальное обтекание окончательно сформировалось и описывается уравнениями: неразрывности, Навье-Стокса, Эйлера и Бернулли. Во всех этих уравнениях не рассматривается непосредственный процесс взаимодействия воздушного потока с движущимся летательным аппаратом. Обычно рассматривается поток воздуха на входе перед ЛА и его трансформация на выходе. При этом процесс непосредственного взаимодействия с каждым элементом ЛА исключается. В результате влияние конкретных конструктивных особенностей на динамику взаимодействия воздушного потока не учитывается. В статистической газодинамике процесс непосредственного взаимодействия воздушного потока с поверхностью летательного аппарата является определяющим. На этой основе рассмотрен процесс взаимодействия каждой молекулы с поверхностью летательного аппарата. В результате суммирования всех взаимодействующих частиц формируется континуальный режим обтекания и при наличии кривизны у обтекаемой поверхности обуславливает возможность применения уравнения Бернулли и возникновение центробежных сил. Такой переход позволил произвести полный анализ газодинамического обтекания моноплана и биплана. В качестве моноплана выбран самолет ТУ-134, а в качестве биплана рассмотрен самолет АН-2.

Результирующая сила действия потока воздуха на элемент поверхности ΔS вдоль оси X -ов и Y -ов равны соответственно:

$$\begin{aligned}\Delta F_{рез.,x} &= \Delta F_{уд.,x} \pm \Delta F_{ц,x} \pm \Delta F_{Б,x}; \\ \Delta F_{рез.,y} &= \Delta F_{уд.,y} \pm \Delta F_{ц,y} \pm \Delta F_{Б,y}.\end{aligned}\quad (1)$$

В уравнениях (1) при выпуклой поверхности используется знак (-) для оси X -ов и знак (+) для оси Y -ов, а при вогнутой поверхности знаки изменяются на противоположные.

Сила действия потока воздуха на всю поверхность, с которой происходит взаимодействие независимо от направления:

$$F_{рез.} = \int_S \frac{\Delta F_{рез.}(x, z)}{\Delta S} dx dz.\quad (2)$$

Вычисление интеграла вдоль оси X -ов позволяет получать лобовое сопротивление ЛА, а вдоль оси Y -ов – подъемную силу крыла самолета. Конкретный расчет лобового сопротивления и подъемной силы крыла самолета ТУ-134 приведены на рисунке 1, а для самолета АН-2 на рисунке 2. Как лобовое сопротивление, так и подъемная сила крыла самолета резко зависят от угла атаки. Это явление следует учитывать при взлете и посадке самолетов ТУ-134 и АН-2. Статистический подход анализа газодинамического обтекания существенным образом отличается от континуального подхода. Континуальный подход не позволяет определить изменение внутренней энергии газа в процессе взаимодействия с поверхностью летательного аппарата. Передача энергии при ударе молекул воздуха о поверхность происходит вследствие упругого удара путем столкновения с кластерами этой поверхности. В результате такого упругого удара происходит передача энергии от молекулы воздуха к движущемуся телу с вероятностью, равной:

$$\theta = \frac{4mM_{кл}}{(m + M_{кл})^2}, \quad (3)$$

где m – средняя масса молекул воздуха, а $M_{кл}$ – масса кластера материала поверхности. Так для алюминия $M_{кл} = 21 \cdot 26,98 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 9,41 \cdot 10^{-25}$ кг и $\theta = 0,185$. Следовательно, молекулы воздуха переносят на поверхность ЛА в единицу времени на площадь всей конструкции S_k следующее количество энергии:

$$\dot{Q} = \theta \frac{1}{6} n \bar{v} c_v S_k \Delta T. \quad (4)$$

Здесь n – концентрация молекул воздуха в потоке, $\bar{v} = \sqrt{\frac{8k_B T}{\pi m}}$ – среднехаотическая скорость молекул воздуха, $c_v = ik_B/2$ (i – число степеней свободы) – удельная теплоемкость. При столкновении молекул воздуха с дюралевой поверхностью $\dot{Q} = 4,879 \cdot 10^4 S_k \Delta T$. На один квадратный метр внешней поверхности при разности температур в один градус за единицу времени будет передано энергии в нормальных условиях ~ 49 кДж. Это огромная энергия.

На изменение скорости течения воздуха у поверхности движущегося тела тратится энергия за счет внутренней энергии воздуха. Поэтому

$$\Delta E = \frac{\dot{m}(\Delta v_n^2 + \Delta v_\tau^2)}{2} \Delta t = \frac{\dot{m} \Delta t}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T. \quad (5)$$

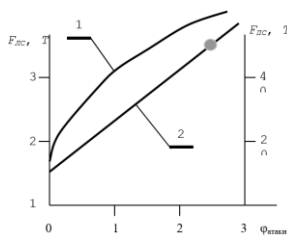


Рисунок 1 – Зависимость результирующих лобового сопротивления (1) и подъемной силы (2) при крейсерском полете самолета ТУ-134 на высоте 9 км со скоростью движения 900 км/час от угла атаки

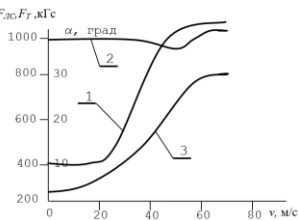


Рисунок 2 – Зависимость от скорости движения самолета АН-2 при работе двигателя 0,85 номинального: 1 – лобового сопротивления; 2 – тягового усилия; 3 – угла атаки лопастей винта

Например, при угле падения 45° со скоростью движения воздуха 100 м/с падение температуры воздуха у стенки канала составит ~ 40 К. Когда разогрев поверхности при упругом ударе не превосходит охлаждения вследствие изменения скорости движения потока воздуха, тогда возникает оледенение. С этим явлением столкнулись на заре развития авиации и поэтому на всех самолетах используются противобледенительные системы. Это явление следует учитывать особенно при работе винтов.

УДК 629.7.064.5

А.Г. Капустин, А.А. Нагула

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАЕКТОРИИ РАДИАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ЦАПФЫ РОТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕКОСА ВНЕШНЕГО КОЛЬЦА ПОДШИПНИКА

Представлена математическая модель траектории радиального движения цапфы ротора электрической машины в условиях перекоса внешнего кольца подшипника. При разработке модели в качестве диагностирующего признака выбрана траектория радиального движения цапфы ротора синхронного генератора в случае перекоса внешнего кольца подшипника. Информацию о перекосе формирует обмотка индуктора генератора, электрический сигнал которой, пропорционален траектории движения ротора.

Данное решение основывается на следующих положениях.

Основной причиной отказов подшипниковых опор электрических генераторов является перекося и осевое заклинивание внешнего кольца подшипника в посадочной втулке. В результате заклинивания кольца подшипниковая опора теряет свойство

компенсатора термических линейных изменений вала и корпуса генератора и подвергается нерасчетным осевым нагрузкам. Возникает неконтролируемый аксиальный распор подшипников, сопровождающийся уменьшением радиального и осевого зазоров. Это приводит к разрушению сепараторов и тел качения, деформации деталей подшипникового узла и, в конечном итоге, к поломке подшипника.

Перекося подшипниковой опоры вызывает колебания ротора электрической машины. Широко распространенные вибрационные методы не позволяют дифференцированно подходить к оценке причин, порождающих колебания ротора электрической машины.

Не учитывая прогиб ротора, можно считать, что воздушный зазор между статором и ротором генератора эквидистантно повторяет траекторию движения цапфы ротора. В случае перекося внешнего кольца подшипника траектория движения цапфы изменяется, соответственно изменяется магнитная проводимость воздушного зазора, что обуславливает появление сигнала в обмотке индуктора генератора.

Основываясь на этих положениях, предложено диагностику подшипников выполнять бесконтактным устройством, с помощью которого колебательное движение ротора преобразуется в электрический сигнал, формируемый в сигнальной обмотке. В качестве сигнальной обмотки предложено использовать обмотку индуктора генератора. Величина сигнала обмотки зависит от воздушного зазора между ротором и статором генератора. Сигнал при неисправности подшипника изменяется в определенных пределах.

Разработана схема внешних сил, действующих на подшипник, поясняющая причину появления перекося внешнего кольца подшипника. Схема дает возможность понять, что возникновение перекося и осевого заклинивания подшипника характерно для машин, подшипниковые опоры которых испытывают местное или колебательное радиальное нагружение, что имеет место при высокой точности балансировки ротора, а также при наличии статического эксцентриситета, вызывающего силу одностороннего магнитного притяжения. При циркулярном нагружении внешнего кольца эффект перекося исчезает вследствие периодического изменения направления опрокидывающего момента, обусловленного колебательным движением ротора.

Данная схема позволила составить математическую модель траектории радиального движения цапфы ротора в случае перекося внешнего кольца подшипника. При разработке математической модели приняты следующие допущения: корпус электрического генератора связан с неподвижной системой координат; ротор представлен в виде эквивалентного маятника с точкой подвеса

совмещенной с осью подшипниковых опор; натяжение нити маятника создается силой одностороннего магнитного притяжения таким образом, что цапфа ротора безотрывно обкатывается по внешнему кольцу подшипника; в случае перекоса кольца маятник имеет переменную длину нити подвеса; кинематическое возбуждение колебаний вызывается силой от остаточной неуравновешенности ротора; изгибные колебания ротора не учитываются.

При этих условиях получены аналитические зависимости движения цапфы ротора и его радиального перемещения в направлении осей X и Y (горизонтальной и вертикальной). Анализ этих выражений показал, что амплитуда радиальных колебаний цапфы ротора генератора в условиях перекоса внешнего кольца подшипниковой опоры ограничена величиной радиального зазора и в направлении вертикальной оси OY имеет меньшее значение, определяемое коэффициентом угла перекоса.

Исследования математической модели позволили установить, что ЭДС, наводимая в полюсной катушке электрической машины, пропорциональна амплитуде радиальных колебаний ротора генератора.

Преобразование колебательного движения ротора в электрический сигнал исследовалось, как методом имитационного моделирования в среде *Matlab*, так и экспериментально. Установлено, что сигнал является функцией времени и при моделировании представлялся рядом Фурье. Для съема сигнала на серийных образцах генераторов делался дополнительный вывод от обмотки индуктора, при котором машина рассматривалась как индукторный преобразователь радиальных колебаний ротора в электрический сигнал. С целью повышения помехозащищенности сигнал снимали не со всех, а с половины катушек обмотки индуктора генератора.

В результате исследований определены допустимые значения радиального зазора в исправных подшипниках и соответствующие им значения сигнала, оценка которого производилась по амплитуде 1-ой гармонической составляющей сигнала индуктора.

В силу того, что обмотка индуктора генератора является источником сигнала, несущего информацию о радиальном зазоре в подшипниковых опорах, то она может быть использована в качестве рецепторной части устройства диагностики подшипников при функционировании генератора.

Предложенная модель источника сигнала позволяет определить допустимые его значения, соответствующие нормальному режиму работы подшипниковых опор.

При диагностике подшипников обмотка индуктора любой электрической машины может быть использована в качестве источника сигнала, несущего информацию о радиальном зазоре в подшипниковых опорах и рецепторной части устройства диагностики подшипников при функционировании машины.

Таким образом, основным мероприятием, направленным на предупреждение отказов подшипниковых опор авиационных генераторов, следует считать совершенствование конструкции плавающей подшипниковой опоры с целью компенсации перекоса внешнего кольца подшипника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев, А. Е. Конструкция электрических машин / А.Е. Алексеев. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1958. – 403 с.
2. Черменский, О. Н. Подшипники качения. Справочник-Каталог / О.Н. Черменский. – М.: Машиностроение, 2003. – 577 с.
3. Гамм, А. З. Статистические методы оценивания состояния электроэнергетических систем / А.З. Гамм. – М.: Наука, 1976. – 220 с.

УДК 542.71

А.И. Кириленко, Е.Д. Короб, М.О. Оразов

Белорусская государственная академия авиации

МЕТОД УТИЛИЗАЦИИ АЛЮМИНИЙ СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

В мире широко используется добыча различных металлов из отходов. Из целого ряда металлов половина добывается из отходов, а вторая половина – из месторождений. Американцы выбрасывают 317 алюминиевых банок из-под пива, колы и других напитков в секунду. Половина идет на переплавку, вторая половина – 680 тысяч тонн в год, засыхает на свалках. Это около 2 миллиардов долларов в год. По оценке американского эколога Патрика Аткинса на свалках США содержится больше алюминия, чем его выплавляется в мире за год. Переплавка бросового алюминия требует на 94% меньше энергии, чем производство нового. Переработка банок - затратная процедура. Такая же ситуация с медью и другими ценными металлами. Для справки: одна тонна отслуживших компьютеров содержит больше золота, чем 16 тонн средней по качеству золотой руды. В целом электронный хлам составляет $18 \cdot 10^6$ т/год. Как видим, до полной переработки отходов, содержащих драгоценные металлы, еще очень далеко.

Мы хотим обратить внимание на более полное использование алюминий содержащих отходов, причем таких, из которых затруднительно получить слитки. Крайне важно, чтобы и продукты

использования таких отходов оказались полезными для человека и среды.

Водород – весьма привлекательное топливо для транспорта в экологическом плане, тем более, что его «холодное горение» в топливных элементах более эффективно для преобразования в электроэнергию. Водород получают из природного газа (метана) методом паровой конверсии путем нагревания с парами воды в присутствии катализатора. Метод требует много энергии и в нем выделяется много углекислого газа. Экологически более привлекателен метод электролиза воды, однако и он требует много электроэнергии. Отсюда довольно высокая стоимость водорода. Привлекательным был бы метод получения водорода из дешевого сырья (отходов), причем такой, в котором энергия выделялась бы, а продукты реакции были бы полезны для дальнейшего использования. Известны методы выработки водорода некоторыми штаммами бактерий, которые превращают отходы кондитерского производства (сахар) в водород (Бирмингем, Англия).

Цель нашей работы – обратить внимание на реакцию образования алюмината натрия, в которой кроме водорода получается значительное количество теплоты и алюминаты.

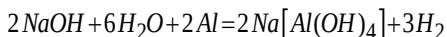
Важнейшая проблема при переработке мусора – его разделение. Обычно на этом этапе получить доход от мусора не получается. Мы предлагаем перерабатывать алюминий содержащие отходы (например, оберточную бумагу) на месте с получением горючего. При этом каких-либо остаточных отходов не образуется. Бумага растворяется полностью. Истощенные реагенты жидкие, занимают малый объем и их количество может быть существенно уменьшено, например, выпариванием.

Для протекания процесса необходима простая вода и реагент в виде гидроксида натрия. Достаточно взять порошок $Mg.Muscul$, который применяется против засоров в водопроводных и иных трубах. Для протекания реакции подогрев или высокое давление не требуется. Не требуется и пропускание электрического тока через реагенты.

Нами разработана простейшая установка для проверки протекания реакции. Установка состоит из поддерживающей конструкции, в которую снизу помещается теплоизолированная емкость (термостат). В эту емкость заливается холодная вода и помещается стеклянная банка с завинчивающейся крышкой, в которую ввинчен штуцер. Реакция, протекающая в банке, сопровождается большим тепловыделением и выделением водорода. Водород, выделяющийся через штуцер, поджигается (осторожно, возможен взрыв!). Пламя нагревает теплоизолированную емкость с водой, по изменению температуры

которой можно судить о количестве выделившегося водорода. Эта емкость располагается сверху поддерживающей конструкции.

В нижней емкости-реакторе в растворе гидроксида натрия с водой протекает реакция:



с образованием тетрагидроксоалюмината натрия. Это также ценное вещество, например, алюминаты – протрава при крашении тканей. Кроме основного тепловыделения в этой реакции, тепло выделяется при растворении NaOH . Это количество тепла гораздо меньше, чем выделяется в основной реакции. Однако этот процесс может служить для калибровки установки. В емкость-реактор заливается 300 г воды – 16,7 молей, и растворяется 23,33 г гидроксида натрия - 0,58 молей. Степень разбавления составляет $n = 28,79$. По таблицам [1, 2] находим изменение энтальпии в этой реакции. При растворении одного моля вещества в n молях воды $n = 8$, $\Delta H = -42,60 \text{ кДж}$. При $n = 3$, $\Delta H = -56,00 \text{ кДж}$; $n = 200$, $\Delta H = -21,30 \text{ кДж}$. В нашем случае примерно $n = 30$, тогда методом интерполяции находим $\Delta H = -49,74 \text{ кДж}$. Эта величина легко поддается экспериментальной проверке, что и было сделано на описанной установке.

Выделившееся количество теплоты определялось по повышению температуры охлаждающей воды в термостате в пренебрежении теплотой, затраченной на нагрев стеклянной банки. Данные для составления уравнения теплового баланса приведены в таблице. Здесь обозначено m_1 – масса воды в банке-реакторе, m_2 – масса стеклянной банки, m_3 – масса воды в банке, m_4 – масса термостата.

	m_1	m_2	m_3	m_4
Массы, кг	2,15	0,336	0,3	1,720
Теплоемкости удельные, Дж/(кг · К)	4,2	0,89	4,2	0,5

Температура воды в термостате после установления равновесия составила 18,25 °С, начальная температура составляла 17 °С. На основании уравнения теплового баланса получаем, что выделилось $Q = 14,31 \text{ кДж}$ теплоты. Полученная выше теоретическая оценка составляет 49,74 кДж. Учитывая не очень хорошую термоизоляцию, можем признать результат приемлемым и оценить потери из установки в объеме 72 %.

Эксперимент проводился следующим образом. Берём банку на 720 мл, наливаем воду 360 мл. На крышке банка делаем

отверстие размером 10 мм и в это отверстие вставляем металлическую трубку длиной 8 см и закрепляем ее в крышке банки. Через эту трубку будет отходить водород. В воду добавляем гидроксид натрия в количестве 23 г, размешиваем его для быстрого растворения в воде. Вода приобретает ярко-серый цвет, и ее температура поднимется с 17 °С до 36 °С (и даже выше) за 12 с. Потом бросаем в этот раствор алюминиевые отходы (пищевая фольга, площадь 228 см² и толщина 0,1 мм) и через 8 с из трубки начинает выделяться газ. При этом содержимое банки быстро нагревается. Спустя 10 минут реакция заканчивается. При поджиге выделяющийся газ спокойно горит. Если прикрыть отверстие трубки и накопить газ в банке, то при поджиге происходит взрыв. Есть все основания считать, что выделяющийся газ – водород.

Таким образом, при утилизации фольги мы получаем тепло и водород. Установка может использоваться в учебном процессе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник химика: в 5 т. – М.: Химия, 1965. – Т. 3. – 624 с.
2. Глинка, Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка. – Л.: Химия, 1974. – 728 с.

УДК 537.613

А.И. Кириленко, Е.В. Савич

Белорусская государственная академия авиации

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ КАТУШЕК ГЕЛЬМГОЛЬЦА

Однородные магнитные поля необходимы для проведения технологических процессов, в научных исследованиях, в медицине. Однако до сих пор получение протяженных магнитных полей является трудной задачей. В лабораторной практике катушки Гельмгольца используются для получения однородного магнитного поля между ними. Однако нам не удалось найти строгое определение неоднородности поля. Дело в том, что напряженность поля – вектор, для которого важны как физическая величина, так и направление. Целью работы является разработка критериев однородности магнитного поля, в частности, для катушек Гельмгольца. Решаемые задачи: разработка программы для расчета напряженности поля в произвольной точке пространства между катушками и на этой основе исследование неоднородности поля; учет толщины обмоток катушек. Корректность программы проверяется на хорошо известных примерах, таких как напряженность поля на оси катушек, напряженность поля в центре между витками катушек. Расчет ведется на основе закона Био –

Савара – Лапласа. Как отмечалось, общепринятых критериев неоднородности поля нет. В строгом смысле, таким критерием может быть градиент векторного поля $\vec{H}(r, \varphi)$ в цилиндрической системе координат (поскольку система у нас осесимметричная). Однако для практики более наглядным могут оказаться упрощенные критерии.

Для поля на оси катушек имеем выражение [1]:

$$H_x = \frac{iR^2}{2} \left[\frac{1}{(x^2 + R^2)^{3/2}} + \frac{1}{((x-L)^2 + R^2)^{3/2}} \right], \quad (1)$$

где i – сила тока в катушках, R – радиус катушек, L – расстояние между катушками, x – координата вдоль оси катушек. Начало координат выбирается в центре левой катушки. Зависимость $H_x(x)$ (1) довольно сложная и ее лучше всего изучать графически. Для построения графиков использовалась программа. Указанные зависимости построены при $L > R$ и $L < R$. На рисунке 1 виден различный ход этих кривых. На рисунке 2 изображена эта же зависимость при $L=R$.

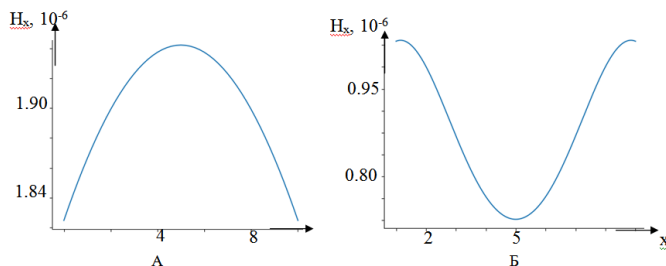


Рисунок 1 – Зависимость напряжённости поля $H_x(x)$ при $R/L = 2$ (а) и при $R/L = 1/2$ (б)

Подстановкой легко убедиться, что при $x=L/2$ значение $H_x(x)$ максимально. Расчет первой и второй производных этой функции в указанной точке обращается в нуль. При этом

$$H_x\left(\frac{L}{2}\right) = iR^2 \frac{1}{\left(\left(\frac{L}{2}\right)^2 + R^2\right)^{3/2}},$$

$$H_x(L=R) = H_{x0} = \frac{8}{(\sqrt{5})^3} \frac{i}{R} = 0,71554 \frac{i}{R}.$$

Последнее значение примем за базовое, а меру неоднородности поля определим следующим образом: $\Delta H_x(x) = H_x(x) - H_{x0}$. Тогда зависимость степени неоднородности от координаты представима в виде

$$\Delta H_x(x) = \frac{iR^2}{2} \left[\frac{1}{(x^2 + R^2)^{3/2}} + \frac{1}{((x-R)^2 + R^2)^{3/2}} \right] - 0.71554 \frac{i}{R} \quad (2)$$

График этой функции представлен на рисунке 3.

$$\Delta H_x(x) = \frac{i}{R} \left\{ \frac{1}{2} \left[\frac{1}{(1+u)^{3/2}} + \frac{1}{(1+(u-1)^2)^{3/2}} \right] - 0.71554 \right\},$$

$$u = \frac{x}{R}; \quad 0 \leq \frac{x}{R} \leq \frac{1}{2}.$$

По соотношению (3) построен график $\Delta H_x(x)$. Расчетный минимум на этом графике составляет 0,00016 (точное значение по теории равно нулю), расчетный максимум при $u=0$ составляет 0,03990. Таким образом, неоднородность по краю составляет 4%. Значение H_{x1} соответствует уменьшению неоднородности по сравнению с началом координат в $e \approx 2,71$ раз. Это имеет место при $u_1=0,12$. Очень высокая степень однородности поля достигается в интервале от $u_2=0,35$ до $u=0,5$.

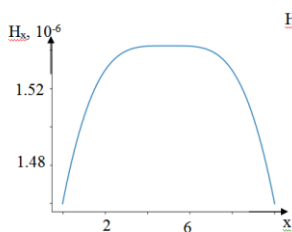


Рисунок 2 – Зависимость напряженности поля $H_x(x)$ при $R/L=1$

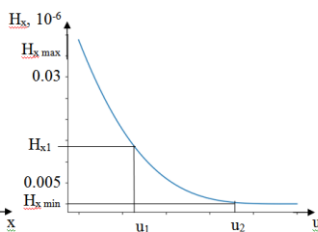


Рисунок 3 – Степень неоднородности поля в относительных координатах

В кольцах Гельмгольца высока и поперечная неоднородность поля. Поле в произвольной точке между кольцами (витками) Гельмгольца вычисляется через полные эллиптические интегралы первого и второго рода [2,3]. Хотя эти интегралы

протабулированы, может оказаться более удобным их расчет через соответствующие ряды. Наша программа позволяет производить расчет поля в точке наблюдения путем суммирования действия элементов токов таким же образом, как это сделано для точек на оси.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Докукин, М.Ю. Исследование магнитного поля катушек Гельмгольца: методические указания / М.Ю.Докукин, Л.И.Баландина.- МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, 2014.– 21 с.
2. Журавский, А.И. Справочник по эллиптическим функциям / А.И.Журавский. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1941. – 602 с.
3. Смайт, В.Р. Электростатика и электродинамика / В.Р.Смайт. – М.: Изд-во Ин.лит., 1954. – 604 с.

УДК 629.7

А.И. Кириленко, К.В. Шаведдинова

Белорусская государственная академия авиации

ВКЛАД АВИАЦИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ

Экологические проблемы в современном мире обостряются. Уже не хватает пресной воды, а строительная индустрия ощущает даже нехватку песка. По информации ВОЗ, 90 % населения планеты дышат загрязненным воздухом. Ежегодно по этой причине умирает 4,2 млн. человек. Эксперты оценивают потери от загрязнения воздуха для мировой экономики в 2,6 трил. долларов (1 % ВВП). Основной причиной считается поступление парниковых газов в атмосферу. Цель работы – рассмотреть и сравнить источники и резервуары парниковых газов (ПГ), выявить особенности экологических проблем, связанных с авиационным транспортом. Произвести сравнительный анализ эмиссии парниковых газов природного, антропогенного, техногенного происхождения и производимой авиацией. Если взять такой показатель как отношение количества выброшенных ПГ к тонно-километрам (или к пассажиро-километрам), то авиация по выбросам займет ведущее место среди иных видов транспорта. С другой стороны, авиация уже составляет серьезную конкуренцию другим видам транспорта (авто- и железнодорожному) и помимо того быстро развивается. Все эти факторы влияют на повышенное внимание к воздействию авиации на окружающую среду (ОС). Не менее важная проблема и влияние ОС на авиационную отрасль, прежде всего на эффективность перевозок и безопасность полетов. Впервые об экологических проблемах, связанных с авиацией, заговорили в Чикаго 7 декабря 1944 года. Был подписан документ под названием «Конвенция о международной гражданской авиации» (или «Чикагская конвенция»). Документ вводил некоторые

экологические стандарты в международную авиацию в целом. Конвенция прошла успешное испытание временем и сегодня остается надежной основой развития и согласованного функционирования международной гражданской авиации. Ее корректировка произошла в 2004 году.

В экологии выделяют крупномасштабные, мелкомасштабные и микромасштабные воздействия на ОС. Крупномасштабные воздействия приводят к:

- повышению температуры и влажности, что ведет к изменению плотности воздуха и влияет на взлетные характеристики, ограничивает грузоподъемность и потребление топлива. Ограничиваются возможности аэропортов с короткими ВПП;

- подъем уровня моря ограничивает возможности прибрежных аэропортов, интенсификация осадков, ливней, циклонов ведет к невозможности осуществления полетов. Рост интенсивности Эль-Ниньо ведет к тем же ограничениям.

Мелкомасштабные (локальные) воздействия приводят к:

- усилению конвективных потоков, низкоуровневому сдвигу ветра; граду и ударам молний; турбулентности при ясном небе; турбулентности вблизи верхней границы грозы, обледенению;

- увеличению числа и интенсивности песчаных бурь, обусловленных усилением ветра в субтропиках.

Микромасштабные воздействия приводят к:

- возрастанию вероятности осадков в зоне аэропорта при большом количестве взлетов и посадок;

- сливу топлива, который также может провоцировать осадки.

Все эти факторы влияют на экологические показатели ОС, безопасность и регулярность полетов.

Авиация сама терпит ущерб от загрязнения ОС. Пилоты вынуждены изменять высоты полета в зависимости от состояния ионосферы, что приводит к повышенной внимательности пилота даже вовремя горизонтального полета, а также выделению большего количества загрязняющих веществ от сгорания топлива. Для предотвращения подобных воздействий требуется более тщательный учет состояния магнитосферы и ионосферы и верхних слоев атмосферы с целью уменьшения расхода топлива. Необходимо использовать струйные течения и другие атмосферные явления (волны) для экономии топлива, что приведет к уменьшению вредных выбросов.

Наиболее важными факторами воздействия на ОС являются выбросы ПГ. Как правило, основной упор делается на выбросы CO_2 , а основной ПГ – пары воды – остается в тени. Вклад авиации в эмиссию ПГ ничтожен в сравнении с природным, антропогенным и техногенным выбросами. Атмосфера содержит $3,03 \cdot 10^{10}$ т CO_2 ,

океан - $8,6 \cdot 10^{10}$ т, вечная мерзлота в России - 10^{11} т, сжигание ископаемого топлива дает $3 \cdot 10^{10}$ т. Биосфера поглощает в год $(2 - 3) \cdot 10^{10}$ т CO_2 , океан - $2,3 \cdot 10^9$ т. Автомобильный транспорт за год выделяет $1,15 \cdot 10^{10}$ т, авиация - $2,3 \cdot 10^9$ т, океан - $3,3 \cdot 10^{11}$ т. Лесные пожары, охватывающие порядка 10 млн. га, дают эмиссию большую, чем авиация за год (по нашей оценке - $2,7 \cdot 10^9$ т).

Отметим, что увеличение концентрации CO_2 на 0,135% ускоряет процесс фотосинтеза в 3 раза вплоть до концентраций 0,28%. При увеличении температуры на 10 °C в интервале (10–30) °C интенсивность фотосинтеза увеличивается в 1,07 – 1,52 раза. Таким образом, если бы не интенсивная вырубка лесов и загрязнение океана, природа легко справилась бы и с эмиссией CO_2 , и с парниковым эффектом.

При сгорании авиатоплива обеспечивается эмиссия водяных паров – самого мощного ПГ. Считается, что 1 кг сожженного керосина обеспечивает эмиссию 3,15 кг CO_2 и 1,23 кг H_2O . Отсюда авиация дает $0,9 \cdot 10^9$ т H_2O в год. Однако, вероятно, одним парниковым эффектом дело не ограничивается. Считается, что водяной пар в стратосфере существенно влияет на глобальные процессы. Прибавка одной молекулы воды в стратосфере на 10^6 молекул воздуха влечет за собой изменение суммарного теплового потока через верхнюю границу земной тропосферы на $0,29 \text{ Вт/м}^2$, что сравнимо с эффектом от роста CO_2 ($0,36 \text{ Вт/м}^2$) за промежутки от 1980 до 1996 г.г. Кроме того, в тропиках обнаружены ледяные гейзеры, а в Арктике – ледяные стратосферные облака, в которых протекают сложные химические реакции, приводящие к накоплению Cl_2 . Эти молекулы разрушаются УФ-излучением Солнца и приводят к разрушению озонового слоя по реакциям $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$; $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$. Таким образом, вода играет важную роль в образовании озоновых дыр. Механизмы переноса влаги в нижнюю стратосферу изучены недостаточно, но механизм ледяного гейзера достаточно прозрачен. Скорость вертикального переноса влаги в таком гейзере может достигать 3,6 тонн в секунду. По оценкам, только через тропическую тропопаузу в стратосферу ежегодно поступает от 0,33 до 1,13 Гт воды. Воздушный транспорт усиливает облачность на планете. Из конденсационных следов могут сформироваться перистые облака, которые отбрасывают тень на землю, но в которых кристаллы льда поглощают ИК-излучение и перенаправляют его на землю. Следствием, по-видимому, является сглаживание ночных и дневных температур. Дневные снижаются, ночные растут.

В природе действует еще один существенный фактор парникового эффекта – это метан (CH_4). Авиация к нему отношения не имеет. Океан выделяет его в год 10^{10} т и примерно столько же

содержит, болота – $4,8 \cdot 10^6$ т, и даже крупный рогатый скот – $3,8 \cdot 10^7$ т. В Черном море содержится $3,7 \cdot 10^7$ т CH_4 , а в шельфовых водах северного полушария – $8 \cdot 10^6$ т. Чернозем летом выделяет смеси газов – метана, этана, пропана в количестве 1 мг/ (час $\cdot$ м²). Таким образом, в природе происходят процессы выделения, накопления (содержания) и поглощения парниковых газов. Существуют компенсационные механизмы, не позволяющие атмосфере значительно отклоняться от равновесных параметров. Суть проблемы в том, что человек вторгся в эти механизмы и нарушил их. Прежде всего, это касается уничтожения лесов и загрязнения океана. Авиация вносит в эти процессы значительный, но не определяющий вклад.

Но не стоит забывать о действии экологии, как на авиацию, так и на другие сферы жизнедеятельности.

Эмиссия парниковых газов представлена в таблицах.

Таблица 1 – Баланс углекислого газа в атмосфере

CO ₂	Выделение(в год)	Поглощение	Содержание
Атмосфера			$3,03 \cdot 10^{10}$ т
Транспорт автомобильный	$1,15 \cdot 10^{10}$ т		
Авиация	$2,3 \cdot 10^9$ т		
Биосфера		$(2-3) \cdot 10^{10}$ т; $4 \cdot 10^9$ т (водоросли)	
Океан	$3,3 \cdot 10^{11}$ т	$2,3 \cdot 10^9$ т	$8,6 \cdot 10^{10}$ т
Пожары	Не менее $267,3 \cdot 10^{10}$ м ² (площадь 15 млн га)		
Вулканы	$2 \cdot 10^9$ т		
Ледный покров	$6 \cdot 10^9$ т		
Лесной покров		1 м ² – (1-2) кг (тундра в 100 раз меньше)	
Болота	$2,7 \cdot 10^6$ т		

Продолжение таблицы 1

Крупный рогатый скот	$1,5 \cdot 10^8$ т ($1,5 \cdot 10^9$ голов)		
Китайцы	$5,7 \cdot 10^4$ ($1,4 \cdot 10^9$ чел.)		
Перегнивание органического материала	$2,2 \cdot 10^{11}$ т		
Сжигание ископаемого топлива	$3 \cdot 10^{10}$ т		
Растительность суши		$(20-30) \cdot 10^9$ т	
Вечная мерзлота в России			10^{11} т

Таблица 2 – Баланс метана в атмосфере

CH ₄	Выделение	Поглощение	Содержание
Транспорт			
Авиация			
Биосфера	Концентрация по объему $1,5 \cdot 10^4$		
Океан	$9,2 \cdot 10^9$ т		10^{10} т
Шельфовые воды северного полушария			$8 \cdot 10^6$ т
Болота	$4,8 \cdot 10^6$		
Черное море	$5 \cdot 10^8$ м ³ (при землетрясениях)		$8 \cdot 10^{10}$ м ³
Озера (Киву) (слои CO ₂ и CH ₄)			$55 \cdot 10^6$ м ³
Крупный рогатый скот	$3,8 \cdot 10^7$ т		
Чернозем летом	1 мг/(час·м ²) смеси газов CH ₄ , этан, пропан		

Таблица 3 – Баланс водяных паров в атмосфере

H ₂ O	Выделение (испарение)	Поглощение	Содержание
Атмосфера			$1,24 \cdot 10^{13}$ т; $1,29 \cdot 10^{13}$ т
Осадки	$5,28 \cdot 10^{14}$ т		
Океан	$4,53 \cdot 10^{14}$ т		
Суша	$0,73 \cdot 10^{20}$ г		
Озера (Киву)			

Проблема озона. При температурах 2000 °С (в камере сгорания авиадвигателя) образуются NO и NO₂. Эти оксиды на

больших высотах разлагают озон, а на малых способствуют его образованию. Этот тропосферный озон усиливает парниковый эффект и отрицательно влияет на здоровье.

По оценкам через тропическую тропопавузу в стратосферу ежегодно поступает от 0,33 до 1,13 Гт паров воды;

Водяной пар обновляется 47 раз за год;

9 087 км³ воды использует человечество;

1 386 · 10⁶ км³ воды на земле (пресная 35 · 10⁶ км³ , доступная 93 · 10³ км³);

10¹¹ т органики запасает океан в год, выделяет 1,45 · 10¹¹ т О₂;

Положительный баланс кислорода равен 100 долям % от тонны кислорода в атмосфере;

За год в лесах образуется 80 · 10⁹ т биомассы сухой (2/3 биомассы суши);

На леса мира в биосфере приходится 15 % оборота СО₂;

Тропические леса – половина поглощаемого на суше СО₂;

Леса Амазонии вырабатывают 50 % кислорода, образующегося на Земле в процессе фотосинтеза;

Во время интенсивного горения леса концентрация угарного газа по сравнению с фоновым содержанием в воздухе повышается почти в 30 раз, метана – 2 раза, СО₂ – на 8 %;

Крупные пожары: ноябрь 2018 года Калифорния (США) площадью 45 тыс га; июнь 2017 года Испания более - 30 тыс га; лето 2010 года Россия - более 1,6 млн га; август 2007 года Греция - 260 тыс га; август 1997 год Индонезия - более 2 млн га; февраль 2009 года Виктория (Австралия) - 450 тыс га;

Расчетный объем древесины 16,2 кг/м², что соответствует количеству СО₂ 4,86 кг/м². При сгорании это дает 17,82 кг/м² СО₂. Так, за 2019 год на всей территории России было зафиксировано более 14 тысяч лесных пожаров. Пораженная площадь составила около 15 · 10⁶ га: 15 · 10¹⁰ м² · 17,82 кг/м² = 267,3 · 10¹⁰ м² СО₂ , что обеспечило эмиссию в атмосферу.

На одном гектаре зрелого леса 105,94 м³/га древесины, что составляет 16,2 кг/м². Древесина содержит 30 % С. Запас лесов 33·10⁹ м³. Прирост древесины 534 · 10⁶ м³/год.

Общее содержание СО₂ в атмосфере 0,03 – 0,04 %.

Увеличение концентрации на 0,135 % ускоряет процесс фотосинтеза в 3 раза (до 0,28 %). При увеличении температуры на 10°С в интервале 15°С -30 °С интенсивность фотосинтеза увеличивается в 1,07 – 1,52 раза.

За 10 лет концентрация СО₂ в атмосфере увеличилась с 0,03 до 0,033.

По израильским источникам выращивание 1 кг говядины сопровождается выбросами в атмосферу 99,5 кг СО₂, требует 1500 л

воды и 326 м² земли. Для килограмма свинины цифры такие: 12,3 кг СО₂, 1800 л воды, 7,8 м² земли. Для искусственного мяса - 3,5 кг СО₂, 10 - 100 л воды, 2,5 - 2,7 м² земли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пугачёва, И.Г. Методы экологических исследований и моделирование экосистем / И. Г. Пугачёва. – Минск: РИВШ, 2018. – 360 с.
2. Александров, Э. Л. Человек и стратосферный озон / Э. Л. Александров, Ю. С. Седунов; Гидрометеониздат. - Санкт-Петербург, 1979. - 54 с.
3. Экология и жизнь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecolife.ru> - Дата доступа: 12.09.2020.
4. Волков, А. Н. Большой химический справочник / А. Н. Волков, Н. М. Жарский. – Минск, 2005. – 608 с.
5. Способность Мирового океана поглощать антропогенный СО₂ сокращается [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ria.ru/20091119/194480781.html>. - Дата доступа: 21.02.2020.

УДК 004.932

С.В. Новикова, Е.В. Мовчан

*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина
(Россия, г. Воронеж)*

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ, ИМЕЮЩИХ ИНВАРИАНТНЫЕ СВОЙСТВА, ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И СОПОСТАВЛЕНИЯ ОСОБЫХ ТОЧЕК АЭРОФОТОСНИМКОВ

Аэрофотосъемка является одним из основных инструментов для проведения мониторинга земель, преследующие различные цели – обновление картографического материала, наблюдение за чрезвычайными ситуациями и еще многие другие проблемы. Наилучший результат исследования земной поверхности показывает аэрофотосъемка, позволяющая получать изображения объектов с небольших высот и с небольших расстояний, имеющих высокое разрешение, получение снимков в короткие сроки, а съемки, производимые с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), обеспечивают безопасность пилотов в чрезвычайных ситуациях. При выполнении плановой аэрофотосъемки возникает проблема – небольшой размер захвата снимка. Необходимость сшивки снимков породило создание алгоритмов, осуществляющих поиск особых точек на, совмещаемых изображениях (детекторов) и описание областей, вокруг этих точек (дескрипторов) для сравнения друг с другом [1].

Естественным образом возникающие искажения во время съемки, такие как поворот камеры, изменение освещенности, изменение масштаба делают актуальными такие свойства алгоритмов как инвариантность к возникающим искажениям.

Чтобы избежать проблем с изменением масштаба используют алгоритмы, которые оценивают пространственное положение координат точки (x, y) и учитывают при этом изменение величины масштаба s отображения особой точки на изображении.

Рассмотрим упрощенный детектор Харриса-Лапласа. Для функции, имеющей 2 аргумента, $I = I(x, y)$ строят функцию, содержащую три аргумента по формуле (1):

$$L(x, y, \sigma) = g(\bullet, \sigma) * I(\bullet)(x, y) \quad (1)$$

где $g(x, y, \sigma) = \frac{e^{x^2 + y^2 / 2\sigma^2}}{2\sigma^2 \pi}$, символ $*$ - свертки следовательно

$L(\bullet, 0) = I(\bullet)$. По сути исходное изображение размывают сверткой Гауссиана- g , с разными значениями аргумента размытия σ . Размытие производят с полутонными изображениями.

Был проведен эксперимент в ходе, которого было построено 17 слоев функции Харриса-Лапласа, с начальными значениями шага масштаба - $\xi = 1.2$, $\sigma_0 = 0$, масштаб меняется по формуле (2):

$$\sigma_n = \xi^n \cdot \sigma_0 \quad (2)$$

Значение функции Харриса для, выбранного масштаба рассчитывается по формуле (3):

$$H(x, \sigma_I, \sigma_D) = \det(\mu(x, \sigma_I, \sigma_D) + 0.04 \text{trace}^2 \mu(x, \sigma_I, \sigma_D)), \quad (3)$$

где μ рассчитывается по формуле (4):

$$\mu(x, \sigma_I, \sigma_D) = g(\sigma_I) * \begin{bmatrix} L_{x,norm}^2(x, \sigma_D) & L_{xy,norm}(x, \sigma_D) \\ L_{xy,norm}(x, \sigma_D) & L_{y,norm}^2(x, \sigma_D) \end{bmatrix} \quad (4)$$

где $\sigma_I = \sigma_n$, $\sigma_D = s\sigma_I$, $s = 0.7$.

Таким образом особые точки - это локальные максимумы, расчетной функции Харриса для определенного масштаба. Уменьшение количества точек достигается методом отброса максимумов, имеющих сравнительно небольшое значение.

Инвариантность к повороту достигается использованием описаний окрестностей особых точек (дескрипторов) значения, которых устойчивы к повороту. Так же второй способ добиться инвариантности это нормированием окрестности по повороту точки, учитывать направление векторов градиентов. Метод Lowe [2] предлагает способ локальной ориентации области особой точки. В данном способе дескриптор является вектором, направление

которого совпадает с направлением особой точки. Метод заключается в следующем: строим гистограмму каждая ячейка которой соответствует 10° , полученных разбиением полного круга вращения 360° на 36 секторов. Рассчитывается фаза и модуль вектора градиента для всех точек, принадлежащих окружению особых точек, так же, вычисляется вес, который имеет значение Гауссиана с центром в особой точке. За направление принимается угол, умноженный на наибольший индекс элемента гистограммы. После расчета направления вектора градиента особой точки, производят нормировку поворотом особой точки на угол с противоположным знаком. При проведении данных операций ошибка возникает в 10-20% случаев, при этом дескрипторы совершенно непригодны для совмещения. Это один из недостатков метода, второй проблемой является объем, производимых вычислений. Данный метод построения дескрипторов лежит в основе алгоритмов таких как SIFT, SURF, ORB[2,3,4].

Инвариантность к перепаду освещения достигается при помощи построения аффинной модели по формуле (5):

$$\hat{I} = \alpha \cdot I(x) + b \quad (5)$$

Данная модель является упрощенным вариантом реальной модели, но этого достаточно так как особенности локальны и малы. Используя эту модель устраняют воздействие освещенности сначала по формулам расчета окрестности образованной переносом (6)

$$I_{mean}(w(x)) = I(w(x)) - mean(I(w(x))) \quad (6)$$

Далее вычисляют итоговую окрестность, полученную в результате вычисления среднего и среднеквадратичного отклонения используя формулы (7):

$$I_{result}(w(x)) = \frac{I_{mean}(w(x))}{std(I(w(x)))} \quad (7)$$

где $mean(I(w(x)))$ – избранное среднее окрестности, $std(I(w(x)))$ среднеквадратичное отклонение в окрестности.

В литературе изложено много методов совмещения особых точек. Предлагаем остановиться на методе, изложенном в [5]. Для сопоставления дескрипторов используется ускоренный, приближенный метод, суть которого в построении идентификатора поиска ближайшего соседа в многомерном пространстве в иерархической структуре данных. Примером такой базы данных может служить kd-дерево, позволяющее сузить диапазон поиска.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: курс лекций и практических занятий / Ю.В. Визильтер, С.Ю. Желтов, А.В. Бондаренко, М.В. Ососков, А.В. Моржин. – М.: Физматкнига, 2010. – 672 с.
2. Lowe, David G. Object Recognition from Local Scale-Invariant Features / David G. Lowe. – London, 1999. – 230 с.
3. Bay, H. SURF: Speeded Up Robust Features / H. Bay, T. Tuytelaars, L. van Gool // Proc. Of the 9th European Conf. on Computer Vision. – Graz, Austria : Springer LNCS, 2006. – Vol. 3951, pt. 1. – p. 404–417.
4. ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF / E. Rublee [et al.] // IEEE Intern. Conf. on Computer Vision (ICCV 2011), nov. 6–13, 2011. – California, 2011. – P. 2564–2571.
5. Muja, M. Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration / M. Muja, D.G. Lowe // International Conference on Computer Vision Theory and Application VISSAPP'09. – California, 2009. – P. 331–340.

УДК 629.7.012

С.А. Серебрянский, Д.Ю. Стрелец, А.В. Барабанов

Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)

К ВОПРОСУ ВЫБОРА КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОПРОЗРАЧНОГО ОБТЕКАТЕЛЯ

Интегральный критерий для радиопрозрачного обтекателя (РПО) должен учитывать с одной стороны условия выполнения требований максимальной пропускной способности стенки и рациональное распределение углов падения электромагнитной волны на стенку (рациональной формы с точки зрения РТХ), а с другой стороны требования минимального аэродинамического сопротивления носовой части самолета. При этом каждая из составляющих интегрального критерия имеет свои граничные условия. Для правильного задания общих граничных условий необходимо провести исследование зависимости РТХ от таких геометрических параметров, как дискриминант образующей РПО и угол наклона ее касательной, которые являются граничными условиями аэродинамического критерия обтекателя.

В результате преобразования отношения критерия радиотехнического соответствия и критерия аэродинамического соответствия, можно получить интегральный критерий (1) радиопрозрачного обтекателя, при максимальном значении которого будут определены рациональные геометрические параметры радиопрозрачного обтекателя.

$$X^* = \text{ArgMax} \left(\frac{B^* = \text{ArgMax}(KП(\lambda_{\text{нос}}; d; Q))}{A^* = \text{ArgMin}(C_{x \text{ нос}}(\lambda_{\text{нос}}; d; Q))} \right) \quad (1)$$

Таким образом, для радиопрозрачного обтекателя БРЛС ЛА на этапе проектирования самолета, комплексным критерием является максимальное значение отношения коэффициента пропускания $KП(\lambda_{\text{нос}}; d; Q)$ к коэффициенту аэродинамического сопротивления $C_{x \text{ нос}}(\lambda_{\text{нос}}; d; Q)$, при выполнении заданных граничных условий ($KП \geq 0,8$; УОП $\leq 7^\circ$).

Выбранный комплексный критерий позволяет в полной мере решить задачи исследования рациональных геометрических параметров радиопрозрачных обтекателей.

По результатам анализа исходных данных строится модель носовой части самолета в первом приближении (рисунок 1). В рамках данного исследования эта модель должна быть параметризована [1] (определены взаимосвязи между геометрическими параметрами и изменение формы не требует перестроения всей геометрии, а достигается изменением значений переменных параметризации). Для получения рациональной формы обтекателя потребуется многократно и итерационно проводить оценку РТХ и АДХ обтекателя, варьируя геометрическими параметрами.

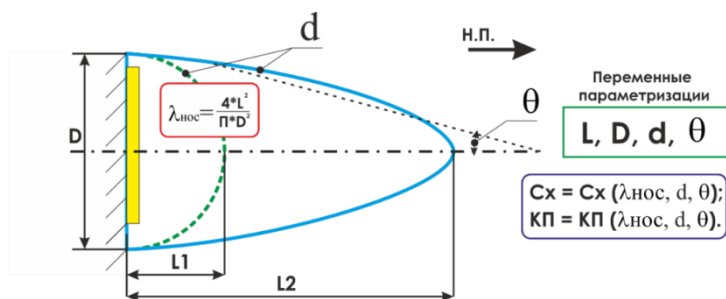


Рисунок 1 – Параметризация РПО

Следующим этапом после формирования параметризованной модели является проверка граничных условий РТХ ($KП \geq 0,8$; УОП $\leq 7^\circ$), для этого методом математического моделирования производится расчет коэффициента пропускания и затем расчет угловой ошибки пеленга [2]. В случае если данные условия не выполняются, обтекатель с текущей геометрической формы не допускается для дальнейшего исследования, если же граничные

условия выполнены, то данный обтекатель допускается до этапа оценки АДХ и для него определяется критерий первого уровня оценки РТХ.

После выявления соответствия граничным условиям проводится расчет АДХ данного обтекателя и определяется критерий первого уровня оценки АДХ.

После определения критериев РТХ (B^*) и АДХ (A^*) первого уровня для обтекателя определяется значение интегрального критерия – аэродинамический коэффициент пропускания (АКП).

Далее геометрические параметры варьируются, изменяются переменные параметризации обтекателя, и начинается следующая итерация исследований обтекателя другой геометрической формы.

Исходной формой для первой итерации является РПО идеальной с точки зрения РТХ формы – полусферы (рисунок 2). Финальной формой для заключительной итерации будет являться обтекатель такой геометрической формы, при которой не будут выполнены граничные условия ($KП \geq 0,8$; $УОП \leq 7^\circ$).

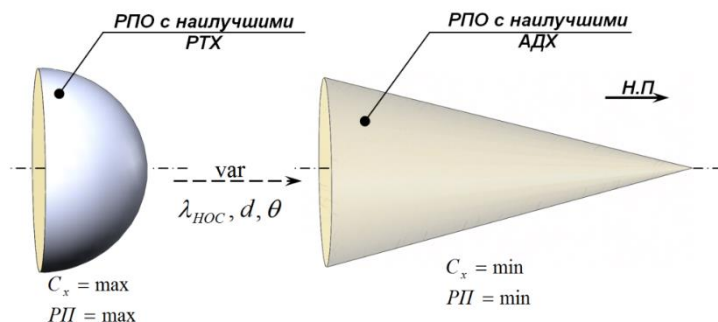


Рисунок 2 – Расчетные случаи формы итераций

После проведения финальной итерации будет сформирована таблица результатов исследований, на основании которой можно построить функцию зависимости АКП от геометрических параметров формы обтекателя (построить целевую функцию). Определение экстремума целевой функции позволит определить рациональную форму обтекателя для проектируемого самолета.

В данной работе проводится исследование по направлению выбора рациональных геометрических параметров носового РПО БРЛС на ранних стадиях реализации проекта с целью разработки комплексной методики проектирования РПО.

Результаты работы позволят существенно сократить сроки и стоимость разработки РПО для перспективных ЛА, а также

существенно сократить число стендовых образцов и сроки испытаний, повысить точность прогнозирования результатов проектирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Артамонова, Л.Г. Поверочный расчет аэродинамических характеристик самолета / Л.Г. Артамонова, А.В. Кузнецов, Н.Н. Песецкая. – М. : МАИ, 2010. – 85 с.
2. Столбовой, В.С. Пеленгационная характеристика системы «антенна-обтекатель» и пути повышения точности пеленгации радиолокационных объектов / В.С. Столбовой, Л.С. Турко, П.В. Залётин. – Вестник концерна ПВО «Алмаз-Антей». – 2016. – № 1. – С. 25-32.

УДК 629.735.33.069.073.7:004.94

О.С. Филиппенко, Д.Е. Бельская

Белорусская государственная академия авиации

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ОТКАЗОВ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА BOEING 737-300/500

В статье строится модель отказов одной из подсистем самолета – противообледенительной системы. Выбор подсистемы обусловлен тем, что выход из строя некоторого элемента системы может приводить к серьезным последствиям: увеличивает вибрацию и нагрузку отдельных элементов планера, отрицательно влияет на работу двигателей, приводит к уменьшению подъемной силы и к увеличению его лобового сопротивления и др.

Модель отказов строится на основе статистических данных по самолету Boeing 737-300/500, предоставленных авиакомпанией Belavia. В ходе анализа имеющихся подсистем самолета было установлено, что отказы противообледенительной системы составляет около 7 % от отказов всех систем. Такой же процент отказов также приходится для радиотехнической системы. Среди основных причин отказов противообледенительного оборудования можно указать: отказы реле давления впускного капота TAI, отказы системы (Module P5-9 combined pitot static heat module assembly p5-9) связано с блокировкой, что приводит к неисправности системы ASI, блокировка порта (может приводить к неисправности ASI, VSI, высотомера). Здесь указаны наиболее частые и характерные причины отказов, однако, конкретный тип отказов в имеющейся статистике определить точно невозможно, так как такие сведения не приводятся.

Для выбора модели расчетов были построены гистограммы отказов (рисунки 1-3).

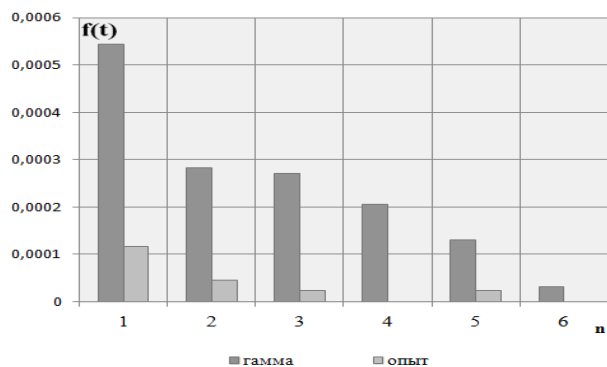


Рисунок 1 – Гистограмма отказов для опытных данных и гамма распределения

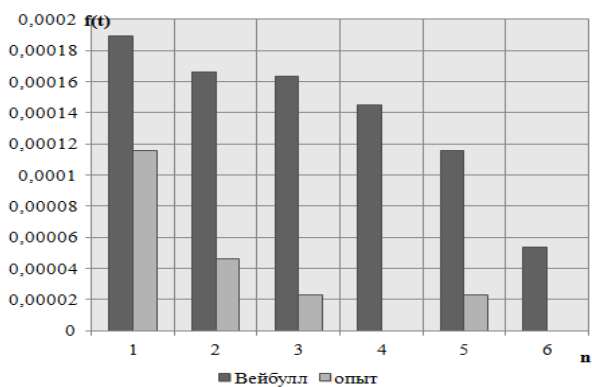


Рисунок 2 – Гистограмма отказов для опытных данных

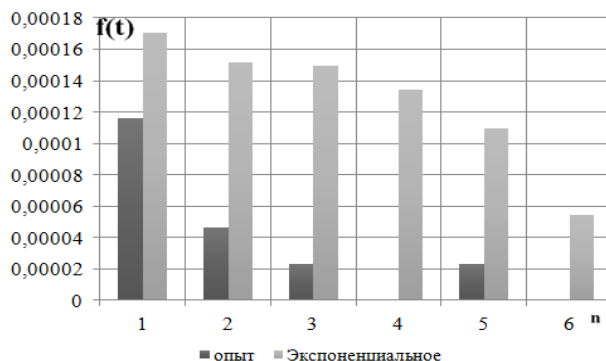


Рисунок 3 – Гистограмма отказов для опытных данных и распределения Вейбулла и распределения экспоненциального

Из гистограмм видно, что распределения Вейбулла и экспоненциальное лучше описывают статистику отказов. Также необходимо отметить, что экспоненциальное распределение и распределение Вейбулла получились очень близкими по значениям.

Приведем оценки параметров распределений (таблица 1):

Таблица 1 – Параметры распределений

Распределение	Параметр	Параметр
Гамма	$a=0.87$	$b=3122$
Экспоненциальное	$\lambda=17 \cdot 10^{-5}$	$b=1$
Вейбулла	$\alpha=5512$	$b=1$

Проанализировав таблицу, можно сделать вывод о том, что оборудование эксплуатируется в режиме полезного ресурса. По близким значениям параметров b и из графической зависимости можно сделать вывод о том, что в этом случае вместо распределения Вейбулла можно использовать экспоненциальное распределение (как его частный случай).

На основании используемой модели получены надежностные характеристики в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет надежностных характеристик

Средний ресурс, ч	Гамма процентный ресурс	Вероятность безотказной работы	Интенсивность отказов
5848	299,9	0,368	$\lambda=17 \cdot 10^{-5}$

Вероятность безотказной работы (36,8%) – вероятность того, что в пределах наработки (средний ресурс 5848) отказ объекта не возникает. Интенсивность отказов также получилась незначительной.

Таким образом, статистику отказов противообледенительной системы наиболее удачно описывается модель, построенная на основе экспоненциального распределения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Надежность в технике. Термины и определения: ГОСТ 27.002–2015. – Введ. 01.03.2017 г.– М.: Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, 2015. – 28 с.
2. Кокс, Д. Прикладная статистика. Принципы и примеры / Д. Кокс, Э. Снелл; пер. с англ. Е. В. Печурина. – М.: Мир, 1984. - 200 с.
3. Филиппенко, О.С. Вероятностно-статистическое моделирование отказов электротехнического оборудования самолёта типа Boeing 737-300/500 / О.С. Филиппенко, А.С. Старухин // Социально-гуманитарные аспекты развития общества и авиационной отрасли: сборник материалов международной научно-практической конференции БГАА. – Минск, 2020.– С. 284.
4. Старухин, А.С. Вероятностно-статистическое моделирование и расчет отказов оборудования на самолете / А.С. Старухин, О.С. Филиппенко // Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации: IX Международная научно-практическая конференция, ВАРБ, 23-24 мая. – Минск, 2019.– С. 207.

**НАПРАВЛЕНИЕ
«ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
И ПОДГОТОВКИ
АВИАЦИОННЫХ КАДРОВ»**

FEATURES OF PROFESSIONAL AND APPLIED PHYSICAL TRAINING OF AVIATION SPECIALISTS IN THE SYSTEM OF SECONDARY SPECIAL EDUCATION

Professional and applied physical training, as a process of integrated application of methods and means of physical culture and sports, is part of the system of physical education and is aimed at acquiring knowledge about the introduction of physical exercises in the structure of professional activity, the ability to apply the resulting range of exercises to implement compensatory functions of the body in the process of production activities and acquiring skills for self-employment.

The purpose of the PAFP is to form the psychophysical readiness of the cadet for the upcoming professional activity by adding and improving the individual Fund of motor skills, skills and physical culture and educational knowledge that contribute to the development of the chosen profession. Structural elements of professional and applied physical training are:

1. Physical and spiritual fitness, including the main criteria for psychophysical maturity of the individual.

Physical:

- speed and strength training,
- General endurance,
- strength endurance.

Spiritual:

- perception of literature,
- art
- music values.

2. Physical and intellectual development. It includes changes in both *physical parameters*:

- height,
- weight,
- spirometry,
- chest
- excursion,
- dynamometry, etc.

and parameters of intellectual readiness:

- active conscious activity,
- creative critical thinking.

3. Functional readiness.

Somatic:

- the level of development of indicators of the central nervous,
- cardiovascular and respiratory systems,
- peripheral neuromuscular analyzers (visual, musculoskeletal, auditory, vestibular, temperature).

Psychological:

- emotional lability,
- operational thinking,
- stability and distribution of attention,
- sense of time and spatial characteristics, etc.

4. Physical qualities. Endurance, flexibility, strength, general coordination of movements and its local manifestations (sense of balance, dexterity of hands, fingers, etc.).

Special physical qualities characteristic of a certain type of specialty (resistance to prolonged inactivity, high or low temperature, static endurance).

BSAA trains specialists with secondary special education in the following specialties: 2 – 37 04 01 "Technical maintenance of aircraft and engines", 2 – 37 04 02 "Technical maintenance of aviation equipment (by direction)". At the end of the training, the qualification of a specialist technician is assigned.

The profession of "Technician" implies the organization of the production process at various sites of aviation enterprises; ensuring compliance with the technological regime; selection and maintenance of equipment, tooling, tools; prevention of malfunctions in their work; ensuring the rational use, repair and maintenance of the repair base and equipment, aviation equipment; performing simple assembly drawings; compilation of technological documentation.

Within the framework of the above-mentioned specialties, we can identify the main factors that determine the content of the PAFP of cadets of the secondary special branch (Department of secondary special education) Table 1.

Based on the psychophysiological requirements for the future specialist, a program of cadets 'PAFP is compiled, which provides for mastering applied knowledge, skills and forming the necessary qualities. The process of forming applied knowledge includes mastering knowledge about the rational use of physical culture and sports in the mode of work and rest in order to combat work fatigue and occupational hazards depending on changing production and living conditions, etc.

Accounting for the complex to practice professionally applied orientation of the specialty SSE we need to focus on the growth of manual dexterity, ability to perform metered movements, the growth of static and dynamic endurance of muscles of fingers and hands and static endurance postural muscles (back, abdominals and hip extensors); growth of force of muscles of the shoulder girdle, torso, feet; improve balance in an

upright position; growth of endurance; improving coordination of hand movements; hardening.

Table 1 – Factors that determine the content of the PAFP of DSSE cadets

Specialties	Lifting and transport, construction, road machinery and equipment	Technical maintenance of aircraft and engines Technical maintenance of aviation equipment
Form of work	Mixed (hybrid) with physical dominance	Mixed (hybrid) with physical dominance
Working conditions	Violation of light, increased background noise, violation of sanitary standards, static working posture, etc.	Violation of light, increased background noise, violation of sanitary standards, static working posture, etc.
Nature of work	Exertion is unnormalized	Exertion is unnormalized
The mode of work and rest	Is not regulated	Is not regulated
Individual specialist features	High degree of influence	High degree of influence
Geo-climate features	It is possible to work in unfavorable geo-climatic conditions	It is possible to work in unfavorable geo-climatic conditions

PAFP means: gymnastics (exercises with dumbbells, stuffed balls, rubber shock absorbers, on a gymnastic bench and wall); exercises with weights (barbell, kettlebell, lifting and carrying heavy objects); varieties of throwing (ball, grenade), shot put; elements of sports games (for accuracy and dexterity of hand movements, attention games, etc.); outdoor classes; general and local hardening procedures. Recommended sports: athletics, gymnastics, townships, hockey, swimming.

LIST OF USED SOURCES

1. Nuzhny, A. A. Physical training as An important means of becoming a civil aviation specialist / A. A. Nuzhny. – M : Physical culture and sport, 1998. – 137 p.
2. Shchedrina, A. G. Healthy lifestyle: methodological, social, biological, medical, psychological, pedagogical, environmental aspects / A. G. Shchedrina. – Novosibirsk: Alfa-Vista LLC, 2007. – 219 p.

УДК 378.14

С.З. Абдулаев, В.В. Кайданюк

*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

К ВОПРОСУ О СОДЕРЖАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОФИЦЕРА

Аннотация. Необходимость подготовки квалифицированных профессионалов-воспитателей обусловлена возрастанием роли психолого-педагогических знаний в деятельности офицерских кадров, в практике управления воинскими коллективами. В статье рассматриваются некоторые аспекты психолого-педагогического образования офицеров.

Ключевые слова. Профессиональное психолого-педагогическое образование, педагогическая компетентность, офицер-воспитатель.

Реформа Вооруженных Сил РФ коснулась системы военного образования, которая за свою 300-летнюю историю аккумулировала уникальный военно-педагогический опыт и не раз оправдывала себя в условиях сложных испытаний, и имеет бесспорные достижения и преимущества. В числе приоритетных направлений военного строительства отмечена подготовка военных кадров, способных обучать и воспитывать подчиненных. В новых условиях появилась необходимость не просто проанализировать исторические уроки прошлого, но и определить реальные контуры и ориентиры в подготовке специалистов, способных квалифицированно организовывать воспитательную работу в подразделении.

Современное состояние профессионального психолого-педагогического образования, по мнению специалистов характеризуется:

- отсутствием целостного теоретико-методологического подхода к организации подготовки профессионала-воспитателя;
- недооценкой многими офицерами психолого-педагогических знаний, пренебрежением классическими принципами обучения и воспитания;
- прагматизацией военно-педагогического образования, его заземленностью на решении текущих, сиюминутных задач, что таит в себе угрозу развития личности не меньше, чем прежняя идеологизация;
- наличием затягивающихся проблем кадрового обеспечения психолого-педагогической составляющей образовательного процесса;

- чрезмерной перегруженностью учебного процесса второстепенными знаниями, разобщенностью учебно-воспитательного процесса и практической деятельности [1].

Необходимость подготовки квалифицированных профессионалов-воспитателей обусловлена возрастанием роли психолого-педагогических знаний в деятельности офицерских кадров, в практике управления воинскими коллективами.

Образованность, педагогическая компетентность, волевые и нравственные качества офицера как никогда востребованы сегодня.

В настоящее время предпринимаются попытки выстроить модель профессионального образования военного педагога-психолога, опирающуюся на практику организации воспитательной работы, функциональные обязанности заместителя командира по воспитательной работе. Для организации такой подготовки недостаточно ввести новые учебные предметы и увеличить количество часов на психолого-педагогические дисциплины, отбросить идеологическую направленность старых учебных пособий.

Проблемы, с которыми сталкиваются организаторы образовательного процесса по психолого-педагогической специальности, обуславливают поиск необходимых методических средств, позволяющих сформулировать концептуальные подходы к подготовке офицера-воспитателя.

Такие подходы тесно связаны со следующими характеристиками военно-образовательного процесса:

- современность – стремление к совершенствованию учебного процесса путем уменьшения разрыва между новыми достижениями научной мысли и их отражением в учебных дисциплинах и методиках обучения;

- интегративность – синтез знаний, получаемых из гуманитарных, психолого-педагогических и военно-профессиональных дисциплин;

- оптимальность – попытка достичь учебно-воспитательных целей при наименьших затратах сил, времени и средств;

- научность – отказ от формального или интуитивного определения содержания, методов и форм обучения и переход к научно обоснованному анализу образовательного процесса [2].

Подготовка педагогов-психологов в военном вузе успешно коррелирует с многоуровневой системой формирования содержания образования, которая связывает педагогическую деятельность преподавателей и учебную работу курсантов, теорию и практику воспитательной работы.

В этой системе можно выделить три уровня:

- 1) общего теоретического знания;
- 2) выработка практических умений и навыков;

3) формирование профессионально значимых качеств личности.

Обобщая сказанное, подчеркнем:

1. Необходимость подготовки квалифицированных профессионалов-воспитателей обусловлена возрастанием роли психолого-педагогических знаний в практике военного строительства.

2. Подготовка офицера-воспитателя должна основываться на конкретной модели образовательной деятельности, способствовать приобретению профессиональных знаний, умений и навыков, обесценивать их применение в практической деятельности.

3. Образовательный процесс может быть эффективным в том случае, если он наиболее полно учитывает диалектику обучения и воспитания, базируется на исторической преемственности и устремлен в будущее.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чебан, В.В. Военное образование: бюрократический и государственный подходы / В.В. Чебан // Военная мысль. – 2004. – № 1. – С. 46-47.

2. Пидкасистый, И.И. Требования высшей школы к профессиональной подготовке специалиста / И.И. Пидкасистый // Педагогика. – 2005. – № 3. – С. 49-51.

УДК 355.237.3

Г.В. Арьков, П.А. Федюнин, М.А. Стафеев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СИТУАЦИОННЫХ ТЕСТОВ В СИСТЕМЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ДОЛЖНОСТНОЙ ПОДГОТОВКИ ОФИЦЕРОВ ВОЙСК СВЯЗИ, РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Для целесообразного определения содержания и выбора форм обучения в системе профессионально-должностной подготовки (ПДП) офицеров возникает задача выбора системы оценки уровня подготовленности офицеров. Действенным инструментом в данной области является ситуационное тестирование, под которым понимается процесс распознавания действительного состояния уровня подготовленности офицеров в условиях ограниченной или избыточной информации. Составление и выполнение ситуационных тестов должно быть связано с будущей моделью профессиональной деятельности офицера [1].

Для того, чтобы ситуационные тесты могли выполнять оценочную функцию, они должны отвечать требованиям содержательной и функциональной валидности, определенности, простоты, однозначности, надежности, а также дифференцирующей способности [2]. В основе теста лежит решение ситуационных тестовых заданий (СТЗ) – специальных средств обучения и оценивания, включающих совокупность условий, направленных на решение практически значимых ситуаций с целью осознанного усвоения обучающимися содержания учебного предмета [3].

Одной из основных задач разработчика теста является составление таких заданий, которые были бы способны отделить сильных офицеров от слабых на учебном материале данной темы и на диагностируемом уровне владения этим учебным материалом. Для получения статистических показателей необходимо рассмотреть различные сочетания событий, связанных с успешностью или не успешностью выполнения как отдельного СТЗ (каждого из заданий теста), так и теста в целом. Эти события зависимые и совместные, следовательно, к ним может быть применен байесовский подход [4], в рамках которого возможны следующие ситуации:

тестируемый выполнил данное СТЗ и успешно сдал тест (сильный офицер);

тестируемый не выполнил данное СТЗ, но успешно сдал тест (сильный офицер);

тестируемый выполнил данное СТЗ, но не прошел тест (слабый офицер);

тестируемый не выполнил данное СТЗ и не прошел тест в целом (слабый офицер).

Обозначим N_1 – количество сильных офицеров, выполнивших данное СТЗ, N_2 – количество сильных офицеров, не выполнивших данное СТЗ; N_3 – количество слабых офицеров, выполнивших данное СТЗ; N_4 – количество слабых офицеров, не выполнивших данное СТЗ.

$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$ – суммарное количество попыток выполнения данного СТЗ. Простейшая диагностическая характеристика СТЗ называется коэффициентом решаемости и является статистической оценкой вероятности его выполнения произвольным (случайным, т.е. он может оказаться как сильным, так и слабым) офицером. Эта оценка, определяемая как отношение числа успешных выполнений данного СТЗ к общему числу попыток,

$$K_P = (N_1 + N_3) / N, \quad (1)$$

дает возможность отделить сильных офицеров от слабых, так как задание успешно выполнялось как сильными офицерами, так и слабыми, может быть, лишь с различной степенью успешности.

Ошибка 1-го рода или коэффициент трудности СТЗ может быть определена по следующей простой формуле:

$$K_T = N_2 / (N_2 + N_4), \quad (2)$$

То есть коэффициент трудности СТЗ K_T – это доля сильных офицеров среди всех, не выполнивших данное задание.

Ошибка 2-го рода или коэффициент интуитивности K_{II} СТЗ может быть определен как статистическая оценка полной вероятности успешного выполнения тестового задания. Упрощенно коэффициент интуитивности можно определить следующим образом:

$$K_{II} = N_3 / (N_1 + N_3), \quad (3)$$

K_{II} характеризует долю слабых офицеров среди всех правильно выполнивших (сильных и слабых) данное СТЗ. Успешность выполнения СТЗ слабыми офицерами не может положительно характеризовать данное СТЗ. Сильный офицер, пытаясь определить правильный ответ, продуцирует при ЭТОМ ЛОЖНЫЕ умозаключения, а слабый офицер по интуиции, особенно не вникая в СУТЬ вопроса, приходит к правильному решению.

Применительно к СТЗ статистической оценкой, характеризующей способность отделять сильных офицеров от слабых, может служить коэффициент дискриминантности, определяемый по формуле:

$$K_D = (N_1 + N_4) / N. \quad (4)$$

При анализе и отборе тестовых заданий руководителю занятий нужно стремиться сохранять в тесте те из них, которые имеют более высокие значения коэффициента дискриминантности, являющегося показателем качества СТЗ с позиции руководителя. При анализе и селекции тестовых заданий можно ориентироваться на все четыре показателя или, учитывая требования максимизации коэффициентов решаемости и дискриминантности и минимизации

значений ошибок 1-го и 2-го рода, в качестве интегрального показателя может быть принят коэффициент качества СТЗ

$$K_K = C_1 K_P + C_2 K_D - C_3 K_T - C_4 K_{II}, \quad (5)$$

где C_1 , C_2 , C_3 и C_4 коэффициенты, учитывающие значимость соответствующих факторов, определяемые императивно, исходя из целей проводимого диагностического обследования.

Предлагаемая методика оценки ситуационных тестовых заданий представляет собой экспресс-метод оценки диагностических свойств без рассмотрения их содержания. Наполнение и коррекция фонда тестирования производится в соответствии с тематикой ПДП конкретных учебных групп и накоплением статистической базы диагностирования.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Научно-методический аппарат по подготовке и проведению компьютерных командно-штабных учений и военных игр с должностными лицами органов управления связью: монография / под ред. проф. В.Ф. Комаровича. – СПб.: ВАС, 2005. – 104 с.
2. Иванов, Б.С. Основы педагогической диагностики и мониторинг образовательной деятельности в техническом ВУЗе / Б.С. Иванов. – СПб.: СПбГТУ, 2003. – 120 с.
3. Акулова, О.А. Конструирование ситуационных задач для оценки компетентностей учащихся: учебно-методическое пособие для педагогов школ / О.А. Акулова, С.А. Писарева, Е.В. Пискунова. – СПб.: КАРО, 2008. – 96 с.
4. Вознюк, М.А. Теоретические основы квалиметрии высшей военной школы / М.А. Вознюк. – СПб.: ВАС, 1997. – 141 с.

УДК 378 178

Е.Д. Бойко, А.Д. Петровская, Е.Л. Моторина

Белорусская государственная академия авиации

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ ПСИХОФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТОВ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ»

Авиационный специалист, работающий в системе организации и управления воздушным движением (УВД) - это высококвалифицированный специалист гражданской авиации, осуществляющий контроль и управление движением воздушных судов от момента их взлета до посадки. Социальное значение профессии состоит в том, что авиадиспетчер обеспечивает безопасность и эффективность работы воздушного транспорта.

Овладение специальностью «Организация движения и обеспечение полетов на воздушном транспорте» требует хорошей общеобразовательной и специальной подготовки. Авиадиспетчер должен хорошо знать профессиональную среду своей деятельности (природную, техническую, социальную), владеть навыками управления сложным радиотехническим и электронным комплексом, знать содержание своей профессиональной работы и уметь квалифицированно выполнять ее на всех этапах управления воздушным движением.

Помимо указанных особенностей для данной специальности характерен ряд профессионально важных психофизических качеств. Психофизические качества – это взаимосвязь отдельных или комплексных базовых физических качеств, а также психических и психомоторных процессов.

Для понимания структурных компонентов этих качеств представляется целесообразным вначале рассмотреть базовую классификацию профессии в целом. Она объективно обусловлена совокупностью особенностей конкретной трудовой деятельности и условий ее выполнения, в том числе: особенностями преобладающих рабочих операций (тем, насколько они просты или сложны в двигательльно-координационном и нейро-сенсорном отношении, в какой мере они энергоемки, какова степень активности различных функциональных систем при их выполнении и т.д.); особенностями режима (в частности, тем, насколько жестко он регламентирует поведение работающих, характеризуется ли он непрерывностью или прерывистостью рабочих операций, каков порядок чередования рабочих фаз и интервалов между ними, в какой мере процессу труда присущи монотонность и другие факторы, ведущие к утомлению); особенностями средовых условий, оказывающих влияние на состояние физической и общей работоспособности, особенно когда они резко отличаются от комфортных.

Работа авиадиспетчера относится к операторскому виду труда с преобладанием в профессиональной деятельности интеллектуальных функций. Ее выполнение связано с постоянным анализом и прогнозированием быстро меняющейся обстановки, принятием всевозможных управленческих решений, обеспечивающих безопасность полетов в контролируемом диспетчером воздушном секторе, причем каждое решение является следствием сложных интеллектуальных действий. Для этого вида деятельности характерен высокий уровень нервно-психической напряженности.

С психологической точки зрения основное содержание работы авиадиспетчера сводится к приему, переработке и передаче

необходимой производственной информации. Этот процесс активизирует следующие процессы:

1. Сенсорно-перцептивные;
2. Психомоторные и аудиомоторные;
3. Аппенционные (действия внимания);
4. Мнемические (действия памяти);
5. Импаниитивные (действия изображения);
6. Мыслительные.

Диспетчер принимает, осмысливает и логически перерабатывает информацию, поступающую от радиотехнического комплекса; закрепляет в логической и образной памяти данные, необходимые для решения задач управления воздушным движением; конструирует в воображении целостный и динамичный образ воздушной обстановки; распределяет внимание между различными источниками информации; прогнозирует изменения ситуации (ее пространственно-временного образа); осуществляет последовательный ряд умственных действий, направленных на реализацию заданного алгоритма управления воздушным движением; принимает различные управленческие решения, в том числе при возникновении аварийной или непредвиденной ситуации; ведет радиопереговоры с экипажем воздушных судов.

С точки зрения физического компонента деятельность специалиста УВД включает длительную фиксацию рабочей позы, совершение локальных и региональных движений с участием мышц преимущественно верхних конечностей в пределах заданных кинематических и динамических параметров, сенсорный и сенсомоторного контроля за параметрами движения; аналитически выделенные двигательные действия и «микродвижения» (преимущественно кистью), доведенные до высокой степени стереотипии; способность к экстренной двигательной реакции с выбором.

При работе в нормальном режиме не требуется, чтобы скорость и точность двигательных реакций (нажатие на кнопки, тумблеры и другие органы управления приборами) превышала обычные, средние значения. Однако в экстремальных же условиях требования к психомоторике резко повышаются. Скорость и точность реакций становятся важнейшими показателями надежности деятельности авиадиспетчера, большую роль начинают играть и устойчивость психомоторики к эмоциональным воздействиям.

Систематизируя перечисленные выше данные можно определить ряд профессионально важных психофизических качеств для специальности «Организация движения и обеспечение полетов на воздушном транспорте»:

- Моторно-кондиционные (физические качества и физическое развитие);
- Моторно-координационные (специфические координационные способности);
- Психомоторно-интеллектуальные (моторный ответ на сенсорное воздействие).

Средства развития этих качеств должны подбираться с учетом индивидуальных психосоматических особенностей курсанта.

Суть основных задач, решаемых в процессе физического воспитания курсантов ФГА, заключается в том, чтобы: пополнить и усовершенствовать индивидуальный фонд двигательных умений, навыков и физкультурно-образовательных знаний, способствующих освоению избранной деятельности, полезных в ней и нужных вместе с тем в процессе профессиональной подготовки в качестве ее средств; интенсифицировать развитие профессионально важных психофизических способностей, обеспечить устойчивость повышенного на этой основе уровня дееспособности; повысить степень резистентности организма по отношению к не благоприятным воздействиям средовых условий, в которых протекает трудовая деятельность, содействовать увеличению его адаптационных возможностей, сохранению и упрочению здоровья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дмитриева, М.А. Цели профессиографии и структура профессиограммы / М.А. Дмитриева. – Санкт-Петербург : Питер, 2001. – С. 84-91.
2. Ильин, Е.П. Дифференциальная психология профессиональной деятельности / Е.П. Ильин. – СПб : Питер, 2008 – 432 с.
3. Пустовой, А.П. Профессионально-прикладная физическая подготовка студентов высших учебных заведений : учеб.-метод. пособие / А.П. Пустовой, Н.Г. Скачков, М.Г. Царева / ГОУВПО СПбГТУРП. – СПб., 2008. – 60 с.
4. Сакун, Э.И. Построение учебного процесса по физическому воспитанию студентов в вузе: учебное пособие / Э.И. Сакун. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2008. – 208 с.

**К ВОПРОСУ О ПОДХОДАХ ИЗУЧЕНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ
ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ АВИАЦИОННЫХ
СПЕЦИАЛИСТОВ**

Профессиональный мир испытывает потребность в профессионально грамотных, квалифицированных специалистах, которые способны успешно и эффективно реализовывать себя в изменяющихся условиях.

Данные изменения коснулись гражданской авиации, которая выполняет важную роль в транспортной коммуникации. Качественная профессиональная подготовка и повышение квалификации авиационных специалистов гарантируют обеспечение высокого уровня безопасности полётов.

В настоящее время одной из актуальных задач, которую рассматривает педагогическая наука, является проблема повышение уровня и качества профессионального образования. Проблема профессиональной подготовки приобретает особую актуальность, наполняется новым содержанием.

Принцип профессиональной направленности играет значимую роль в обучении иностранному языку авиационных специалистов. Профессиональные знания в сфере авиации имеют первостепенное значение, так как от этого зачастую зависят жизни людей на земле и в воздухе. Профессиональное обучение в этой области направлено на подготовку специалистов, обладающих глубокими теоретическими знаниями, умениями и практическими навыками владения общим разговорным английским языком, профессионально-ориентированным, авиационным английским языком и фразеологией радиообмена при ведении радиосвязи.

Проблема профессиональной направленности давно интересует исследователей и достаточно широко представлена в работах А.А. Вербицкого, Ю.К. Бабанского, Н.В. Амосовой, А. Я. Кудрявцева, Н.В. Кузьминой, М.И. Махмутова, Э.Д. Новожилова, и др. Проблема профессиональной направленности обучения многогранна по структуре и содержанию. Она включает как формирование социальной и психологической направленности будущих и настоящих специалистов на профессиональную деятельность, так и междисциплинарные связи в организации и содержании обучения [1, с.58].

В педагогике можно определить два подхода к изучению профессиональной направленности обучения:

Следуя первому, под профессиональной направленностью понимается ориентация системы потребностей, мотивов, интересов и склонностей личности на положительное отношение к профессии. И. Н. Алешина выделяет в этом контексте следующие признаки профессиональной направленности: взаимосвязь профессиональной, общественной и познавательной направленности; связь профессиональной направленности с сущностью деятельности; осознанность и психологическая готовность к деятельности; всеобъемлющий устойчивый интерес к профессии на основе склонностей и способностей. Профессиональная направленность, как считает И. Н. Алешина, является ведущим мотивом учения, стимулирующим познавательную деятельность студентов в процессе образования и самообразования. С точки зрения изучения отдельных дисциплин уровень профессиональной направленности зависит от двух компонентов – от отношения к профессии и отношения к предмету.

Второй подход к профессиональной направленности касается проблемы отбора и построения содержания образования на основе межпредметных связей общенаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин. А. Я. Кудрявцевым было показано, что принцип профессиональной направленности ориентирует не только на связь с производственным обучением, а требует также охватывать теоретическое обучение, организацию межпредметных связей общеобразовательных и специальных дисциплин, использование профессионального аспекта в процессе обучения общеобразовательным предметам [2, с.15-16].

Сочетание данных подходов на наш взгляд, является наиболее перспективными с точки зрения всестороннего рассмотрения проблемы. Реализация принципа профессиональной направленности разрешает противоречие между целостностью личности и профессиональностью, между теоретическим характером изучаемых дисциплин и практическим умением применять эти теоретические знания в профессиональной деятельности.

Основной целью реализации в обучении иностранному языку авиационных специалистов принципа профессиональной направленности является формирование их готовности к профессиональной деятельности. В содержание этого понятия можно включить развитие мышления и формирование профессионально значимых приёмов умственной деятельности, методологическую подготовку к непрерывному самообразованию. Тщательный отбор, качественное построение содержания курса обучения и правильная организация процесса обучения могут решить перечисленные задачи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Котова, Л.В. Условия реализации профессиональной направленности обучения математике при подготовке учителей информатики / Л.В. Котова // Наука и Школа. – 2014. - № 6. – С. 57-63.

2. Князева, О.Г. Проблема профессиональной направленности обучения математике в технических вузах / О.Г. Князева // Вестник ТПГУ. - 2009. - № 9. – С. 14-18.

УДК 378.147:629.7

Н.В. Гаврильчик, Т.С. Елисеев

Белорусская государственная академия авиации

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ

В настоящее время в современной авиационной промышленности сложилась трудная ситуация для сохранения накопленного за долгие годы практического опыта и кадрового потенциала. Основные причины этой ситуации – недостаточная преемственность поколений специалистов в образовательной, исследовательской и практической деятельности; недостаточный приток молодых специалистов, слабое их закрепление на рабочих местах; разрыв теоретической и практической подготовки, образовательной и научной деятельности. Главная задача – создание условий для скорейшего восполнения дефицита высококвалифицированных специалистов.

В последние годы абитуриенты неохотно идут в авиационные учебные заведения, вследствие чего потенциал авиационной отрасли бездействует из-за отсутствия притока молодых специалистов.

Появление современных направлений производства, сложное оснащение авиационно-технической базы предприятий осложняет ситуацию и требует спешного разрешения кадровых проблем.

Необходимость совершенствования подготовки специалистов авиационной отрасли определена продолжающейся технической модернизацией гражданской авиации. Решение проблем требует создания новой системы профессиональной подготовки кадров с учетом сложившихся условий, гарантирующей обязательное распределение и закрепление специалистов на рабочих местах. В настоящее время в Республике Беларусь существует значительная потребность в профессиональных авиационных кадрах летного состава, а также в научных, рабочих, технических кадрах.

Основные подходы к проблемам образования связаны с отсутствием новых специальностей, сроком обучения и уровнем знаний, получаемым выпускниками.

К основным проблемам в области получения авиационного образования можно отнести следующее:

1) при установленном сроке обучения и затраченных средствах на обучение – недостаточно высокое качество практической подготовки специалистов;

2) при установленном сроке обучения и уровне качества подготовки специалистов – увеличены средства на обучение;

3) при затраченных средствах на обучение и заданном уровне качества подготовки специалистов сокращен срок обучения.

В современном западном мире действует единая классификация профессий технических специалистов для гражданской авиации и авиационной промышленности и стандартные требования к образованию и профессиональной подготовке специалистов каждой из этих профессий. Авиационно-технические учебные заведения должны поддерживать отраслевые стандарты профессиональной подготовки специалистов, действующих в гражданской авиации и авиационной промышленности [1].

Отсутствие необходимых условий, таких как, материально-техническая база, учебно-методическое обеспечение, кадровый состав, для подготовки квалифицированных специалистов для удовлетворения растущих потребностей авиационной отрасли сдерживаются факторами, которые определяют специфику функционирования учреждений авиационного образования.

Подготовка специалистов гражданской авиации должна проводиться в образовательных учреждениях как среднего специального, так и высшего образования. Учреждения образования должны являться не только источниками формирования знаний, развития научной деятельности, но и местом формирования человеческого потенциала, так как они обеспечивают кадрами разные сферы гражданской авиации.

Проблему различия учебно-образовательных стандартов можно решить с помощью создания учебно-методических объединений, образовательных комплексов, а также авиационных учебных центров, объединяющих усилия в подготовке конкурентоспособных специалистов для различных направлений авиационной отрасли [2].

Утечка кадров – проблема многих руководителей авиационных предприятий. Авиационная сфера в целом проигрывает многим отраслям по уровню зарплат, при этом уровень требований к авиационному персоналу значительно выше, чем во многих других отраслях.

В авиационном образовании важно решение такой проблемы, как подготовка специалистов по новым узконаправленным специальностям, например, IT-специалистов в авиационной сфере.

Важно повышать престиж авиационных специальностей, чтобы молодое поколение хотело связать свою деятельность с

авиационной отраслью. Для решения подобной задачи необходимо привлечение теоретического и практического аппаратов, которые с научных позиций позволяли бы ставить и решать задачи авиационного предприятия, их согласованного и эффективного функционирования в рыночных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алдамжаров, К. Б. Стратегия перехода к международным стандартам в системе непрерывного авиационного образования Республики Казахстан // Состояние и перспективы подготовки авиационных специалистов : тр. Междунар. науч.-практ. конф. - Рига, 2008. - С. 7-11.

2. Елисов, Л. Н. Компетентностный подход в системе качества образовательного учреждения гражданской авиации : практические рекомендации / Л. Н. Елисов, А. В. Шмельков. - Егорьевск : ЕАТК им. В. П. Чкалова, 2007. - 162 с.

УДК 355.12

Э.А. Гальцева, Д.Д. Грузенкин

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ФОРМИРОВАНИЕ МОРАЛЬНО-БОЕВЫХ КАЧЕСТВ КУРСАНТОВ ВОЕННЫХ ВУЗОВ

Аннотация. В тезисе рассматривается проблема формирования морально-боевых качеств курсантов военных вузов как одного из компонента профессиональных качеств будущих офицеров.

Ключевые слова. Профессиональные качества военнослужащего, морально-боевые качества, психолого-педагогические условия.

Переход к профессиональным Вооруженным Силам обусловлено стремительным развитием военных технологий. В связи с этим повысились требования к профессиональным качествам будущих офицеров. Профессиональные качества военнослужащего – это совокупность боевых, морально-психологических, духовно-культурных, физических, технических способностей, знаний, умений и навыков, действия, которые необходимы для реализации обязанностей и функций в процессе воинской службы [1].

Выделяют четыре основных группы профессиональных качеств, среди которых наряду с общими качествами военного профессионала, качествами воинской специализации и служебно-должностными – морально-боевые качества занимают важное место [2]. Морально-боевые качества определяют личность будущего офицера, его поведение в мирное время и в боевой обстановке. Их можно представить следующим образом: моральные, психологические, профессионально-боевые,

физические качества [1]. Все они взаимосвязаны и дополняют друг друга.

Процесс формирования морально-боевых качеств курсантов военных вузов имеет как внешнюю сторону, то есть имеются в виду результаты их деятельности в экстремальных условиях, их поведение, так и внутреннюю – личностные качества. Учитывая данные особенности, следует отметить, что личностные качества играют главенствующую роль, так как они являются основным регулятивом внешних проявлений морально-боевых качеств обучаемых.

Теоретический анализ проблемы формирования морально-боевых качеств курсантов военных вузов позволил выделить ряд психолого-педагогических условий, способствующих эффективной реализации поставленных задач в процессе патриотического воспитания личного состава. Среди них преемственность национальной идеи патриотического воспитания; личный пример воспитателей всех категорий; учёт индивидуально-психологических особенностей военнослужащих.

Первое условие предполагает учёт в обучении и воспитании курсантов исторических примеров героизма предшествующих поколений, обладающих большим воспитательным потенциалом. Целенаправленное использование героического прошлого Вооружённых Сил, исторических фактов, побуждают сознание, волю будущих офицеров на выполнение воинского долга.

Для воспитания на героическом подвиге главным является выяснение побудительных мотивов героизма, овладение духовным опытом, отражающим специфический характер нашей армии.

Вторым условием является интеллектуально-познавательная деятельность, способствующая развитию познавательных способностей, имеет особую значимость. Данная деятельность осуществляется в формах учебных занятий, лекториев, посещения музеев и т.д. В результате такой деятельности происходит расширение познания и ценностного отношения курсантов к своим товарищам, совершенствуется память, речь, необходимые для развития психологического компонента морально-боевых качеств.

Необходимым условием формирования морально-боевых качеств средствами патриотического воспитания курсантов военных вузов является личный пример воспитателей всех категорий. Процесс развития необходимых качеств личности носит взаимообогащающий характер. В результате взаимодействия офицера-воспитателя и курсанта происходит взаимное влияние субъектов данного процесса, обмен знаниями, опытом, ценностными установками. Поэтому от того, насколько искренен и убеждён воспитатель в тех идеях, которые он проповедует,

наглядно доказывает это своими делами, зависит эффективность процесса патриотического воспитания будущих офицеров.

Третье условие воспитательного процесса предполагает, что индивидуально-психологические особенности в экстремальных условиях боевой обстановки обуславливают степень адаптации сознания будущего офицера к несущей смерть реальности. В данном случае особое значение придаётся нравственному компоненту, формированию понимания курсантами социального бессмертия как смысложизненной ценности.

Человек, осознавая временность своего земного существования, хочет приобщиться к чему-то вечному и ищет место в обществе, стремится повысить ценность своей жизни, то есть перед ним возникает и требует приемлемого решения проблема смысла существования. Особую значимость эти вопросы приобретают в условиях военной службы, тем более, в боевой обстановке, когда близость смерти не позволяет сознанию отложить их решение на будущее.

Таким образом, на основе анализа научных исследований по данной проблеме, мы пришли к выводу, что организация и взаимосвязь вышеперечисленных условий способствует достижению цели воспитательного процесса, формированию всех компонентов морально-боевых качеств личности курсанта военного вуза.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Военная педагогика /под ред. О.Ю. Ефремова.– СПб.: Питер, 2008.– 640 с.
2. Рыков, С.Л. Профессиональное воспитание военнослужащих – женщин: теория и практика / С.Л. Рыков. – М.: ВУ, 2002. – 247 с.

УДК 372.881.111

Е.О. Ганзеева

Белорусская государственная академия авиации

ОСОБЕННОСТИ ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКИ ДИСПЕТЧЕРОВ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ И ЧЛЕНОВ ЭКИПАЖА

С учетом тенденций современного мира требования к овладению иностранными языками на сегодняшний день значительно возросли. Необходимость профессионального общения в новых условиях формирует своеобразный «социальный заказ» на уровень владения и содержание знаний иностранного языка для обмена информацией и осуществления деятельности в различных сферах. Профессионализм в современном обществе – это не только знания и умения конкретного человека, но и его владение определенным понятийно-категориальным аппаратом, нормами и

правилами языковой деятельности, связанными с той или иной профессиональной сферой.

Принимая во внимание тот факт, что в сфере гражданской авиации профессиональное общение происходит в формате радиообмена между пилотами воздушных судов и авиадиспетчеров управления воздушным движением (УВД) только на английском языке, мы с уверенностью можем сказать, что всем пользователям международного воздушного пространства необходимо владеть достаточно высоким уровнем английского языка. (не ниже «рабочего уровня 4» по шкале языковых требований ИКАО) [1]. Разработанные ИКАО требования к языковому уровню членов экипажа и диспетчеров УВД направлены на то, чтобы максимально снизить потенциальную возможность неадекватной коммуникации и избежать недопонимания, которое может привести к коммуникативному сбою и повлечь за собой негативные, а порой и необратимые последствия.

Специалисты, осуществляющие деятельность по языковой подготовке пилотов воздушных судов и авиадиспетчеров в учебно-тренировочных центрах и высших учебных заведениях, должны помнить о том, что владение языком в авиационной отрасли сводится не только к знанию грамматических структур, лексических единиц, правильному звукопроизношению, оно представляет собой сложное взаимодействие этих знаний с рядом навыков и способностей. Иными словами, владение языком авиационными специалистами означает не столько языковую компетентность, сколько коммуникативную. Благодаря этой особенности, владение языком по своей природе существенно отличается от многих других предметов, включенных в программу подготовки авиационного персонала. Так, например, владение авиационным персоналом устной речью предполагает не просто воспроизведение звукового потока или демонстрацию заученных знаний, оно представляет собой проявление сложного навыка, который является результатом интеграции в реальном времени таких субнавыков, как активация запаса слов и выражений из лексикона данного языка, применение усвоенных грамматических правил, рецепция и артикуляция звуков и интонации, составляющих осмысленный звуковой поток. Это в своем роде приспособление к многочисленным речевым, социальным, культурным и профессиональным нормам в контексте интерактивной коммуникации. Результатом успешной интеграции этих субнавыков является трансформация языковой компетентности в коммуникативную компетентность, которая очень тесно связана с профессиональными навыками [1].

Попытаемся разобраться, что же собой представляет коммуникативная компетентность. Согласно определению,

предложенному прикладными лингвистами, общая коммуникативная компетентность складывается из лингвистических, социолингвистических и прагматических компетенций.

Лингвистическая компетенция определяется знанием и осмысленным использованием лингвистических средств определенного языка. Лингвистическая компетенция состоит из таких речевых умений, как говорение и речевосприятие, в которых можно выделить четыре отдельных субнавыка:

- а) лексический (отдельные слова, устоявшиеся выражения);
- б) грамматический (правила синтаксиса и морфологии);
- в) семантический (смысловая сторона языка и семантические связи между словами и словосочетаниями);
- г) фонологический (звуки, слоговая структура, фразовое ударение, ритм и интонация).

Социолингвистическая компетенция включает в себя знание социального (в том числе профессионального) контекста, в котором используется язык. Авиационные специалисты, овладевшие языком, должны уметь идентифицировать и адекватно использовать лингвистические маркеры социальных отношений, формулы вежливости, различные регистры общения, диалект и акцент в процессе осуществления профессиональной деятельности.

Прагматическая компетенция подразумевает целый ряд навыков, которые дают возможность использовать языковые средства в определенных функциональных целях в соответствии с конкретной ситуацией или контекстом. Они включают в себя:

а) стратегическую компетенцию, которая предполагает умение пользователей языка мобилизовать свои ресурсы или подобрать их оптимальное сочетание для активации навыков и процедур с целью выполнения потребностей коммуникации в том или ином контексте и решения стоящей перед ними задачи наиболее совершенным или экономичным из доступных способов;

б) дискурсивную компетенцию, которая заключается в способности объединять предложения или высказывания в логически связный текст;

в) функциональную компетенцию, под которой понимается знание правил, определяющих традиционную или контекстуальную интерпретацию языковых структур – «языковых функций», – и способов общепринятого применения этих функций для создания структур диалогического взаимодействия (интерактивных сценариев или схем) и способность ими пользоваться;

г) оценку результатов использования языка в реальных ситуациях, например в плане влияния на безопасность или эффективность деятельности [1].

Все компетенции, необходимые для владения языком, представляют собой "конструкты" психических и физических способностей, которые не поддаются прямому наблюдению. Следовательно, встает вопрос «Как мы можем определить наличие или отсутствие тех или иных способностей?» и «Каким образом оценивать уровень владения языком у членов летного экипажа и диспетчеров УВД?» На наш взгляд судить о наличии определенных способностей у того или иного индивидуума можно только на основе лонгитюдного наблюдений за его языковым поведением, так как в процессе употребления языка на языковую компетентность могут влиять такие факторы, как уровень внимания, настроение, стресс, рабочий объем вербальной памяти и способность к обработке вербальной информации. А эти факторы, в свою очередь, влияют на уровень показателей коммуникативной компетентности, такие как беглость речи, понимание речи на слух и способность к речевому взаимодействию. Иными словами, оценивание уровня владения языком только в рамках проведения устного экзамена или опроса не допустимо, так как демонстрация языковых навыков у авиационных специалистов не гарантирует стопроцентное овладение языком, т.е. она не тождественна компетентности. Демонстрация языковых навыков является единственным способом судить о наличии языковой компетентности и дает возможность оценить ее уровень. Исходя из этого, мы можем сделать вывод о том, что возникла острая необходимость пересмотреть и разработать более эффективные методы оценивания уровня владения языком авиационным персоналом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Doc 9835 AN/453 : Руководство по внедрению требований ИКАО к владению языком : одобр. Международной организацией гражданской авиации 5 сентября 2007 г. – 4-е изд. : текст руководства по состоянию на 15 декабря 2007 г. – Montréal : ICAO, 2007. – 134 с.

УДК 378.146

В.Н. Гордеев, А.В. Емельянов, П.Ю. Филатов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия)

ТЕСТИРОВАНИЕ КАК ОСНОВНАЯ ФОРМА АКТИВИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Современные реалии предъявляют новые требования к образовательному уровню специалистов, диктуемые существующими экономическими, политическими и социальными условиями. В связи с этим, задачами высшего образования по

подготовке авиационных специалистов на данном этапе развития являются повышение уровня подготовки профессиональных кадров, сохранение и умножение интеллектуального потенциала через создание и развитие условий по их реализации в научно-техническом процессе в соответствии со способностями и потребностями обучаемых.

Здесь необходимо отметить, что самостоятельная работа, цель которой – научить осмысленной и качественной индивидуальной работе как с учебным материалом, так и с любой научной информацией, заложить основы самоорганизации и самосовершенствования с тем, чтобы привить учение в дальнейшем постоянно повышать свою квалификацию, приобретая новые знания и совершенствуя свои умения и навыки, становится одной из основных форм образовательного процесса.

Далеко не маловажным фактором в активизации самостоятельной работы является планомерная, четкая и грамотная организация систематического контроля за ее ходом и соответствующими результатами. Формируемые у обучаемых такие качества, как самоорганизация, самоконтроль, самоанализ и самокоррекция могут, при необходимости, снижать долю контроля преподавателем, но все же полностью ее исключать пока не представляется возможным.

Проведение контрольных мероприятий и оценивание в вузе – это достаточно сложный процесс, который характеризуется рядом разноплановых проблем и вызывает как у педагогов, так и у обучаемых неоднозначное отношение. Значительные затруднения и перегрузки могут испытывать и преподаватель, и обучаемый в связи с проведением аттестаций, зачетов и экзаменов, являющихся, зачастую, последствиями организационного и методического несовершенства процесса обучения.

Неправильная организация контрольных мероприятий может противопоставить педагога и обучаемого, что однозначно окажет отрицательное влияние на усвоение учебной программы и процесс обучения в целом. В то же время объективность, корректность, исключение субъективизма со стороны преподавателя при проведении контрольных мероприятий и оценке знаний возвращают контролю его истинный смысл и значение.

Он становится тем инструментом, который позволяет свободно вести анализ эффективности и качества своей деятельности, своевременно выявлять проблемы в подготовке обучаемых и устранять их, а также способствует развитию самоконтроля и самоорганизации обучаемых, становлению их интеллектуальной инициативы.

В настоящее время широкое распространение приобрела практика тестирования знаний и умений обучающихся.

Тестирование по сравнению с другими формами контроля с точки зрения объективности и исключения предвзятости в оценивании результатов работы имеет ряд преимуществ. Так непосредственно объективность тестирования формируется за счет тщательного и научно обоснованного подбора материалов тестов, четко установленной организацией процедуры тестирования, однозначной и точной формулировкой критериев оценивания знаний. Так же не маловажной чертой тестов является возможность проведения, при необходимости, анонимного контроля. Опираясь на эти позиции, можно с уверенностью утверждать, что данная форма контроля позволяет исключить субъективизм и необъективность в оценке знаний, влияние межличностных отношений на результаты контрольных мероприятий и итоговую оценку.

Содержание теста можно определить, как оптимальное отображение материала учебной дисциплины в системе тестовых знаний. Ряд моментов проверяемых знаний (отдельные темы) используются только в текущем контроле. Другие моменты, включающие материал нескольких тем, могут быть использованы в рубежном контроле. А в итоговом контроле используются задания, ответы на которые зачастую требуют знания всего материала, пройденного в ходе изучения данной дисциплины.

Именно поэтому содержание теста определяется целями тестирования. И представляет собой основополагающий принцип при разработке тестов.

На основе одного и того же учебного материала в целях расширения возможностей преподавателя по реализации дифференциального подхода в обучении, а обучаемому позволяет реализовать свои знания на приемлемом интеллектуальном уровне, разрабатываются тестовые вопросы различной степени сложности.

Необходимо также отметить, что процесс составления тестов и их реализация в ходе контрольных мероприятий не исключают наличия ряда сложностей. Акцентировать внимание нужно на двух, как нам представляется, наиболее весомых направлениях, требующих более тщательного анализа и коррекции:

- при проведении тестирования создание такой комфортной среды, которая позволит обучаемым чувствовать себя уверенно и свободно;

- разработка тестов, позволяющих адекватно и объективно проводить оценку успеваемости обучаемых.

Специалисты отмечают, что существует ряд разногласий в порядке оценивания ответов обучающихся. Одну и ту же ошибку разные преподаватели могут воспринять и как грубую, и как просто недочет. Это является следствием отсутствия единообразных целей, которые необходимо достигать в ходе обучения. Цели обучения в

своих формулировках содержат достаточно свободную трактовку со стороны преподавателей. В связи с этим возникает проблема: какая часть тестов должна содержать вопросы на знание теоретических основ, а какая - вопросы практического применения приобретенных знаний, умений и навыков.

Еще одним моментом, затрудняющим работу по составлению корректных тестов, является возможность трактовки разными преподавателями первостепенности различных объектов контроля. Наиболее значимый удельный вес могут приобретать и усвоение пройденного материала, и способность применения знаний на практике, и умение проецировать приобретенные знания на решение новых задач.

Результатом вышесказанного является то, что материал тестов формируется отдельно каждым преподавателем, а это, зачастую, влечет снижение их качества. Оценка по тестируемому материалу может отражать знания обучаемого только по его отдельной, часто второстепенной части, а основной объем системообразующих формируемых знаний, умений и навыков остается не проверенным.

Следовательно, в целях повышения качества и объективности тестирования как основной формы контроля и активизации самостоятельной работы, необходимо формирование специализированных высококвалифицированных комиссий по разработке и апробации тестовых заданий.

Таким образом, огромное значение в условиях современного высшего учебного заведения будет иметь качество содержания контрольных материалов, объективность и однозначность оценки, а также корректность проведения самих контрольных мероприятий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пидкасистый, П.И. Педагогика / П.И. Пидкасистый. - М.: Педагогическое общество России, 2002. - 608 с.
2. Майоров, А.Н. Теория и практика создания тестов для системы образования / А.Н. Майоров. - М.: Интеллект центр, 2002. - 296 с.

УДК 432=161.1(045)"0/2"(476.5)=(1-82)-057.86

И.В. Горидовец

Белорусская государственная академия авиации

ЛЕГЕНДА ШТУРМОВОЙ АВИАЦИИ – ГВАРДИИ ПОЛКОВНИК ТЫШЕВИЧ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ

Владимир Александрович Тышевич родился 27 мая 1923 года в г.Витебске, где провел детство и окончил среднюю школу № 9 (совр. Гимназия № 2 г.Витебска). В 1940 году окончил Витебский аэроклуб и был направлен Витебским городским военкоматом на учебу в Борисовскую военную школу пилотов. Летом 1941 года

школа была эвакуирована в г.Омск, поэтому в 1942 году В.Тышевич окончил Омскую военную авиационную школу пилотов, готовившую летчиков на самолетах-бомбардировщиках СБ и Пе-2.

В действующую Красную Армию он был направлен 11 июля 1943 года уже сформировавшимся мастером летного дела – в конце первой недели своих боевых вылетов на Центральном фронте Владимир Тышевич смог продемонстрировать незаурядный уровень пилотажных навыков и штурманской подготовки в ходе боевого вылета 19 июля 1943 года, когда в сложной метеорологической обстановке на месте замыкающего в группе штурмовиков Ил-2 он точно отбомбился по цели и благополучно вернулся на свой аэродром.

По результатам своего первого месяца участия в боевых действиях был представлен командованием 79-го гвардейского штурмового авиационного полка к награждению орденом Красного Знамени, выполнив более двадцати результативных боевых вылетов с полной бомбовой нагрузкой на самолете Ил-2, при этом четыре раза его самолет получал серьезные повреждения от огня вражеской зенитной артиллерии и истребителей противника.

После получения первой боевой награды младший лейтенант Тышевич совершил еще тридцать четыре боевых вылета, проявив мужество, бесстрашие, солидную тактическую подготовку, блестящую технику пилотирования и заслужив две благодарности за штурмовки от командования 1-го Белорусского фронта. Особо отмечался командованием его боевой вылет 6 октября 1943 года на железнодорожную станцию Гомель, когда своевременный и грамотный противозенитный маневр помог преодолеть без потерь сильный огонь зенитной артиллерии противника, выполнить боевую задачу и вернуться на аэродром базирования, сохранив при этом жизни членов экипажа. Поэтому за свое недолгое еще трехмесячное пребывание на фронте Владимир Тышевич получает уже вторую награду – орден Красного Знамени.

Но уже через год службы в 79-м гвардейском штурмовом авиаполку 2-й гвардейской штурмовой авиадивизии 16-й воздушной армии старший лейтенант Тышевич был представлен к следующей высокой награде – ордену Отечественной войны 1-й степени. В июне-августе 1944 года он совершил двадцать боевых вылетов, проявил дерзость и отвагу, при этом «... летает отлично днем в сложных метеоусловиях ... отличный командир звена, бесстрашный летчик». Раскрылась также еще одна грань его военного таланта – он «... прославил себя тактически грамотным разведчиком», когда около трети боевых вылетов он совершил ведущим разведывательной пары штурмовиков и по своим разведанным неоднократно водил группы штурмовиков на

уничтожение живой силы и техники противника, выполнял самые сложные задачи командования в районе м.Паричи, г.Бобруйска, а 1 июля 1944 года во главе группы штурмовиков снайперски атаковал аэродром в пяти километрах северо-западнее м.Столбцы, уничтожив склад с боеприпасами и самолеты противника.

С августа по декабрь 1944 года командир разведывательной эскадрильи капитан Тышевич принял участие в боях над Вислой и в разгроме варшавской группировки германских войск, а с начала 1945 года – в Висло-Одерской наступательной операции и в тяжелых боях на Кюстринском плацдарме. Результатом стало представление его к званию Героя Советского Союза.

Но и после этого высокого одобрения воинских заслуг он сохранил высокую интенсивность боевой работы, совершив еще двадцать три боевых вылета на Берлинском направлении к концу апреля 1945 года, показав при этом образцы героизма, мужества и отваги: 16 и 17 апреля в исключительно сложных метеоусловиях, в сплошном тумане, он пробивался к целям и уничтожал опорные пункты врага. 18 апреля, когда группа штурмовиков под его командованием без прикрытия истребителей уничтожала наземные цели в районе населенных пунктов Харнекоп и Штернебек, она была атакована шестью истребителями Фокке-Вульф-190. По команде капитана Тышевича штурмовики Ил-2 предприняли грамотный тактический маневр по организации коллективной обороны с возможностью контратаки, без потерь вышли из-под атаки противника, выполнили поставленную задачу, сбив при этом вражеский истребитель. Подобное маневрирование успешно и многократно применялось ведомыми им группами штурмовиков и закономерно, что В.А.Тышевич 30 апреля 1945 года получил заслуженную награду – орден Красного Знамени.

В битве за Берлин штурмовики Ил-2 действовали малыми группами, уничтожая войска противника и железнодорожные эшелоны в районе Берлина, Шпандау и в самом Берлине. В 79-м гвардейском штурмовом авиаполку эти группы доверили возглавлять опытному мастеру штурмовых ударов капитану Тышевичу, вплоть до 3 мая 1945 года, когда полк нанес последние удары по немецко-фашистским войскам западнее Берлина.

Всего за время пребывания на фронте капитан Тышевич совершил 144 боевых вылета с полной боевой нагрузкой, из них 56 – ведущим группы и 48 – ведущим пар на разведку. Под его командованием эскадрилья считалась передовой: на 236 боевых вылетов было всего две боевые потери. Эта уникальная боевая работа получила достойную оценку позже – 15 мая 1946 года ему было присвоено звание Героя Советского Союза.

После окончания Второй Мировой войны В.А.Тышевич до 1961 года служил в Советской Армии. С 1945 года 16-я воздушная

армия вошла в состав Группы советских войск в Германии, откуда Владимир Александрович Тышевич поступил в Военную академию командно-штурманского состава (п.Монино Московской области) и окончил ее в 1951 году.

Занимал должности: заместителя командира полка, командира полка, командира корпуса, с 1958 года – первого заместителя командира 26-й истребительной авиадивизии 22-й воздушной армии (аэродром Бесовец, г.Петрозаводск). После 1945 года удостоился награждения двумя орденами Красной Звезды и еще одним орденом Красного Знамени (став, таким образом, четырежды кавалером).

С 1961 года полковник В.А.Тышевич находился в запасе, проживал в г.Днепропетровске (совр. г.Днепр), где работал заместителем начальника местного аэроклуба, а затем – начальником аэропорта. В 1965 году вернулся в город своего детства Витебск, где проживала его мать. Трудился в Витебском ветеринарном институте, где с 1965 года на протяжении 15 лет преподавал курс «Гражданская оборона». Активно участвовал в общественной работе: входил в состав Пленума Комитета Мира БССР, являлся председателем Комитета Фонда Мира Витебской области, председателем областного штаба военно-спортивных игр «Зарница» и «Орленок», заместителем председателя Совета ветеранов Витебской области.

Скончался 18 сентября 1980 года, похоронен в г.Витебске на Мазуринском кладбище.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Память народа. Герои войны. Документы. Тышевич Владимир Александрович [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pamyat-naroda.ru/heroes/sm-person_doroga271993/. – Дата доступа: 12.09.2020 г.
2. Память народа. Герои войны. Сводная информация. Тышевич Владимир Александрович [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pamyat-naroda.ru/heroes/podvig-chelovek_nagrazhdenie18121470/. – Дата доступа: 12.09.2020 г.
3. Тышевич Владимир Александрович, Герой Советского Союза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.warheroes.ru/hero/hero.asp?Hero_id=4128. – Дата доступа: 12.09.2020 г.
4. Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». История кафедры технологии производства продукции и механизации животноводства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vsavm.by/kafedra-tekhnologii-proizvodstva-pro/istoriya-kafedry/>. – Дата доступа: 12.09.2020 г.

УДК 355.12

А.Ю. Григоров, М.В. Поярков

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ЛИЧНОСТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ АДАПТАЦИИ КАК КОМПОНЕНТ ЛИДЕРСТВА

Проблема адаптации является центральной в психологии и психофизиологии, так как вся психическая деятельность человека может быть рассмотрена как обеспечение процесса приспособления индивида к внешним условиям среды и деятельности, а также обеспечение нормального функционирования всех систем организма.

Можно выделить три основных и взаимосвязанных между собой уровня адаптации человека: физиологический, психический и социальный. Способность к социально-психологической адаптации является свойством личности.

В зависимости от того, насколько развито это свойство у личности, можно прогнозировать успешность адаптации к различным условиям среды и деятельности.

Определить степень развития данного свойства можно через оценку уровня некоторых характеристик психологической структуры личности, наиболее значимых для регуляции психической деятельности и процесса адаптации.

Таким образом, под личностным потенциалом адаптации подразумевается уровень развития свойств личности, определяющих эффективность адаптации в процессе деятельности. Показатели адаптационного потенциала личности являются характеристикой ее возможностей в адаптации.

Следует отметить, что при рассмотрении проблемы социально-психологической адаптации, как правило, выделяют два аспекта. Первый - это уровень активности личности, который во многом определяется особенностями физиологического состояния, а второй - способность индивида принимать и выполнять некоторые социальные роли, что определяется как способность к социализации.

Поэтому, предлагаемый А. Г. Маклаковым [3] термин «личностный потенциал адаптации» в большей степени связан с проблемой социализации личности. Эффективность процесса социализации в значительной степени зависит, от того, насколько адекватно индивид оценивает сложившуюся ситуацию, насколько адекватно он воспринимает себя и свои социальные связи, насколько адекватно соизмеряет свои потребности с имеющимися возможностями и осознает мотивы своего поведения.

Искажённое или недостаточно развитое представление о себе и других ведет к нарушению адаптации, что может сопровождаться

повышенной конфликтностью, непониманием своей социальной роли, понижением работоспособности, ухудшением состояния здоровья. Можно выделить ряд психологических характеристик личности, которые отличаются относительной стабильностью и во многом определяют успешность адаптации в самых различных условиях деятельности.

К таким характеристикам позволяют отнести: нервно-психическую устойчивость, уровень развития которой обуславливает толерантность к стрессу; самооценку личности, являющуюся ядром саморегуляции и определяющую степень адекватности восприятия условий деятельности и своих возможностей; ощущение социальной поддержки, обуславливающее чувство личной значимости для окружающих (личностная референтность) [2].

Основными положениями концепции адаптационного потенциала личности являются следующие.

1. Адаптация – это не только процесс, но и свойство любой живой саморегулируемой системы, которое состоит в способности приспосабливаться к изменяющимся условиям внешней среды. Уровень развития данного свойства определяет интервал изменения условий и характера деятельности, в рамках которого возможна адаптация для конкретного индивида.

2. Адаптационные способности индивида во многом зависят от психологических особенностей личности, определяющих возможность адекватной регуляции функционального состояния организма в разнообразных условиях жизни и деятельности.

3. Оценить адаптационные возможности личности возможно через оценку уровня развития социально-психологических характеристик, наиболее значимых для регуляции психической деятельности и процесса адаптации. К данным характеристикам следует отнести: уровень нервно-психической устойчивости, самооценки личности, уровень социальной поддержки (ощущение значимости для окружающих) уровень конфликтности, наличие опыта общения, степень ориентации на общепринятые нормы поведения и требования коллектива.

4. Психологические особенности личности, определяющие возможность успешной социально-психологической адаптации взаимосвязаны между собой и составляют интегральную характеристику психического развития – личностный адаптационный потенциал. Показатели личностного адаптационного потенциала содержат информацию о соответствии или несоответствии психологических характеристик личности общепринятым нормам.

5. Личностный адаптационный потенциал определяет успешность адаптации, а также возможность сохранения здоровья и

профессиональной работоспособности при возрастании интенсивности воздействия психогенных факторов.

Таким образом, под личностным адаптационным потенциалом подразумевается уровень социально-психологического развития личности, определяющий эффективность адаптации в процессе деятельности. Показатели личностного адаптационного потенциала являются интегральной характеристикой психического развития и указывают на возможности личности в адаптации [3].

Из выводов А. Г. Маклакова следует, что личностный адаптационный потенциал тесно связан с рядом психологических характеристик личности, одной из которых является способность к лидерству. Это доказывает положение интегративной теории о важности обязательного наличия у лидера высокой адаптации.

Данное умозаключение подтверждается и в диссертации кандидата психологических наук И.М. Владимировой [1]. Установлено, что военнослужащие сангвинического и холерического темпераментов значительно быстрее адаптируются к армейским порядкам, чем флегматики и меланхолики.

Военнослужащий-сангвиник благодаря своей подкладистости, оптимистичности и практичности легко входит в коллектив, знакомится с сослуживцами, устанавливает товарищеские отношения. Холерик в новых условиях не страшится препятствий, проявляет бурную энергию и изобретательность, быстро становится лидером коллектива. Флегматик несклонен к товариществу, не умеет приспосабливаться к новым условиям и предпочитает одиночество. Сентиментальность меланхолика тоже затрудняет его адаптацию, он довольствуется одним-двумя товарищами, верен своим привязанностям, на грубость реагирует уходом в себя, обидой и длительными переживаниями.

Таким образом, лидерство в группе определяется адаптационными возможностями лидера, его способностью приспосабливать имеющийся набор личностных характеристик к тем условиям и характеру деятельности, в которых находится группа, а также к характеру действий самого лидера, т.е. к управленческой деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Владимирова, И.М. Особенности психологической адаптации лиц с различными свойствами темперамента к процессу обучения в военно-медицинском вузе: автореф. дис. ...канд.психол.наук / И.М. Владимирова. – СПб., 2001. – 40 с.
2. Конюхов, Н.И. Прикладные аспекты современной психологии: термины, законы, концепции, методы. Справочное издание / Н.И. Конюхов. – М., 1992. – 580 с.

3. Маклаков, А.Г. Основы психологического обеспечения профессионального здоровья военнослужащих: автореф. дис. ...докт.психол.наук / А.Г. Маклаков. – СПб., 1996. – 44 с.

УДК 629.7.017.1

Е.Д. Дворак, И.В. Денисов

Белорусская государственная академия авиации

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КЛЁПАНЫХ И КЛЕЕВЫХ ШВОВ ВОЗДУШНОГО СУДНА В ПЕРИОД ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. Хотелось бы начать с того, что существует процесс, называющийся Нивелировка.

Нивелировка – это контроль расположения реперных точек, с помощью лазерного трека. Основной целью нивелировки является контроль геометрии самолёта и регулировка органов управления самолетом.

Нивелировочный паспорт (нивелировочную карту) сразу же после окончательной сборки. Создается нивелировочная карта, где указаны все геометрические параметры планера (размеры, положения, формы, особенности формы и т.д.). Этот процесс получил широкое распространение из-за его эффективности и удобства в различных областях применения. Например, когда самолет завозят на проверку, техникам будет нужно сделать замеры в районе реперных точек и сравнить их с результатами, которые уже имеются в Нивелировочном паспорте. После чего, будет сделан вывод, а именно готов ли самолёт к полёту.

2. Поэтому, я предлагаю создать паспорт или журнал, в который будут заносится не только нивелировочные данные, но и результаты ультразвуковой диагностики заклёпочных или клеевых соединений обшивки.

3. **Ультразвуковая диагностика (Дефектоскопия)** – это как УЗИ, только для самолёта. Дефектоскоп посылает на поверхность исследуемого объекта ультразвук, который при отражении создаёт эхо. Сканеры дают возможность двухмерные изображения. Тем самым мы можем понять, что находится внутри исследуемой поверхности. Инженерам и техникам не нужно стучать по обшивке молотком, определяя разболтались ли заклёпки на слух или вскрывать обшивку. О размерах дефектов можно судить по амплитуде эхо-сигналов, измерение которых производят аттенуатором.



Рисунок 1 – Процесс выполнения работы

4. Какие бывают виды обшивок и зачем им нужен такой контроль.

В зависимости от материала, используемого для строительства летательного аппарата, обшивка может быть:

- Деревянной;
- Полотняной;
- Композитной;
- Ламинированной;
- Металлической.

Ультразвуковой контроль требуется для обшивки самолёта, так как первичного визуального или поверхностного осмотра недостаточно, чтобы определить состояние клёпанных или клееных швов.

5. Вернёмся к «паспорту». Также, как и нивелировка, данная диагностика будет применяться сразу же, после окончательной сборки самолета, занося данные в своеобразную книгу технических характеристик, как нивелировочный паспорт, и после определенных часов налета, например, каждые 1000 часов или каждый месяц.

6. Результаты, полученные после каждого таких проверок, могут заносится в тот же журнал, для того чтобы другие люди, проверяющие самолёт в будущем, имели возможность сравнить первоначальные и вторичные показатели с настоящими. И в том случае, если произойдёт поломка, можно будет отследить, когда начались дефекты, но и также можно буде предсказать поломку.

7. Крепления обшивки являются очень уязвимыми местами, так как на самолёт действуют огромные

аэродинамические силы как во время горизонтального полёта, так и во время взлёта с посадкой. Одна выпшедшая из строя во время полёта заклёпка, может спровоцировать и остальные. А это уже грозит серьёзными последствиями: от повреждения внутреннего оборудования до совершения вынужденной посадки.

8. Данная технология контроля не может иметь каких-то определённых недостатков, так как она не занимает отдельного для неё места, потому что может храниться и обновляться в уже существующих документах: базе данных или в паспорте воздушного судна, не имеет погрешностей только если это не связано с неисправностью дефектоскопа.

9. Вот такая бюрократическая технология, как добавление нового документа, поможет не только предохранить авиакомпанию от дорогостоящих ремонтов и часов простоя авиационной техники, но и возможно сохранит здоровье и жизни людей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

3. Конструкция и лётная эксплуатация воздушных судов. Особенности самолётов первоначального лётного обучения: учебное пособие / В.М. Корнеев.- Москва, 2017. – 560 с.

4. Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Обшивка_летательного_аппарата#Соединение_элементов_каркаса_и_обшивки. – Дата доступа: 10.10.2020.

5. Panatest [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.panatest.ru/categorie?id=117>. – Дата доступа: 10.10.2020.

6. 3Dcontrol [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dcontrol.ru/solutions/nivelirovka-samoleta>. – Дата доступа: 05.10.2020.

УДК 355.23

В.П. Дорошков, О.А. Конопелько

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИЦЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ САМОЛЁТА

В последнее время в связи с ростом объема информации и быстрым развитием компьютерной техники активно разрабатывают и поддерживают компьютерную технологию обучения. Основными причинами перевода информации на компьютерную основу является возможность:

предоставления интерактивного доступа к изучаемому материалу (включая лекции, практические занятия и контроль усвоения материала);

избавления обучаемого от процедуры поиска литературы;

оперативного внесения изменений в материал с учетом новых данных, которые появляются в конкретной предметной области;

совершенствования методов изложения материала на основе анализа результатов периодического тестирования курсантов по каждой теме;

изучения лекционного материала и выполнения практических заданий во внеурочное время.

Перед профессорско-преподавательским составом постоянно стоит задача по повышению эффективности процесса обучения курсантов (в том числе и привития им практических навыков эксплуатации прицельного оборудования).

Создание виртуального тренажера отработки навыков технической эксплуатации аппаратуры «Метка» полностью соответствует поставленным выше задачам. Программа разработана в среде программирования DELPHI 7. Она построена таким образом, что каждый курсант, который имеет пользовательские навыки работы на компьютере, без труда сможет работать с ней. Структура программы содержит два блока:

- информационно-обучающий;
- контрольно-тестовый.

В информационно-обучающем блоке представлен материал, содержащий сведения о составе, назначении, конструкции, принципе работы аппаратуры в форме, удобной для изучения, а так же контрольно-проверочной аппаратуры к ней. Подробно и наглядно показана последовательность выполнения работ. Приводится информация по обеспечению безопасности.

Здесь весь учебный материал разбивается на части. Каждая часть охватывает проведение определенного вида работ. Это позволяет поэтапно проходить изучение и облегчает восприятие их пользователем. Он представлен в виде отображения текста, фотографий и схем, связанных между собой.

Целью контрольно-тестового блока является проверка знаний обучаемых, как в теоретической, так и в практической части.

При выборе контролирующей части осуществляется вывод главной формы. В начале тестирования в программе выполняется генерация и вывод вопроса на экран. При окончании тестирования на экран выводится отметка, а также возможен вывод отчета.

Набор вопросов для тестов содержится непосредственно в самой программе и позволяет преподавателю редактировать их при необходимости. Вопросы теста отображаются в случайном порядке, и предлагается несколько вариантов ответа, из которых курсант должен выбрать один правильный. В ходе выполнения теста курсанты не могут самостоятельно прерывать контроль знаний для того, чтобы узнать или сравнить свой ответ с теоретическим материалом по данной теме или вернуться в начало теста.

В процессе создания программы была разработана блок-схема, в которую входят следующие компоненты:

- блок загрузки;
- блока решения;
- экрана визуального наблюдения;
- блока обработки данных;
- блока ручного ввода;
- блока данных.

Началом алгоритма является вход в программу, с отображением темы. После этого предлагается выбор информационно-обучающей или контрольно-тестовой части, а также имеется раздел с информацией о программе.

При выборе информационно-обучающего блока происходит процесс обработки данных и вывод главной формы с теорией. Здесь представлен текстовый материал с иллюстрациями и схемами. Пользователи способны самостоятельно выбирать необходимые вопросы для изучения в любой последовательности, а восприятие будет зависеть только от их способностей.

При выборе контрольно-тестового блока можно перейти к тестированию. При этом в программе выполняется генерация и вывод вопроса на экран. При ответе на каждый вопрос на экран выводится оценка, и по окончании всего тестирования на экране отображается общая оценка обучаемого. Вопросы для тестов содержатся в виде текстового документа, что позволяет преподавателю редактировать их при необходимости, введя пароль.

Разработанный виртуальный тренажер призван помочь обучаемым в получении практических навыков по проверке аппаратуры «Метка» и повысить их интерес к обучению.

Позволяет изучить назначение, основные характеристики аппаратуры, состав и принцип действия ее составных частей, проверить свой уровень знаний.

Он учитывает индивидуальные способности обучаемых, т.е. позволяет отказаться от принципа изложения материала с расчетом на средний уровень обучаемых. Курсант сможет дополнительно на самоподготовке повышать свои знания.

Виртуальный тренажер также позволяет повысить безопасность при работе с прицельным оборудованием в дальнейшем, так как курсант будет натренирован в последовательности выполняемых работ.

Внедрение компьютерных технологий в процесс отработки навыков технической эксплуатации аппаратуры «Метка» также позволяет существенно уменьшить расход ресурса дорогостоящей аппаратуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дорошков, В.П. Авиационные прицельные системы / В.П. Дорошков. – Минск: ВАРБ, 2008. – 80 с.
2. Дорошков, В.П. Основы эксплуатации авиационных прицельных систем: практическое пособие / В.П. Дорошков, С.Г. Дубовский. – Минск: ВА РБ, 2010. – 62 с.

УДК 37.013.32

О.А. Евсеева, А.Х. Дустмуродов

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

АНАЛИЗ УЧЕБНО-НАУЧНОГО ТЕКСТА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ НА ЗАНЯТИЯХ ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ

Важнейшая проблема в общей системе подготовки специалиста-инофона – проблема готовности к профессиональной деятельности, ставшая предметом пристального внимания педагогических, психологических и лингвистических исследований. На занятиях по русскому языку как иностранному решается ряд задач, связанных с формированием системы лингвистических, предметно-профессиональных, коммуникативных компетенций, а также осуществляется привитие умений и навыков коммуникативного общения на русском языке в профессионально ориентированных ситуациях.

Исследования, посвящённые методике работы с текстами по специальности, представлены в широком спектре. Изучением данного вопроса занимались Л.П. Клобукова [1], А.И. Комарова [2], Е.И. Мотина [3] и др. Несмотря на то, что в целом проблема текстоориентированного профессионального обучения активно изучается, современные педагоги-лингвисты находят малоисследованные её аспекты. Так, иностранные военнослужащие испытывают затруднения при работе с профессионально направленными текстами на аудиторных занятиях, при самостоятельной работе, при сдаче государственных экзаменов и защите выпускной квалификационной работы, что актуализирует дальнейшую разработку методической составляющей современного занятия по РКИ в военном вузе.

Несомненно, для успешного обучения по специальности иностранные военнослужащие должны освоить не только грамматику языка, но и научную терминологию в профессиональной области, знать особенности научного стиля речи, уметь не только читать и пересказывать научные тексты, но и продуцировать их. В связи с этим особенно актуальным становится анализ учебно-научного текста на занятиях по РКИ. Текстоориентированный подход является ведущим при

формировании профессиональной компетенции. Работа с профессионально направленными текстами требует значительной подготовки. Так, прежде чем начать работать с текстами по специальности, военнослужащие-инофоны должны иметь представление о лингвистических особенностях научного стиля, его типологической природе и смысловой структуре, должны уметь анализировать тексты научного стиля, продуцировать вторичные научные тексты (конспекты, рефераты, тезисы, аннотации и др.), владеть навыками самостоятельного поиска научной информации как основы научной и профессиональной деятельности, обладать значительным словарным запасом.

Являясь исходной и конечной единицей обучения, текст выступает основой формирования коммуникативных умений. В связи с этим ключевыми становятся проблемы обеспечения занятий адекватным текстовым материалом, актуализируется работа по накоплению и обновлению профессиональной библиотеки.

Часто преподаватель вынужден функционировать в условиях дефицита учебных пособий, содержащих актуальные для обучения военнослужащих-инофонов определённого уровня владения русским языком как иностранным тексты. Разработанное в ВУНЦ ВВС ВВА учебное пособие «Материалы по работе с текстами по специальности "Радиоэлектронные системы и комплексы", "Специальные радиотехнические системы"» призвано преодолеть противоречие, связанное с тем, что преподаватель РКИ при работе с профессионально ориентированными текстами нередко дублирует работу преподавателя по специальной дисциплине. Тексты в данном пособии расположены в их логической взаимосвязи: каждый последующий текст базируется на материале предыдущего. К каждому тексту предлагаются актуальные именно для него упражнения по грамматике. Для успешного выполнения грамматических заданий после текста расположен раздел «!Вспомним теорию!», в котором актуализируется грамматическая тема, затем предлагаются упражнения по данной теме на материале прочитанного текста. Такая подача материала способствует выработке навыков в устной и письменной профессиональной речи. Работа с текстами опирается на традиционную методику, предполагающую поэтапное выполнение заданий:

I. Предтекстовые задания, целью которых является погружение обучаемого в предложенную тему, они призваны снять фонетические и лексико-грамматические трудности сферы текста, оказать помощь в понимании текста по специальности. Это задания на актуализацию уже имеющихся знаний, на семантизацию лексики, прежде всего профессиональной, развитие лингвистической интуиции.

Например, при работе над темой № 1 пособия «Связь как основное средство управления войсками» в качестве одного из предтекстовых заданий предлагается следующее:

Как вы понимаете высказывания:

1) Связь проведёшь – быстрее в бой пойдёшь. 2) Со связью запоздал – бой проиграл. 3) Без связи нет управления, без управления нет победы.

II. Чтение текста.

III. Послетекстовые задания, позволяющие проконтролировать усвоение и понимание изучаемого материала. Это традиционные вопросно-ответные упражнения; задания на определение темы, выделение главной мысли; составление плана; пересказ текста, а также грамматические упражнения, способствующие более глубокому пониманию изучаемой темы.

Таким образом, иностранные военнослужащие учатся анализировать текст, выделять основную информацию, составлять различные планы, обобщать и делать выводы, развивают творческое мышление.

Например, при изучении темы № 3 пособия «Требования, предъявляемые к связи» для реализации коммуникативной цели занятия необходимо вспомнить теоретические сведения по теме «Квалификация предмета»:

Способы выражения квалификации предмета:

1) *Кто (что) (И.п.) + это (есть) + кто (что) (И.п.).*

Автономность – это (есть) способность объекта функционировать без информационного взаимодействия с другими объектами.

2) *Кто (что) (И.п.) + является + кем (чем) (Т.п.).*

Аудиометр является прибором для получения аудиограммы.

3) *Кто (что) (И.п.) + представляет собой + что (В.п.).*

Аудиограмма представляет собой графическое изображение слухового восприятия человеком звуковых колебаний разной частоты.

Затем обучающимся предлагается найти в тексте предложения, в которых квалифицируется своевременность, достоверность, безопасность связи, и перестроить предложения, используя различные способы квалификации предмета.

Таким образом, являясь ключевой составной частью обучения военнослужащих на занятиях по РКИ и на подготовительном, и на основном курсах, систематическая работа с учебно-научным текстом по специальности, становясь базой детального изучения и овладения языком, развивает навыки репродуцирования и продуцирования текстов, способствует формированию коммуникативной компетенции в профессиональной сфере.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Клобукова, Л.П. Обучение языку специальности / Л.П. Клобукова. – М.: Издательство МГУ, 1987. – 87 с.
2. Комарова, А.И. Функциональная стилистика: Научная речь. Язык для специальных целей / А.И. Комарова. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 192 с.
3. Мотина, Е.И. Язык и специальность: лингвометодические основы обучения русскому языку нефилологов / Е.И. Мотина. – М.: Рус. яз., 1988. – 176 с.

УДК 371.693

А.В. Емельянов, Д.А. Титов, Д.Г. Нерсисян

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНИ-ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Подготовка летного и инженерно-технического состава (ИТС) – один из важнейших элементов обеспечения правильной и безопасной эксплуатации воздушного судна, а также комплексов авиационного вооружения. Она позволяет минимизировать негативное влияние человеческого фактора, то есть позволяет свести к минимуму возможность ошибочных действий летного и ИТС.

Значимость тренажерной подготовки имеет устойчивую тенденцию к росту в связи с тем, что человеческий фактор также продолжает оставаться основной причиной низкой эффективности применения комплексов авиационного вооружения.

Проведенный анализ производителей тренажеров показал отсутствие специализированных тренажерных систем, предназначенных для подготовки летного и ИТС применению съемного вооружения. Кроме того, имеющиеся авиационные тренажеры в большинстве своем стационарны, имеют низкую мобильность, высокую стоимость, а летному и ИТС составу необходимо проходить обучение и совершенствовать свое боевое мастерство не только в центрах подготовки, а и в местах дислокации и ведения боевых действий.

Таким образом, для улучшения качества и эффективности учебного процесса, в качестве экспериментального образца был изготовлен мини-тренажер для проверки блока неуправляемых авиационных ракет (НАР) Б8М-1, представляющий собой его действующую модель и анимированные пульта и панели системы контроля.

Представляемый тренажер предназначен для обучения (и оценки) в аудиторных условиях ИТС подготовке к полету блока НАР с визуализацией его внешнего вида и принципа действия.

Состав тренажера:

- ноутбук (планшет) с программным обеспечением представленным панелью тестирования блока Б8М-1;

- макет блока Б8М-1, имеющий съемный передний и задний обтекатель с лазерами и передатчиком;

- джойстик (имитация ручки управления самолетом (РУС));

- имитация оптического прицела с прицельной маркой на треноге;

- имитация пристрелочной мишени;

- макет транспортировочной тележки;

В данной комплектации тренажер позволяет обучать:

- принципам холодной пристрелки блока НАР Б8М-1, которая необходима для получения удовлетворительных характеристик рассеивания при стрельбе с блока;

- проверке цепей стрельбы, с использованием имитации анимированных программным обеспечением РУС или прибора наземной проверки в режимах пуска ракет с ручной и автоматической отсечкой;

- контролю используемых точек подвески, вооружения, остатку боеприпасов, работы контрольно-измерительных приборов.

Учитывая, что в местах дислокации и ведения боевых действий имеется ограниченное количество, а чаще всего вообще отсутствует техническая литература, то для устранения это недостатка в начале обучения представляется 3D-фильм, демонстрирующий внешний вид изучаемого образца вооружения, его устройство, ТТХ, принцип действия, а также боевое применение. Для разработки 3D-моделей была выбрана программа Cinema 4D являющаяся пакетом для создания трёхмерной графики и анимации.

Кроме того, в тренажере реализованы элементы запатентованного устройства проверки цепей стрельбы. На площадке заднего обтекателя крепятся макеты стаканов от хвостового оперения ракет, в котором они находятся до пуска. Внутри стакана располагаются лазерные светодиоды. Поступающие управляющие сигналы вызывают их свечение, которое проецируется на пристрелочную мишень, позволяя осуществлять проверку цепей стрельбы и демонстрировать принципы холодной пристрелки блока.

Программное обеспечение (ПО) тренажера разработано в среде Visual Studio на языке программирования C# (Sharp). Диалоговое окно ПО представляет собой анимированные изображения панели тестирования, пульта индикации, имитации работы оптического прицела.

Панель тестирования блока Б8М-1 имеет два режима проверки:

- имитация пуска НАР с использованием ручки управления самолетом. Для этого необходимо выбрать элемент формы «Ручка управления самолетом». При этом в окне визуализации появится изображение РУС. Также имеется возможность выбора темпа стрельбы (с отсечкой или без). Нажатием на боевую кнопку имитации РУС (джойстика) осуществляется имитация пуска НАР в соответствии со схемой пуска ракет, которая визуализируется в правой части панели тестирования;

- имитация проверки цепей стрельбы с использованием прибора наземной проверки (ПНП) Б8М.9500-0. Для этого необходимо выбрать элемент формы «Пульт проверки цепей стрельбы». При этом в окне визуализации появится анимированное изображение ПНП. Кликом мыши осуществляется последовательное переключение каналов с 1 по 20, которое визуализируется в правой части панели тестирования, имитируя тем самым работу прибора контроля цепей реактивных снарядов ПКЦ-РС.

Вмонтированные в обтекатель лазерные светодиоды имитируют стрельбу ракетами в соответствии со схемой пуска, проецируя изображение светового пятна на имитацию пристрелочной мишени, что позволяет повысить визуализацию процесса стрельбы.

Пульт индикации при этом показывает динамический расход боеприпасов, применяемые точки подвески, используемый тип вооружения, а также показания контрольно-измерительных приборов системы электропитания.

Диалоговое окно имитации работы оптического прицела позволяет демонстрировать обучаемым принципы холодной пристрелки.

ПО тренажера может устанавливаться на ноутбук, компьютер или планшет, которые подсоединяются к макету блока НАР с использованием USB-провода (имитируя соединение реальных цепей стрельбы с разъемом блока) или по беспроводной линии связи.

Кроме того, представленный программный комплекс используется на реальном блоке НАР с целью проверки его работоспособности, режимов работы и пристрелки.

Тренажер может использоваться для подготовки специалистов вузов, строевых частей, а также центров подготовки.

По сравнению с аналогами тренажер обладает:

- высокой мобильностью и визуализацией,
- небольшими массой и габаритами;
- существенно более низкой стоимостью обучения и самого тренажера;

– возможностью расширения номенклатуры блоков НАР, а также типов летательных аппаратов, используемых для обучения и самостоятельного изготовления подобного тренажера.

Представленный мини-тренажер позволяет существенно снизить экономические затраты, уменьшить время обучения, улучшить качество и эффективность подготовки специалистов авиационного вооружения.

УДК 369.2

Д.В. Ермолик, И.В. Рожков, Р.Л. Тюпин

*Военный факультет в УО «Белорусской государственной
академии авиации»*

МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ

Подготовка современных квалифицированных кадров является важной составляющей стратегии устойчивого социально-экономического развития страны, основанного на реализации национальной инновационной политики. Развитие инновационных технологий в Вооруженных Силах требует подготовки соответствующих инновационно-ориентированных специалистов.

Для достижения высокого качества подготовки младших командиров и офицеров запаса необходима непрерывная актуализация и модернизация учебно-методического обеспечения, технического оснащения и укрепление научно-педагогического потенциала военных учебных заведений и их научных подразделений, обеспечение повышения качества подготовки и квалификации военных кадров. Важно, чтобы руководители органов военного управления, командиры и начальники различного уровня обладали высоким уровнем компетентности и профессионализма, нестандартным мышлением, проявляли творческий подход, прежде всего в области военного искусства. И самое главное – имели высокие морально-психологические качества, были патриотами, понимающими национальные интересы своего государства и готовыми их отстаивать.

Рассматривая вопросы подготовки офицерских кадров в военных учебных заведениях, исключительная роль отводится вопросам идеологической работы, в первую очередь воспитательной работы с курсантами. Социальная роль человека, защищающего свое Отечество, остается неизменной, меняется лишь содержание и характер воинского труда, который становится все более и более интеллектуальным. При этом задачей системы военного образования является подготовка не просто специалиста, а именно офицера, соединяющего в себе качества интеллектуала и

высокие нравственные качества, преданность Отечеству, честь, достоинство, готовность к самопожертвованию во имя Родины.

К определяющим тенденциям развития современного образования относится формирование информационной обучающей среды, одним из элементов которой являются электронные учебно-методические комплексы (далее – ЭУМК). Именно в ЭУМК проявляется специфика обучающей среды, основанной на компьютерных технологиях и понимания того, что технологическим продуктом являются знания, а активным носителем их – человек. Именно здесь в полной мере могут и должны быть реализованы возможности, предоставляемые современными инструментами образовательных информационных и коммуникационных технологий. По существу ЭУМК должен гарантировать обучающемуся результат по конкретному предмету обучения. Гарантии предусматривают освоение базового уровня обучения любым курсантом. Для достижения гарантированного результата необходимо реализовывать индивидуальный процесс деятельностного обучения с помощью ЭУМК при активном участии всех взаимодействующих объектов и субъектов обучения.

Одним из перспективных направлений в совершенствовании практической составляющей подготовки специалиста, рассматривается возможность применения виртуальных моделей. Создание с помощью программно-аппаратных средств позволяющих моделировать процессы и явления в различных условиях обстановки оставляя при этом право человеку не только контролировать его, но и управлять им. Преимущества использования виртуальных моделей очевидны: дешевая стоимость относительно реальных оригинал-макетов; повышение учебной мотивации учащихся; возможность моделировать не только техническую систему, с учетом конкретных ее задач, но и условия среды, в которой она будет действовать. Следовательно, применение моделирующих систем в образовательном процессе позволяет в меньшем объеме использовать реальную технику, имеющую ограниченный ресурс работы, с существенной экономией энергоресурсов.

Таким образом, внедряя новые технологические решения, актуализируя и модернизируя учебно-методическую базу и укрепляя научный потенциал профессорско-педагогического состава военных учебных заведений, совершенствуется подготовка младших офицеров и командиров запаса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О Вооруженных Силах Республики Беларусь: Закон Республики Беларусь от 3 ноября 1992 г., № 1904-XII. – Минск, 1992. – 25 с.

2. Ковалевская, Е. В. Компьютерные виртуальные реальности / Е. В. Ковалевская. – М.: Некоторые философские аспекты, 1998. – 250 с.

УДК 355.236.5

М.А. Жигалин, И.В. Чуприков,

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия г Воронеж, Россия

ПОДГОТОВКА АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛЕТНО-ТАКТИЧЕСКИХ УЧЕНИЙ

Анализ подготовки и проведения летно-тактических учений (ЛТУ) в авиационных частях, показал, что подходы к реализации мероприятий инженерно-авиационного обеспечения (ИАО) в процессе подготовки к учению остаются недостаточно эффективными.

Достижение высокой эффективности применения авиационной техники (АТ) в условиях выполнения мероприятий ЛТУ авиационных частей зависит от организации ИАО ЛТУ.

Методические рекомендации по повышению эффективности ИАО ЛТУ – методическая продукция, раскрывающая порядок, логику ИАО подготовки к ЛТУ (выполнения мероприятий ИАО), в которых акцент делается не столько на последовательность их выполнения, сколько на предложение дополнительных мероприятий, оказывающих положительное влияние на эффективность ИАО ЛТУ в целом.

Целью данных методических рекомендаций является обеспечение эффективной работы инженерно-технического состава (ИТС) на основе рационального перераспределения количества практических и теоретических занятий, проводимых с ИТС различных категорий при выполнении мероприятий ИАО непосредственной подготовки к ЛТУ.

Непосредственная подготовка ИАО ЛТУ в рамках безопасности полета рассматривается по нескольким основным направлениям: организацию и проведение дополнительных занятий с привлечением старших инженеров инженерно-авиационной службы (ИАС) авиационной части по специальностям, начальников групп обслуживания авиационных эскадрилий (аз) в рамках инженерно-технической подготовки (ИТП); постоянное совершенствование единой методики обучения личного состава ИАС при организации подготовки ИАО ЛТУ по вопросам безопасности полета; формирование единого понимания у специалистов ИАС о важности выполнения мероприятий ИАО осуществляемых в общей системе безопасности полета.

Последовательно рассмотрим каждое из предложенных направлений в процессе непосредственной подготовки ИАО ЛТУ, и определим, какое направление окажет наибольшую эффективность в совершенствовании уровня подготовки по вопросам безопасности полета.

Организация и проведение дополнительных занятий с привлечением старших инженеров ИАС по специальностям, в рамках ИТП.

Организация проведения занятий с ИТС в период непосредственной подготовки к ЛТУ – это целенаправленная деятельность командира, штаба, руководящего состава ИАС, направленная на построение процесса обучения, а также на подготовку и проведение мероприятий боевой подготовки.

Основными формами проведения ИТП в период непосредственной подготовки ИАО ЛТУ должны являться: групповые и практические занятия и тренажи на АТ.

Групповые занятия проводятся в целях повышения теоретических знаний с последующей отработкой практических навыков. На групповых занятиях изучаются новые средства эксплуатационного контроля, устройство и работа наиболее сложных систем, а также указания, бюллетени и другие документы по вопросам безопасности полетов, эксплуатации и ремонта АТ.

Практические занятия по выполнению работ на АТ направлены на практическую работу каждого обучаемого.

Тренажи проводятся в целях приобретения устойчивых навыков в выполнении определенных операций в заданное время путем неоднократного их повторения (например, тренажи летного состава в кабинах воздушных судов) [1].

Проведение вышеуказанных форм ИТП должно учитывать возможное применение авиационной части в современных условиях.

При планировании и организации обучения личного состава ИАС авиационных воинских частей, программы (тематические планы, рекомендации, индивидуальные задания и т.п.) в период непосредственной подготовки должны разрабатываться старшими инженерами части по соответствующей специальности.

Учебная база должна представлять собой технические классы и техническую библиотеку. Технические классы должны быть специализированы по учебным дисциплинам и оборудованы учебными стендами, плакатами, схемами, наглядными пособиями, макетами АТ. Оснащение классов может производиться с учетом рекомендаций по конкретному типу авиационной техники, эксплуатирующейся в части.

Специальные занятия по безопасности полета должны быть организованы для изучения особенностей систем и оборудования,

средств технического обслуживания, информационно-вычислительных систем и устройств с целью совершенствовании уровня подготовки по вопросам безопасности полета.

Кроме этого специальные занятия по безопасности полета должны включать: изучение документов, регламентирующих работу ИАС; изучение информации о надежности АТ, методам выявления, устранения отказов и неисправностей; изучение изменений конструкции современной АТ; приобретение навыков по новым видам работ.

При проведении занятий по изучению АТ должны учитываться особенности эксплуатации его в сезонных условиях (в осенне-зимнем и весенне-летнем периоде).

Комплектация учебных групп должна проводится с учетом квалификационного уровня инженерно-технического состава, а количество личного состава в группе должно обеспечивать достаточно высокий уровень усвояемости материала.

В соответствии с вышесказанным оценим эффективность основных направлений, которые при проведении ЛТУ будут влиять на боевую готовность ИТС и АТ. Выражение для обобщенного показателя боевой готовности ИТС может быть представлен в виде:

$$R(S)_{\text{ИТС}} = K_{\text{ИТС}} R_{\phi} R_n P_{\text{об}} R_{\text{СНО}} R_{\text{н}}, \quad (1)$$

где $R(S)_{\text{ИТС}}$ – показатель боеготовности ИТС с учетом воздействия факторов среды, $K_{\text{ИТС}}$ – средний по подразделению показатель укомплектованности части(соединения) ИТС, R_{ϕ} – показатель физического состояния ИТС, R_n – показатель психологического состояния ИТС, $P_{\text{об}}$ – показатель уровня квалификации ИТС, $R_{\text{СНО}}$ – показатель обеспеченности ИТС средствами наземного обслуживания, $R_{\text{н}}$ – показатель надежности СНО.

Таким образом на основании результатов для эффективного и качественного совершенствование уровня подготовки ИТС по специальным занятиям (безопасность полета) в период непосредственной подготовки возможен при грамотно определенного и четко выстроенного порядка проведения занятий и отработки учебного материала в соответствии с программами до подготовки для различных групп специалистов ИАС и осуществление контроля уровня подготовки различных групп специалистов ИАС для своевременного внесения корректив в программы обучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Крохин, З.Т. Инженерно-организационные основы обеспечения безопасности полетов в гражданской авиации / З.Т. Крохин, Ф.И. Скрипник, В.З. Шестаков. – М.: Транспорт, 1987. – 175 с.

2. Головнев, А.В. Безопасность полета: учебное пособие / А.В. Головнев, А.А. Дронов, Р.И. Ирмалиев. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – 404 с.

УДК 355.233:004

Г.Э. Иконников, Г.А. Попов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

ТЕСТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ СВЯЗИ

Процесс подготовки офицеров в настоящее время характеризуется, с одной стороны, возрастанием объема и сложности профессиональных знаний, умений и навыков, а с другой – недостаточным временем, отводимого для освоения той или иной дисциплины. Поэтому при подготовке специалистов для авиации и, в частности, для эксплуатации средств и комплексов связи и радиотехнического обеспечения (РТО) существует проблема освоения личным составом указанных средств на требуемом уровне.

В этих условиях основная задача преподавателя заключается в максимально эффективном использовании учебного времени для достижения цели занятия.

Общеизвестно, что любой предмет, учебный материал запоминается лучше, когда в процесс обучения вносится элемент творчества обучаемых. Это обстоятельство имеет немаловажное значение при изучении технических дисциплин, и в частности относящихся к эксплуатации средств связи.

Механическое запоминание характеристик устройств и систем и перерисовывание функциональных схем не может дать устойчивую базу знаний, которая сохранится у курсантов в войсках. Поэтому многократное повторение технических операций призвано не только для отработки автоматизма при обслуживании и эксплуатации техники, но и для активации интереса обучаемого к познанию предметной области.

Основными функциями диагностики усвоения материала в системе современного высшего военного образования являются осуществление контроля над формированием необходимых знаний и профессионально важных качеств, оценка особенностей развития курсантов в ходе обучения, оценка качества самого образования. При этом все большее распространение получает применение тестовых обучающих методик в процессе обучения. Для этого требуется проведение сравнений получаемых при диагностировании данных внутри обследуемой выборки, ранжирование испытуемых по степени представления тех или иных

показателей, введение критерия выделения высокого и низкого уровней развития изучаемых особенностей.

Из всех существующих методик на сегодняшний день наиболее распространенными являются обучающие тесты, позволяющие в ограниченный период времени получить характеристики особенностей развития курсанта по определенным параметрам. По форме проведения тесты могут быть индивидуальными и групповыми, устными и письменными, компьютерными и аппаратными и т.д. Каждый тип тестов имеет достоинства и недостатки. Однако компьютерные тесты принято выделять в отдельную группу, так как в последнее время этот автоматизированный вид тестирования в форме диалога испытуемого и ЭВМ получает все большее распространение.

Тестовые задания предъявляются с экрана дисплея, а ответы заносятся в память ЭВМ. При компьютерном тестировании значительно облегчается обработка данных, которые могут быть представлены в виде таблиц, графиков, рисунков. Важно подчеркнуть, что этот тип тестирования позволяет провести анализ таких данных, которые в других случаях получить невозможно. Это может быть время выполнения каждого задания текста, количество отказов и т.д. Благодаря этому преподаватель получает возможность провести углубленную диагностику индивидуальных особенностей мышления испытуемого, темповых и других характеристик его деятельности.

Конечно, тесты не раскрывают все стороны квалификации. Их целесообразно использовать в комплексе с другими способами определения уровня подготовки. И все же такие тесты могут реально оценить эффективность профессионального обучения, сравнить разные методы и учебные программы путем сопоставления достижения групп, обучающихся разным способом. Объективность, простота применения делают их пригодными для получения и контроля знаний.

Процесс обучения совершается в ходе совместной деятельности обучающего и обучаемого при ведущей роли обучающего. Так как процесс обучения подчиняется принципам управления, то уравнения состояния автоматизированного освоения (АО) системы имеют вид:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = F(y(t)), x(t); \\ z(t) = Q(y(t)), x(t), \end{cases} \quad (1)$$

где $x(t)$ – вектор прямой связи компонентов содержания образования, заданий и вопросов, тестов, воздействий обратной

связи информирующих, корректирующих; $z(t)$ – результаты выполнения заданий, тестов; $y(t)$ – переменные состояния процесса обучения, состояния здоровья и т.д.

Первое уравнение (1) является уравнением состояния системы, а второе – выходным уравнением системы АО.

Для линейных систем, уравнения (1) представим в виде:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = A(t)y(t) + B(t)x(t); \\ z(t) = C(t)y(t) + D(t)x(t), \end{cases} \quad (2)$$

где $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$, $D(t)$ – матрицы коэффициентов.

Результаты оценки эффективности применения обучающих тестов реализованы в учебном процессе ВУНЦ ВВС «ВВА».

В качестве показателей оценки выбраны следующие:

- время выполнения операции;
- количество тренировок для достижения безошибочного выполнения операции за заданное время.

Таким образом, повышение уровня подготовки военных специалистов за счет совершенствования технологий обучения, применяемых сегодня в высшей школе, и широкого внедрения в учебный процесс информационных и телекоммуникационных средств, т. е. создание в вузе специальной профессионально-ориентированной обучающей среды, способствует возникновению и развитию информационного взаимодействия между обучающимися и преподавателями на основе использования современных технологий обучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
2. Моделирование информационного воздействия на эргатический элемент в эрготехнических системах: монография / В.А. Алексеев [и др.]. – М.: Стенсвил, 2003. – 164 с.

УДК 378:374

С.Р. Каберов, В.И. Зенин, В.С. Поддевалов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Россия

ФОРМЫ И МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ У АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ МОТИВАЦИИ И УСТРАНЕНИЯ ИНДИФФЕРЕНТНОГО ОТНОШЕНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ

Одна из самых сложных проблем в педагогической системе – проблема педагогического общения. Эта статья посвящена проблеме формирования у обучающихся мотивации к результатам обучения. Правильное использование разнообразных форм и методов активизации в педагогическом процессе поможет педагогу избежать многих трудностей при общении с обучающимися.

Главные рычаги эффективного управления процессами, протекающими в педагогических системах, скрыты в мотивации.

Мотивация учения – название для процессов, форм, методов, средств побуждения обучаемых к продуктивной деятельности.

Любой преподаватель, если он хочет добиться эффективной деятельности обучающихся, должен не забывать о наличии для них стимулов учиться. Поэтому, психологическое изучение мотивации и ее формирование – это две стороны одного и того же процесса воспитания мотивационной сферы целостной личности обучающегося.

Результаты изучения становятся основой для планирования процесса формирования. Вместе с тем, в процессе формирования мотивации вскрываются новые ее резервы, поэтому подлинное изучение и диагностика осуществляются в ходе формирования. Само по себе формирование является целенаправленным, если преподаватель сравнивает полученные результаты с тем исходным уровнем, который предшествовал формированию, и с теми целями и планами, которые были намечены.

Организуя изучение и формирование мотивации, важно не допускать упрощенного их понимания. Изучение не следует рассматривать, как только регистрацию преподавателем того, что лежит на поверхности и бросается в глаза («хочет» или «не хочет» обучающийся учиться), а следует строить как проникновение преподавателя в глубинные закономерности становления обучающегося как личности и как субъекта деятельности. Формирование также неверно понимать как «перекладывание» преподавателем в голову обучающегося готовых, извне задаваемых мотивов и целей учения. На самом деле формирование мотивов учения – это создание в Вузе условий для появления внутренних побуждений (мотивов, целей, эмоций) к учению; осознания их

обучающимся и дальнейшего саморазвития им своей мотивационной сферы. Преподаватель при этом не занимает позиции хладнокровного наблюдателя за тем, как стихийно развивается и складывается мотивационная сфера обучающихся, а стимулирует ее развитие системой психологически продуманных приемов.

Главный мотив учиться – желание. Ведь когда желание учиться нет, процесс идет кое-как и прекращается, и формируется у обучающихся индифферентное отношение к учебе. Как же разбудить желание обучающегося учиться? Что может побудить современного обучающегося выполнять очень трудную и не всегда интересную работу по усвоению знаний, умений и навыков? Цель преподавателя и состоит в том, чтобы найти мотивы для активизации обучающихся к учебной работе. Активизацию можно определить как постоянно текущий процесс побуждения к энергичному, целенаправленному учению, преодолению пассивной и стереотипной деятельности, спада и застоя в умственной работе. Главная цель активизации – формирование активности обучающихся, повышение качества учебно-воспитательного процесса. Педагогическая практика использует различные пути активизации, в частности: разнообразие форм, методов, средств обучения, выбор таких их сочетаний, которые в возникших ситуациях стимулируют активность и самостоятельность обучающихся, а именно: отстаивать свое мнение; принимать участие в дискуссиях и обсуждениях; ставить вопросы своим товарищам и преподавателям; рецензировать ответы товарищей; оценивать ответы и письменные работы товарищей; заниматься обучением отстающих товарищей; объяснять более слабым обучающимся учебный материал; находить несколько вариантов возможного решения поставленной задачи (проблемы); создавать ситуации самопроверки; решать познавательные задачи путем комплексного применения, известных им способов решения; внедрение в учебный процесс нового поколения интерактивных учебных пособий и мультимедийных обучающих систем и др.

Какое разнообразие форм, методов, средств обучения, или выбор их сочетаний не применялся для стимуляции активности обучающихся, будущие авиационные специалисты должны иметь психологическую полную структуру - от понимания, и постановки обучающимися целей и задач через выполнение действий, приемов, способов и до осуществления действий самоконтроля и самооценки.

В качестве примера, рассмотрим конкретнее этапы формирования мотивации на отдельных частях учебного занятия.

1. Этап вызывания исходной мотивации. На начальном этапе занятия преподаватель может учитывать несколько видов

побуждений обучающихся, актуализировать мотивы предыдущих достижений («мы хорошо поработали по предыдущей теме»), вызывать мотивы относительной неудовлетворенности («и не освоили еще одну важную сторону этой темы»), усилить мотивы ориентации на предстоящую работу («а между тем, для вашей будущей профессиональной деятельности это будет необходимо: например, в таких-то ситуациях»), усилить произвольные мотивы удивления, любознательности.

2. Этап подкрепления и усиления возникшей мотивации. Здесь преподаватель ориентирует обучающихся на познавательные и профессиональные мотивы, вызывая интерес к нескольким способам решения задач и их сопоставление (познавательные мотивы), к разным способам взаимодействия с другими изучаемыми дисциплинами (профессиональные мотивы).

3. Этап завершения занятия. Важно, чтобы каждый обучающийся вышел из деятельности с положительным, личным опытом и чтобы в конце занятия возникала положительная установка на дальнейшее учение. Главным здесь является усиление оценочной деятельности самих обучающихся в сочетании с отметкой преподавателя.

Каждый этап занятия преподавателю следует наполнять психологическим содержанием. Так как каждый этап – это психологическая ситуация.

Чтобы построить психологически грамотную структуру учебного занятия, преподавателю важно владеть умением планировать ту часть воспитательных и умственно-развивающих задач, которая связана с мотивацией и с реальным состоянием умения учиться обучающимися. Обычно преподавателю легче планировать учебные (обучающие) задачи, труднее намечать воспитательные и развивающие задачи (нередко они сводятся к формированию умения учиться в самом общем виде), и еще реже как особые развивающие задачи преподавателем планируются этапы формирования мотивации и ее видов.

Таким образом, формировать и развивать мотивацию у будущих авиационных специалистов – значит не заложить готовые мотивы и цели в голову обучающегося, а поставить его в такие условия и ситуации развертывания активности, где бы желательные мотивы и цели складывались бы с учетом, индивидуальности, внутренних устремлений самого обучающегося.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маркова, А. К. Формирование мотивации учения / А.К. Маркова. – М.: Просвещение, 1990. – 380 с.
2. Подласый, И. П. Педагогика: учебник / И.П. Подласый. – М.: Высшее образование, 2007. – 540 с.

3. Выготский, Л. С. Педагогическая психология / Л.С. Выготский. – М., 1996. – 340 с.

УДК 355.233.1

Е.Н. Карлова, А.Ю. Григоров

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).

ВОЕННОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ЭТАПЫ ПОСТСОВЕТСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Система военного профессионального образования в Вооруженных Силах РФ (ВС РФ) представляет собой ведомственный сегмент российской системы образования и выполняет функцию «кузницы кадров» для разных видов ВС РФ и родов войск. После распада СССР социальный статус военной профессии и внутренняя социальная структура ВС РФ претерпевали трансформации, связанные с изменившейся геополитической ситуацией и возникновением новых военных угроз, становлением демократического политического режима и рыночной экономики в России. Приведение системы военного профессионального образования в соответствие с новой структурой и задачами ВС РФ, адаптации к новым социально-политическим и экономическим реалиям проходило в несколько этапов.

На первом, переходном этапе с 1992 по 1997 гг. были приняты Концепция развития системы военного образования ВС РФ (приказ МО РФ №191 от 13 апреля 1993 г.) и Положение о высших военно-учебных заведениях МО РФ (приказ МО РФ № 110 от 5 апреля 1994г.). В перспективе планировалось создание укрупненных учебно-методических и научных комплексов путем слияния военных вузов, подготовка в них военных специалистов с разным уровнем образования, в том числе техников – прапорщиков (мичманов) со средним специальным образованием, ликвидация малочисленных вузов, последовательный переход к системе непрерывного военного образования продолжение курса на демократизацию жизни вузовских коллективов в соответствии с нормами и принципами вузовского права. Большинство запланированных мероприятий не удалось воплотить в жизнь из-за высокой социально-экономической турбулентности, девальвации традиционных социальных институтов, стремительного падения престижа военной службы и других факторов.

Второй этап трансформации системы военного профессионального образования с 1998 по 2007 гг. характеризуется началом активных реформ в направлении сближения военного образования с гражданским. В это время принимаются Программа

совершенствования системы военного образования в Министерстве обороны Российской Федерации» (Приказ МО РФ от 1998 г. № 338), Федеральная программа «Реформирование системы военного образования в Российской Федерации на период до 2010 г.» (постановление Правительства РФ от 27 мая 2002 г. № 352). Поскольку сеть военно-учебных заведений была признана избыточной, в 1998-2001 гг. была проведена её оптимизация путем реорганизации и ликвидации малочисленных училищ. Подготовка курсантов в военных институтах стала осуществляться в соответствии с государственным образовательным стандартом, военные вузы получили возможность предоставления платных образовательных услуг. К положительным сторонам этого процесса можно отнести усиление роли фундаментальной подготовки курсантов и тесную интеграцию военной и гражданской высших школ. Вместе с тем, сближение стандартов подготовки военных и гражданских специалистов встретило жесткую критику профессионального военного сообщества, которое выражало недовольство изменением статусов и названий военных учебных заведений, ориентацией образовательных стандартов на подготовку инженеров без учета особенностей военной профессии, предполагающей развитие морально-психологических качеств и командно-методических навыков [1–3].

На следующем этапе реформирования *с 2008 по 2012 гг.* достаточный объем финансирования оборонной сферы и политическая решительность смогли реализовать планировавшиеся ещё в первые постсоветские годы перспективные направления развития военного образования. Согласно «Стратегическому плану совершенствования профессионального образования и подготовки военнослужащих и государственных гражданских служащих МО РФ на период до 2020 г.» реформа была призвана повысить престиж военной профессии, вернуть военному образованию роль социального лифта, повысить качество подготовки военных кадров. Реформа фактически устранила внутреннюю конкуренцию в военном образовании, сократив дублирующиеся специальности подготовки в рамках одного вида ВС РФ и усилила концентрацию военных вузов в Москве и Санкт-Петербурге: до 2008 года соотношение количества столичных и региональных военных вузов было 1 к 2, после реформы – 1 к 1.

Современный этап *с 2012 года по настоящее время* характеризуется стабилизацией системы военного профессионального образования. Некоторым направлениям предыдущего этапа реформирования был дан обратный ход: возвращена самостоятельность ряду военных вузов, приостановлено наращивание темпов подготовки военных кадров гражданскими вузами, сохраняется небольшая доля женщин среди

обучающихся в военных вузах. К основным тенденциям современного этапа развития системы военного образования относятся конкуренция за абитуриентов в условиях демографических флуктуаций [4], профессионализация прапорщиков и мичманов путем получения ими среднего профессионального образования, проработка вопроса о получении курсантами и слушателями смежных военных профессий [5], преобразование системы подготовки военных кадров в гражданских вузах, укрепление практической направленности военного образования, его глубокая интеграция с войсками, развитие учебно-материальной базы, в том числе путем создания информационно-образовательной среды и другие [6].

Обобщая обзор ключевых трансформаций системы военного профессионального образования, следует подчеркнуть его двойственную принадлежность общероссийскому образовательному пространству и военному ведомству. Находясь на пересечении военного и гражданского полей, военное образование дифференцированно адаптирует тенденции развития российской образовательной системы с учетом ведомственных потребностей и традиций. Ключевой вектор трансформаций военного образования, реализованный на современном этапе, был направлен на укрупнение, слияние научных и образовательных ресурсов, формирование системы непрерывного многоуровневого образования. В то же время, тренд демократизации курсантской жизни, гражданско-военного сближения и гендерной инклюзии, достигнув определенных успехов, в настоящее время замедлился.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Викулов, С.Ф. Реформа системы военного образования: состояние, тенденции, предложения по улучшению / С.Ф. Викулов, Е.Ю. Хрусталёв // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2012. – № 12. – С. 9-14.
2. Данильченко, С.А. Проблема приоритетов при организации военного образования в современной России / С.А. Данильченко // Национальные приоритеты России. Серия 1. Наука и военная безопасность. – 2015. – № 2. – С.137-143.
3. Шалупенко, В.В. Становление и развитие системы подготовки офицерских кадров для Вооруженных Сил России: историко-социологический аспект // Вестник Военного университета. – 2007. – № 5. – С. 66 - 72.
4. Горемыкин, В.П. Система подготовки кадров усиливает престиж военной службы / В.П. Горемыкин // Красная звезда. – 2019. – 30 августа. – С.3.
5. Курсанты и слушатели училищ и академий смогут получить вторые специальности // Независимое военное обозрение. – 2020. – 28 февраля. – С. 3.

6. Горемыкин, В.П. Военное образование: цель – на развитие / В.П. Горемыкин // Вестник военного образования. – 2017. – №1. – С. 4-12.

УДК 378.44 + 007.5

Е.Н. Карлова, В.В. Кайданюк

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).

ОГРАНИЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДГОТОВКЕ ВОЕННЫХ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Существование в режиме онлайн стало нормой повседневности человека, существенно расширяется сфера применения цифровых технологий (ЦТ) в высшем образовании. Доступность и повсеместность ЦТ способствует максимально полному использованию их возможностей для решения педагогических задач. Кроме того, интернет-пространство стало полноценной средой коммуникации, отсутствие реализации в которой означает редукцию профессионально-личностного потенциала. Вместе с тем, в последние годы растет корпус научных исследований феномена коммуникационной перегрузки и чрезмерного использования цифровых технологий как негативного последствия растущей цифровизации, необходимости критического и дифференцированного пользования цифровыми ресурсами [1].

В научной литературе последнего десятилетия набирает популярность концепция «цифрового разрыва». Цифровой разрыв первого уровня заключается в неравном доступе разных социальных групп к техническим средствам выхода в интернет. По мере преодоления этого вида социального неравенства, все чаще обсуждается цифровой разрыв второго уровня, связанный в дифференциацией моделей пользовательской активности на производительную, полезную с точки зрения экономического и культурного роста и потребительскую, не приносящую ощутимого эффекта [2]. В контексте второго цифрового разрыва обсуждается добровольная практика не-пользования интернетом [3] или виртуальный дауншифтинг, означающий что учебная деятельность современного студента вынуждает перестраивать пользовательскую структуру от развлекательной к образовательной активности [4]. По данным Всероссийского центра изучения общественного мнения, за последние три года на 8% увеличилась доля тех, кто считает, что вынужденный отказ от интернета в корне изменит их жизнь (с 5% в 2017 г. до 13% в 2020 г.). Чаще этого мнения придерживается наиболее молодая аудитория интернет-пользователей – 18–24-летние (34%). Большинство россиян согласны с утверждением, что в современном мире необходимо отдыхать от интернета,

ограничивая на время или полностью блокируя доступ к нему – данной позиции придерживаются 73% пользователей, реже – молодежь 18–24 лет (61%) и жители городов-миллионников (63%) [5].

Цифровые технологии в современных документах и научной литературе неразрывно связаны с интернет-технологиями, а феномен цифровой компетентности объединяет владение компьютерными технологиями и интернет-технологиями [6, с. 14]. Однако для военной сферы разделение ЦТ на работающие в онлайн и офлайн режиме принципиально. Внедрение ЦТ в образовательный процесс военных вузов осуществляется путем развития электронной информационно-образовательной среды, использования обучающих компьютерных программ, цифровых тренажеров, симуляторов и других технологий, преимущественно не требующих подключения к глобальному интернету [7]. С развитием социальных сетей и возможностей создания и распространения в интернете пользовательского контента возникла потребность в контроле интернет-активности военнослужащих. С марта 2019 года вступили в силу изменения в Федеральный закон «О статусе военнослужащих», запрещающие распространять информацию, позволяющую определить принадлежность военнослужащих и граждан, призванных на военные сборы, к Вооруженным Силам РФ, запрещено также использование смартфонов и других гаджетов с возможностью подключения к интернету и геолокацией на территории воинских частей.

В корпусе научных публикаций о неиспользовании говорят чаще всего как о добровольной сознательной практике. Правовой статус и особая социокультурная среда военного вуза обуславливают вынужденный отказ от использования интернета в личных целях и увеличивает социальную дистанцию между студенчеством и курсантством. Цифровые ограничения способствуют сплочению и автономизации военной корпорации, затрудняя внешнюю коммуникацию и социальную мобильность. Для курсантов военного вуза эта вынужденная социально исключившая практика может иметь те же положительные эффекты, что и для участников «лагерей цифровой детоксикации», возвращая молодых людей к доцифровым практикам аутентичной коммуникации. Радикальная смена образа жизни, в которой цифровые ограничения способствуют погружению в новую социокультурную среду, характеризуется изоляцией от гражданского общества. Ограничение интернет-активности курсантов в этом контексте можно рассматривать как меру по герметизации воспитательной среды военного вуза, в которой осуществляется направленная военно-патриотическая социализация личности.

Как показало исследование цифровой компетентности курсантов Военно-воздушной академии, обучающиеся используют интернет-ресурсы в основном в образовательных целях и оценивают потребность в компьютере и интернете для всех видов учебной и научной деятельности на 3,9 балла из 5 возможных. Однако интенсивность пользования интернетом для работы и учебы остается достаточно низкой, лишь каждый пятый пользуется интернетом для выполнения учебных заданий. Недоступность цифровых устройств большую часть времени делает их использование курсантами осознанным и рациональным. Лишь каждый десятый курсант отмечает, что цифровые устройства нужны в основном для развлечений, что они мешают, отвлекают от важных дел.

Таким образом, присутствует амбивалентное отношение к вынужденному лишению доступа к цифровым технологиям. С одной стороны, у курсантов есть ощущение упущенных возможностей и лишения преимуществ цифровизации как в общении, так и в приобретении полезных цифровых навыков для гражданской жизни. С другой стороны, вынужденное непользование положительно влияет на формирование профессионально важных командно-методических навыков и умения выстраивать коммуникацию лицом к лицу без посредства цифровых устройств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Simone, Natale, Emiliano Treré Vinyl won't save us: reframing disconnection as engagement / Natale Simone // *Media, Culture & Society*. – 2020. – vol. 42, 4. – P. 626-633.
2. Alexander JAM van Deursen. The first-level digital divide shifts from inequalities in physical access to inequalities in material access / Alexander JAM van Deursen, Jan AGM van Dijk // *New Media & Society*. – 2018. – vol. 21, 2. – P. 354-375.
3. Отказ и ограничение использования интернета в среде российских IT-специалистов / А. Кунцман, Е. Богданова, Э. Пономарева, А. Щетвина // *Социология власти*. – 2018. – № 30 (3). – С. 144-164.
4. Виртуальный дауншифтинг в социальных сетях (в молодежном сообществе города Кирова) / А.С. Москвин, Н.Н. Полуян, И.А. Кушкова, Ю.И. Колобова // *Медиаобразование*. – 2017. – №4. – С. 115-125.
5. Цифровой детокс: зачем, как и почему? Информационный выпуск ВЦИОМ №4161, 4 февраля 2020г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=10149>.
6. Цифровая компетентность подростков и родителей. Результаты всероссийского исследования / Г.У. Солдатова, Т.А. Нестик, Е.И. Рассказова, Е.Ю. Зотова. – М.: Фонд Развития Интернет, 2013. –144 с.
7. Раецкая, О.В. Информационная среда современного военного вуза [Электронный ресурс] / О.В. Раецкая // *Мир науки*. – 2017. –Том 5, № 5. – Режим доступа: <https://mir-nauki.com/PDF/67PDMN517.pdf>.

УДК 378.013.43

Л.А.Колосова, Р.В.Беляев, В.Н.Машин, А.Н. Мачульский

*Военный учебно-научный центр ВВС Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), ГБПОУ ВО «ВГПК»*

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ ПОЛИКУЛЬТУРНОЙ ЦИФРОВОЙ ПЕДАГОГИКИ

В настоящее время широкое развитие в науке и практике получила поликультурная педагогика. Это связано с возникшими политическими событиями в мировом пространстве. Сегодня повсеместно наблюдается миграция населения, туристические связи, обучение за рубежом, что востребовало новое общение, симбиоз традиций и культур, поэтому появилась необходимость широкого внедрения педагогики как поликультурной. В связи с этим особое внимание ей уделяется в средней и высшей школе с широким использованием цифровых педагогических технологий.

Для более глубокого научного понимания охарактеризуем понятия «поликультурная цифровая педагогика» и «цифровые педагогические технологии».

Сущностную основу поликультурной цифровой педагогики составляют педагогические знания и технологии, разработанные учеными разных стран, интеграция которых способствует созданию новых образовательно-развивающих систем и моделей, прогнозирующих диалектическую перспективу.

Неадекватное представление педагогики как поликультурной востребовало нестандартный подход к внедрению ее теории и практики. В решение данной проблемы большой вклад внесла реализация педагогических цифровых технологий. Это повлияло на активизацию и многоплановое внедрение поликультурной педагогики.

«Поликультурная цифровая педагогика» появилась сравнительно недавно. Так, в настоящее время в научной литературе широко обоснованно выражение «digital pedagogy» («цифровая педагогика»). Основные направления поликультурной цифровой педагогики выделяются в наборе педагогических приемов, методов, форм, технологий, позволяющих эффективно использовать цифровые ресурсы.

«Цифровой педагог» (в отечественной практике используется также термин «профессор-онлайн» – участник проекта Фонда Потанина) обладает определенной свободой в выборе учебного материала. Он может выложить тексты лекций и учебных заданий на определенный сайт, дать гиперссылки на различные учебные ресурсы и словари, подобрать иллюстративный материал и медиа-

ряд, может консультировать студентов по электронной почте или с помощью программы Skype, охватывая множества культур. В определенных ситуациях цифровой педагог выполняет функции тьютора, составляя индивидуальный учебный план и индивидуальную траекторию поликультурного обучения для онлайн-студента. Здесь мы наблюдаем закономерность диалектической взаимосвязи при реализации основ поликультурной педагогики с помощью педагогических цифровых технологий. Чем основательнее и доступнее освещен теоретический материал с поэтапным использованием цифровых технологий, тем он лучше воспринимается учащимися и тем выше уровень восприятия основ поликультурной педагогики, чем шире использования педагогические цифровых технологий, тем больше возможности продемонстрировать практическую значимость этой науки в жизни. Возможности цифровых технологий безграничны.

В вузах с помощью цифровых педагогических технологий обучающиеся могут соприкасаться с научными источниками библиотек всего мира. В связи с этим использовать знания и опыт педагогической деятельности, как поликультурного, многопланового, интернационального положительного примера и наследия многих стран.

Цифровые педагогические технологии составили основу в организации всего учебно-воспитательного процесса. Здесь реализуются фундаментальные положения поликультурной педагогики: принципы и правила, методы и формы. Поликультурная педагогика изучается с помощью лекций и семинаров; практических занятий и коллоквиумов, и другой учебной, и научно-исследовательской деятельности.

Огромную помощь оказывают цифровые педагогические технологии при самостоятельном изучении поликультурной педагогики или того или другого учебного предмета. Важную роль цифровые педагогические технологии играют при проведении научно-исследовательской деятельности по поликультурной педагогики (разработки плана составления содержания, разработки форм и методов, подведения результатов). Творческое использование цифровых педагогических технологий представляется в выполнении функции указки, направляющей мышление обучающихся, а порой авторучки, фиксирующей любую информацию. С помощью цифровых педагогических технологий обучающие могут принимать и отражать сущность процесса, явления, деятельности. Велика роль цифровых педагогических технологий в оценивании знаний и учете посещаемости, можно отметить еще ряд возможностей.

Таким образом, с помощью цифровых педагогических технологий создаются условия для обучающихся, к развитию

интереса к поликультурной педагогике, любознательности к науке, развитии многопланового, поликультурного кругозора.

Вполне очевидно, что новые технологии вносят существенные коррективы в традиционную систему обучения, и образования в средней школе. Использование электронных образовательных ресурсов и цифровых технологий в государственных образовательных стандартах нового поколения становится обязательным требованием к содержательному наполнению учебного курса.

Следует особенно подчеркнуть, что цифровые педагогические технологии составляют важные пути реализации теории и практики поликультурной педагогики в старших педагогических классах. Поликультурная педагогика изучается на уроках и семинарских занятиях, конференциях и заочных путешествиях и т. д. Подведение итогов осуществляется в форме защиты культуры, педагогического наследия, традиции, обычаи определенной страны. Когда учащиеся с помощью цифровой педагогической технологии демонстрируют какое-либо государство его географическое положение, флору и фауну, города и села, население культуру быта, стиль взаимоотношений, выдающих ученых и практиков.

В школе с помощью цифровых педагогических технологий обучающиеся могут соприкоснуться с научным материалом самых различных библиотек всего мира, использовать знания и опыт педагогической деятельности как поликультурного, многопланового, интернационального положительного примера многих стран. В школе при обучении поликультурной педагогики нашли широкое внедрение принципы и правила, методы и формы и т.д. Издавна используются электронные дневники, интерактивные доски и другие электронные средства обучения.

Очевидно, что новые технологии меняют и традиционную систему обучения, и образовательную среду в целом. Они также предъявляют новые требования как к профессиональным компетенциям, так и к личности педагога. В государственных образовательных стандартах нового поколения использование электронных образовательных требованиям к ресурсам и педагогическим наполнениям учебного курса.

Следовательно, цифровые педагогические технологии должны занять определенную нишу в образовательном процессе, но не подменять собой традиционные формы обучения. Только разумное сочетание цифровой и традиционной педагогики даст ответ на вызовы времени в образовательной сфере.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шпитцер, М. Антимозг: цифровые технологии и мозг / М. Шпитцер. – М.: АСТ, 2012. – 276 с.

СТИМУЛИРОВАНИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КУРСАНТОВ НА ЗАНЯТИЯХ

Качество проведения учебных занятий в основном определяется способностью преподавателя грамотно и доступно изложить курсанту содержание сложного учебного материала. На занятиях, проводимых на авиационном факультете, преподавателю требуется особое мастерство и терпение, чтобы донести до курсанта смысл сложнейших физических процессов, происходящих в двигателе самолета, в бортовых радиоэлектронных и навигационных комплексах, а также в системах авиационного вооружения. Сегодня эта задача особенно актуальна в силу снижения общеобразовательного уровня абитуриентов, поступающих в академию. Поэтому роль преподавателя сегодня сводится к тому, чтобы научить не только хорошо успевающих курсантов, но и слабоуспевающих.

Сложность авиационно-инженерных дисциплин постоянно заставляет преподавателей задумываться над тем, как активизировать курсантов на занятиях и вызвать у них интерес к изучаемому материалу. В связи с этим преподавателями постоянно ведутся поиски новых эффективных методов обучения и таких методических приемов, которые активизировали бы мышление курсантов, их познавательную активность, стимулировали бы их к самостоятельному приобретению знаний.

Известно, что человек воспринимает информацию из окружающего мира с помощью своих органов чувств и чем ярче и разнообразнее будет представление учебной информации, тем эффективнее будет процесс усвоения этой информации.

В настоящее время, время прихода в образование новых компьютерных технологий, у преподавателей возникает настоящая потребность в использовании мультимедийных средств, в том числе и в создании электронных презентаций для использования их на аудиторных занятиях. Их использование позволяет преподавателю привнести эффект наглядности даже в лекционное занятие и помогает курсанту усвоить материал быстрее и в полном объеме.

Одним из распространенных видов представления учебной информации на занятиях является компьютерная презентация. Она позволяет создать последовательность слайдов, содержащих текст, рисунки, анимацию, видео и звук. Использование на занятии такой презентации облегчает труд преподавателя, а также систематизирует и сохраняет наглядный материал, необходимый

для конкретного занятия. Конечно, компьютерная презентация не может целиком заменить собой работу преподавателя с классной доской, но она значительно упростит работу по предоставлению наглядности и привлекательности учебной информации.

У каждого преподавателя есть свои наработки по созданию мультимедийных слайдов, которые насыщены различными графическими материалами (рисунками, диаграммами, схемами, графиками и т.д.). Но они, как правило, представляют информацию в статике, то есть не являются анимационными. Программа Power Point позволяет осуществить анимацию отдельных элементов этих графических материалов, предварительно сгруппировав их определенным образом и задав им определенный характер движения и выделения. Движение отдельных элементов рисунка на слайде способно привлечь внимание курсанта, и заставить его думать над смыслом изучаемого вопроса. Это позволит повысить интерес курсантов к процессу обучения и повысить качество усвоения ими нового учебного материала.

По учебной дисциплине «Авиационное артиллерийское вооружение», проводимой на кафедре авиационной техники и вооружения, разработаны мультимедийные презентации с использованием анимации отдельных деталей и механизмов авиационного артиллерийского оружия, а также различных векторных и фазовых диаграмм. Данные анимационные презентации позволяют отображать информацию не только о выделении и движении деталей механизмов, но и о действии различных сил при взаимодействии деталей. Особенно актуально использование такой формы представления информации на лекциях при изучении темы «Анализ движения оружия на амортизаторе силы отдачи» [1]. Сложность понимания физических процессов по данной теме обусловлена сложным движением корпуса оружия на амортизаторе, в котором одновременно совершают сложные движения различные детали и механизмы. Наглядность представления информации позволяет курсантам быстрее и правильнее понять сущность изучаемых вопросов.

Таким образом, использование в учебном процессе мультимедийных презентаций с элементами анимации различных деталей, механизмов, векторных схем и фазовых диаграмм позволяет:

- облегчить понимание курсантами сущности физических явлений и процессов, происходящих в технических устройствах;
- стимулировать познавательную деятельность курсантов, вызывая интерес к изучаемым вопросам;
- мотивировать курсантов к научной деятельности;
- создавать условия преподавателю для использования новых методических приемов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конопелько, О.А. . Авиационное артиллерийское вооружение: учебное пособие / О.А. Конопелько, А.И. Антонов. – Минск, ВАРБ, 2015. - 120 с.

УДК 378.14.015.62

Е.Л.Кохановский, А.А.Кулинка

Белорусская государственная академия авиации

ПРОБЛЕМА МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ К ОБУЧЕНИЮ НА ВОЕННЫХ ФАКУЛЬТЕТАХ (КАФЕДРАХ)

В вопросах стратегического сдерживания, несомненно, важнейшая роль отводится качественной подготовке резервного младшего командного состава, который будет способен решать боевые задачи в условиях динамично меняющейся обстановки. Такую задачу решают военные факультеты и кафедры в гражданских вузах РБ.

Ежегодно на военные факультеты и кафедры вузов Республики Беларусь приходят молодые люди с целью прохождения военной подготовки по программам младших командиров и офицеров запаса. Однако следует отметить, мотивы большинства студентов заключаются в стремлении избежать в дальнейшем призыва на военную службу. Можно предположить, что причинами данного явления могут служить низкий уровень гражданской ответственности с одной стороны и отсутствие мотивации к обучению военному делу с другой стороны, так как выбор военной специальности уже изначально не является результатом личного выбора.

Поэтому приходится констатировать, что важнейшей предпосылкой готовности студентов к выполнению профессиональной деятельности в военной области является формирование устойчивой системы мотивов и мотивационной сферы в целом. Поэтому актуальность вопроса мотивационного сопровождения студентов на всех этапах их обучения на военной подготовке сложно переоценить.

Мотивации и мотивам посвящено большое количество монографий, как отечественных (В.Г. Асеев, В.К. Виллонас, В.И. Ковалев, А.Н. Леонтьев, М.Ш. Магомед-Эминов, В.С. Мерлин, П.В. Симонов, Д.Н. Узнадзе, А.А. Файзуллаев, П.М. Якобсон), так и зарубежных авторов (Дж. Атkinson, Г. Холл, К. Мадсен, А. Маслоу, Х. Хекхаузен и др.) [1, 2].

Попытка поиска единственной детерминанты при определении мотива – это тупиковый путь, поскольку поведение как системное образование, обусловлено системой детерминант, в том числе и на уровне мотивации.

Следовательно, мотив личности – это и потребность, и цель, и намерение, и побуждение, и свойство личности, детерминирующие поведение человека [3].

С целью повышения качества образовательного процесса и уточнения представлений о содержательной специфике мотивации к учебной деятельности, на занятиях по военной подготовке, предлагается рассмотреть возможность применения диагностических программ, которые помогут изучить преподавателю особенности мотивации студентов, понять их индивидуальную жизненную активность.

Цели применения диагностических программ, как говорилось выше, будут стоять в изучении особенностей мотивации студентов к изучению военных дисциплин, попробуем определить важнейшие задачи данного исследования.

Важнейшими задачами будут являться:

- 1) установление связей между ценностными ориентациями студента и мотивацией к учебной деятельности;
- 2) установление связей личной направленности и мотивацией к учебной деятельности;
- 3) установление связей профессиональной направленности и мотивацией к учебной деятельности.

Подводя итог вышесказанному хочется резюмировать, что для повышения мотивационной составляющей у студентов, необходим комплексный, системный подход. Преподаватель должен понимать и использовать механизмы мотивации, постоянно повышать интерес обучающихся в учебе, рассматривать ее результаты, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективах. Всячески помогать студентам в определении жизненных приоритетов, выделять главные цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Афанасенкова, Е.Л. Мотивы учения и их изменение в процессе обучения студентов ВУЗа: автореф. дис.... канд. психол.наук: спец. 19.00.07 / Е.Л. Афанасенкова. – М., 2005. – 23 с.
2. Ильин, Е.П. Мотивация и мотивы / Е.П. Ильин. - СПб.: Питер, 2000. – 512 с.
3. Чирков, В.И. Самодетерминация и внутренняя мотивация поведения человека [Электронный ресурс] / В.И. Чирков // Вопросы психологии. – 1996. – № 3. – Режим доступа: http://www.voppsy.ru/journals_all /issues/1996/963/963116.htm.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА АВИАЦИОННЫХ ТЕХНИКОВ

Подготовка авиационного специалиста, отвечающего требованиям современного общества, способного к профессиональному росту и адаптированного к жизни и работе в рыночных условиях, является многогранной задачей, напрямую связанной с качеством образовательного процесса.

В настоящее время очевидна проблема недостаточной интеграции теоретической и практической подготовки, образовательной и научной деятельности на различных уровнях непрерывного авиационного образования. Предпосылками возникновения проблемы, по мнению авторов, являются:

- рост парка современных воздушных судов;
- качество подготовки кадров различных сегментов гражданской авиации;
- состояние учебной базы.

Актуальность обозначенной проблемы обусловлена появлением современных направлений производства, например, таких как: сложные технологические процессы с микропроцессорным и программным управлением; системы автоматизированного проектирования, производства и управления; сертификация и управление качеством; маркетинг и менеджмент; функционально-стоимостной анализ, а также продолжающейся технической модернизацией гражданской авиации Республики Беларусь.

Любому специалисту, очевидно, что эксплуатация современного воздушного судна требует соответствующей инфраструктуры и кадрового потенциала. В таких условиях, как никогда становится актуальной проблема обеспечения необходимого уровня профессиональной подготовки авиационных специалистов в условиях ограниченного ресурсного обеспечения.

В качестве преодоления проблемы разрыва теоретической и практической подготовки на уровне среднего специального авиационного образования, при наличии объективных ограничений на оснащение современными образцами авиационной техники, могут быть предложены следующие шаги.

Широкое использование современных компьютерных технологий. Стремительное развитие технологий виртуальной и дополненной реальности открыло перспективы для совершенствования технических средств обучения, особенно тренажеров и стендов. Они позволяют с помощью трехмерной

графики и анимации изучать устройство, конструкцию основных систем воздушного судна, отрабатывать навыки диагностирования и поиска неисправностей, а также закреплять теоретические знания конструкции систем самолета. Таким образом, при помощи применения инновационных комплексных учебно-тренировочных систем нового поколения, можно решить проблемы повышения эффективности и оценки качества профессиональной подготовки авиационных специалистов.

Применение модульного (блочного) принципа при изучении цикла специальных дисциплин и дисциплин специализаций. При таком подходе теоретические блоки дисциплин рассматриваются на занятиях в стенах академии, а практические блоки отрабатываются на авиационных предприятиях с привлечением к проведению занятий специалистов этих предприятий. Такая практика позволит частично решить проблему разрыва теоретической и практической подготовки авиационных техников.

Внедрение программы «Приглашенный специалист» в рамках изучения дисциплин, касающихся эксплуатации конкретной авиационной техники. Участие в образовательном процессе высококвалифицированных сотрудников авиационной отрасли, имеющих опыт работы с современной техникой и оборудованием, принесет неоценимую пользу в плане изучения реальных ситуаций, возникающих при технической эксплуатации, обслуживании ремонте современной авиатехники.

Рассмотренные проблемы имеются практически на каждом уровне системы подготовки авиационных специалистов, и их решение – это важнейшая задача современности. Качество авиационного образования - вопрос, влияющий не только на интеллектуальный потенциал молодых специалистов, но и на будущее страны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проблемы подготовки специалистов для гражданской авиации и повышения эффективности работы воздушного транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aviaport.ru/events/specialga2010/>. – Дата доступа: 06.10.2020.
2. Техническое обслуживание и ремонт воздушного судна, поддержание летной годности, подготовка воздушного судна к полету, оперативное ТО ВС, наземное обслуживание воздушного судна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pilotprof.ru/index.php/knowledge-base/maintenance>. – Дата доступа: 06.10.2020.
3. Чекрыжев, Н.В. Основы технического обслуживания воздушных судов: учеб. пособие / Н.В. Чекрыжев. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 84 с.

4. Григорович А.П., Беляев Д.А. Возможности виртуального обучения на уровне среднего специального авиационного образования / А.П. Григорович, Д.А. Беляев // Авиация: история, современность, перспективы развития: тезисы докл. IV Международной научно-практической конференции. – Минск: БГАА, 2019. – С.25-28.

УДК 004.94

И.К. Макаров А.Д.Куртасов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПОДВЕСНОГО ТОПЛИВНОГО БАКА ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ВЕРТОЛЕТА МИ-8МТВ-5

В последнее время наблюдается тенденция на увеличение количества курсантов, обучающихся в военных заведениях. Обучение с помощью чертежей, 2-х мерных моделей и натурных объектов представленных в виде разрезных макетов становится менее эффективно. Не всегда имеется возможность обеспечить учебно-материальную базу натурными объектами, а 2-х мерные модели не обладают качественной наглядностью и информативностью. Так же стоит отметить, что долговечность схем и чертежей, представленных на бумажных носителях, относительно не велико.

В качестве альтернативы могут быть использованы 3-х мерные модели, обладающие рядом преимуществ: - возможность создания анимированных видеоматериалов, отображающих принцип функционирования агрегатов; - организация интерактивности, которая предоставляет возможность манипулирования объектом в «режиме реального времени»; - возможность устранить пробелы в обеспечении учебно-материальной базы натурными объектами.

Для создания 3-х мерных моделей применяются такие программные комплексы как: SolidWorks, Компас-3D, 3D'S Max и другие. Приготовительной программ SolidWorks и Компас-3D является создание твердотельных объектов, использующихся для инженерного расчета. Программа 3D'S Max, направлена на качественную визуализацию объекта и создание анимации.

Актуальной задачей является создание высоко детализированного внешнего вида 3-х мерной модели изучаемых авиационных объектов, поэтому из ряда программ 3-х мерного моделирования выбран продукт 3D'S Max.

В работе представлен опыт применения программы 3D'S Max для создания 3-х мерных моделей топливной системы вертолета Ми-8МТВ-5

Методика создания моделей изложена на примере подвесных топливных баков топливной системы вертолета Ми-8МТВ-5.

На первом этапе осуществляется размещение чертежа с изображением подвесного топливного бака в рабочем окне программы с дальнейшей обрисовкой его контуров средствами 2-х мерного моделирования. Следует отметить, что при обрисовке чертежа по контуру корпуса, необходимо создавать как можно меньше точек (вертексов).

Второй этап моделирования включает в себя процесс преобразования 2-х мерного сплайна в 3-х мерную модель путем применения модификатора «Вращение» к нарисованному сплайну.

На третьем этапе создаются 3-х мерные объекты, располагающиеся на корпусе подвесного топливного бака (сливной кран, крышка заливной горловины). Заливная горловина создаётся с помощью применения стандартных 3-х мерных объектов, такие как цилиндр и труба.

На пятом этапе все созданные объекты объединяются в одну целую 3-х мерную модель агрегата. Для этого необходимо расположить все созданные объекты относительно друг друга так, чтобы их расположение было схоже с реальным агрегатом. Далее выделяются все объекты, открывается вкладка «Group» и создается группа.

Таким образом, разработана методика создания 3х мерных моделей агрегатов и деталей ЛА, позволяющая сформировать более целостное представление обучающихся о конструкции летательного аппарата и, безусловно, повышает качество подготовки авиационных специалистов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сатиренко, А.С. Самоучитель 3D'S Max 2009/3D's Max Design 2009 / А.С. Сатиренко. – М.:ДМК Пресс, 2008. – 320 с.
2. Техническое описание вертолета Ми-8. – М., 1992. – 560 с.

УДК 476.623

М.Н. Мануйлов, Р.А. Горбач, П.А. Аксютин

Белорусская государственная академия авиации

КУРС СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

В последнее время обозначилась тенденция перехода от создания отдельных авиационных тренажеров, построенных по

принципу «упрощенной» имитации, к созданию комплексных компьютеризованных систем подготовки специалистов – систем, в которых комплексный авиационный тренажер является только звеном, правда, важнейшим. Поэтому для теоретической подготовки разрабатываются автоматизированные учебные курсы и обучающие программы, реализуемые на персональных компьютерах (ПК), создаются компьютерные классы теоретического и первоначального практического обучения с локальными сетями ПК, экранами коллективного пользования. В практической подготовке летных экипажей комплексную систему составляют процедурные, специализированные, комплексные, групповые и бортовые авиационные тренажеры.

Однако высокоэффективная комплексная компьютеризация профессиональной подготовки требует огромных затрат интеллектуального труда. Поэтому все большее признание получает модульное построение технических средств обучения (ТСО), то есть построение всей гаммы ТСО на основе унифицированных алгоритмических, программных и аппаратных модулей. Комплексные авиационные тренажеры и другие ТСО с централизованными вычислительными системами на базе мини – ЭВМ и больших ЭВМ уступают место ТСО с микро-ЭВМ и локальными сетями микро-ЭВМ. Микро-ЭВМ, микропроцессоры, однокристальные ЭВМ являются аппаратными модулями ТСО модульной архитектуры.

Модульное построение обеспечивает возможность относительно легкой модернизации авиационных тренажеров и наращивания их имитационных возможностей, сокращение сроков разработки, повышение надежности, снижение затрат на техническую эксплуатацию авиационных тренажеров, резкое уменьшение потребной площади для размещения, снижение стоимости авиационных тренажеров.

Другой тенденцией тренажеростроения и тренажерной подготовки является расширение баз данных, оперативное информационное обеспечение, использование системного подхода и современного аппарата синтеза, позволяющее по выбранному критерию формировать облик создаваемых тренажеров и систем.

Реализация этих концепций позволит создать новое поколение высокоэффективных ТСО. Однако необходимым условием для этого является существенное развитие теоретических основ авиационных тренажеров и систем компьютеризации профессиональной подготовки вообще.

При решении этих проблем «тотальные» комплексные системы позволяют не только осуществлять непосредственную подготовку летных экипажей и наземных авиационных специалистов, но и исследовать эффективность самих имитируемых

систем в различных виртуально создаваемых боевых условиях, что ранее было невозможно. В таких условиях появляется возможность, используя новую тренажерную технику, уточнить, а в некоторых случаях и внести корректировки в существующие правила боевого применения систем. Однако это потребует проведения дополнительных исследований с учетом всего факторного пространства вариантов боевого применения систем против современного воздушного противника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиационные технологии «Динамика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dinamika-avia.ru/mcenter/publication/detail.php?id=1810>.

УДК [369.022.2:355]:159.972

И.А. Мачульская, А.Н. Мачульский, А.Я. Филимонов

*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*

ВЛИЯНИЕ ВОЕННОГО РУКОВОДИТЕЛЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВОИНСКОГО КОЛЛЕКТИВА В ВОЕННЫХ ВУЗАХ И УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ МЕЖЛИЧНОСТНЫХ ОТНОШЕНИЙ КУРСАНТОВ.

Исторические факты развития Вооруженных Сил РФ, доказывают мощь и значение сплоченного воинского коллектива, как стимула военно-трудового и военно-профессионального потенциала активности и патриотической сплоченности.

Практика прошлых лет, показывает то, что совместная коллективная деятельность военнослужащих, приносит успех в решении поставленных задач, повышает боеспособность и боеготовность войск, как в мирное, так и в военное время, раскрывает такие качества, как открытость, доверие, дружелюбие и взаимная поддержка при общении со своими сослуживцами, воспитывает у них высокие морально-психологические качества. Поэтому важно и сегодня удержать такую концепцию развития Российской Армии.

В связи с этим, современная военно-образовательная и воспитательная система должна строиться на умелом, тонком и грамотном управлении со стороны военных руководителей, способных создать сплоченный воинский коллектив, выстроить межличностные отношения свои и подчиненных на основе взаимопомощи и сотрудничестве, которые выступили бы противовесом конфликтам на межличностном уровне, и конфронтации при нечетком распределении служебных обязанностей.

В настоящее время, военный руководитель, обладающий навыками благоприятного влияния на коллектив и способностями к профессиональному управлению личным составом на всех уровнях, вызывает большой интерес, как деятель, гарантирующий успех любой военной организации, как воспитатель достойной смены квалифицированных военных кадров.

Проанализировав мнение ряда ученых, исследующих проблему межличностных отношений в воинских коллективах, мы согласились с утверждением что:

«Всё зависит от интеллектуального капитала, в частности, от квалификации руководителей, уровня их компетентности, умения предвидеть и оценивать педагогическую ситуацию, вовремя принимать необходимые решения и обеспечивать их практическую реализацию, умело руководить кадрами» [1].

Влияние военного руководителя на формирование воинского коллектива можно оказывать только тогда, когда определены основные направления его развития, которые отображены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Основные направления развития воинского коллектива

Так как эффективность военно-учебного и военно-служебного процесса, зависит от создания положительного морально-психологического климата и межличностного взаимодействия, можно заключить, что в любой военной организации формирование воинского коллектива целиком зависит от устойчивого настроения всего личного состава, на базе постоянного взаимодействия и межличностного общения курсантов и военных руководителей, способствующих внести в многообразие учебно-служебной деятельности правильно-верные групповые мнения и суждения [2].

Для определения уровня влияния военного руководителя на формирование воинского коллектива необходимо сформулировать

его функции как руководителя и определенно-присущие ему черты его личности.

По мнению психологов, чаще всего выделяют черты, перечисленные на рисунке 2.



Рисунок 2 – Черты личности военного руководителя

К ним ещё добавляют так называемый «фактор вертолёта», т.е. способность подниматься над деталями и воспринимать ситуацию в целом, в связи с окружающей обстановкой [3].

Имея все эти качества и зная структуру особенностей и проявлений в коллективе успешной моральной атмосферы, становится возможным повлиять на формирование воинского коллектива и устойчиво-положительный психологический климат путем:

- систематической ориентации курсантов на последовательное повышение уровня учебно- образовательной готовности и качества военно-государственной подготовки, организованности и воинской дисциплины;
- постоянной воспитательной работы с коллективом и непосредственно с каждым курсантом индивидуально по вопросам осознания и внутреннего признания всеми членами воинского коллектива их учебных целей и военно-общественных задач;
- обеспечения в коллективе гармонии коллективных и личностных интересов;
- непрерывного расширения и углубления коммуникативных связей между различными факультетными подразделениями, входящие в состав военного вуза;
- повышения зрелости воинского коллектива, в зависимости от соотношения в нем сложившихся положительных и негативных взаимовлияний;
- укрепления сплоченности воинского коллектива, в зависимости от воспитания и самовоспитания у курсантов уровня их сознания и степень их ответственности за совершенные поступки и морально-психологическое состояние.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что учебно-воспитательная деятельность военного руководителя будет продуктивной тогда, когда его влияние на формирование воинского коллектива, морально-здорового климата в нем и на развитие межличностных отношений будет осуществляться в интересах, как

отдельного военнослужащего, так и всего личного состава, а значит и в интересах всего военного сообщества.

Следовательно, военный руководитель должен обладать психолого-педагогическими и лингвистическими навыками, так как, только зная характер и структуру личности подчиненных и сослуживцев, можно с успехом оказывать влияние на них.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Швальбе, Б. Личность, карьера, успех / Б. Швальбе, Х. Швальбе. – М., 1993. – 560 с.
2. Мачульская, И.А. Влияние межличностных отношений на морально-психологический климат в воинских коллективах в диаде руководитель-подчиненный/ И.А. Мачульская // Территория науки. – 2015. – № 3. – С.29-33.
3. Зигерт, В. Военный руководитель без конфликтов / В. Зигерт, Л. Ланг. – М.: Экономика, 1990. – 280 с.

УДК 378.147.88

Р.В. Медведев, А.Д. Сорокин

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В ВОЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

В рамках системы высшего военного образования в качестве перспективного направления его обновления, подготовки специалистов, отвечающих современным требованиям, выбран компетентностный подход.

Компетентностный подход акцентирует внимание на результатах подготовки к военно-профессиональной деятельности. При этом под результатом понимается не усвоенная информация, а способность военного специалиста действовать в различных ситуациях военного и мирного времени, адекватно используя полученные военно-профессиональные знания и умения. Он усиливает практическую направленность образования в вузе, подчеркивает необходимость приобретения опыта профессиональной деятельности, умений использовать теоретические знания на практике. В образовательном процессе, построенном на основе компетентностного подхода, устанавливается зависимость между знаниями и умениями, подчиненность приобретаемых знаний военно-профессиональным умениям. Курсанты начинают осознавать, что качественное образование приобретается в процессе активной познавательной самостоятельной и исследовательской деятельности самого курсанта.

Усиление самостоятельности влечет за собой большую ответственность за результаты собственной деятельности, повышают их позитивную мотивацию.

Таким образом, результатом компетентностно-ориентированного обучения является освоение курсантом опыта выявления проблемы, приобретения навыков её решения, проектирования, сотрудничества, применения известных и создание новых технологий получения продукта собственной познавательной и исследовательской деятельности, оценивание его качества и возможности применения.

УДК 378:004

М.В. Мищенко, А.А. Чередов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИМИТАТОР СРЕДСТВА ЗАПРАВКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ СЖАТЫМИ ГАЗАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Применение имитаторов технических систем, предназначенных для получения практических навыков эксплуатации опасной и дорогостоящей техники, является очень перспективным направлением совершенствования технических средств обучения, в виду того, что допускает создание учебных ситуаций, которые недостижимы при эксплуатации реального оборудования [1]. Компьютерные имитаторы технических систем уже используются в составе тренажерных систем, предназначенных для отработки практических навыков управления автомобильным, воздушным, железнодорожным, морским, и другими видами транспорта. Тренажеры применяются и при обучении аппаратчиков технологического оборудования химических производств и энергетических установок, когда в случае возникновения нештатных или аварийных ситуаций от управляющего персонала требуются быстрые, но взвешенные решения и действия, а цена ошибки бывает очень высока. Задача разработки компьютерных имитаторов средств заправки воздушных судов сжатыми газами в этих условиях является достаточно актуальной.

Обучение приемам использования по назначению средств заправки воздушных судов сжатыми газами, заключающееся в получении обучаемыми навыков управления специальным оборудованием средств в процессе их применения, связано расходом дорогостоящих продуктов криогенного разделения атмосферного воздуха, горючего и смазочных материалов, затратами электрической энергии и моторесурсов. В связи с этим,

получение навыков практической работы обучаемыми при проведении практических занятий на технике, как правило, ограничено располагаемым количеством ресурсов (топливо, часы наработки специального оборудования), спланированных на данный вид занятий. В итоге, при проведении практических занятий, включающих учебные вопросы, связанные с использованием средств заправки воздушных судов сжатыми газами по назначению, как правило, ограничиваются демонстрацией приемов работы, а практические навыки по ведению технологического процесса получают только несколько обучаемых. Цели изучения дисциплин, связанных с эксплуатацией средств заправки воздушных судов сжатыми газами, окончательно достигаются только в ходе прохождения практик. Для повышения эффективности процесса обучения разрабатываются и тестируются компьютерные имитаторы средств заправки воздушных судов сжатыми газами, созданные на основе математического моделирования тепломассообменных процессов. Компьютерные имитаторы технических систем могут получить свое окончательное развитие в составе учебных тренажеров.

Компьютерный имитатор средства заправки воздушных судов сжатыми газами представляет собой математическую модель, реализованную в виде алгоритма программы. Таким образом, задача создания учебного имитатора средства заправки воздушных судов сжатыми газами, главным образом, сводится математическому моделированию процесса функционирования технической системы.

Цель работы - создание учебного компьютерного имитатора средства заправки воздушных судов сжатыми газами, в виде полнофункционального виртуального образа физического объекта, способного адекватно реагировать на воздействия обучаемого.

Решаемые задачи:

I. Математическое описание физических процессов, протекающих в технологической схеме спецустановки.

II. Разработка интерактивного графического интерфейса программы имитатора.

III. Разработка алгоритма, реализующего математическую модель функционирования системы, обеспечивающего связь математической модели с графическим интерфейсом программы имитатора.

При осуществлении моделирования процессов функционирования средства заправки воздушных судов сжатыми газами, применяется метод имитационного моделирования с допустимыми в рамках поставленной задачи упрощениями.

Специальное оборудование средств заправки воздушных судов сжатыми газами допускают упрощения, подразумевающие

все протекающие в них процессы изотермическими и адиабатическими. Для моделирования таких процессов целесообразно использовать уравнения материального баланса. Технологические схемы средств заправки воздушных судов сжатыми газами, обычно характеризуются значительной степенью разветвленности [2], поэтому, при моделировании их разделяют на фрагменты.

Рассмотрим вариант математического описания фрагмента пневматической схемы имитатора воздухозаправщика [3] на примере ее произвольного участка, рисунок 1.

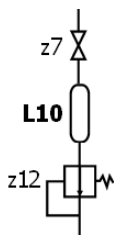


Рисунок 1 – Участок схемы L10

Он представляет собой контур, ограниченный звеньями z_7 , z_{12} . Структура модели данного произвольного участка пневматической системы газозарядного средства заправки воздушных судов сжатыми газами, представлена на рисунке 2.

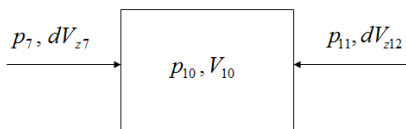


Рисунок 2 – Структура элемента L10

Комбинирование математических моделей участков схемы позволяет создать целостную модель для разработки компьютерных имитаторов.

Тестовые испытания разработанного компьютерного имитатора средства заправки воздушных судов сжатыми газами воздухозаправщика ВЗ-20-350, по данным проведенного педагогического эксперимента, подтвердили повышение

эффективности обучения и продемонстрировали высокую степень реалистичности имитируемых процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жильцов, В. Технологии виртуальных симуляторов в современном дистанционном образовании / В. Жильцов, Е. Павличева / Информационные ресурсы России. – 2015. – №1. – С. 35-38.
2. Томилов, А.А. Справочное пособие по средствам наземного обеспечения полетов / А.А. Томилов. – Воронеж: ВВАИУ, 1991. – 234 с.
3. Корольков, Ю.И. Средства зарядки летательных аппаратов сжатыми газами /Ю.И. Корольков, С.П. Ланин С.П. – Воронеж: ВВАИУ, 1993. – 114 с.

УДК 378.147

Р.И. Могилянец, Д.В. Василевич, Д.А.Стригун

Белорусская государственная академия авиации

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕНАЖЕРОВ ПО УПРАВЛЕНИЮ СПЕЦИАЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ АЭРОДРОМНО- ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ НА ВОЕННОМ ФАКУЛЬТЕТЕ В УО «БГАА»

Повседневная боевая подготовка и боевые действия авиации неразрывно связаны с массовым использованием различных по своему назначению, принципам действия и конструктивным схемам средств аэродромно-эксплуатационного и инженерного обеспечения (далее – САЭиЮ).

Высокая боеготовность и безаварийная эксплуатация САЭиЮ, решение функциональных задач невозможны без проведения многоуровневой систематической и планомерной подготовки личного состава. В любом случае максимальной эффективности подготовки можно добиться только при комплексном подходе к организации этой работы. При этом теоретические навыки приобретаются курсантами на лекциях и в ходе самостоятельной работы, а умения и навыки вырабатываются в ходе проведения семинаров, практических и групповых занятий, а также при выполнении дипломной работы.

Важность решения вопроса активизации практической составляющей подготовки военных специалистов резко возрастает в последнее время, когда система военного образования в Республике Беларусь нацелена на подготовку офицеров, умеющих четко определить цель, анализировать ход и результаты своей деятельности, способных самостоятельно компетентно принимать решения, нести ответственность за них. Повышаются требования к научному уровню и творческому потенциалу военных инженеров, содержанию и технологиям обучения, позициям преподавателей и курсантов в образовательном процессе.

Проблема недостаточных практических навыков в профессиональной деятельности молодых офицеров ВВС и войск ПВО по эксплуатации специальной техники является одной из основных. Поэтому при создании учебной программы по обучению курсантов нельзя оставлять без внимания качественный уровень проведения практических занятий. При этом необходимо осуществлять обучение в следующей последовательности:

- теоретическая подготовка с использованием обучающих компьютерных программ, учебных плакатов, стендов и т.д.;

- отработка практических навыков на тренажерах;

- практическая работа на учебно-тренировочных средствах на учебном аэродроме.

В этой связи профессорско-преподавательским составом кафедры СНОП разрабатываются учебные тренажеры по управлению специальным оборудованием специальных машин.

На этой основе разработаны и внедрены:

- учебный тренажер по управлению специальным оборудованием шнекороторного снегоочистителя ДЭ-210А, позволяющий отработать практические навыки запуска и управления специальным оборудованием при уборке искусственной взлетно-посадочной полосы от снега;

- учебный тренажер по управлению специальным оборудованием аэродромной уборочной машины КО-806, позволяющий отработать практические навыки запуска и управления специальным оборудованием при уборке искусственной взлетно-посадочной полосы;

- учебный тренажер по управлению специальным оборудованием аэродромной уборочной машины Амкодор 9463, позволяющий отработать практические навыки запуска и управления специальным оборудованием при уборке искусственной взлетно-посадочной полосы;

- учебный тренажер по управлению электрооборудованием аэродромного электроагрегата АПА-5Д, который позволяет отрабатывать практические действия по обеспечению воздушного судна электропитанием постоянного и переменного тока.

Данные тренажеры разработаны и изготовлены в 3-D анимации с использованием различных графических редакторов, применение их в учебном процессе имеет ряд преимуществ, а именно:

- сокращаются затраты материально-денежных средств, необходимые для эксплуатации реальных машин;

- сокращается расход моторесурсов образцов военной техники;

- безопасность применения для личного состава;

- возможность конструирования способов решения учебных и реальных инженерно-технических задач;

исключается всякая возможность предпосылок к летным происшествиям;

развитие у обучаемых навыков алгоритмического решения задач и логического мышления;

освоение методов грамотного и эффективного использования инженерных знаний в практической деятельности;

обучение с помощью электронных моделей, адекватно отражающих функционирование реальных приборов специальной техники;

индивидуализация обучения.

высокий уровень технологической подготовки учебного процесса.

Применение тренажеров повышает заинтересованность курсантов на занятии; каждый курсант индивидуально получает изучаемый материал и отрабатывает практические навыки на модели, адекватно отображающей функционирование реальной установки.

Применение тренажеров в неразрывном сочетании с обучением на реальной технике может позволить добиться устойчивых практических навыков, обеспечить индивидуальный подход в обучении и снизить экономические затраты.

Одним из важных факторов, определяющих процесс становления личности будущего офицера в период его военного обучения, является оценка курсантом имеющихся на военном факультете условий подготовки и может вызывать у него как гордость за Вооруженные Силы, так и сожаление и разочарование в процессе военного обучения.

Таким образом, создание и совершенствование материально-технической базы, дальнейшая деятельность по разработке и совершенствованию тренажеров, их применение для проведения занятий по техническим дисциплинам в военно-экономическом аспекте несет минимальные финансовые затраты, создается силами обучаемых под руководством профессорско-преподавательского состава в сравнительно короткие сроки и эффективно сказывается на процессе обучения, что в конечном итоге является одним из путей совершенствования методики подготовки офицера с устойчивыми практическими навыками.

УДК 519.2

А.В. Овчаров

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ПРОБЛЕМЫ НАПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Программы подготовки авиационных специалистов в соответствии с современными требованиями к организации учебного процесса должны представлять собой систему документов, разработанную и утвержденную учебным заведением с учетом отраслевых требований на основе государственного образовательного стандарта образования по соответствующему направлению подготовки, а также с учетом рекомендованной профильным учебно-методическим объединением.

Программы подготовки авиационных специалистов должны регламентировать цели, ожидаемые результаты, содержание, условия и технологии реализации образовательного процесса, оценку качества подготовки обучаемых по данному направлению подготовки [1].

По дисциплинам вузовского компонента и дисциплинам специализаций высшим учебным заведением разрабатываются учебные программы, которые утверждаются руководителем высшего учебного заведения по согласованию с соответствующими учебно-методическими объединениями (УМО).

Регистрация и учет учебных программ по дисциплинам вузовского компонента и дисциплинам специализаций осуществляется в высших учебных заведениях.

Исходными документами для разработки учебных программ образовательный стандарт по специальности (направлению специальности) и учебный план по специальности.

Объем учебной программы не должен превышать одного с половиной печатного листа.

Основными разделами учебной программы являются [2].:

Пояснительная записка;

Примерный тематический план;

Содержание учебного материала (разделы, темы, вопросы);

Информационная (информационно-методическая) часть.

Основные проблемы при составлении учебных программ [3]:

- Связи с другими учебными дисциплинами;
- Характеристика методов (технологий) обучения;
- Требования к организации самостоятельной работы обучаемых;
- Требования к контролю качества и средствам диагностики компетенций обучаемых;

- Рецензирование программ;
- Система внутривузовской экспертизы.

В пояснительной записке дается характеристика учебной дисциплины, указываются ее цели и задачи, роль и место в системе подготовки специалиста соответствующего профиля, раскрываются связи с другими учебными дисциплинами, требования к ее освоению в соответствии с образовательным стандартом, дается характеристика рекомендуемых методов и (или) технологий обучения, указывается общее количество часов, отводимых на изучение учебной дисциплины в соответствии с типовым учебным планом и приводится примерное распределение аудиторного времени по видам занятий.

На практике – изучение дисциплин опирается на дисциплины вузовского компонента и факультативные дисциплины, а иногда – на отсутствующие в учебном плане.

Названия дисциплин не соответствуют учебным планам, характеристика рекомендуемых методов и технологий обучения отсутствует.

Требования к организации самостоятельной работы обучающихся устанавливаются в соответствии с Положением о самостоятельной работе обучающихся, утвержденным Министерством образования.

Самостоятельная работа обучающихся (СРО) организуется деканатами, кафедрами, преподавателями вузов в соответствии с Положением о самостоятельной работе обучающихся, разрабатываемым высшим учебным заведением. Учебно-методическое управление (отдел) совместно с деканатами факультетов проводит координацию планирования, организации и контроля СРО в вузе. Самостоятельная работа осуществляется в виде аудиторных и внеаудиторных форм по каждой дисциплине учебного плана. Самостоятельная работа обучающихся включает в себя управляемую (внеаудиторную) самостоятельную работу и контролируемую (аудиторную) самостоятельную работу обучающихся. На основании бюджета времени в соответствии с образовательными стандартами, учебными планами, программами учебных дисциплин устанавливаются виды, объем и содержание заданий по СРО. По каждой учебной дисциплине разрабатывается учебно-методический комплекс (УМК) с материалами и рекомендациями, помогающими обучающимся в организации самостоятельной работы.

Порядок организации самостоятельной работы, а также, примерный перечень вопросов для самостоятельной работы должны отражаться в учебной программе по дисциплине.

Общие требования к контролю качества образования и средствам диагностики устанавливаются вузом в соответствии с

образовательными стандартами, нормативными документами Министерства образования, а также методическими рекомендациями УМО.

Требования к осуществлению диагностики:

- определение объекта диагностики (конкретные компетенции в соответствии с образовательным стандартом);

- выявление факта учебных достижений обучающихся с помощью критериально-ориентированных тестов и других средств диагностики;

- измерение степени соответствия учебных достижений обучающихся требованиям образовательного стандарта;

- оценивание результатов выявления и измерения соответствия учебных достижений обучаемого требованиям образовательного стандарта (с помощью шкалы оценок).

В информационной части учебной программы даются критерии оценок результатов учебной деятельности обучающихся, перечни рекомендуемых средств диагностики, основной и дополнительной рекомендуемой литературы (учебной, учебно-методической, научной, нормативной и др.)».

В информационной части учебной программы по изучаемой учебной дисциплине приводятся перечни средств диагностики результатов учебной деятельности обучающихся, основной и дополнительной литературы.

Рецензировать учебные программы подготовки авиационных специалистов необходимо у ведущих специалистов по специальности, либо у представителей заказчика.

Для качественного составления учебных программ необходимо усовершенствовать система внутривузовской экспертизы учебных планов и программ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об образовании: Кодекс Республики Беларусь, 13 января 2011 г., № 243-З. – Минск, 2011. – 520 с.

2. Порядок разработки и утверждения учебных программ и программ практики для реализации содержания образовательных программ высшего образования: утв. министерством образования Республики Беларусь 27.05.2019 г. – Минск, 2019. – 50 с.

3. Овчаров, А.В. Основные проблемы при написании учебных программ нового поколения. / А.В. Овчаров // Новые технологии в методике преподавания военных дисциплин: сб. тезисов докладов научно-практического семинара. – Минск: БГУ, 2014. – С. 115-117.

РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ФОРМ ИННОВАЦИОННОГО ХАРАКТЕРА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА

Одним из важных аспектов модернизации высшей профессиональной школы, направленным на повышения качества подготовки будущих специалистов, является более тесное взаимодействие высшей школы, науки и производства в образовательном процессе, создание на основе их сотрудничества новых инновационных форм подготовки квалифицированных специалистов.

Развитие организационных форм инновационного характера взаимодействия высшей профессиональной школы, науки и производства предполагает формирование новой инфраструктуры, включающей в себя:

- создание сети исследовательских университетов на основе интеграции университетов и академических научно-исследовательских институтов и других научных центров республики;
- создание учебно-научно-производственных объединений для опережающей подготовки кадров;
- развитие центров трансфера технологий, создаваемых на базе государственных научных центров, высших учебных заведений, отраслевых институтов;
- создание системы бюджетных и внебюджетных фондов для поддержки научно-технической и инновационной деятельности и др.

Сегодня подготовка квалифицированных кадров по отдельным, ключевым производственным процессам иногда не успевает по времени за модернизацией и переоснащением ведущих предприятий. Создание учебно-научно-производственных объединений также будет способствовать опережающей подготовке необходимых специалистов для инновационной экономики, разработке и продвижению инноваций на рынок. Современный специалист должен владеть определенными навыками творческого решения практических задач, умением использовать в своей работе все то новое, что появляется в науке и практике, постоянно совершенствовать свою квалификацию, быстро адаптироваться к условиям производства. Тесное сотрудничество вузов, их научных организаций и предприятий промышленности как раз и способствует формированию у

будущих специалистов этих качеств. В качестве примера эффективной деятельности таких учебно-научно-производственных объединений могут выступать такие объединения, как «БНТУ-МТЗ», «БНТУ-МАЗ» и др.

Так, например, кафедра физикохимии материалов и производственных технологий БГЭУ имеет научные связи с БГУ, БНТУ, БГТУ, Институтом общей и неорганической химии НАН Беларуси, Тульским государственным университетом (Россия), Командно-инженерным институтом Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Международным экологическим институтом им. А.Д. Сахарова БГУ, Минской областной организационной структурой РГОО «Белорусское общество «Знание»; ОО «Белорусское общество охраны природы»; РС «Белорусский союз офицеров»; ГПУ «НП «Беловежская пуца».

Такие учебно-научно-инновационные объединения могут быть как двойного, так и тройного подчинения (вуз-академический институт-завод), которые еще в большей степени позволяют выполнять совместные крупные комплексные проекты в интересах реального сектора экономики.

Для более эффективного внедрения результатов научных исследований в промышленные разработки необходимо создание центров трансфера технологий (ЦТТ), которых пока в масштабах республики явно недостаточно. Прежде чем инновации заинтересуют конкретного потребителя, они должны превратиться из знаний в технологию, позволяющей производить конкурентоспособный продукт. Преобразование знаний в инновационные технологии, затем в коммерческий продукт (товар), является сложным и многоэтапным процессом, в который вовлечено большое количество участников. Основными участниками данного процесса (трансфера технологий) являются: разработчик инновации, центры трансфера технологий, инвестор, предприниматель. Задача центров трансфера технологий – помочь разработчику оценить коммерческий потенциал его разработок и придать им «товарный вид», чтобы они могли заинтересовать производителя (предпринимателя) и инвестора; инвестору – подобрать вариант (технологию) для эффективного вложения его средств; предпринимателю – подобрать технологию для освоения перспективного вида продукции. Следует подчеркнуть, что трансфер технологий как процесс преобразования новых знаний и технологий в источник дохода, прибыли и повышение благосостояния общества был разработан в США и показал свою эффективность. В настоящее время центры трансфера технологий, объединенные в сети посредством информационно-коммуникативных технологий, созданы во многих странах, включая страны Евросоюза, России, Китая и др. [1].

Для повышения квалификации и педагогического мастерства профессорско-преподавательских кадров вуза положительно влияют такие организационные формы как тренинги, стажировки преподавателей на производстве, в научно-исследовательских организациях. Следует подчеркнуть, если практика стажировки преподавательских кадров высшей школы достаточно широко распространена в научных организациях, то стажировки преподавателей на технологически оснащенных современным оборудованием предприятиях наблюдается все реже.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хуторский, А.В. Педагогическая инноватика: методология, теория, практика / А.В. Хуторский. – М.: Изд-во УНЦ ДО, 2005. – 222 с.

УДК 004:629.7.08

И.В. Павленко, А.А. Круглик, Н.П. Виноградов

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ СРЕДСТВ ЗАПРАВКИ МАСЛОМ И РАБОЧИМИ ЖИДКОСТЯМИ

За последние десятилетия вооруженные силы оснащаются более сложной техникой, постоянно совершенствуются способы ведения боевых действий и всё это предъявляет особые требования к офицерскому составу при этом большое внимание уделяется применению прогрессивных методик обучения, в том числе предполагающих использование вычислительной техники, что позволяет существенно повысить качество и эффективность учебного процесса. Одной из форм повышения эффективности обучения является использование электронных изданий.

Одним из вариантов электронных изданий являются анимационные модели, выполненные с помощью технологии Flash, с использованием встроенного в Macromedia Flash 8 языка ActionScript 2.0 [1].

Анимационные модели позволяют, при необходимости останавливая и запуская соответствующий интерактивный фильм, получить наглядное представление об устройстве, принципе действия основных узлов и агрегатов, а так же режимах работы средств заправки маслом и рабочими жидкостями.

Создание любого компьютерного приложения, а особенно обучающих мультимедиа-систем, сегодня не мыслится без тщательно продуманного плана разработки. В настоящее время существует хорошо отработанная методология создания компьютерных обучающих систем.

В качестве среды проектирования была выбрана Adobe Flash CS3. Данная технология позволила наиболее гибко реализовать интерфейс и графическое оформление разрабатываемого программного обеспечения. Для реализации программной части был использован язык программирования Action Script 2.0, данный язык обеспечил издание удобной навигацией, что позволяет быстро переходить на нужную часть, тем самым облегчая поиск необходимой информации. Отдельные статические элементы (элементы управления, фоновые рисунки и т.д.) были созданы средствами графического редактора Paint.

Основной функцией динамического электронного издания является помощь обучающимся специальности: «Транспортные средства специального назначения» в образовании и схожим специальностям в освоении материала по учебному курсу «Средства заправки воздушных судов топливом и спецжидкостями» в наиболее понятно и удобной форме. В качестве формы представления выбрано мультимедийное электронное издание, основанное на технологии Adobe Flash CS3. Динамическое электронное издание предоставляет собой наиболее полную и систематизированную информацию по выбранной теме.

Динамическое электронное издание предназначено для ознакомления обучающихся с основными составными частями средств заправки маслом и рабочими жидкостями. Издание по своей структуре состоит из титульного листа, листа с изображением принципиальной схемы (рисунок 1) и листов поясняющих характеристики элементов принципиальной схемы (рисунок 2).

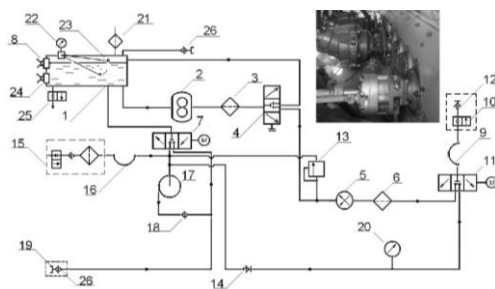


Рисунок 1 – Принципиальная схема средства заправки

По результатам наведения на принципиальной схеме на интересующий элемент появиться изображение с метом расположения данного элемента на средстве заправки, а при воздействии на элемент появится поле, на котором произведено полное описание выбранного элемента средства заправки.

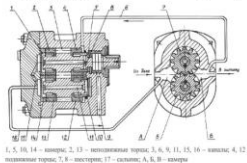
Насос НШ-39

Шестеренный насос НШ-39 – предназначен для подачи рабочей жидкости в гидросистему самолета.

Устройство и работа

Насос НШ-39 насосного давления. Особенностью конструкции является канализация торцовых камер по периферии, что значительно увеличивает его объемный КПД. Работа насоса (рисунки 25) заключается в следующем: при вращении шестерни 7 и 8 в направлении, указанном стрелками, рабочая жидкость из камеры «А» подается через камеру «В» в линию нагнетания, при этом в камере «А» создается вакуум, благодаря чему жидкость непрерывно поступает из гидробака в камеру «А». Камеры «В» соединены с камерой «В» каналами «С», движение жидкости в обоих каналах одностороннее. Давление в камере «В», действующее на подпитание торцов 4, 12, приводит их к торцам шестерни 7 и 8, тем самым создавая торцовые зазоры, обеспечивающие зависимость от угла поворота торцов 4, 12. Утечки жидкости по торцам шестерни 7, 8 поступают через камеры 1, 5, 10, 14 соединенные каналами 3, 11, 15, 16 в камеру «А». Утечки через сальники 17 отводятся по каналу 9 в атмосферу. Насос НШ-39 установлен на радиаторной веревке.

№	Наименование	Измерение
1	Направление вращения	часовое
2	Макс. подаваемая кол. жидк.	2500
3	Абсолютное значение максимальной скорости	0,33 (700)
4	Полная подача в л/мин	15 (150)
5	Давление нагнетания МПа (кгс/см²)	рабочее 12 (120) полностью открыто при 7500 мин 2,5 (25)
6	Допустимое утечка в мин (см³) от вала	1 (10)
7	Масса кг (фунтов)	4,2



НШ-39

Рисунок 2 – Поле с описанием выбранного элемента

Таким образом, разработанное динамичное электронное издание позволяет обучающимся провести теоретическое ознакомление с основными составными частями определенного средства заправки перед выходом на технику.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Блэйк, Бонни. Всё о работе Macromedia Flash MX / Бонни Блэйк; пер. с англ. А. В. Бурасова. – М.: «Издательство Астрель», 2004. – 482 с.

УДК 378.172

О.Г. Петровская, С.А. Дулич, К.В. Кудласевич

Белорусская государственная академия авиации

АНАЛИЗ МОТИВАЦИИ К ЗАНЯТИЯМ ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ КУРСАНТОВ ОССО

Повышение качества профессиональной подготовки курсантов отделений среднего специального образования, производящих подготовку специалистов гражданской авиации требует пересмотра подхода к мотивации учебно-познавательной деятельности. Эта задача становится все более актуальной, особенно для заказчиков образовательных услуг, будущих работодателей.

Мотивация в качестве субъективно-личностной характеристики в процессе учебно-познавательной деятельности, была подробно рассмотрена в трудах Н.В. Кузьминой, Т.В. Кудрявцевой, Н.Ф. Талызиной и др.

Ученые выделяют два подхода к трактовке мотивации. Первый состоит в том, что мотивация представляется в качестве субъективной детерминанты, индивидуально-личностного образования, характеризующегося совокупностью индивидуальных потребностей и осознанных социально опосредованных

побудителей (А. Маслоу, Е.П. Ильин и др.). Условием развития мотивации является деятельность, адекватная функциональным возможностям, сложившимся способностям, интересам, потребностям. Другой подход состоит в том, что мотив выступает как ситуативно формирующаяся смысловая структура, определяющая систему смысловой регуляции соответствующей деятельности.

В этом ключе огромное значение приобретают личностные ценности, которые становятся ядром мотивации. Личностные ценности понимаются как устойчивые убеждения относительно целей и образов действия, не зависящие от конкретной ситуации и выступающие в форме абстрактных идей. Ценности личности являются продуктом переработки индивидуальных потребностей на основе обобщенного социального опыта, обусловленного определенной деятельностью. Система ценностей личности является важнейшим индивидуальным фактором развития субъекта труда, влияющим на нормальную напряженность и инициативность труда.

Изучая мотивацию можно характеризовать меру индивидуальной активности курсанта как субъекта деятельности и жизненного пути, понять его жизненную стратегию, определить его жизненный выбор с точки зрения потенциалов развития.

Рассматривая аспекты всесторонней подготовки будущего специалиста гражданской авиации следует отметить, что в последние годы на первый план выходят проблемы мотивации учебно-познавательной деятельности курсантов, направленные на поддержание и укрепление профессионального здоровья и долголетия.

Современные статистические данные позволяют сделать вывод о резком снижении уровня двигательной активности представителей различных возрастных и социальных групп, отметить неуклонное снижение показателей качества здоровья трудоспособного населения на фоне резкого роста профессиональных и общих заболеваний. Рекомендованный объем режима двигательной активности курсантов в недельном цикле составляет 10-14 часов, что эквивалентно высокой категории физической подготовленности.

Исследования сферы интересов курсантов ОССО 2018–2020 годов поступления показали, что большинство курсантов обладали высоким уровнем мотивации к занятиям физкультурно-оздоровительной направленности (таблица 1).

Таблица 1 – Анализ мотивации курсантов ОССО к ЗФОН (%)

Год поступления	Не занимались ЗФОН	Занимались 1 видом ЗФОН	Занимались 2 видами ЗФОН	Занимались 3 и более видами ЗФОН
2018	8,0	38,4	32,8	20,8
2019	9,6	41,6	29,6	19,2
2020	12,8	33,6	24,8	28,8

Рассматривая предпочитаемые виды деятельности по структурным характеристикам можно выделить наиболее значимые предпочтения: спортивные игры (футбол, волейбол, настольный теннис, баскетбол), современные фитнес программы (атлетическая гимнастика, воркаут), единоборства (дзюдо, каратэ, борьба, бокс), циклические виды (плавание, велоспорт, легкая атлетика, лыжные гонки).

С точки зрения профессионально-прикладной подготовки эти виды деятельности позволяют создать прочную базу для развития профессионально значимых качеств:

- Спортивные игры и единоборства характеризуются высоким уровнем межмышечной координации и пространственной ориентации в сложных условиях контакта с напарниками и соперниками; развивают способности к взаимодействию в команде;

- Современные фитнес программы позволяют расширить диапазон силовых показателей, тренируют базовые мышечные группы, корректирующие осанку, развивают волевые качества;

- Циклические виды являются основой для повышения уровня общей выносливости организма и тренировки кардио-респираторной системы организма, развивают волевые качества.

Однако для поддержания профессионального и социального здоровья мало желания заниматься. Необходимо обладание знаниями, умениями и навыками, приобретенными на занятиях физкультурно-оздоровительной направленности (ЗФОН), а главное мотивацией, основанной на системе личностных ценностей человека, приобретенных в процессе обучения на всех ступенях образования и претерпевших качественную перестройку под воздействием учебно-познавательной деятельности в период профессионального обучения.

Изучение сферы мотивационно-ценностной ориентации позволяет отметить слабый уровень овладения курсантами первых курсов основ теории и методики здорового образа жизни, что, во многом, обуславливает слабый эффект от самостоятельных занятий при нарушениях основных принципов построения оздоровительной тренировки. Не обладая достаточными знаниями в сфере

оздоровительной деятельности, чтобы сформировать твёрдые, мотивированные убеждения, многие – 57,6 % занимающихся самостоятельно курсантов – занимаются бессистемно и не регулярно. Только 9,6 % опрошенных консультируются у специалиста по физической культуре и спорту по вопросам методики и практики проведения самостоятельных занятий, а квалифицированное наблюдение врача считают необходимым всего 4,8% курсантов.

При опросе о мотивации к занятиям физкультурно-оздоровительной направленности респонденты выделяют от 1 до 5 факторов формирующих цель занятий физическими упражнениями. Ведущим факторами являются: улучшение физических данных (65,6 %), интересное времяпровождение (59,2 %) и улучшение эстетики тела (36,8 %). И только 22,4 % курсантов осознают, что эти занятия способствуют улучшению социального и профессионального здоровья.

Результаты исследования позволяют сделать вывод о необходимости повышения осознанной мотивации к занятиям физкультурно-оздоровительной направленности, так как наблюдается смещение личностных ценностей: в занятиях становится приоритетом процесс, а не результат. По мнению авторов, это основано на недостаточно полном осознании курсантами причинно-следственных связей влияния занятий физкультурно-оздоровительной направленности на повышение уровня социального и профессионального здоровья специалиста гражданской авиации в процессе учебно-познавательной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Павлова, Н.П.. Мотивация учебной деятельности студентов: автореф. дис... / Н.П. Павлова. . – Ярославль: ЯГПУ, 2005. – 28 с.
2. Щедрина, А.Г. Здоровый образ жизни: методологические, социальные, биологические, медицинские, психологические, педагогические, экологические аспекты / А.Г. Щедрина. – Новосибирск: ООО «Альфа-Виста», 2007. – 219 с.
3. Физическая культура: учеб. пособие / Е.С. Григорович [и др.]; под ред. Е.С. Григоровича, В.А. Переверзева. - Минск: Вышэйшая школа, 2011. – 350 с.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В РАМКАХ ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

С целью повышения качества ВКР и увеличения времени на их более глубокую проработку, темы дипломных проектов и работ (направления исследований) могут выбираться курсантами также в течение предпоследнего года обучения. В этом случае руководители ВКР согласуют темы и содержание курсовых работ таких курсантов с преподавателями кафедр, на которых эти работы выполняются, а также дают дополнительные задания курсантам по их участию в рамках военно-научной работы.

Анализ существа военно-научной работы курсантов и содержания выполняемых научно-исследовательских работ, показывает, что при постепенном усложнении постановки выполняемых работ в период обучения с 3 по 5 курс можно получить приемлемые по качеству результаты.

Для компетентностной ориентации необходимо выбирать из задач научно-исследовательских работ те, которые ближе к практической реализации в войсках и требуют углубленного освоения учебного материала. При формулировании должна быть проведена декомпозиция и детализация задач, поставленных в научно-исследовательской работе, до уровня, обеспечивающего их выполнимость курсантами в соответствии с достигнутым уровнем обучения.

При выходе на конечный этап обучения тема ВКР может быть уточнена к началу обучения на пятом курсе, что соответствует действующим требованиям. Тем самым будет обеспечено высокое качество ВКР, подтвержденное результатами выполненных НИР и других публикаций.

Предлагается методика разработки ВКР и организации военно-научной работы в рамках выполняемых научно-исследовательских работ, сущность которой заключается в следующем:

определяются учебные задачи по дисциплинам кафедры в соответствии с учебными программами и тематическими планами;

определяются научные направления работы с учетом потребностей подготовки специалистов с углубленными знаниями по вопросам эксплуатации и развития военной и специальной техники;

назначаются научные руководители по направлениям работы; анализируется содержание выполняемых и планируемых к постановке научно-исследовательских работ, с целью определения научных и практических задач, проработка которых целесообразна в рамках военно-научной работы;

закрепляются научно-исследовательские задачи НИР за курсантами и преподавателями – научными руководителями;

детализируются научно-исследовательские задачи в соответствии с рабочими программами работы до уровня, обеспечивающего их выполнимость курсантами в соответствии с достигнутым уровнем обучения;

планируется работа курсантов – членов секции военно-научного общества в соответствии с рабочими программами;

организуется работа исполнителей в ходе выполнения НИР;

оказывается помощь и осуществляется контроль научными руководителями;

разрабатываются и оформляются отчетные материалы;

подготавливаются и публикуются в виде научных статей и докладов;

используются полученные результаты в ходе разработки и защиты выпускных квалификационных работ.

Таким образом, учитывая относительную самостоятельность выполнения НИР, проведения военно-научной работы и разработки выпускных квалификационных работ целесообразно увязать их содержание в рамках единого процесса.

УДК 378.147.34

И.А. Прокуденко, И.М. Филиппов

Белорусская государственная академия авиации

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Развитие системы военного образования в Республике Беларусь обусловлена целым рядом факторов различного характера. Отметим, что именно Вооруженные Силы, в состоянии обеспечить безопасность Республики Беларусь в военной сфере. Процессы динамично меняющейся обстановки в сфере внешней политики в европейском регионе, требуют их учета не только при разработке фундаментальных основ национальной безопасности, но и системы развития военного образования.

Бесспорен тот факт, что именно сила вооружения и грамотное ее применение по-прежнему играет важную роль в международной политике, при этом отмечается постоянное развитие теории военного искусства и средств вооруженной борьбы. Именно эти факторы заставляют постоянно совершенствовать Вооруженные

Силы. Безусловно, важнейшим аспектом совершенства должна стать профессиональная подготовка личного состава, в первую очередь – офицерского состава.

Констатируем факт, подготовка специалистов в собственной стране дает ряд преимуществ, нежели обучение специалистов на договорной основе за рубежом. Ведь именно в «родных стенах» могут быть созданы условия для воспитания выпускников обладающих не только высоким уровнем компетентности и творческим подходом к делу, но и главное – людей имеющими высокие морально-психологические качества, патриотов своей страны, военнотружеников, глубоко понимающих национальные интересы своего государства и готовыми их отстаивать. Констатируем, что справиться с этим может только национальная, система военного образования.

Для овладения новыми знаниями и навыками преподаватели могут воспользоваться разнообразными способами и методами, но наиболее эффективными из них являются деловые игры [1].

Часто, деловые игры называют имитационными управленческими играми. Суть деловой игры в самом общем виде можно представить, как метод имитации, принятия решений в различных ситуациях.

Стоит отметить, что спектр применения деловых игр достаточно широк и они нашли большое применение в различных областях человеческой деятельности.

Вместе с тем, планирование и подготовка занятия в виде деловой игры требует от преподавателя не только глубоких знаний об изучаемом предмете, но и ясность цели, которую он хочет достичь по результатам занятия.

Важным моментом на этапе подготовки к таким занятиям будет разработка соответствующей документации, четкого определения правил игры, в составе которой рекомендуется дать словарь употребляемых терминов и понятий для их однозначного толкования [2]. Немаловажным фактором будет являться учет войскового опыта, для придания игре большей динамичности и привития навыков обучающимся взаимодействовать в команде.

Участники таких игр, проведя несколько грамотно выстроенных периодов, обретают навыки уверенного поведения в сложной, динамично меняющейся обстановке, вырабатывают внимательность и ответственность за порученное дело, обретают возможность глубокого анализа результатов деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воспитание курсантов военного вуза в современных условиях: учеб.- метод. пособие / под общ. ред. А.А. Харченко. – Орел, 1995. – 42 с.

2. Хруцкий, Е.А. Организация проведения деловых игр: учеб.- метод. пособие для преподавателей сред, спец. учеб. заведений / Е.А. Хруцкий. – М., 1991. – 44 с.

УДК 303.09

В.И. Рубинов, Д.В. Бензик, Д.А. Силаев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (г. Москва)

МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ КУРСАНТОВ В ВОЕННОМ ВУЗЕ

В настоящее время заметно возрос интерес к самостоятельной работе в организации учебного процесса в военном ВУЗе на всех ступенях обучения курсантов. Учение об активном характере учебной деятельности стало фундаментом учения о самостоятельной работе курсантов. Оно должно развиваться совместными усилиями как педагогов, так и психологов и методистов. В связи с этим яснее обозначились методика и дидактические средства эффективной организации самостоятельной работы курсантов в военном ВУЗе.

Основными признаками самостоятельной работы курсантов являются:

1. Умение планирования курсантами своей работы, а именно подготовка рабочего места для выполнения определенного рода заданий, выполнение заданий без непосредственной помощи преподавателя, оценка результатов своей работы – внешний признак.

2. Систематическое осуществление курсантами самоконтроля за ходом выполнения и результатами своей работы, корректирование и усовершенствование способов ее выполнения.

3. Наличие познавательной или практической задачи, вопроса, проблемной ситуации, которая побуждает курсантов к самостоятельной интеллектуальной деятельности, требующих умственных, волевых и физических усилий.

4. Проявление курсантами самостоятельности и творческой активности при разрешении поставленных перед ними познавательных задач. На разных стадиях учебной работы самостоятельность курсантами проявляется по-разному, проходя от простого воспроизведения, выполнения задания на основе подробного инструктажа преподавателя до самостоятельной творческой деятельности.

5. Включение в задания для самостоятельной работы полноценного в образовательном, воспитательном и логическом отношении материала, усвоение которого способствовало бы

целостному развитию личности курсанта, овладению приемами умственной деятельности, самообразованию и творчеству.

Таким образом, самостоятельная работа курсантов, складывается из отдельных элементов, объединенных в два основных блока: *внешние признаки*, к которым относятся: задание, источники знаний, приемы учебной работы, и *внутренние признаки*, в которые включены: прошлые знания, опыт; мотивы деятельности; мыслительная деятельность. Все эти элементы взаимосвязаны между собой, что необходимо учитывать в организации самостоятельной работы курсантов. Каждое из этих звеньев решает как специфические задачи данного вида самостоятельной работы, так и общие задачи обучения и развития курсантов.

Сформулируем следующее определение, которое можно принять за основу: «Самостоятельная работа курсанта это вид целенаправленной, внутренне мотивированной, структурируемой самим курсантом учебной деятельности (как по процессу, так и по результатам), при которой курсант с определенной долей самостоятельности, а при необходимости, при частичном руководстве преподавателя, выполняет различного рода задания, прилагая необходимые для этого умственные усилия и проявляя навыки самоконтроля и самокоррекции». Выполнение самостоятельной работы курсантами предполагает их достаточный уровень самосознания, рефлексивности, самодисциплины, личной ответственности, креативности, что позволяет рассматривать их самостоятельную деятельность как процесс самосовершенствования и самопознания. Следует отметить, что важнейшая особенность самостоятельной работы как педагогической категории заключается не только в том, что курсант работает без непосредственной помощи преподавателя, но и в том, что реализация целей и содержания самостоятельной учебно-исследовательской деятельности способствует осуществлению, как обучающих функций, так и функций личностного развития (саморазвития), управления (самоуправления) и контроля (самоконтроля). В соответствии с такой трактовкой сущности самостоятельной работы курсантов можно выделить три уровня их самостоятельной деятельности [1]:

1. Репродуктивный (тренировочный) – предполагает выполнение задний по образцу: решение ситуаций, выполнение упражнений с помощью известного способа; заполнение таблиц, схематизацию и т.д. Познавательная деятельность курсанта проявляется на данном уровне в узнавании, осмыслении, запоминании, воспроизведении учебного материала и применении его по образцу.

2. Реконструктивный – предполагает выполнение заданий на основе анализа изученного материала в ходе которых происходит

перестройка хода решения, разработка нового плана решения проблемы, составление тезисов или аннотирование, могут выполняться рефераты. На этом уровне самостоятельной деятельности курсант применяет известный способ (способы) с некоторой модификацией новой ситуации. Здесь выполняются реконструктивно-вариативные и эвристические (частично-поисковые) виды самостоятельной работы.

3. Творческий – предполагает выполнение творческой самостоятельной работы, требующей анализа проблемной ситуации, получения новой информации, постановки задачи и разработки проекта деятельности. При этом курсант самостоятельно производит выбор способов, средств, технологии решения проблемы или разрабатывает новый метод, обосновывает пути исследования. На этом уровне учебно-познавательная деятельность курсанта приобретает ярко выраженный исследовательский характер.

В зависимости от дидактических цепей и задач, которые решаются в процессе самостоятельной работы, можно выделить следующие виды самостоятельной работы:

1. Самостоятельная работа курсантов по уточнению и дополнению сведений знаний, полученных на учебных занятиях – предполагает работу с текстом учебника, научного журнала по специальности, выполнение технического перевода и др.

2. Самостоятельная работа по формированию практических умений навыков на основе выполнения заданий – предполагает составление реферата или аннотации и т.д.

3. Самостоятельная работа по приобретению курсантами новых знаний – предполагает поиск и самостоятельная проработка текстов по специальности с целью их использования в практической деятельности, общение со специалистами подобного профиля и т.д.

4. Самостоятельная работа по развитию у курсантов общеучебных умений, мыслительных процессов – предполагает анализ, систематизацию и обобщение изучаемого материала.

5. Самостоятельная работа по удовлетворению образовательных запросов и интересов курсантов.

Источниками информации при выполнении курсантами указанных видов самостоятельной работы могут выступать: печатные материалы; материалы на электронных носителях; визуально-графические материалы, результаты экспериментов и др.

Таким образом, рассмотренные выше классификации типов (видов) самостоятельной работы могут являться основанием для конкретизации целей, содержания самостоятельной деятельности, а также использоваться при организации учебно-познавательной деятельности как репродуктивного, так и творческого уровней,

реализуемой в индивидуальных и коллективных формах обучения курсантов с применением различных средств обучения, в том числе и компьютерных.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богоявленская, А. Е. Педагогическое руководство самостоятельной работой и развитием познавательной самостоятельности студентов: учеб. пособие / А.Е. Богоявленская. – Тверь, 2002. – 89 с.

УДК 371.263

В.И. Рубинов, Д.И. Фофонов, А.Ю. Платонов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.

*Гагарина» (г. Воронеж), ФГБОУ ВО "Национальный
исследовательский университет "МЭИ" (г. Москва)*

МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ КУРСАНТОВ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Существующие методики проведения тестирования с помощью программных средств направлены на мотивацию обучающихся к систематической работе с литературой и обеспечивают соответствующее управление этим процессом, как со стороны профессорско-преподавательского состава, так и со стороны курсового звена военного учебного заведения (рисунок 1).

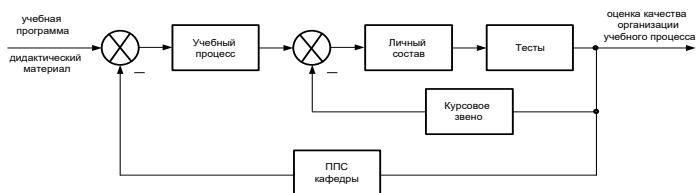


Рисунок 1 – Модель управления качеством учебного процесса

В настоящее время существует большое количество практических реализаций систем автоматизированного тестирования знаний как по отдельным дисциплинам - «предметные тесты», так и универсальных системы оценивания знаний - «конструкторы тестов», полностью или частично инвариантных к конкретным дисциплинам и допускающих их информационное наполнение заинтересованным профессорско-преподавательским составом [1].

В статье предлагается рассмотреть методику контроля уровня остаточных знаний, базирующуюся на организации самостоятельной работы обучающихся на основе реализации систематического трехуровневого тестового контроля [2]:

- первый уровень, временной интервал 5 мин. В вводной части каждого вида занятия внутри изучаемой темы проводится короткий тест до 7-10 вопросов с тремя возможными ответами при одном правильном по основным положениям предыдущего занятия;

- второй уровень, временной интервал до 10 мин. В вводной части лекционного занятия при изучении новой учебной темы проводится средний тест до 10-15 вопросов с тремя возможными ответами при одном правильном по основным положениям предыдущей темы;

- третий уровень, временной интервал до 10 мин. В вводной части лекционного занятия при изучении новой учебной дисциплины проводится средний тест до 20-25 вопросов с тремя возможными ответами при одном правильном по основным положениям основной обеспечивающей дисциплины.

Таким образом, совокупность тестов первого и второго уровней позволяет в целом организовать и проводить контроль остаточных знаний курсантов по конкретной учебной дисциплине.

Были проведены исследования, направленные на разработку методики контроля уровня остаточных знаний курсантов при изучении технических дисциплин. В исследованиях принимали участие контрольные группы – без использования систем автоматизированного тестирования и экспериментальные группы – с использованием программного продукта.

Результаты исследований были систематизированы и подвергнуты статистической обработке. Динамика изменения среднего балла переменного состава, участвующего в исследованиях, показана на рисунке 2.

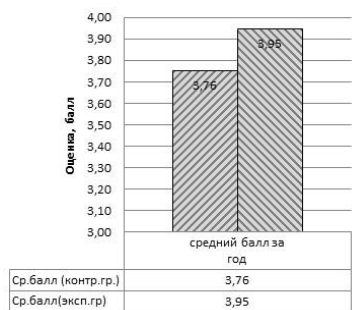


Рисунок 2 – Динамика изменения среднего балла в контрольных и экспериментальных группах

Как следует из полученных итоговых данных, был зафиксирован рост среднего балла в экспериментальных группах по сравнению с контрольными: с 3,76 до 3,95. При этом показатель качества обучения смещен в сторону увеличения доли курсантов, обучающихся на «хорошо» и «отлично», что отражает рисунок 3.

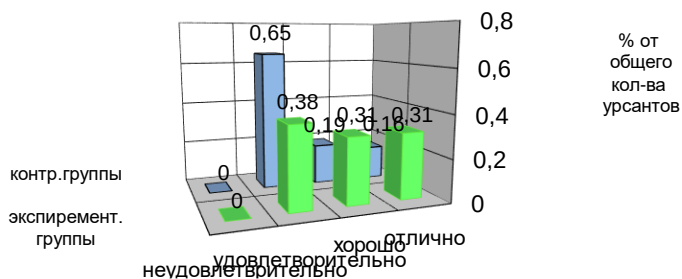


Рисунок 3 – Гистограмма распределения оценок в контрольных и экспериментальных группах

Таким образом, в ходе проведенных исследований была доказана эффективность использования методики контроля уровня остаточных знаний курсантов на базе информационных технологий. Использование систем автоматизированного тестирования знаний позволило повысить качество учебного процесса, в результате средний балл в экспериментальных группах удалось повысить с 3,76 до 3,95 и улучшить качество подготовки обучающихся на 8 %. Результаты исследований позволили активно использовать разработанную модель управления качеством учебного процесса в учебном заведении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рудинский, И. Д. Принципы интеллектуального автоматизированного тестирования знаний [Электронный ресурс] / И.Д. Рудинский // Информационные технологии в образовании («ИТО-2001») : сб. науч. тр. XI конференция-выставки. – Режим доступа: <http://ito.edo.ru/2001/ito>. – Дата обращения: 24.10.2020.
2. Ус, Н.А. Теоретические аспекты организации контроля остаточных знаний курсантов / Н.А. Ус, В.И. Рубинов // Проблемы развития политехнического образования и военной науки в ВМФ: всероссийская научно-теоретическая конференция. – СПб., 2013. – С. 116 – 121.

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ИСТОРИИ ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ

Введение. Мир вступил в третье десятилетие XXI века. Наши надежды на спокойствие и благополучие не оправдываются, мы с тревогой наблюдаем за тем, что происходит в нашем беспокойном мире. Сложившейся к началу XXI в. миропорядок с его однополярностью, всеобщей глобализацией экономики и либеральными ценностями рушится. Так как, не способен разрешить современные проблемы, стоящие, как перед мировым сообществом, так и перед отдельно взятыми странами. Возрастает роль «гибридных» войн, когда отдельные страны, прежде всего так называемого «золотого миллиарда», пытаются подчинить другие народы, навязать им свою волю не силой оружия, а применяя другие средства. Примером самой масштабной в истории человечества победой в гибридной войне является распад Советского Союза, когда страна, являющаяся величайшей сверхдержавой, обладающая огромным ядерным потенциалом, была развалена без единого выстрела. На Украине, за последние 5–6 лет такой подрывной деятельности, встал вопрос о самой государственности страны, ее существовании. Попытки превратить героев-освободителей, наших дедов и прадедов в оккупантов, а палачей украинского, в том числе и белорусского народов, в героев привели к печальным последствиям и эта политика, к сожалению продолжается.

Основная часть. *К основным причинам, развернувшихся в последнее время оголтелых нападков на нашу Победу, относятся следующие:*

– стремление к переделу собственности в мировом масштабе, когда силовые методы заменяются на другие: разжигание национальной и религиозной нетерпимости, неприятие образа жизни других людей. Для этого активно используется история и в первую очередь – военная;

– ощущение ущербности от того, что не самим западноевропейцам, а прежде Красной армии пришлось освобождать континент от нацизма. Об этом свидетельствует, кампания по разрушению памятников советским воинам и их полководцам. С постаментов скидывают танки, на которых вошли в Европу настоящие, а не мнимые освободители.

– чувство унижения, которое испытывает Запад от поражения в Великой Отечественной войне, когда бросив против нашей

страны все свои людские, материальные и технологические ресурсы (союзниками нацистов, в конечном счете, выступили все страны Западной Европы за исключением Англии и Сербии) в поисках наживы и расширения жизненного пространства. И были на голову разбиты нашими дедами и прадедами, так же как в Отечественной войне 1812 г. Как, утверждает российский писатель-публицист В. В. Овчинников: «И зачастую это были далеко не конюхи и кашевары, как пытаются сегодня представить их некоторые «историки», а хорошо вооруженные и оснащенные подразделения. И как знать, насколько меньше длилась бы та война, насколько меньше жизней она бы унесла, если бы не помощь тех союзников Гитлера» [1].

Заключение. Таким образом, Великая Победа стала символом нашей общей истории – символом подвигов и достижений наших старших поколений. Разрушение этой части исторического сознания приводит к разобщению народов на постсоветском пространстве, создает предпосылки для западной геополитической экспансии. Сегодня, наши деды и прадеды снова сражаются за нас. **Наш священный долг – защитить историческое наследие Победы от искажений и политических спекуляций.**

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Овчинников, Л. Они сражались за Гитлера [Электронный ресурс] / Л. Овчинников // Комсомольская правда. – 2019. – 8 мая. – Режим доступа: <https://www.kp.by/daily/26545/3561696/>. – Дата доступа: 18.01.2020.

УДК 351.814

Н.В.Самуль, Ю.Е.Локшина

Белорусская государственная академия авиации

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ АВИАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В современных условиях развития как страны в целом, так и отдельных организаций, одним из важнейших ключевых факторов конкурентоспособности становится человеческий капитал. С развитием общества все более возрастают требования к профессионализму кадров. Важная роль отводится как обучению персонала, так и совершенствованию процессов оценки и аттестации кадров. Работа всего предприятия напрямую зависит от эффективности данных процессов, поскольку на каждом этапе функционирования системы управления персоналом: при подборе и отборе, обучении и повышении квалификации, должностном продвижении и ротации персонала, создании кадровых резервов – постоянно осуществляются оценочные мероприятия.

В Республике Беларусь существует два основных подхода для проверки соответствия деловых, профессиональных и личностных характеристик персонала. Это оценка и аттестация.

Основными задачами аттестации кадров являются:

установление соответствия их занимаемой должности;

выявление потенциальных возможностей их профессионального и служебного роста;

определение необходимости повышения квалификации и переподготовки.

В свою очередь, цели оценки значительно шире целей аттестации. Поэтому понятие «оценка» включает в себя понятие «аттестация». Термин «оценка» основывается на соответствии сотрудника организации основным квалификационным требованиям по занимаемой им должности, которые изначально определены в Едином квалификационном справочнике должностей служащих (ЕКСД); результативности и сложности выполняемой работы; определении участия сотрудника в решении поставленных руководством задач.

В настоящее время, в условиях ограниченного ресурсного обеспечения, особенно актуальной становится проблема достижения должного уровня профессиональной подготовки пилотов. Век развития компьютерных технологий позволил усовершенствовать технические средства, столь необходимые для приобретения и поддержания надлежащего уровня профессиональной подготовки авиационных специалистов. Совершенствование технических средств обучения, особенно тренажеров, как в плане моделирования динамики полета, так и в плане обеспечения реального воссоздания внекабинного пространства, становится неотъемлемым компонентом процесса обучения. Проблема повышения эффективности и оценки качества профессиональной подготовки авиационных специалистов в современных условиях решается путем применения инновационных комплексных учебно-тренировочных систем нового поколения (FFS – Full Flight Simulator), прохождение регулярных тренировок на которых значительно снижает количество ошибочных действий авиационных специалистов в их профессиональной деятельности.

Необходимость и периодичность прохождения подготовок, тренировок и проверок авиационных специалистов строго определены в Авиационных правилах организации и выполнения полетов в гражданской авиации Республики Беларусь, утвержденных постановлением Государственного комитета по авиации Республики Беларусь. Однако анализ руководящих документов, регламентирующих порядок определения уровня подготовки авиационных специалистов, показал некоторые

недостатки, которые неотвратимо приводят к невозможности объективной оценки качества профессиональной подготовки:

не прослеживается взаимосвязь профессиональной и методической подготовок с летной и тренажерной составляющей, что привело к отсутствию системы оценки результата деятельности обучающихся в процессе подготовки.

не определена значимость дисциплин, не обозначены приоритеты объема и последовательности их изучения как при первоначальной подготовке в процессе формирования профессионально значимых качеств, так и при повышении квалификации – в процессе поддержания приемлемого уровня компетентности авиационных специалистов для выполнения профессиональных задач.

отсутствует нормативно утвержденная система профессиональной оценки авиационного персонала, что влечет определенную долю субъективизма со стороны руководящего звена.

В результате, авиационные специалисты не всегда могут продемонстрировать свои профессиональные навыки на требуемом уровне, а в некоторых случаях, приобретенные знания не позволяют качественно выполнять профессиональные задачи в полном объеме. На данном этапе система профессиональной оценки авиационного персонала не отвечает современным требованиям, подвержена определенному субъективизму и проводится без системного подхода всеми организациями авиационной отрасли.

Одним из путей устранения указанных недостатков является разработка системы профессиональной оценки качества подготовки, учитывающей показатели, характеризующие деятельность авиационных специалистов.

Вторым путем станет – адаптация программ подготовки авиационного персонала требованиям организаций транспортной отрасли, что позволит улучшить качество обучения, усовершенствовать методики, подобрать лучших специалистов для преподавания и оценки качества подготовки. Следовательно, организации не придется изначально «доучивать и переучивать» молодого специалиста для выполнения им профессиональных задач на требуемом уровне.

Таким образом, нормативно установленная система профессиональной оценки подготовки персонала позволит решить такие задачи, как анализ и повышение качества профессиональной подготовки, контроль уровня готовности специалистов к выполнению профессиональных задач, выявление специалистов, способных проводить обучение подчиненных.

Методы оценки персонала должны выбираться исходя из поставленных целей и задач. К примеру, для определения уровня профессионализма персонала целесообразно проводить комбинированную оценку, включающую тестирование, интервьюирование и работу на «тренажерах». Методов и систем оценки персонала существует большое количество, но при выборе инструментов оценки персонала следует учитывать: минимальное влияние человеческого фактора во время оценки должно иметь приоритетное значение. Именно поэтому компьютеризированные методы оценки становятся более востребованными, т.к. позволяют свести субъективные оценки к нулю.

Для качественного выполнения оценочных работ и анализа полученных результатов кадровые службы должны иметь компетентных экспертов и обладать методической инструментальной базой. Исходя из этого, использование обобщенной системы профессиональной оценки качества подготовки авиационного персонала позволит всем субъектам авиационной сферы транспортной отрасли симбиотически функционировать.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федоренко, В.С. К вопросу об оценке уровня профессиональной подготовки авиационного персонала с применением технических средств / В.С. Федоренко, С.А. Галушка, Ю.Ф. Семоненко // Фундаментальные исследования. – 2015. - № 7-2. – С. 348-353.
2. Гетман, А.В. Методика оценки качества подготовки специалистов в условиях заданного множества оцениваемых элементов с учётом их ранжирования по степени важности / А.В. Гетман // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 2. – С. 25-28.

УДК 358.4

А.С. Семенов, В.С. Русаков

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», военный факультет

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ В ПОДГОТОВКЕ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ВВС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

На сегодня военно-воздушные силы (далее ВВС), являющиеся высокомобильным видом вооруженных сил, выступают как основное средство достижения стратегических целей военного конфликта.

Современные боевые действия характеризуются высокой динамичностью, внезапностью, непредсказуемостью в тактике противника, а также разно планоностью выполняемых авиацией боевых задач. Поступление на вооружение авиационных частей и

соединений комплексов нового поколения, эффективных систем и высокоточных средств поражения, совершенствование средств вооруженной борьбы и тактики противника изменяют характер и условия применения авиационных комплексов, выдвигают более высокие требования к качеству подготовки летных экипажей. Сущность этих требований состоит в необходимости выработки у летного состава умений и навыков грамотно и быстро оценивать обстановку в ходе подготовки и выполнения боевого полета, прогнозировать ее развитие, принимать и реализовывать рациональные решения с учетом возможностей авиационных комплексов и противодействия противника.

Вместе с тем, основным источником комплектования летными кадрами в ВВС, в настоящее время, выступают учреждения образования «Военная Академия РБ» и «Белорусская Государственная Академия авиации», которые являются неотъемлемой частью единой системы подготовки кадров для Вооруженных Сил Республики Беларусь.

Исследования системы подготовки летных кадров позволили выявить ряд противоречий, как в системе профессионального образования летного состава, так и в системе боевой подготовки.

В настоящее время уровень военно-профессиональной подготовки выпускника Военной Академии (готовности эффективно решать поставленные задачи в соответствии с предназначением) имеет ряд проблем.

Первая. Отсутствует мотивация к освоению летной профессии, считавшейся до недавнего времени престижной и героической. В Военной Академии отчисление обучающихся за цикл подготовки составляет до 20–30 %, и это при том, что стоимость подготовки одного летчика в десятки раз превосходит стоимость подготовки специалиста нелетного профиля.

Вторая. Государственный образовательный стандарт и квалификационные требования к военно-профессиональной подготовке выпускников предполагают получение такого объема и качества знаний, формирования умений и навыков военного специалиста, которые при имеющемся бюджете учебного времени реализовать достаточно сложно. Как следствие - снижение качества обучения.

Третья. Материально-техническая база не вполне позволяет полностью реализовать программу летной подготовки курсантов. Материально-техническая база отстает от уровня развития современной авиации.

Четвертая. Падение уровня натренированности летного и инженерно-технического состава приводит к ошибочным действиям в обслуживании и эксплуатации авиационной техники на

земле и в воздухе, к снижению безопасности полетов и в целом боевой готовности авиачастей.

Успешное выполнение военными летчиками возлагаемых на них задач требует твердого знания и строжайшего соблюдения правил полетов и эксплуатации воздушного транспорта, наземных сооружений. Малейшее отступление от установленных правил как в воздухе, так и на земле может привести к тяжелым летным происшествиям, авариям, катастрофам, сопровождающимся человеческими жертвами, причинением значительного материального ущерба государству и отдельным гражданам.

Статистика авиационных происшествий показывает, что различного рода инциденты с летательными аппаратами происходят ежегодно.

Таким образом, в системе профессионального образования летного состава Военной Академии существуют противоречия. С одной стороны, с возрастанием роли авиации в современной вооруженной борьбе, усложнением военно-профессиональной деятельности летного состава повышаются требования к профессиональным и личностным качествам выпускников, с другой, в силу вышеназванных причин система профессионального образования не в полной мере сможет обеспечить требуемый уровень профессиональной подготовки будущих летчиков, а соответственно, и удовлетворить реальную потребность ВВС в высококвалифицированном летном составе.

Содержание и направленность профессиональной подготовки летного состава, представляющей собой сложный многоуровневый процесс, изначально осложненный недостаточно обоснованными реформами последних десятилетий, должны соответствовать требованиям, выдвигаемым современными условиями ведения вооруженной борьбы в интересах обеспечения национальной безопасности РФ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1.Эминов, В.Е. Предупреждение авиационных происшествий.: учеб. пособие / В.Е. Эминов. – М.: ВЮЗИ, 1990. – 220 с.
2. Эминов, В.Е. Неосторожная преступность военнослужащих. Уголовно-правовой и криминологический анализ / В.Е. Эминов, И.М. Мацкевич. – М.: Пенатес-пенаты, 2000. – 128 с.
3. Одегард, Д. Подготовка высококвалифицированных пилотов с помощью новых методов обучения / Д. Одегард // Журнал ИКАО. – 1994. - № 2. – С. 29-33.
4. Петрунин, С.В. Организация процесса подготовки летного состава авиакомпаний в зависимости от сложности программы / С.В. Петрунин, Л.Г. Большедворская // Научный МГТУ ГА. – 2011. - № 167. – С.21-26.

5. Рухлинский, В.М. Управление рисками в системе обеспечения безопасности полетов / В.М. Рухлинский // Авиасоюз. – 2008. - № 1 (19). - С. 16-17.

6. Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации. Управление безопасностью полетов. – Монреаль: ИКАО, 2013. – 120 с.

УДК 004.416

Н.И. Сёмкина, А.П. Бичан

Белорусская государственная академия авиации

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

В работе представлен проект по разработке мобильного приложения расписания учебных занятий в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации» (БГАА).

В настоящее время расписание учебных занятий академии выкладывается на официальном сайте как документ в формате PDF(англ. Portable Document Format). Данный формат нельзя назвать удобным и соответствующим духу времени. Также следует отметить, что PDF статичный формат, т.е. в него нельзя удобно внести изменения, в то время как расписание учебных занятий, в течении учебного года, может изменяться и дополняться, в таком случае, поиск конкретной информации так же затруднен. Еще одним недостатком размещения учебного расписания на сайте академии можно назвать сложность в его навигации: нужно войти в интернет; открыть сайт БГАА; там искать подпункт «расписание» и только потом выбрать свою группу; затем, пролистав текст, найти требуемую информацию. Как видим, существующий подход, требует визуального поиска информации, что занимает немало времени.

В Flurry Analytics утверждают, что пользователи тратят 90% времени на взаимодействие со своим мобильным устройством именно в приложениях. Специалисты полагают, что сейчас наступил «век мобильных приложений».

Достоинством мобильного приложения расписания учебных занятий является разработка запросов быстрого поиска расписания учебных занятий:

- по номеру учебной группы;
- по дате;
- по фамилии преподавателя;
- по названию учебной дисциплины.

Все это позволит оперативно и быстро получать информацию о расписании учебных занятий не только курсантам, но и

преподавателям, формируя актуальное расписание учебных занятий, по заданному критерию. В последствии можно будет доработать отдельный режим мобильного приложения, который позволит сохранять личные заметки, комментарии, касательно расписания учебных занятий.

Проект написан на объектно-ориентированном языке программирования Java, этот язык выбран по следующим причинам:

- язык программирования Java является официальным языком для разработки в операционной системе Android и поддерживается средой разработки приложений Android Studio [1];
- язык программирования Java современный язык, соответствующий всем паттернам(шаблонам) объектно-ориентированного программирования;
- В Республике Беларусь подавляющее большинство мобильных девайсов использует именно операционную систему Android.

Для использования мобильного приложения пользователю необходимо:

- иметь смартфон на базе операционной системы Android;
- иметь доступ в интернет в момент установки мобильного приложения и загрузки расписания учебных занятий.

Предлагаемое мобильное приложение конечно имеет и ряд недостатков, некоторые из которых могут быть устранены в процессе дальнейшей доработки, например, мобильное приложение расписания учебных занятий не будет доступно пользователям устройств на базе операционных систем IOS, Windows, или при отсутствии интернета при загрузке и обновлении приложения.

Эти недостатки могут быть решены за счет функционала самих смартфонов, при использовании технологии Bluetooth; за счет установочного файла, который позволит передавать приложения напрямую между устройствами; так же в процессе эксплуатации можно добавить возможность экспорта расписания учебных занятий в файл, который можно будет передавать на другие устройства.

Проект мобильного приложения имеет целый ряд преимуществ перед существующим вариантом размещения расписания учебных занятий на сайте БГАА:

- возможность оперативной корректировки действующего расписания учебных занятий;
- возможность внесения временных корректировок для отдельных занятий, как-то изменения их порядка или места проведения.

Для реализации проекта необходимы:

- персональный компьютер с установленным на нем системой программирования Android Studio;
- Google аккаунт (для упрощения разработки приложения можно создать версию расписания учебных занятий академии в Google календаре, а потом использовать предоставленное им API (англ. Application Programming Interface, – интерфейс программирования создания приложений) для получения этой информации);
- устройство для тестирования приложения (Android Studio обладает встроенным эмулятором, но подобный способ подходит для разработки приложения, но не для проверки его работоспособности).

В качестве альтернативного способа создания мобильного приложения расписания учебных занятий можно: использовать приложение Google календарь; предложить создать дополнительный эндпоинт (обращение к маршруту отдельным HTTP (англ. HyperText Transfer Protocol – «протокол передачи гипертекста») методом) на базе сайта, при запросе на который будет отдаваться расписание в необходимом виде JSON (англ. JavaScript Object Notation) объекта, на языке XML и т.п. Использование существующего решения, предоставленного Google сервисами, существенно упростит процесс разработки, а так же предоставит администрации БГАА, или ответственным лицам, возможность легко редактировать расписание учебных занятий академии, так как такой способ не требует специальных знаний в программировании.

Следует отметить, что подобные приложения реализованы студентами многих ведущих учебных заведений нашей страны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Якимова, Е. На чем пишут приложения для Android [Электронный ресурс] / Е. Якимова. – Режим доступа: <https://livetyping.com/ru/blog/na-chem-pishut-prilozheniya-pod-android>.

УДК 008

У.М. Сівіцкі, Н.В. Сівіцкая

Беларуская дзяржаўная акадэмія авіяцыі,

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт фізічнай культуры

ВЫХАВАЎЧЫ ПАТЭНЦЫЯЛ ГРАМАДСКАЙ ТРАДЫЦЫІ БЕЛАРУСАЎ У СУЧАСНЫХ КАНТЭКСТАХ БЫЦЦЯ НАРОДА

На сучасным этапе, зрэшты, як і ва ўсе часы, фарміраванне ўсебакова развітай, творча-крэатыўнай асобы, патрыёта і грамадзяніна немагчыма без далучэння індывіда да этнакультурнай

традыцыі, традыцыйнай матэрыяльнай і духоўнай культуры свайго народа, звароту да традыцыйнай аксіясферы нацыі. Пры гэтым задачай любой сістэмы адукацыі з’яўляецца найперш адэкватная сацыялізацыя асобы і ў першую чаргу грамадская сацыялізацыя. Актуальнасць этнакультурна матываванага выхавання асобы значна ўзрастае ў сувязі з узмацненнем працэсаў глабалізацыі, плюралізацыі, лібералізацыі культуры, якія аб’ектыўна прыводзяць да крызісу ідэнтычнасці, страты асобай сваёй сацыякультурнай аўтэнтычнасці, касмапалітычнага светаадчування.

Тым часам усведамленне важнасці традыцыйных народна-культурных каштоўнасцей у паўсядзённым жыццядзейнасці асобы і соцыума ў цяперашнім беларускім грамадстве, як і ў свеце ў цэлым, сціраецца. Чалавек усё больш і больш схільны да таго, каб кіравацца нейкімі ўсярэдненымі, масавымі, абагульненымі, нівеліраванымі каштоўнасцямі заходняга або, наадварот, усходняга цывілізацыйнага ўзору. У сувязі з гэтым у Канцэпцыі нацыянальнай бяспекі Рэспублікі Беларусь крызіс у грамадстве традыцыйных культурных каштоўнасцей, «изменение шкалы жизненных ценностей молодого поколения в сторону ослабления патриотизма и традиционных нравственных ценностей» [1, раздз. 3, гл. 5, арт. 32] разглядаецца як адна з унутраных крыніц пагрозай бяспекцы краіны. Да ўнутраных крыніц пагрозай нацыянальнай бяспекцы Рэспублікі Беларусь аднесена «утрата значительной частью граждан традиционных нравственных ценностей и ориентиров, попытки разрушения национальных духовно-нравственных традиций и необъективного пересмотра истории, затрагивающие данные ценности и традиции» [1, раздз. 3, гл. 4, арт. 27]. Менавіта таму сярод мер па нейтралізацыі знешніх і ўнутраных пагроз у сацыяльнай сферы ў Канцэпцыі нацыянальнай бяспекі ўказваецца на неабходнасць духоўна-маральнага выхавання грамадзян, «в том числе путём развития идеологии белорусского государства, основанной на традиционных ценностях нашего общества» [1, раздз. 4, гл. 8, арт. 52].

У этнапедагогіцы беларусаў заўсёды ў той ці іншай форме аказвалася мэтанакіраванае ўздзеянне на асобу найперш праз выхаванне і навучанне ў полі і ў кантэксце грамадскай традыцыі. У традыцыйным соцыуме грамадскай традыцыі, наогул, належала надзвычай важная роля, паколькі гэта дапамагала падтрымліваць пэўныя нормы, правілы, устанаўленні і каштоўнасці, якія вызначалі паводзіны людзей у калектыве – як у сям’і, так і па-за ёй, – выконваючы, такім чынам, функцыю сацыякультурнай рэгуляцыі асобы. Сёння ўжо нікім не аспрэчваецца тэзіс аб тым, што фарміраванне фундаментальных структур грамадскай свядомасці, маральнасці і духоўнасці індывіда ў першую чаргу забяспечвала

народная грамадская традыцыя – праз нацыянальную мову, гісторыю, культуру.

Народная грамадская традыцыя – гэта сукупнасць сістэмных, устойлівых форм грамадскай дзейнасці этнасу, якія перадаюцца ад пакалення да пакалення (па традыцыі) і ўтвараюць неабходную сувязь паміж пакаленнямі соц്യума, звязваючы сацыяльнае жыццё этнасу ў адзінае цэлае. Грамадская традыцыя народа мае сваю пэўную структуру. Яе складаюць: грамадскія звычаі і абрады; грамадскія норавы; грамадская думка; звычайнае права; грамадскі ікантроль; грамадская адказнасць.

Магутнае выхаваўчае ўздзеянне на асобу аказвала *грамадская думка*, якая выступала галоўным рэгулятарам паводзін чалавека ў традыцыйным соц്യуме. Грамадская думка згуртоўвала калектыв, наглядна дэманструючы высокі аўтарытэт народнага маральна-этычнага кодэкса, які патрабаваў ад кожнай асобы адказнасці не толькі за свае паводзіны, але і за ўчынкi іншых членаў сям'і, грамады. Індывід у сям'і і грамадзе павінен быў суадносіць свае ўчынкi з існуючымі правіламі поведзін, выконваючы гэтыя правілы няўхільна, каб не папасці пад негатыўнае абмеркаванне, асуджэнне грамадскай думкай. Як інструмент выхаваўчага ўздзеяння на асобу, грамадская думка выкарыстоўвала такія прыёмы народнай педагогікі, як кпіны, асуджэнне, ігнараванне, грэбаванне, выгнанне з грамады. Эфектыўнасць грамадскай думкі заключалася ў тым, што чалавек не мог не толькі псіхалагічна, але і фізічна існаваць, калі ўступаў у канфлікт з грамадой і яе прадпісаннямі. Рэгулятарам паводзін тут выступалі таксама *грамадскія норавы* – прынятыя ў тым ці іншым мікрасоц്യуме пэўныя асаблівыя нормы маралі.

Грамадская адказнасць, як элемент народнай грамадскай традыцыі, аб'ядноўваючы соц്യум, фарміравала неабходнае для асобы ўласна пачуццё адказнасці за свае ўчынкi, як і пачуццё калектывнай адказнасці, сацыяльнай салідарнасці, калектывізму. З маленства ў свядомасці чалавека закладвалася ўяўленне, што ён – частка агульнага арганізму сям'і, грамады, што змолату трэба берагчы добрае імя свайго роду-племёні, вясковай супольнасці і г.д. Справадліва лічылася: калі з дзіцячых гадоў чалавек не прывыкне кіравацца нормаўмі грамадскай маралі, то ў будучым сітуацыя можа толькі пагоршыцца.

Грамадская адказнасць падмацоўвалася эфектывай *сістэмай сацыяльнага кантролю*, які традыцыйна ажыццяўляўся ў сям'і і сельскай грамадстве і прадугледжваў пры выяўленні парушэнняў і злачынстваў шэраг санкцый: біццё дубцамі, прыкоўванне да ганебнага слупа, ваджэнне з украдзенай рэччу на шыі па сялу, канфіскацыю маёмасці, арышт, выгнанне, смяротнае пакаранне. Паколькі выкананне караючых мер уздзеяння ажыццяўлялася прылюдна і кожны член грамады меў права выказаць свае адносіны

да пакаранага, то ў межах грамадскай адказнасці спрацоўваў таксама механізм грамадскага асуджэння.

Жыццё традыцыйнага соцыума беларусаў строга рэгулявалася і нормамі *звычаёвага права* – “няпісанымі” правіламі сацыякультурнага ўладкавання грамадства, вуснымі прадпісаннямі, якія перадаваліся ад пакалення да пакалення і нарматыўна арганізоўвалі жыццё людзей.

Такім чынам, народная грамадская традыцыя ўяўляе сабой сацыякультурны арыенцір соцыума і адыгрывае вялікую ролю ў перадачы падрастаючаму пакаленню вытворчага, духоўнага вопыту, ідэалогіі пэўнага грамадства.

Устойлівыя грамадскія традыцыі спрыялі правільнай сацыялізацыі асобы, яе інтэграцыі ў грамадства, засваенню чалавекам разнастайных сацыяльных роляў, выкананню пэўных абавязкаў і авалодванню пэўнымі правамі ў адпаведнасці з сацыяльным статусам.

Зварот да грамадскай традыцыі народа ў выхаваўчым працэсе ў наш час – рэч найактуальнейшая, паколькі ў першую чаргу аўтэнтычная грамадская традыцыя народа вызначае спецыфіку нацыянальнай мадэлі грамадскага выхавання асобы, забяспечвае дакладнасць і адэкватнасць гэтай мадэлі. Адсутнасць народнай грамадскай традыцыі ў тым ці іншым грамадстве на дадзены час спараджае шмат праблем у выхаванні і навучанні падрастаючага пакалення. У гэтым выпадку могуць назірацца сістэмныя збоі ў быцці соцыума – нарастаць абыякавасць і недавер людзей адзін да аднаго, губляцца стабільнасць інстытута сям’і, выяўляцца сацыяльная апатыя і інш.

Захаваанне і глыбокае веданне культурнай спадчыны беларусаў дапаможа так выхоўваць падрастаючае пакаленне, каб яно несла ў сабе ўсё станоўчае, што было апрабавана нашым народам на працягу многіх стагоддзяў.

СПІС ВЫКАРЫСТАНЫХ КРЫНІЦ

1. Концепция национальной безопасности Республики Беларусь: утв. Указом Президента Республики Беларусь, № 575, 9 ноября 2010 г. – Минск: Белорусский Дом печати, 2011. – 47 с.

**КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ГРУППЫ
ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ЛИЧНОСТНЫХ КАЧЕСТВ
СПЕЦИАЛИСТОВ РУКОВОДЯЩЕГО СОСТАВА
ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ**

Значительное усложнение вооружения и техники, военных технологий и особенностей ведения современного боя привело к востребованности в Вооруженных силах Российской Федерации военных специалистов, владеющих в совершенстве профессиональными приёмами, действиями и операциями, способных проводить анализ сложных ситуаций, прогнозировать изменения обстановки, предугадывать замысел и действия противника, принимать решения и добиваться эффективной его реализации. Кроме того, высокий уровень выполнения своих должностных обязанностей, профессиональная мобильность, готовность к непрерывному обновлению знаний, творческая самореализация в профессии являются магистральными направлениями воспитания и образования офицерских кадров. Следовательно, военно-образовательная деятельность, направленная на развитие профессионально-личностных качеств (ПЛК) офицера, – задача важная и актуальная.

В науке определено, что ПЛК являются характеристиками интеллектуальной, эмоциональной, волевой и духовно-нравственной сторон личности, определяющими успех профессиональной деятельности. Профессиональное и личностное развитие – неотделимо друг от друга, это то, что детерминирует оптимальную стратегию профессиональной жизнедеятельности.

Профессиональная составляющая определяет действия на основе системной совокупности знания, умения, навыка и опыта, которые приобретаются в ходе профессиональной подготовки. Личностная составляющая определяется направленностью и целесообразностью такой готовности и дальнейшей профессиональной деятельности. ПЛК характеризуют структуру личности, определяющую успешность деятельности и развиваются на основе личностных свойств, специальных способностях, мотивации к профессиональной деятельности.

Анализ исследований по заявленной проблеме показал, что доминантные качества, обеспечивающие операциональную сторону военного профессионализма (по А.А. Деркачу [4], В.Г. Зазыкину [5]), имеют компетентностный характер. Такие качества позволяют эффективно решать профессиональные организационно-

управленческие задачи, реализуя предметно-профессиональную составляющую на основе опыта, умений и практико-ориентированных знаний. На основе профессиографической экспертизы профессиональной деятельности, анализа квалификационных требований, ФГОС, рабочей программы мы определили эти качества, отражающие ключевые компетенции специалистов руководящего состава инженерно-авиационной службы (РС ИАС), представленные **организационно-управленческими, эксплуатационно-техническими и оценочно-прогностическими способностями.**

Организационно-управленческие способности включают:

- способность управлять обеспечением требуемого уровня готовности к профессиональной деятельности и к боевому применению АТ;

- способность организовывать и управлять ИАО БП и БД АСЧ;

- способность организовывать контроль за выполнением нормативных требований по поддержанию исправности и безопасности полетов в ходе эксплуатации АТ;

- способность организовывать взаимодействие ИАС с частями других родов ВС РФ и другими типами обеспечения при подготовке и ведении БД.

Эксплуатационно-технические способности подразумевают:

- способность эффективно использовать боевые, эксплуатационные возможности АТ в различных обстановках;

- способность осуществлять эксплуатационно-восстановительные мероприятия ВВСТ.

Оценочно-прогностические способности заключаются:

- в способности оценивать обстановку, делать заключение по каждому компоненту обстановки на основе прогнозирования ее развития, обоснованные расчетами по эффективности использования сил и средств, в процессе подготовки и в ходе БД;

- в способности выполнять расчеты по ИАО БП и БД АСЧ.

Изменчивость ситуаций в деятельности специалистов РС ИАС создает режим дефицита времени, что требует системно-прогностического мышления, позволяющего оперативно «включаться» в обстановку, повышать скорость мыслительных процессов, принимать решения в лимитированное время, быстро переключаться от понимания к действию и наоборот.

Особенность системно-прогностического мышления специалиста РС ИАС заключается в способности решить как «готовые» задачи, так и их правильно дифференцировать, ставить и формулировать, т.е. способности увидеть проблему, выделить

среди остальных задачи, требующие безотлагательного решения, что важно в контексте работы командира с подчиненными.

Глубокие знания о тактике противника, анализ и синтез обстановки, сочетание конкретной ситуации с боевым опытом позволяют командиру правильно предвидеть ход событий. Таким образом, важнейшим ПЛК специалиста РС ИАС является развитое **системно-прогностическое мышление**, позволяющее командиру видеть как отдельные элементы, так и обстановку в целом, понимать их взаимосвязь в ходе развертывания ситуации с целью целесообразного принятия решений.

Системно-прогностическое мышление связано с практическим интеллектом как основой лидерства в офицерском коллективе. Умение творчески решать профессиональные проблемы, эмоциональная стабильность и стрессоустойчивость являются важными показателями профессиональной и психологической компетентности.

Важность совершенствования **лидерских качеств** офицера-руководителя подчеркивали многие ученые. Так, А.Н. Ашихмин [2] рассматривал лидерство в процессе нервно-психической и физической нагрузки на основе исполнительности, коммуникабельности, товарищеской взаимопомощи, уверенности в себе, инициативе, упорства, решительности, ответственности, честности, справедливости, смелости и т.д.

Отсюда следует, что *лидерские качества* специалиста РС ИАС проявляются в совершенствовании способности командира обеспечить системное взаимодействие с подчиненными должностными лицами, способствующее эффективному решению конкретных задач с целью достижения единой цели. Данная способность реализуется в полной мере при условии, если офицер РС ИАС владеет чувством ответственности, надежности и уравновешенности, организаторским чутьем, психоаналитическими и рефлексивными способностями, психологическим воздействием на подчиненных, способностью сочетать требовательность с заботливым, справедливым и уважительным отношением к личному достоинству, способностью к нестандартному решению проблемы, коммуникативными способностями.

Таким образом, целенаправленное совершенствование лидерских качеств специалистов РС ИАС является важнейшим ПЛК и способствует эффективному повышению качества профессионального развития, стремлению к саморазвитию и самореализации, которые являются средством достижения наивысшей точки профессионализма офицера.

В понимании Г.М. Коджаспировой [7] саморазвитие представляет собой специально организованную, самостоятельную, систематическую познавательную деятельность, а А.К. Громцевой

[3] – регулируемую самим обучающимся деятельность, направленную на улучшение собственного образования.

Самореализация представляет собой реализацию имеющегося потенциала, желаний, способностей, своего жизненного пути; связано с реализацией уже существующего, сегодняшнего. *Самоактуализация* – раскрытие личностного потенциала, личностный рост человека, естественное развитие заложенного природой; связано с актуализацией потенциала, будущего. Таким образом, это – две неразрывные стороны процесса личностного роста человека, максимально раскрывшего и использующего свой потенциал.

Теоретико-методологический анализ показал, что во главу угла проблемы саморазвития и самоактуализации личности специалиста РС ИАС лежит вопрос мотивации. Мы согласны с Л.И. Анцыферовой [1] в том, что истоком внутреннего начала человека является его способность произвольно формулировать новые мотивы. Саморазвитие является самоценным процессом, обладающим собственной стимулирующей силой.

Таким образом, на основе вышесказанного мы приходим к выводу о том, что важнейшими ПЛК специалиста РС ИАС являются **внутренняя мотивация к саморазвитию и самоактуализации, а также способность выстраивать индивидуальную траекторию развития**, отражающую ценностную морально-нравственную ориентацию офицера.

Нравственный аспект деятельности офицера формирует образ современного офицера, влияет на целесообразность принятия им решений и **личностную саморегуляцию поведения** как важнейшего ПЛК специалиста РС ИАС.

По мнению В.А. Нагорной [9], личностная саморегуляция поведения отражает способность индивида осуществлять регулирование своего взаимодействия с социальной средой. Она регулируется в единстве энергетического, динамического и содержательно-смыслового аспекта. Личностная саморегуляция состоит из самооценки, уровня нервно-психической стабильности, а также наличия социального одобрения; является замкнутым контуром регулирования системы и представляет собой информационный процесс, различные формы которого отражают действительность. Данные компоненты отражают потребности, мотивы, эмоциональный фон, самосознание, «Я-концепцию»

Таким образом, личностная саморегуляция – это приведение своих поступков в соответствие со стандартами общественно-профессиональной морали. Одним из наиболее важных личностных феноменов саморегуляции является нравственная саморегуляция – процесс, когда личность анализирует оказываемое на нее влияние и вырабатывает свое собственное отношение к нему. Следовательно,

нравственная саморегуляция представляет собой не только отдельные поступки, но и позволяет человеку формировать себя как личность на основе многоуровневой системы внутренних механизмов, обеспечивающих связь между общественно-профессиональными нормами и поведением. Таким образом, личностная саморегуляция поведения осуществляется посредством осознания и переживания этих норм.

В контексте нашего исследования интересны взгляды Н.С. Костоусова [8], полагавшего, что именно в поведении человека проявляются морально-нравственные качества.

Известный русский православный мыслитель И.А. Ильин [6] подчеркивает эфемерность воинской силы армии без достоинства и чести. Раскрывая религиозно-нравственную и патриотическую сторону русского офицерства, он говорит о важности любви военного человека к «Вере, Государю, России, Закону и Добру». Эта любовь проявляется в способности к самопожертвованию, верности воинскому долгу, патриотизме. Это не раз подчеркивал в своих трудах М.И. Драгомиров: «Выше всего... стоит готовность страдать и умирать, т. е. самопожертвование... Оно дает силу претерпеть до конца, принести Родине жертву высшей любви».

В нашем понимании, вера – это чувство уверенности в то, что с надеждой ожидается, подтверждение того, что не осязается; воинский долг представляет собой нравственно-правовую норму поведения военнослужащего; патриотизм – нравственно-политический принцип, отражающий чувство любви к Родине и готовность пожертвовать собственными интересами ради интересов Отечества.

Таким образом, в контексте нашего исследования утверждение, сформулированное М.И. Драгомировым, позволило нам сделать вывод о том, что одним из важнейших ПЛК специалиста РС ИАС является **осознание внутренней связи веры, воинского долга и патриотизма**, которое позволяет исполнять воинский долг с позиции духовности, придерживаться нравственной чистоты, честности, правдивости, трудолюбия, скромности, достойного поведения в быту и в семейных отношениях.

На основе вышеизложенного, предлагается определить ПЛК специалиста РС ИАС как комплекс индивидуальных свойств офицера, включающий компетентностную, мотивационно-прогностическую, морально-поведенческую группу и позволяющий эффективно выполнять функциональные обязанности с целью повышения уровня организации ИАО БП и ведения БД авиационных соединений и частей.

ПЛК *компетентностной* группы являются *организационно-управленческие, эксплуатационно-технические, оценочно-*

прогностические, лидерские способности, системно-прогностическое мышление.

В состав ПЛК **мотивационно-прогностической** группы входит *внутренняя мотивация к саморазвитию и самоактуализации, а также способность выстраивать индивидуальную траекторию развития.*

Морально-поведенческими ПЛК нами определена *личностная саморегуляция поведения и осознание внутренней связи веры, воинского долга и патриотизма.*

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анцыферова, Л.И. Развитие личности и проблемы геронтопсихологии [Текст] / Л.И. Анцыферова. – М.: «Когито-Центр», 2006. – 512 с.
2. Ашихмин, А.Н. Развитие профессиональных лидерских качеств у курсантов вузов МВД России средствами физической подготовки и спорта [Текст]: автореф. дис. ... кандидата пед. наук: 13.00.01 / Ашихмин Алексей Николаевич. – СПб., 2006. – 24 с.
3. Громцева, А.К. Проблема самообразования учащихся на современном этапе развития советской школы [Текст]: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.01 / Громцева Ангелина Константиновна. – М., 1977. – 43 с.
4. Деркач, А.А. Акмеология [Текст]: учебник. / Международный акмеологический ин-т: под ред. А.А. Деркача. – М.: РАГС, 2004. – 299 с.
5. Зазыкин, В.Г. Психология проницательности [Текст] / В.Г. Зазыкин. – М.: Изд-во РАГС, 2002. – 130 с.
6. Ильин, И.А. Собрание сочинений / И.А. Ильин; сост. Ю.Т. Лисица. – М.: Русская книга, 1994. – Т. 4. – 613 с.
7. Коджаспирова, Г.М. Педагогическая антропология: Учебное пособие [Текст] / Г.М. Коджаспирова. – М.: Гардарики, 2005. – 287 с.
8. Костоусов, Н.С. Педагогические основы нравственного воспитания учащихся лица милиции [Текст]: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01 / Костоусов Николай Степанович. – Екатеринбург, 1999. – 170 с.
9. Нагорная, В.А. Педагогические условия формирования саморегуляции у учащихся старших классов общеобразовательной школы [Текст]: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01 / Нагорная Виктория Анатольевна. – Курган, 1999. – 175 с.

УДК 378.147.88

А.Д. Сорокин, С.С. Попов

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВЫПОЛНЯЕМЫХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ КУРСАНТОВ

Из существующих форм реализации учебно-воспитательного процесса подготовки кадров с высшим образованием, имеющих

высокий потенциал внедрения компетентностного подхода, является выполнение курсантами научно-исследовательских работ и разработка выпускных квалификационных работ.

Это обусловлено тем, что целью научной работы курсантов является создание условий для реализации их творческих способностей, развитие их социально-психологической компетентности для работы в научных коллективах, активного включения в научно-исследовательскую деятельность вуза, а также повышения качества подготовки специалистов с высшим образованием и развитие научного потенциала.

В образовательном процессе важнейшими задачами научно-исследовательской работы являются:

- овладение курсантами в процессе обучения научными методами познания, углубленное и творческое освоение учебного материала, ориентация на постоянный рост научного знания;

- содействие всестороннему развитию личности, ознакомление с мировыми достижениями науки и техники;

- формирование навыков самостоятельного решения актуальных научных и технических задач в ходе учебно-воспитательного процесса подготовки кадров с высшим образованием;

- формирование творческих, инновационных подходов к организации и проведению научных исследований и направленности на практическое освоение результатов научной деятельности.

В свою очередь, выполнение выпускных квалификационных работ имеет целью систематизировать и расширить знания, умения и навыки обучающихся в решении сложных комплексных задач с элементами исследований, а также определить уровень их подготовленности к выполнению должностных обязанностей в соответствии с полученной специальностью (направлением) подготовки. Выпускная квалификационная работа выполняется на заключительном этапе обучения в вузе в виде дипломной работы, дипломного проекта или магистерской диссертации.

В дипломных проектах и работах должны правильно сочетаться учебные цели и практическая значимость.

Таким образом, тематика выпускных квалификационных работ должна отвечать следующим требованиям:

- быть актуальной, отвечать современному состоянию развития науки и техники;

- отражать тенденции развития и совершенствования военной техники, методов её эксплуатации и способов боевого применения;

- быть направленной на дальнейшее повышение надежности, боевой эффективности военной и специальной техники, отвечать требованиям дальнейшего улучшения военно-профессиональной

подготовки выпускников и максимальной связи с конкретными практическими задачами, решаемыми в войсках;

учитывать итоги и тематику курсового проектирования, а также результаты проведенных курсантами научных работ и экспериментов, если они связаны с задачами работы над ВКР.

УДК 004.946

В.А. Станкевич

Белорусская государственная академия авиации

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО- ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ КУРСАНТОВ В УСЛОВИЯХ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ (УЧЕБНОЙ ИМИТАЦИИ РЕАЛЬНОСТИ)

Актуальность исследования. В настоящее время внедрение новых информационных технологий в систему образования движется вперед довольно медленно, хотя за последнее десятилетие шаг в эту сторону сделан огромный.

Использование компьютерных виртуальных аналогов в обучении стало одним из важнейших достижений в мировой образовательной деятельности последнего десятилетия. Развитие новых информационных технологий и внедрение их в процесс образования, несомненно, влияет на развитие личности современного учащегося, его восприятие окружающего мира.

Термин Augmented Reality (AR), который переводится как «дополненная реальность», был впервые предложен в 1990 г. исследователем Томом Коделом, который работал на корпорацию Boeing. О сути понятия «дополненная реальность» говорит само название – это технологии, которые дополняют реальность виртуальными элементами. Несомненно, – огромный прорыв и в способе подачи образовательного материала, и в усвоении информации учащимися.

Эффективность ее использования подтверждается различными тестами и экспериментами, которые показывают прекрасные результаты. К примеру, был проведен ряд экспериментов, при которых одной группе во время уроков демонстрировали наглядный материал с AR, а второй группе – обычные плакаты и схемы. Было выявлено, что в той группе, где использовалась дополненная реальность, процент усвоения информации приблизился к 90 %, возрос уровень дисциплины и удавалось удержать внимание порядка 95 % аудитории, тогда как в группе с двумерными пособиями все показатели были вдвое и втрое меньше. Также было выявлено, что трехмерное изображение стимулирует мышление, развивает моторику, мимику, внимание и повышает

степень усвоения, запоминания и, что самое главное, понимания информации.

Само понятие дополненной реальности возникло в военной сфере в США, когда были разработаны первые системы, представляющие собой специализированные шлемы для военных летчиков; на них проецировалась информация о показаниях приборов в удобном виде, позволявшая пилоту не отвлекаться на приборную панель.

Исследователь Рональд Азума в 1997 году определил дополненную реальность как систему, которая :

- совмещает виртуальное и реальное;
- взаимодействует в реальном времени;
- обеспечивает трёхмерное представление объектов.

Почему же так эффективно воздействует дополненная реальность на образовательный процесс человека? Один из важных моментов заключается в том, что AR создает эффект присутствия, очень ясно отображает связь между реальным и виртуальным миром. 3D-изображение позволяет визуально проникнуть в иную, виртуальную реальность, что, безусловно, психологически привлекает человека и активизирует его внимание и восприимчивость к информационной составляющей. Вне зависимости от изучаемого предмета дополненная реальность помогает повысить его привлекательность для учеников любого возраста и увеличивает мотивацию к получению знаний.

При использовании дополненной реальности учащиеся могут управлять объектами AR, перемещать их, поворачивать, изменять масштаб, рассматривать с разных сторон – это дает большой импульс к развитию пространственного мышления, позволяет воспринять изучаемый предмет полнее и глубже, повышая уровень познания. За счет того, что визуальная или аудиальная информация подается синхронно с тем, что происходит в реальности, создается полное погружение в информационную ситуацию и активизируется ее восприятие. Учащиеся могут с равной степенью достоверности восприятия увидеть во всех подробностях современные образцы авиатехники, авиационную аппаратуру, «внутренности» самолета, которые в реальных условиях сделать довольно проблематично.

Военно-промышленная корпорация Lockheed Martin (США), выпускающая авиационную технику, ввела в арсенал своих инженеров очки дополненной реальности со специально разработанным приложением. С их помощью значительно упростилась задача информационной поддержки специалистов – в процессе сборки техник видит на экране данные о том, куда и как требуется подключить необходимую деталь. Ошибиться стало почти невозможно! И мониторинг результатов это подтверждает: канадская компания NGRain, которая занималась внедрением

этого оборудования, заявляет, что благодаря такому решению рабочие тратят на 30 % меньше времени для выполнения задач, а точность труда повысилась на целых 96 %.

Обучение с использованием дополненной реальности имеет также и материальные плюсы: отпадает необходимость в производстве и использовании громоздких плакатов, стендов, досок и прочих наглядных пособий, сократятся расходы на печать некоторых учебников. Размещенный перед камерой двумерный маркер, с которого считывается и анализируется вся информация, – вот и все, что необходимо для получения эффекта дополненной реальности.

Сейчас дополненная реальность присутствует практически на всех устройствах, от смартфонов до компьютеров со встроенными камерами. Поэтому с учетом доступности гаджетов практически для всех слоев населения технический вопрос использования AR в образовании упирается только в выбор и внедрение конкретной, унифицированной платформы, на которой будет осуществляться весь процесс образования.

Доктор Женестьева Белл (Genevieve Bell), антрополог и Intel Fellow (звание, которое корпорация Intel присваивает сотрудникам, внесшим наибольший вклад в процветание компании – прим. ред.), работающая на пересечении культурных практик и внедрения технологий, описывает мир, в котором мы вовлечены в более близкие отношения со своими устройствами, чтобы те заботились о нас, предвосхищая наши потребности и даже делая некоторые вещи от нашего имени, почти как невидимый помощник.

Но готовы ли мы доверить большую часть своей жизни новым AR-возможностям интеллектуальных устройств?

Джон Рейнфранк (John Rheinfrank) описал условия, в которых пользователи взаимодействуют с адаптивной системой для «строительства миров, совместно участвующих во взаимном развитии наших индивидуальных и коллективных способностей». Он описывает это как миры, которые меняются, «чтобы узнать наши возможности, чтобы предвидеть то, какими они должны быть и какими хотим видеть их мы».

Анализируя современную ситуацию с внедрением дополненной реальности в систему образования, стоит отметить, что сейчас, к сожалению, нет четкого движения в этом направлении и конкретных программ, позволяющих внедрять AR-технологии на местах обучения. Как уже было упомянуто, консервативная направленность образовательной системы и невосприимчивость преподавателей и руководства учреждений образования к новым технологическим идеям тормозят развитие и использование в области образования такой полезной и революционной технологии, которая могла бы помочь значительно ускорить процесс

восприятия и повысить эффективность обучения. Тем не менее многие специалисты в области информационных технологий сходятся во мнении, что будущее дополненной реальности в различных областях нашей жизни имеет довольно радужные перспективы, а AR-технологии в образовании рано или поздно выведут нашу систему образования на качественно новый уровень.

УДК 17.022.1

О.Л. Шашкевич

Институт философии Национальной академии наук Беларуси

К ПРОБЛЕМЕ ВЗАИМОСВЯЗИ УСТАНОВОК ПАТРИОТИЗМА С ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТЬЮ

Профессиональная идентичность – одно из проявлений социальной идентичности. Студенческий возраст является ключевым в ее становлении. В целом, от сформированности профессиональной идентичности зависит трудовая жизнь человека, его профессиональная реализация. Формирование профессиональной идентичности современной молодежи (впрочем, как и социализация в целом) осложняется рядом факторов: социальным расслоением общества; материальным положением как молодых людей, так и их семей; негарантированным трудоустройством по специальности (несмотря на действующую в стране систему распределения и направления на работу выпускников учебных заведений) или их распределением на низкооплачиваемые работы, депрессивные районы; снижением качества образования и профессиональной подготовки, связанным с постоянным поиском вузов финансирования, со старением профессорско-преподавательского состава, низкой заинтересованностью самих студентов в получении качественного образования. Названные факторы создают ситуацию социально-психологической напряженности молодежи, заставляют ее искать выход из кризиса путем эмиграции из страны (на время или навсегда).

По результатам анкетирования молодежи в рамках проведения исследования «Характеристика и проявления аттитудов патриотизма в контексте профессионализации молодежи» мы ранжировали причины молодых людей, которые задумались об эмиграции, а на основании выделились социальные зоны, которые требуют экстренного реагирования. На данном этапе исследования мы рассмотрели и проанализировали ответы на вопрос «Могу и хочу уехать из страны», который связан с аттитудом «индифферентный патриотизм», и «Не могу, но хочу уехать из страны» (аттитуд «отвергаемый патриотизм») (Аттитуды

классифицированы соисполнителем по гранту Шнейдер Л.Б.). Основные причины для отъезда, указанные респондентами, являются:

1. Условия жизни. По мнению респондентов, за пределами нашей страны условия жизни лучше.

2. Экономическая нестабильность и желание обеспечить себе и своей семье достойное будущее является причиной желания отъезда из страны.

3. Невозможность профессиональной реализации.

4. Коррупционные проявления.

5. Сложившаяся в нашей стране политическая обстановка.

6. Низкие образовательные стандарты.

7. Желание жить в другой культуре.

Также мы ранжировали причины невозможности отъезда, указанные респондентами в ответах на вопрос «Не могу, но хочу уехать из страны».

1. Отсутствие финансовых возможностей для отъезда.

2. Необходимость получения образования.

3. Недостаточный профессиональный уровень.

4. Обязанности перед семьей и близкими.

5. Незнание иностранных языков.

Выявленные причины желания покинуть страну дают возможность коррекционной работы с молодежью, установки на отъезд которой еще окончательно не сформировались и могут при благоприятных обстоятельствах измениться, то есть аттитуды «индифферентный патриотизм» и «отвергаемый патриотизм» могут измениться (особенно в группе «Не могу, но хочу уехать») на аттитуд «явленный» или «выраженный патриотизм».

В целом, как можно увидеть из ответов, не все молодые люди представляют конечную цель своего отъезда (скорее они стремятся «уехать от чего-то» (от армии, от экономической нестабильности, от невысокого уровня заработка) (в отличие от молодых россиян, у которых в ответах на вопросы превалирует мотив «зачем-то» [1, с. 111])).

Как полагает Шнейдер Л.Б., большое значение для возможности и желания уехать из страны имеют профессиональные факторы [1, с. 108]. Без сомнения, возможность профессиональной реализации взаимосвязана с экономическими, социальными и другими факторами. С одной стороны, невозможность реализовать себя в профессиональном плане в стране побуждает молодых людей искать работу за рубежом, а с другой стороны, недостаточный профессиональный уровень не дает возможности реализовать свой замысел.

Как нам кажется, это связано с новыми ценностями и трендами развития современного общества. Сегодня наиболее

приемлемым и желательным образом социально успешного человека является конкурентоспособный, нацеленный на карьерный рост человек. Поэтому молодежь оказывается в ситуации, когда она вынуждена продавать свои квалификации и умения и проявлять большую активность в поиске работы. Мобильность, открытость границ, возможность удаленной работы содействуют этому. Неспособность реализовать себя как профессионала в своей собственной стране, страх за своё будущее и за будущее своих детей и близких и порождает «индифферентный патриотизм».

Из ответов респондентов из группы «Могу и хочу уехать из страны» не вполне понятно, считают ли они сами профессионализм самостоятельной ценностью, для всех них он связан с карьерными возможностями, заработной платой, развитием, поисками большего и лучшего за пределами Беларуси. Кажется, что молодые люди имеют крайне ограниченное представление о труде и построении своей карьеры, вводя самих себя в заблуждение, что за рубежом они окажутся в более выигрышном положении, и не имеют никакого представления о жизни мигрантов.

Респонденты из группы «Не могу, но хочу уехать из страны» более критичны по отношению к самим себе и своим профессиональным и образовательным навыкам. У них выявлен самый низкий уровень профессиональной идентичности (обработал и сопоставил результаты анкетирования соисполнитель по проекту И.В. Егоров [2]). Они понимают, что у них недостаточно образования, профессиональных навыков для того, чтобы в ближайшее время покинуть страну. Но в то же время, они находятся в состоянии внутреннего конфликта сами с собой. Это именно та группа, которая нуждается в помощи со стороны общества. Возможно, тьютерство, консультирование, сопровождение в вопросах построения карьеры смогли бы снять определенную напряженность, позволили найти свое место в обществе, реализовать себя как личность и как профессионала.

Как нам кажется, одной из задач образовательных учреждений является формирование принятия обучающимися профессиональных ценностей в свое личное пространство, то есть содействие формированию профессиональной идентичности личности. Можно предположить, что сформированный высокий уровень профессиональной идентичности поспособствует самостоятельному и ответственному построению своей карьеры, интеграции в профессиональное сообщество.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шнейдер, Л.Б. Атитуды патриотизма в оценке желания и возможности отъезда из своей страны: кросс культурное исследование /

Л.Б. Шнейдер // Актуальные проблемы психологического знания. – 2018. – № 3 (48). – С. 101–112.

2. Егоров, И.В. Специфика гражданской и профессиональной идентичности студенческой молодежи России в зависимости от типа аттитюда патриотизма / И. В. Егоров // Актуальные проблемы психологического знания. – 2018. – № 4. – С. 51-61.

УДК 378

В.Г. Тарасюк, С.Д. Юхневич

Белорусская государственная академия авиации

К ВОПРОСУ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ АВИАЦИОННЫХ УЧЕБНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В ЦЕЛЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА И РАЗВИТИЯ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ КУРСАНТОВ

Образовательный процесс в авиационной отрасли многогранен – авиационной промышленности и эксплуатирующим организациям гражданской и государственной авиации требуются специалисты по различным направлениям деятельности: техническая эксплуатация авиационной техники (далее – АТ), обслуживание и ремонт воздушных судов и их элементов, производство комплектующих изделий АТ и проведение их испытаний, научно-исследовательская работа в области авиации. Основопологающим вопросом при подготовке технических специалистов является выработка у студентов и курсантов учреждений образования практических навыков.

Авторами предлагается к рассмотрению концепция сотрудничества авиационных учебных заведений в направлении практической и научно-исследовательской работы курсантов (далее – НИРК) на примере учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации» (далее – БГАА) и учебно-спортивного учреждения «Минский аэроклуб имени дважды Героя Советского Союза С.И. Грицевца» республиканского государственно-общественного объединения «Добровольное общество содействия авиации, армии и флоту Республики Беларусь» (далее – МАК ДОСААФ).

В широком смысле направление межорганизационного партнерства открыто: на данный момент, в МАК ДОСААФ для курсантов БГАА проводятся экскурсии и учебная практика. Предлагаемая авторами конкретная модель партнерства названных учреждений предусматривает активное взаимодействие их структурных подразделений: Курсантского научного общества (далее – КНО) БГАА и Музея авиационной техники (далее – МАТ) МАК ДОСААФ, в том числе в рамках КНО БГАА – задействование двух его направлений «Экспериментальные исследования деталей с

помощью аддитивной технологии и установление зависимостей механических свойств изделий от режимов» (далее – ЭИД) и «Социогуманитарные проблемы в авиации» (далее – СГПА).

Членами направления ЭИД КНО БГАА осваиваются следующие технологии: 3D-моделирование, 3D-печать, 3D-сканирование, исследование механических характеристик материалов, металлографические исследования. Практическое применение курсантами БГАА приобретенных в КНО навыков возможно в МАТ МАК ДОСААФ в процессе реставрации экспонатов – изделий АТ. Рассмотрим несколько примеров.

Пример № 1: изготовление макетов оборудования, представляющего повышенную опасность для человека. Состав авиационного оборудования (далее – АО) многих экспонатов МАТ МАК ДОСААФ предусматривает наличие радиоизотопных индикаторов облучения РИО-3. Ввиду повышенного радиоактивного излучения, эти приборы не должны быть установлены на экспонатах музея. Для сохранения технической аутентичности экспонатов предлагается 3D-моделирование и изготовление (3D-печать) макетов РИО-3 из АБС-пластика. Для выполнения работы курсантам необходимо:

1. Изучить конструкцию и состав АО экспонатов МАТ МАК ДОСААФ;
2. Найти и изучить техническую литературу по конкретному оборудованию – РИО-3;
3. Произвести 3D-моделирование изделия;
4. Изготовить макеты изделия методом 3D-печати;
5. Проведение исследований механических свойств изготовленных макетов (в данном случае, для определения значения момента затяжки крепежных элементов при монтаже макетов на ЛА).
6. Смонтировать макеты изделия на экспонаты летательных аппаратов.

При проведении этих операций прорабатываются важные направления образовательного процесса:

1. Детальное ознакомление курсантов БГАА с конструкцией и оборудованием различных летательных аппаратов, при этом курсантами приобретаются знания по различным специальностям – в данном случае: «Техническая эксплуатация авиационного оборудования (приборное и светотехническое оборудование)» и «Техническая эксплуатация воздушных судов и двигателей»;
2. Работа с технической литературой;
3. Освоение основ аддитивных технологий: 3D-моделирования и 3D-печати;

- 4.Проведение экспериментально-исследовательской работы в области материаловедения и механики материалов;
- 5.Монтажно-демонтажная практика на АТ, работа с инструментом;

Пример № 2: реставрация кабин экспонатов ЛА. Некоторые экспонаты МАТ МАК ДОСААФ имеют далеко не полную комплектность – как, например, экспонат учебно-тренировочного самолета Як-18. Реставрация экспоната требует наличия широкой номенклатуры элементов арматуры кабины: рукоятей для ручек управления самолетом, рычагов управления двигателем, кранов выпуска и уборки шасси и посадочного щитка и мн.др. Методика изготовления этих изделий описана в примере № 1.

Пример № 3: реставрация элементов планера ЛА. На экспонате самолета Як-18 МАТ МАК ДОСААФ отсутствуют элероны, изготовление которых по необходимой технологии не представляется возможным в условиях МАК ДОСААФ или БГАА. Специалистами МАТ МАК ДОСААФ предлагается следующая стратегия реставрации:

- 1.Определение геометрических размеров и типа профиля крыла и элеронов самолета Як-18 по технической документации на данный тип ЛА;
- 2.Определение типа и геометрических размеров лонжеронов элеронов;
- 3.Создание чертежей (или 3D-моделей) лонжеронов элеронов;
- 4.Изготовление из металла (или 3D-печатью АБС-пластиком) лонжеронов элеронов;
- 5.Определение геометрических размеров (хорд) нервюр элеронов с помощью силовой схемы самолета;
- 6.Определение геометрических размеров профиля (с помощью справочника аэродинамических профилей) для каждой нервюры элеронов;
- 7.Создание 3D-моделей нервюр элеронов (с учетом имеющихся чертежей или 3D-моделей лонжеронов, на которые будут крепиться нервюры, и предварительно разработанного метода крепления);
- 8.Изготовление нервюр элеронов из АБС-пластика методом 3D-печати;
- 9.Сборка силового набора элеронов;
10. Обшивка элеронов;
11. Монтаж элеронов на экспонат самолета.

При выполнении такой работы курсанты получают многочисленные навыки в области проектирования, конструирования, изготовления и ремонта АТ.

В процессе работы со специальной литературой и с различной АТ курсанты будут параллельно вовлечены в изучение истории

авиации – как в техническом плане, так и в социогуманитарном: метаморфозы авиационных конструкций, данные практического применения различных технических решений, а также, в более широком смысле, – исторические аспекты развития авиации. Полученные знания и практические навыки благотворно скажутся на развитии курсантов как будущих авиационных специалистов различных направлений деятельности, повысят уровень общей эрудиции и технической грамотности.

Представленная концепция межорганизационного сотрудничества ставит перед собой главную цель – поднятие практической подготовки курсантов БГАА, а также НИРК на качественно новый уровень. Еще одна задача, достижение которой планируется в ходе реализации данной программы, – детальная реставрация экспонатов МАТ МАК ДОСААФ.

УДК 378 178

И.А. Фолынсков, В.И. Голуб, А.В. Белько

Белорусская государственная академия авиации

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПСИХОМОТОРНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ В КОМПЛЕКСНЫХ ЗАНЯТИЯХ КУРСАНТОВ ФАКУЛЬТЕТА ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Комплексные занятия по дисциплине «Физическая культура» предназначены для развития и совершенствования физических и психических качеств курсантов, усиления тренировочного воздействия на основные системы организма. В эти занятия включаются упражнения, приемы и действия из различных разделов учебной программы. Характерной особенностью этих занятий является их выраженная тренировочная направленность, высокая плотность проведения и интенсивность нагрузки.

В составе комплексного занятия могут использоваться элементы циклических видов спорта, таких как легкая атлетика и лыжный спорт, а также элементы видов спорта, которые характеризуются сложной биомеханической структурой движений, например, спортивные игры, оздоровительная аэробика и т.д.

Актуальность проведения комплексных занятий обусловлена результатами исследований мотивационной сферы интересов курсантов, которые показали, что только у 3,6 % курсантов предпочтения к занятиям одним видом физкультурно-оздоровительной деятельности, 14,4 % предпочитают два вида, а 43,2 % – 3 и более видов деятельности.

Большинство курсантов (61,2 %) выразило желание заниматься спортивными играми и атлетической гимнастикой. Такой выбор обусловлен высокой эмоциональностью игровой

деятельности, возможностью проявления волевых и лидерских черт характера, желанием самоутвердиться в социальной среде.

В тоже время желание заниматься базовыми видами учебной программы, такими как легкая атлетика, лыжный спорт и гимнастика, проявило всего 7,2 % респондентов. Это, по-нашему мнению, обусловлено тем, что указанные виды деятельности менее эмоциональны, требуют значительных индивидуальных усилий и выполнения больших объемов тренировочных нагрузок для достижения результата.

Следует отметить, что указанные виды деятельности являются ведущими при развитии общей выносливости, которая в свою очередь считается базой для формирования и развития остальных двигательных способностей, функциональных показателей и психомоторных способностей в целом.

Психомоторные способности – это свойства функциональных систем, реализующих функции движения, обеспечивающих продуктивность этих движений и проявляющихся в успешности выполнения психомоторной деятельности и решения конкретных двигательных задач (М.А. Безбородова, 2014). Они составляют ядро комплексного взаимодействия двигательных умений и навыков, двигательных способностей и физических качеств.

В.П. Озеров для оценки психомоторных способностей предлагает следующие психомоторные показатели: время реакции и скорость движений (быстроту), силу, выносливость, ловкость или координационные способности человека и гибкость.

Важной составляющей развития психомоторных способностей человека признана способность к предвосхищению действий напарника и противника и принятие релевантного решения, которое тесно связано со скоростью моторного ответа, в том числе реакции выбора, и точностью межмышечной координации.

Занятия физической культурой и спортом являются той школой, где прирожденные механизмы психомоторики становятся реальными способностями. В этой связи применение разноплановых видов деятельности в рамках одного занятия или цикла занятий решает одну из важнейших задач при подготовке специалистов гражданской авиации – развитие психомоторных способностей, являющихся неотъемлемым критерием профессионально-прикладной подготовки.

Решить задачи комплексного занятия более эффективно позволяет применение разносторонних приемов:

1. Активной тренировки сложного движения, которая может снизить время двигательной реакции.

2. Обучение курсанта умению ориентироваться и предвидеть различные варианты ситуации до начала движения, что также способствует снижению времени реакции.

3. Создание мотивации у обучаемого, готовящегося к выполнению заданного действия.

4. Создание соревновательного момента.

Структура комплексного учебного занятия, направленного на углубленное развитие психомоторных способностей, имеет ряд особенностей:

1. Подготовительная часть включает в себя разноплановые упражнения проводимые в высоком темпе с большим количеством повторений.

2. В основной части группа может делиться на 5–7 подгрупп, выполняющих задания по видам деятельности или по станциям – принцип деления и выбор нагрузки зависит от цели, задач, уровня подготовки курсантов, материально-технического оснащения базы и т.д. Необходимо внедрение в структуру основной части элементов спортивных игр по упрощенным правилам или игровых действий для развития точности межмышечной координации

3. Заключительная часть занятия включает большое количество упражнений на восстановление дыхания и расслабление, визуальный контроль осанки и рекомендации для самостоятельных занятий в режиме дня.

Актуальным видится применение в комплексных занятиях современных фитнес программ включающих элементы интервального тренинга: кроссфита и воркаута.

Кроссфит – это вид функциональных тренировок, как правило, объединяющих в себе кардионагрузки, гимнастические и силовые упражнения.

Кроссфит-тренировки включают в себя элементы интервальных тренировок высокой интенсивности, тяжелой атлетики, пауэрлифтинга, гимнастики, гиревого спорта, упражнений стронгмена, бега и др. Одна из главных особенностей кроссфита – прохождение кругов каждый из которых делится на этапы. Основной целью данного вида физкультурно-оздоровительного вида деятельности является тренировка всех мышечных групп. Как правило тренировочная программа разрабатывается с учетом индивидуальных особенностей занимающегося.

Воркаут – это уличная гимнастика, включающая в себя выполнение различных упражнений на уличных снарядах спортивных площадок. Основной акцент занятий делается на работу с собственным весом и развитие силы и силовой выносливости.

Внедрение комплексных занятий в учебном процессе курсантов факультета гражданской авиации позволяет сделать процесс развития психомоторных способностей курсантов еще

более эмоциональным, зрелищным и популярным, особенно при условии применения современных фитнес программ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Озеров, В.П. Психомоторные способности человека / В.П. Озеров. – Дубна: Феникс+, 2011. – 312 с.
2. Сакун, Э.И. Построение учебного процесса по физическому воспитанию студентов в вузе: учебное пособие / Э.И. Сакун. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2008. – 208 с.
3. Щедрина, А.Г. Здоровый образ жизни: методологические, социальные, биологические, медицинские, психологические, педагогические, экологические аспекты / А.Г. Щедрина. – Новосибирск: ООО «Альфа-Виста», 2007. – 219 с.
4. Физическая культура: учеб. пособие / Е.С. Григорович [и др.]; под ред. Е.С. Григоровича, В.А. Переверзева. - 3-е изд., доп. и перераб. - Минск: Вышэйшая школа, 2011. - 350с.

УДК 629.735.33

В.К. Харченко

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Николая Егоровича Жуковского и Юрия Алексеевича Гагарина» (г. Воронеж)

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНТУРА «СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ – ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ»

Пилотажные свойства (характеристики устойчивости и управляемости) современных самолетов, эксплуатирующихся в широком диапазоне высот и чисел M полета, не могут быть обеспечены только параметрами аэродинамической компоновки. Применение крыла изменяемой стреловидности в некоторой степени сняло остроту проблемы низких несущих свойств стреловидного крыла на малых скоростях и значительного аэродинамического сопротивления прямого крыла на больших, однако в еще большей степени обострило задачу адаптации пилотажных свойств разных с точки зрения аэродинамики самолетов с крылом, установленным под различными углами стреловидности к набегающему потоку. Основными особенностями характеристик устойчивости и управляемости современных сверхзвуковых самолетов, приводящих к необходимости улучшения, а в ряде случаев и обеспечения приемлемых с точки зрения летчика пилотажных свойств, являются:

- значительное перемещение аэродинамического фокуса по углу атаки назад при переходе с дозвуковых к сверхзвуковым скоростям полета и обратно;
- снижение путевой устойчивости при сверхзвуковых скоростях полета;

- снижение собственных демпфирующих свойств аэродинамических компоновок в продольном и путевом каналах на сверхзвуковых скоростях полета;

- реализация статически неустойчивых аэродинамических компоновок с целью снижения потерь аэродинамического качества на балансировку, требующая искусственного обеспечения продольной устойчивости;

- потеря эффективности органов путевого, продольного и поперечного управления на больших углах атаки.

Перечисленные особенности сверхзвуковых самолетов привели к необходимости применения в системах управления автоматических устройств, формирующих систему улучшения устойчивости и управляемости. К таким устройствам следует относить [1,2]:

- демпферы тангажа, крена и рыскания;
- автоматы продольной и путевой устойчивости;
- автоматы перекрестных связей;
- нелинейные механизмы;
- автоматы регулирования загрузки;
- автоматы регулирования передаточного отношения;
- автоматы регулирования управления;
- автоматы продольной устойчивости самолета (АПУС).

Первые три типа устройств применяются для улучшения качества переходных процессов, а следующие четыре – для реализации требуемых характеристик статической управляемости. АПУС применяется для обеспечения приемлемых характеристик устойчивости и управляемости для статически неустойчивых компоновок.

Особый интерес заслуживает исследование влияние демпфера тангажа и автомата устойчивости по нормальной перегрузке на характер переходного процесса малого продольного движения маневренного самолета при ступенчатом отклонении стабилизатора летчиком. При этом ставится задача определения потребных коэффициентов усиления демпфера и автомата устойчивости для реализации приемлемых пилотажных качеств самолета во всем эксплуатационном диапазоне высот и чисел M полета. Результаты работы целесообразно представить в графическом виде (рисунок 1).

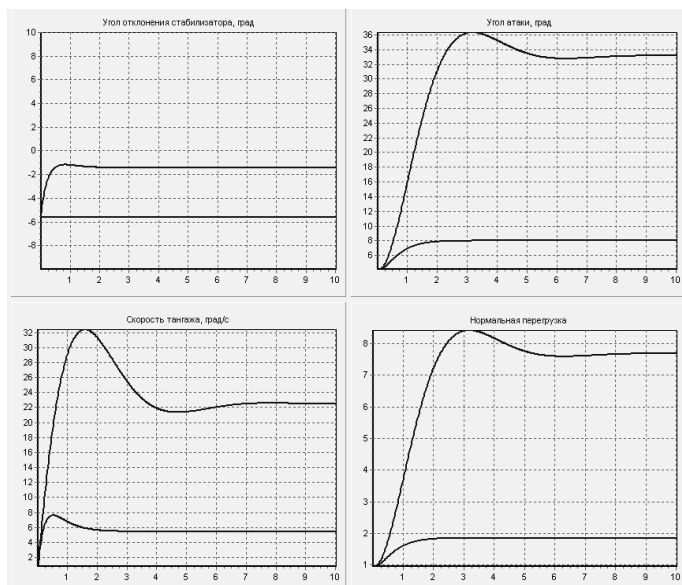


Рисунок 1 – Результаты расчетов

Таким образом, представленные материалы позволяют углубленно изучить динамические свойства контура «система обеспечения устойчивости управляемости – летательный аппарат» путем практической реализации на ЭВМ применительно к конкретным характеристикам летательных аппаратов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пашковский, И.М. Устойчивость и управляемость самолета / И.М. Пашковский. – М.: Машиностроение, 1975. – 328 с.
2. Бюшгенс, Г.С. Динамика продольного и бокового движения Г.С. Бюшгес, Р.В. Студнев. – М.: Машиностроение, 1979. – 352 с.

УДК 476.623

В.О. Харченко, Е.А. Филипчук, С.В. Минаев

Белорусская государственная академия авиации

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D РЕДАКТОРА AUTODESK 3DS MAX В ОБУЧЕНИИ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Трёхмерная графика – раздел компьютерной графики, который охватывает алгоритмы и программное обеспечение для совершения

действий над объектами в трёхмерном пространстве, а также результат работы таких программ. Применяется для создания изображений в архитектурной визуализации, проектировании структур зданий и сооружений. Трёхмерное изображение отличается от плоского построением геометрической проекции трёхмерной модели сцены на экране компьютера с помощью специализированных программ [3].

Чтобы получить трехмерное изображение, необходимо пройти два этапа:

1. Моделирование – создание математической модели и создание объектов в ней.

2. Рендеринг – это понятие в компьютерной графике, означающее создание модели с помощью компьютерной программы [2].

Для выполнения всех этих задач используется программа *Autodesk 3ds Max* – полнофункциональная профессиональная программная система для создания и редактирования трёхмерной графики, доработанная компанией *Autodesk*. Содержит самые современные средства для моделирования. Работает в операционных системах *Windows*. Написана на *C# (C sharp) (WPF)*, *3ds Max* располагает обширными средствами для создания разнообразных по форме и сложности трёхмерных компьютерных моделей, объектов окружающего мира, с использованием разнообразных техник и механизмов. Наибольшее распространение из всех техник получило полигональное моделирование, в которое входят *Editable mesh* (редактируемая поверхность) и *Editable poly* (редактируемый полигон) – этот метод моделирования, используется для создания сложных моделей и низкополигональных моделей для макетов [1].

С помощью данной программы на ВФ БГАА в рамках военно – научного кружка кафедры СНОП разрабатывается подробный макет аэродрома. Проект является очень перспективным так как позволит изучить все системы, структуру и особенности военного аэродрома, а именно:

- устройство ВДС;
- структуру лётного поля (ВПП, ГВПП, МРД, РД, МС, ЗР);
- маркировку аэродрома;
- размещение зданий и сооружений аэродрома.

Все объекты, здания и сооружения расположены и отмасштабированы в соответствии с требованиями к военным аэродромам что позволяет задействовать макет в обучении военнослужащих по следующим дисциплинам:

- военные аэродрома;
- инженерно – аэродромное обеспечение.

Макет является одним из самых эффективных методов изучения сложных систем аэродрома. Компьютерные модели проще и удобнее исследовать в силу их возможности проводить т. н. вычислительные эксперименты, в тех случаях, когда реальные эксперименты затруднены из-за финансовых или физических препятствий или могут дать непредсказуемый результат. Логичность и формализованность компьютерных моделей позволяет определить основные факторы, определяющие свойства изучаемого объекта-оригинала (или целого класса объектов), в частности, исследовать отклик моделируемой физической системы на изменения ее параметров и начальных условий.

Компьютерное моделирование дает возможность:

- подробно изучить аэродром находясь в аудитории;
- сделать занятие по дисциплинам более интересным;
- расширить круг исследовательских объектов – становится возможным изучать не повторяющиеся явления, явления прошлого и будущего, объекты которые не воспроизводятся в реальных условиях;
- визуализировать объекты любой природы, в том числе и абстрактные;
- исследовать явления и процессы в динамике их разветвления;
- управлять временем (ускорять, замедлять и т. д);
- совершать многократные испытания модели, каждый раз возвращая её в первичное состояние;
- получать разные характеристики объекта в числовом или графическом виде;
- находить оптимальную конструкцию объекта, не изготавливая его пробных экземпляров;
- проводить эксперименты без риска негативных последствий для здоровья человека или окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ким, Ли. 3Ds Max Искусство трёхмерного моделирования Platinum edition / Ким Ли. – М.: Издательский дом «ДиаСофт», 2014. - 896 с.
2. Трёхмерная графика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D> 18.11.2015.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ В ВЫСШИХ ВОЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

В последнее время система высшего военного образования в Республике Беларусь претерпевает значительные изменения. Главной целью реализуемых преобразований является создание условий для повышения качества подготовки обучающихся, отвечающей современным требованиям к офицеру-выпускнику. Инновационные образовательные технологии в совокупности с интерактивными методами обучения довольно эффективно и обширно применяются в сфере гражданского обучения, вследствие чего было бы правильно максимально внедрять подобные методы обучения и в высших военных учебных заведениях. Инновационные технологии в образовании способствуют регулировке обучения, направляя его в необходимое русло. Конечно же, процесс обновления обучения заключающийся во внедрении новых технологий в образовании является достаточно сложным. Поэтому целесообразней процесс обновлений запускать, при помощи определенных специализированных методик. Эффективным и распространенным является параллельное внедрение, предполагающее сосуществование старого и нового образовательного процесса с приводящимся анализом эффективности такового синтеза.

Сами технологии обучения часто разделяют на четыре группы: информационно-развивающие; деятельностные; развивающие проблемно-поисковые; личностно ориентированные. Первая группа – это информационно-развивающие технологии, объединяет технологии, имеющие главной целью формирование стройной системы знаний и дающие значительный запас информации. К ним относятся такие технологии, как: рейтинговая интенсивная технология модульного обучения; модульно-блочные; цельноблочные; интегральные. Вторая группа – деятельностные технологии. Они ориентированы на овладение способами профессиональной и учебной деятельности, и включают в себя: анализ служебных ситуаций, решение ситуационных служебных задач, моделирование какой-либо служебной деятельности. Как правило, данные технологии применяют при преподавании дисциплин специальности, в период проведения практик, стажировок. Третья группа – развивающие проблемно-поисковые технологии. В данных технологиях ведущей целью является формирование умения видеть проблему и предложить методы и способы ее решения, развитие мыслительной активности

обучающихся. В состав развивающих проблемно-поисковых технологий входят: организация экспериментально-творческих работ, организационно-деятельностные игры, проектирование и разбор профессиональных ситуационных задач, организация коллективной мыслительной деятельности в различных группах, проблемные лекции, проблемные семинары, исследовательские работы. Четвертая группа – личностно ориентированные технологии. Данные технологии направлены на формирование в процессе обучения активной личности, способной самостоятельно строить и корректировать свою познавательную деятельность, собственный образовательный процесс. К личностно ориентированным технологиям относятся: самообучение под наблюдением, дипломное (курсовое) проектирование на основе исследования и эксперимента, опережающая самостоятельная работа, индивидуализация обучения, индивидуализированные формы контроля знаний и умений, научно-исследовательская работа, любых форм самообразования. Здесь формируются стремление и умение воспринимать новые знания, творческая активность, системное мышление, общественная коммуникативность.

Активные инновационные технологии, используемые в обучении, основанном на компетенциях, включают в себя следующие методы: неимитационные (проблемная лекция, лекция с ошибками, лекция-визуализация, дискуссия, семинар-диспут); неигровые имитационные (кейс-метод, контекстное обучение, тренинг, конкурс профессионального мастерства, метод группового решения творческих задач, метод Дельфи); игровые имитационные (стажировка с выполнением должностной роли, имитационный тренинг, разыгрывание ролей, игровое проектирование, деловая игра, «Мозговой штурм») [1, с.56]. Следует остановиться на некоторых формах и методах технологий интерактивного обучения, обозначенных выше, которые имеет смысл как можно чаще использовать в системе высшего военного образования. Во-первых, это проблемная лекция. Главной целью таковых лекций является приобретение обучающимися знаний вкупе с непосредственным действием их участия. Постановкой проблемы, обучающиеся побуждаются к активной мыслительной деятельности, вызывается интерес к излагаемому материалу, активизируется внимание обучающихся [2, с. 122]. Во-вторых, это семинар-диспут. Семинар-диспут развивает умение вести полемику и обсуждать проблему, а также защищать свои взгляды и убеждения. В-третьих, это дискуссия. Учебная дискуссия применяется в процессе анализа проблемных ситуаций, когда нужно дать простой и конкретный ответ на вопрос, однако при этом не исключаются альтернативные варианты ответа. Главная идея учебного сотрудничества

достаточно проста и заключается в следующем – обучающиеся объединяют свои интеллектуальные усилия и энергию для выполнения общего задания или достижения общей цели, как пример – отыскать варианты решения проблемы [3, с. 141]. В-четвертых, это метод «Мозговой штурм». Метод «Мозговой штурм» заключается в сборе как можно большего количества идей. Основными принципами и правилами данного метода являются абсолютный запрет критики предложенных участниками идей [4, с. 59]. В-пятых, это имитационный тренинг. Имитационный тренинг является отработкой конкретных профессиональных навыков и умений по работе с разнообразными техническими средствами и устройствами.

Особенности интерактивных технологий в военных учебных заведениях, несомненно, связаны и с новым качеством получаемых знаний. В данном случае отмечается инновационный уровень знаний как обязательный критерий для обучающихся, претендующих на высокий уровень образования. В высших военных учебных заведениях использование инновационных образовательных технологий не распространено в должной мере, однако, углубивших в их сущность, следует отметить, что без них не обойтись при подготовке современных профессиональных и высокообразованных военнослужащих-выпускников. Стратегию современного высшего военного образования составляют развитие и саморазвитие личности будущего офицера-выпускника, способного не только эксплуатировать и применять вооружение, управлять подразделением, но и выходить за пределы служебной деятельности, осуществлять инновационные процессы, процессы творчества в широком смысле. Эта стратегия воплощается в принципиальной направленности содержания и форм образовательного процесса высшей военной школы на приоритет личностно развивающих и профессионально ориентированных технологий обучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Седых, В. И. Инновационные технологии как основа повышения качества образования / В. И. Седых. – М.: Народное образование, 2013. – 185 с.
2. Рыжова, Г.А. Развивающие возможности использования активных методов обучения в военном вузе / Г.А. Рыжова // Теория и практика общественного развития. – 2013. – № 2. – С. 122-126.
3. Четвертакова, Ж.В. Пути оптимизации системы дистанционного обучения в процессе переподготовки и повышения квалификации офицеров в военном вузе / Ж.В. Четвертакова // Гаудеамус. – 2013. – № 2. – 141-143.
4. Морозова, О.Г. Совершенствование процесса обучения в военном вузе: компетентностный подход / О.Г. Морозова // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. Серия: Педагогика.

УДК 378.355

В.О. Шаранович, М.В Гут, О.А. Нехаев

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

РАБОТА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ И ПОДДЕРЖАНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ.

Термин «компетенция» широко используется в настоящее время везде, где говорят или пишут о воспитании и обучении. Однако он не всегда был привычным в системе обучения. Чтобы обозначить то, что намеревались дать обучающимся, чаще всего прибегали (и все еще прибегают) к понятиям знаний, ценностей или, в более отдаленную эпоху, к понятиям веры и убеждений.

Современные исследователи выделяют следующие виды компетенций:

Учебно-познавательная компетенция – это совокупность умений и навыков познавательной деятельности. Владение механизмами целеполагания, планирования, анализа, рефлексии, самооценки успешности собственной деятельности. Владение приемами действий в нестандартных ситуациях, эвристическими методами решения проблем. Владение измерительными навыками, использование статистических и иных методов познания.

Информационная компетенция – это способность при помощи информационных технологий самостоятельно искать, анализировать, отбирать, обрабатывать и передавать необходимую информацию.

Коммуникативная компетенция – это владение навыками взаимодействия с окружающими людьми, умение работы в группе. Знакомство с различными социальными ролями. Опираясь на идеи философской антропологии, экзистенциальной психологии, гуманистические ориентиры, современная педагогическая теория декларирует такие подходы к подготовке специалиста, как культурологический, синергетический, личностно-деятельностный, личностно-ориентированный, индивидуально-творческий. Эти подходы позволяют представить процесс профессионального становления специалиста в условиях индивидуального обучения.

Таким образом, содержание профессиональной компетентности включает:

Педагогическое мастерство – знание особенностей педагогического процесса, умение его построить и привести в движение (А.С. Макаренко) и профессионализм, которые включают

профессионально-педагогические способности, методы обучения и воспитания учащихся, глубокое знание ученика, учет тех изменений, которые с ним происходят под влиянием воспитательной работы, организация методического обеспечения педагогической деятельности самим преподавателем.

Следовательно, на сегодняшний день любому специалисту необходимо обладать определенным набором компетенций. В современных условиях выделяют пять базовых компетенций, в контексте подготовки преподавателя, а звучат они следующим образом:

1. политические и социальные компетенции;
2. компетенции, касающиеся жизни в поликультурном обществе;
3. компетенции, определяющие владение устным и письменным общением;
4. компетенции, связанные с возникновением общества информации;
5. компетенции, реализующие способность и желание учиться всю жизнь.

Таким образом структуру педагогической компетенции можно представить в следующих вариантах:



Рисунок 1 – Структура педагогической компетенции (вариант 1)

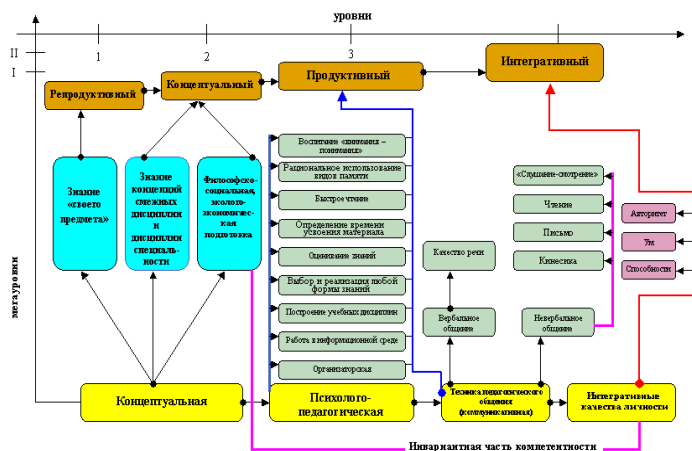


Рисунок 2 – Структура педагогической компетенции (вариант 2)

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зимняя, И.А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентного подхода в образовании / И.А. Зимняя. - М., 2004. - 280 с.
2. Макаренко, А.С. Пед. соч.: в 8 т. / А.С. Макаренко. - М., 1985. - Т. 4. - 420 с.
3. Морева, Н.А. Технологии профессионального образования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.А. Морева. - 3-е изд., стер. - М.: Издательский дом «Академия», 2008. - 350 с.
4. Пряжников, Е.Ю. Профорientация: учеб. пособие для студ. высших учеб. заведений / Е.Ю. Пряжников, Н.С. Пряжников. - М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 250 с.

НАПРАВЛЕНИЕ
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ И ЭКОНОМИКИ
НА ТРАНСПОРТЕ»

УДК 519.2

А.И. Балодис, О.С. Порожнюк

Белорусская государственная академия авиации

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
МАРКЕТИНГОВЫХ ОПЕРАЦИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ
ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ**

Целью работы является нахождение вероятностей приобретения авиабилетов семьёй из трёх человек на наиболее выгодные места.

В ходе работы ставятся следующие задачи:

1. Выявить наиболее удобные места в салоне самолёта Embraer 175.
2. Найти вероятности приобретения семьёй из трёх человек авиабилетов в зависимости от дня продажи.
3. Сравнить вероятности приобретения билетов в зависимости от дня покупки.

В связи с возникновением пандемии остро становится вопрос приобретения авиабилетов незадолго до назначенной даты вылета. Таким образом является актуальным изучение вероятности приобретения авиабилетов на желаемые места.

Рассмотрим вероятность покупки билета на наиболее удобные места эконо класса (13–24 места) самолёта Embraer 175 белорусской авиакомпании Belavia с общим количеством в 64 пассажирских места в эконо классе. Предположим, что на выбранное пассажиром направление реализуется 4 билета в день. При этом будем считать равновероятной возможность покупки «лайт» и «смарт» билетов в эконо-классе. Рассмотрим вероятность покупки билета на указанные места в первый день продаж без выбора места (места эконо-класса по программе «лайт»). Найдём количество комбинаций по 3 из 64 и вероятность, что будет найдена нужная комбинация:

$$C_{64}^3 = \frac{64!}{3!61!} = 41664, C_{12}^3 = \frac{12!}{3!9!} = 220.$$

Далее найдем вероятность этого события:

$$P = \frac{220}{41664} = 5,3 \cdot 10^{-3}.$$

Теперь найдём вероятность приобретения наиболее удобных мест во второй день продаж:

$$C_{60}^3 = \frac{60!}{3!57!} = 34220, C_{10}^3 = \frac{10!}{3!7!} = 120.$$

Следовательно, всего комбинаций 34220, а благоприятных 120. Теперь найдём вероятность:

$$P = \frac{120}{34220} = 3,5 \cdot 10^{-3}.$$

Аналогичным образом найдём вероятности выкупа выше указанных мест на третий и четвёртый день. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Вероятности покупки нужных мест семьёй из трёх человек по программе «лайт» в зависимости от дня продажи авиабилетов

День продаж	Вероятность	День продаж	Вероятность	День продаж	Вероятность	День продаж	Вероятность
1	$5,3 \cdot 10^{-3}$	2	$3,5 \cdot 10^{-3}$	3	$2 \cdot 10^{-3}$	4	$9 \cdot 10^{-4}$

В ходе работы получены следующие результаты:

- Сформирована таблица вероятностей покупки трёх авиабилетов на желаемые места в эконом-классе в зависимости от дня продажи по программе «лайт».
- Вероятность приобретения семьёй из трёх человек авиабилетов в зависимости от дня продажи по программе «лайт» мала.
- Покупка авиабилетов в первые дни продажи существенно повышает шансы приобретения желаемых мест.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мазур, Д. Игра случая. Математика и мифология совпадения / Джозеф Мазур. – М.: Альпина нон-фикшн, 2017. – 292 с.
2. Бернулли, Я. О законе больших чисел / Я. Бернулли. – М.: Наука, 1986. – 176 с.
3. Чистяков, В.П. Курс теории вероятностей и математической статистики / В.П. Чистяков. – М.: Наука, 1987. – 240 с.
4. Математическая энциклопедия / И. М. Виноградов и др. – М.: Советская энциклопедия, 1977. – 980 с.
5. Информационные материалы Belavia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belavia.by/>
6. Информационные материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://biletik.ru/kak-vyibrat-i-zabronirovat-udobnoe-mesto-v-samolete-belavia/>

**ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА**

Развитие экономики разных стран базируется на использовании цифровых технологий. Происходящие изменения во всех без исключения секторах национальной экономики требуют кардинально новых национальных и отраслевых стратегий и программ, направленных на реинжиниринг существующих процессов управления. Принятые в последнее время в странах ЕАЭС и, прежде всего, в Республике Беларусь документы стратегического планирования предусматривают меры, направленные на стимулирование развития цифровых технологий и их использования в различных отраслях экономики, в социально-экономической сфере, в общественной жизни, администрации и бизнесе.

При необходимости развития ключевых научно-технических направлений, следует обратить внимание на сервисный характер транспортной отрасли, что подразумевает приоритетное внедрение инновационных цифровых механизмов управления транспортными процессами. Цифровые услуги новой экономики – это услуги цифровой трансформации. Основное различие между цифровой трансформацией и автоматизацией и компьютеризацией заключается в создании новых возможностей и построении новых процессов и услуг, а не только в повышении эффективности (снижении затрат на внедрение) существующих. Цифровые сервисы должны помочь снизить затраты – как для органов власти, так и для соответствующих субъектов процесса. Механизмы построения цифровой платформы основаны на тенденциях снижения затрат на логистику во всех цепочках поставок вдоль международных транспортных коридоров, пересекающих страну, сокращая время обработки в транспортных узлах и сокращение общего количества бумажных документов.

Реализация проекта позволит обеспечить автоматизированное наполнение информационных ресурсов Министерства транспорта и коммуникаций достоверной, унифицированной и согласованной первичной информацией о подчиненных процессах транспортной отрасли. Функциональность цифровой платформы должна предоставлять различные типы цифровых услуг для правительства и бизнеса. Например, платформа может формировать и вести единый реестр государственных информационных стандартов с целью организации взаимодействия различных видов транспорта.

Сервисами цифровой платформы для государства могут быть единые реестры объектов и субъектов транспортной безопасности, транспортной инфраструктуры, транспортных средств. В число первоочередных цифровых сервисов платформы могут быть включены услуги по ведению и предоставлению субъектам транспортной отрасли для поэтапного перевода существующих информационных систем в единые отраслевые стандарты. Цифровые сервисы могут относиться к категориям сервисов управления заказами, объектами, процессами, иметь справочно-аналитический характер. В качестве приоритетного проекта цифровой платформы можно использовать внедрение цифровых сервисов по бронированию электронных очередей в местах, прилегающих к многосторонним автомобильно-мобильным пограничным пунктам пропуска.

Цифровая платформа транспортного комплекса – это отраслевая информационная среда, нейтральная для внешнеторговых и транспортных процессов, обеспечивающая максимально возможную степень оптимизации логистических затрат внешнеэкономических субъектов без снижения уровня государственного контроля. Исключение платформы для обращения бумажных документов из цифровых сервисов означает, что бумажные формы документов могут появляться только в виде распечаток их электронных форм, которые существуют в стандартизированной и согласованной форме в ресурсах цифровой платформы.

Необходимый юридически значимый электронный документооборот обеспечивается с помощью центров сертификации партнеров по цифровой платформе и организаций, основанных на национальной и трансграничной доверительной сети. Защита информации цифровых сервисов реализуется оператором платформы с использованием собственных и специализированных ресурсов партнеров. Цифровая платформа не заменяет и не должна заменять существующие и перспективные варианты реализации единой информационной среды транспортного комплекса.

Цифровая трансформация требует кардинального изменения подходов к организации бизнес-процессов сервисов цифровой платформы, которые затрагивают абсолютно все аспекты. Трансформация основана на идее постоянной модернизации бизнес-процессов и услуг, их постоянного улучшения. Главное – это вложения в технологии, которые изменят метод реализации услуг, принцип организации бизнес-процессов, в технологии, которые изменят стратегию развития бизнеса и его инфраструктуру. Трансформируется не только организационная модель бизнес-процессов информационного взаимодействия, но и

производимые услуги информационных технологий. Они приобретают новое качество, которое касается не только их эксплуатационных параметров: стоимости, цены, производительности, но и совершенно новых критериев: безопасность, бережное отношение к окружающей среде, доступность, культура.

Исходя из вышеизложенного, следует отметить, что результатом процесса цифровой трансформации станет новая инфраструктура информационных сервисов, отвечающая требованиям интеграции, инновационных технологий, тесного взаимодействия с партнерами и клиентами. Развитие цифровых сервисов в новых условиях приведет к быстрой интеграции самых современных инноваций вместо длительного, трудоемкого и дорогостоящего их развития в старой теории. Требование трансформации заключается в поддержке непрерывного развития единой информационной среды. Изменение логистики услуг неизбежно ведет к капитальному ремонту компании, что, в свою очередь, требует достижения нового качества управленческих процессов. Реализация компенсационных мер может быть достигнута как за счет бюджетных источников финансирования, так и за счет привлечения внебюджетных средств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Цифровая повестка Евразийского экономического союза до 2025 года. Гарант. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru>
2. Смотрицкая, И.И. Современные тенденции цифровой трансформации государственного управления / И.И. Смотрицкая, С.И. Черных // Вестник института экономики российской академии наук. – 2018. – № 5. – С. 22-36.
3. Зубаков, Г.В. Методологические аспекты построения единой информационной среды логистических процессов в условиях цифровой экономики / Г.В. Зубаков // Логистика, транспорт, природообустройство: материалы международной научно-практической конференции. – Ереван, 2015. – С. 109.
4. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы: Указ Президента Российской Федерации, 9 мая 2017 года, N 203 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420397755>.

**РАЗВИТИЕ ЛОГИСТИКИ В СФЕРЕ АВИАПЕРЕВОЗОК
ПАССАЖИРОВ И ГРУЗОВ**

В государственном стандарте Республики Беларусь СТБ 2047-2010 «Логистическая деятельность. Термины и определения» дано следующее определение: Логистика – комплекс наук о способах и методах управления материальными, информационными, финансовыми и другими потоками с целью оптимизации товародвижения за счет рационального взаимодействия производственной, транспортной, банковской, таможенной, информационной и других подсистем экономики. По данным мировой статистики на первый план по темпам роста транспортного сообщения выходят авиационные перевозки пассажиров и грузов. Авиационный транспорт стал крупнейшим среди всех видов транспорта. Увеличение авиаперевозок пассажиров и грузов обусловлено следующими причинами: 1) авиатранспорт – самый быстрый и удобный вид на дальние расстояния; 2) он обеспечивает высокий уровень сервиса; 3) авиакомпании предусматривают ряд льгот для туристических фирм; 4) доставка грузов авиационным транспортом обеспечивает его сохранность; 5) значительная экономия времени за счет высокой скорости полета.

По данным Международной ассоциации воздушного транспорта по состоянию на 2020 год в мире зарегистрировано более 1000 авиакомпаний. В их состав входят: пассажирские, грузовые, чартерные и военные авиакомпании. В среднем за год авиатранспорт перевозит 1,7 млрд человек. Международные авиаперевозки обеспечивают свыше 470 перевозчиков, из них 250 осуществляют регулярные международные рейсы. Обслуживают международные авиаперевозки более чем 1 тыс. аэропортов, из них 650 – регулярные международные рейсы. К крупнейшим авиакомпаниям мира по количеству перевозок пассажиров и грузов относятся американские «American Airlines», «Delta Air Lines», «Atlas Air», «United Airlines», французский «Air France», немецкая «Lufthansa», английская «British Airways». Однако, следует отметить, что поток пассажиров и грузов в 2020 году значительно снизился, из-за пандемии коронавируса.

В системе международного воздушного транспорта значительную роль играют государства, а также международные организации в области воздушного транспорта, деятельность которых заключается в обеспечении его эффективного функционирования и безопасности полетов. Воздушный транспорт

имеет три вида регулирования: 1) национальное – лицензирование авиаперевозчиков, работающих на внутренних и международных маршрутах; 2) межгосударственное – авиамаршруты регулируются межправительственными соглашениями; 3) международное – на основе взаимных договоров между авиакомпаниями участниками при посредничестве Международной ассоциации воздушного транспорта (IATA). Концепция управления авиационными перевозками пассажиров и грузов предполагает системный подход к ее организации и включает в себя: а) организационное и правовое обеспечение (ИКАО, IATA, органы государственного регулирования); б) производственное обеспечение (аэропорты, авиатехнические предприятия); в) обеспечения сервиса (таможня, транспортные предприятия, страховые организации); г) обеспечения сбыта авиатранспортной продукции (системы продажи и бронирования билетов, собственная сеть продаж). Логистическое сотрудничество турфирм и авиакомпаний предусматривает совместную координацию авиаперевозок туристов и сотрудничество в реализации билетов. В частности, определены такие формы взаимодействия турфирм и авиакомпаний: 1) бронирование мест и выкуп авиабилетов через агентства авиакомпаний; 2) договор с авиакомпанией на квоту мест на регулярных авиалиниях; 3) агентское соглашение, то есть работа в роли агентства по продаже авиабилетов для своих туристов; 4) организация чартерных авиарейсов для перевозок туристов. Предполетное, полетное и послеполетное обслуживание – это три звена логистической системы авиаперевозок. Сущность предполетного обслуживания заключается, прежде всего, в предоставлении достаточной информации о возможностях определенной авиакомпании. Полетное обслуживание включает в себя прибытие клиентов до аэропорта назначения с обеспечением безопасности полета, необходимого комфорта и сервиса во время путешествия. Послеполетное обслуживание заключается в обеспечении комфорта в аэропорту прибытия и предоставлении дополнительных услуг авиакомпаниями. Для наибольшей эффективности системы в целом, указанные выше сущности должны функционировать согласованно в единой логистической цепи пассажирских перевозок, что, в свою очередь, требует согласованных действий всех участников системы. Важным при выполнении авиаперевозок пассажиров и грузов является оформление авиационных документов с помощью современных информационных технологий. Как пример, IATA в марте 2013 года утвердила стандарт многостороннего электронного соглашения – Multilateral e-AWB Agreement, позволяющий авиакомпаниям и экспедиторам перейти на единую электронную накладную к безбумажной технологии e-Cargo, на базе IT e-Freight, которая

предполагает применения электронного документооборота на всем пути груза от отправителей к получателям.

Глобальная компьютеризация и автоматизация мировых процессов не обошла стороной и логистику в сфере перевозок воздушным транспортом. Автоматизированные системы сбыта, такие как «SITA Gabriel», «Amadeus», «Galileo», играют ведущую роль в организации комплекса услуг, включая продажу мест в гостиницах, прокат автомобилей, поездки на других видах транспорта, то есть автоматизация всех функций туристических агентств и авиакомпаний.

Начиная с 90-х годов прошлого века мировой рынок авиаперевозок разделили ведущие авиакомпании мира объединившись в альянсы. Примером международного авиаальянса является объединение «Oneworld», в состав которого входят восемь авиакомпаний, а именно «Aer Lingus» (Ирландия), «American Airlines» (США), «British Airways» (Великобритания), «Cathay Pacific» (Гонконг), «Finnair» (Финляндия), «Iberia» (Испания), «LATAM Chile» (Чили), «Qantas Airways», (Австралия). Альянсы позволяют увеличивать объемы производства, заказывать большие партии оборудования и материалы по низким ценам, совместно заказывать воздушные суда, использовать единые бланки авиабилетов и повышать эффективность и результативность иных логистических функций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ковалев, М. М. Транспортная логистика в Беларуси: состояние, перспективы : моногр. / М. М. Ковалев, А. А. Королева, А. А. Дутина. – Минск : Изд. центр БГУ, 2017. – 327 с.
2. Палагин, Ю.И. Логистика. Планирование и управление материальными потоками: учебное пособие / Ю.И. Палагин. – СПб.: Политехник 2012. – 286 с.; ил.
3. Сивохин, Н.П. Логистика: учебное пособие / Н.П.Сивохин, В.Б.Родионов, М.Н.Горбунов. – М. : Изд: РИК Русанова, 2000. - 220 с.
4. Дроздов, П.А. Логистика: учебное пособие / П.А. Дроздов. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. - 429 с.

УДК 369.2

В.Д. Вышинский, А.В. Дубовский

Белорусская государственная академия авиации

COVID-19 В АВИАЦИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ

Март 2020 года навсегда войдет в историю мировой авиации, как время, когда небо опустело. Мировая индустрия воздушных перевозок оказалось, возможно, в самом тяжелом кризисе за всю свою историю. Авиация медленно умирает. Три ведущих альянса «One World», «Sky Team» и «Star allianes», в которые входят все

крупнейшие авиакомпании мира, заявили, что пережить текущий кризис удастся далеко не всем, особенно пострадают компании с пассажирооборотом меньше 10 миллионов человек в год.

Международная ассоциация воздушного транспорта «IATA» оценила ущерб, который вирус нанес компаниям, в 113 миллиардов долларов. И эта цифра будет только расти, ведь большинство авиалиний вынуждены были сократить полеты до минимума. В первые дни пандемии, по всему миру, количество рейсов резко сократилось сразу на 20–25 %, а хуже всего выглядел азиатский сегмент: там авиаперевозки упали на 80 %. Аэропорты многих городов попросту превратились в огромные парковки. Вот только прибыль они не приносят. Например, у «Lufthansa» простаивают две трети флота. Британская авиакомпания «Virgin Atlantic Airways Ltd» объявила о начале процесса своего банкротства в США. Перевозчик «Norwegian» отменил четыре тысячи рейсов и сокращает половину сотрудников. Абсолютное большинство акционеров на внеочередном собрании одобрило план по спасению авиакомпании от банкротства, которое ей грозило из-за пандемии. Более мелкие игроки рынка, такие как «Air Baltic» или «Korean Air», также сообщили, что вирус угрожает их существованию: самолеты стоят на земле, билеты не продаются, сотрудники никуда не делись и необходимо платить зарплату.

Города и государства, сделавшие ставку на статус транспортного хаба, такие как, к примеру, Дубай, где доля авиации в ВПП страны составляет двадцать семь процентов, переживают серьезные экономические затруднения.

Власти множества держав пообещали помочь авиакомпаниям, но, пока, не определились каким именно образом. Сами авиакомпании просили у правительств налоговых «каникул» и послаблений: снижения сборов с пассажиров или за пролеты. А у аэропортов - скидок на парковку вынужденно простаивающих самолетов. Пока что они добились только приостановки правил распределения слотов в аэропортах, которые обязывают использовать их на 80% – или лишиться. Чтобы сохранить их, авиакомпании гоняли полупустые самолеты, и к их протестам постепенно присоединились борцы с глобальным потеплением. Власти пошли навстречу.

Стоит отметить, что начавшаяся паника, которая практически парализовала гражданское авиасообщение, буквально возродила перевозки грузов воздушными путями. За примером далеко ходить не нужно: услуга пользуется спросом в СНГ. Так, украинский «Антонов», в чьих владениях находится самый большой самолет в мире Ан-225 «Мрия» и не менее вместительный Ан-124 «Руслан», сообщает об увеличении запросов на перевозку в четыре раза, а

общий налет самолетов предприятий увеличился на 30 % всего за месяц.

Каждый выживает как может. Крупнейшая авиакомпания мира «American Airlines» ищет новые источники дохода, а потому, впервые за 36 лет, начала выполнять грузовые рейсы, перевозя почту и медикаменты между Европой и США. «Lufthansa», у которой замерло две трети пассажирского флота, сохраняет объем грузовых перевозок в полном объеме. Представители компании даже говорят о планах переоборудования основного самолета компании, Boeing-747, согласно новым потребностям рынка. Естественно, такой бурный рост связан с увеличением заказов от медресуджений и логистических компаний, которые хотят перевозить гуманитарную помощь и грузы, связанные с вирусом. Основной упор, конечно же, делается на доставку медицинского оборудования, вещей первой необходимости и товары, имеющие временные ограничения для использования.

Словно по закону природы, который применим и к экономике, на пустующее место в пищевой цепи обязательно кто-то претендует. На фоне того, как мировая гражданская авиация затягивает пояса и пытается демпинговать, в надежде компенсировать потери, компании, которые предоставляют услуги частной авиации, сообщают о резком росте интереса к их сервису. Так, швейцарский брокер «Luna Jets» сообщает о двукратном увеличении рейсов всего за неделю: именно в тот момент, когда люди начали массово покидать Италию, желая успеть до закрытия границ. Аналогичная ситуация наблюдается и в Северной Америке. По словам представителей компании «Paramount Business Jets», рост количества запросов на чартерные перелеты составил от 100 до 300 %, в зависимости от региона.

Причин, по которым люди решают потратиться на аренду бизнес-джета, заплатив в разы или даже в десятки раз больше, чем за билет на регулярный рейс, немало. По мнению Джарада Дэвиса, главы американской частной авиакомпании «South American Jets», многие из его клиентов в возрасте, а значит они предпочитают находиться на борту в одиночестве, а не в компании кучи людей в салоне самолета или в очереди к пункту контроля в аэропорту, ведь находятся в группе риска. Некоторые путешественники выкладывают до 15000 долларов за час полета, чтобы избежать необходимости толкаться с потенциальными носителями вируса. И хотя частные рейсы не смогут заменить крупные авиалинии, но они совершенно точно помогают разгрузить мировую транспортную систему. А многие эксперты и вовсе склонны утверждать, что именно малая авиация сможет спасти экономику от коллапса.

Какое же будущее ждет современную авиацию? Вернутся ли основные перевозчики, к довирусным масштабам деятельности?

Еще совсем недавно мировой авиалидер «Qatar Airways» внушал наибольшей оптимизм. Удачное использование логистики и большая финансовая подушка позволили компании, даже в условиях жесточайшего карантина, работать по 75 направлению. Но 1 апреля 2020 года рухнул и этот гигант. Предприятие сообщило о резком снижении количества полетов. 75 % авиафлота «Qatar Airways» уже находилось на земле и, в процентном соотношении, число таких самолетов увеличилось до 90 %. Около 40 % сотрудников аэропорта Катара, включая сферу обслуживания воздушной гавани, отправились во внеочередные отпуска.

Сильно пострадали зависимые сферы: авиастроение и туризм. По словам самых пессимистичных экспертов, отголоски проблем, которые начались в авиации и в смежных отраслях, мы будем чувствовать целыми годами, если не десятилетиями. Еще с марта речь идет не о прибыли, а о выживании целых отраслей. Победителями выйдут авиакомпании, за которыми стоят государства: вроде Китая или арабских стран, для которых перевозки играют ключевую роль. Американцы, при поддержке влиятельных профсоюзов наверняка добьются субсидий для «American Airlines». Страны Европы также поддержат своих.

Некоторые специалисты утверждают, что с такими тенденциями, в недалеком будущем нас ждет новый мир, в котором останутся только крупные и национальные авиакомпании. Но, как показывает практика, предсказать исход ситуации, которая никогда еще не случалась, невозможно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Будущее путешествий: что будет с перелетами после COVID-19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.skyscanner.ru.
2. Коронавирус разорвет авиакомпании. Многие не дотянут до лета без помощи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.bbc.com.

УДК 369.2

В.Д. Вышинский, А.В. Дубовский

Белорусская государственная академия авиации

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-ПЕЧАТИ В АВИАЦИИ

На сегодняшний день, производство большинства металлических деталей ведется с помощью механической обработки, и, как правило, готовое изделие сильно отличается по размеру: зачастую, итоговая деталь незначительно меньше образца. Если брать за пример процесс производства какой-либо сложной авиационной детали из дорогостоящего титанового сплава, то в результате производства больше половины металла неизбежно превратится в стружку. К сожалению, в большинстве случаев

происходит именно так, однако, сегодня уже есть технология, позволяющая не только создавать сложные металлические детали, но и в разы снизить количество отходов производства. Это лазерное спекание или 3D-принтер по металлу.

Изготовление металлических объектов сложной формы – одно из самых интересных применений этой невероятной технологии. К примеру, на 3D-принтере можно создавать детали сложнейших форм, в которые включены каналы жидкостного охлаждения, что позволит использовать их в таких высокотемпературных устройствах, как ракетный двигатель. Прямое лазерное спекание металлов – это технология производства, позволяющая создавать металлические детали, с помощью данных компьютерного 3D-моделирования. Для создания прочных и долговечных деталей технология использует различные металлы и сплавы, такие, как кобальт, нержавеющая сталь и хром, и является отличным выбором для создания изделий, функционирующих при высоких температурах.

Процесс изготовления металлических деталей с помощью 3D-принтера начинается с 3D CAD. Программа математически разрезает объёмную фигуру на 2D-сечения, каждое из которых будет работать, как план, сообщаящий машине, где именно будет происходить процесс обработки. Машина создает равномерный слой порошка, затем лазер рисует на нем поперечный разрез, расплавляя порошок и превращая его в цельный металлический сплав. Когда процесс спекания слоя завершен, платформа опускается на один уровень. Сверху наносится еще один тонкий слой металлического порошка, который также будет расплавлен и сольётся с предыдущим. Процесс будет повторяться до тех пор, пока не завершится печать всей модели. Для поддержки нависающих частей детали сперва печатаются опорные конструкции, которые создаются из того же материала, что и деталь. Это необходимо для предупреждения возможных термических деформаций в процессе лазерного спекания. После завершения печати рабочая камера охлаждается до комнатной температуры, а излишки порошка удаляются. Все напечатанные на 3D принтере металлические детали подвергаются дополнительной термообработке, для придания прочности и снятия возможных остаточных напряжений, а опорные конструкции удаляются посредством спиливания.

Казалось бы, еще 20 лет назад подобное изобретение могло предстать лишь перед любителями фантастики, однако, уже сегодня, аддитивное производство изделий из металлических порошков внедряют такие гиганты, как: Audi, Porsche, SpaceX и NASA. Авиация тоже не остается в стороне. Так, компания Airbus

Helicopters начала производство деталей для дверей самолетов Airbus A350, используя технологию 3D-печати.

Набирающий популярность метод производства деталей находит свое применение все в больших количествах компаний не просто так. Все дело в том, что современные технологии значительно выигрывают как в качестве произведённой продукции, так и в экономической составляющей. Например, напечатанный на принтере вал блокировки дверей на 45 % легче и на 25 % дешевле такой же детали, изготовленной традиционным способом. Если же брать в расчет тот факт, что на каждый A350 приходится, в среднем, 16 деталей подобного рода, то методом несложных математических подсчетов можно выяснить, что использование 3D-печати при производстве позволит сэкономить около 4 килограмм веса на каждый самолет. И речь идет лишь об одном типе деталей.

Помимо прочего, некоторые металлические части воздушных судов можно заменить пластиковыми. В недалеком будущем данная технология поможет воздушным судам в значительной мере снизить собственный вес, что, в свою очередь позволит значительно сэкономить на расходе топлива. В выигрыше от подобных перспектив останется как сама авиакомпания, так и экология. Кроме того, использование 3D-печати ощутимо удешевит сам процесс производства и ремонта воздушных судов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Детали для самолетов Airbus начали печатать на 3D-принтере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.unian.net
2. 3D-печать в авиастроении: рассказ инженера Boeing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.additiv-tech.ru.

УДК 369.2

В.Д. Вышинский, А.В. Дубовский

Белорусская государственная академия авиации

СПОСОБЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ МИРОВОГО КРИЗИСА 2008 Г. В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

В 2008 году в мире начался финансово-экономический кризис, который проявился в виде сильного снижения основных экономических показателей в большинстве стран с развитой экономикой, впоследствии переросшего в глобальную рецессию (замедление) экономики.

Возникновение кризиса связывают с рядом факторов: общей цикличностью экономического развития; перегревом кредитного рынка и явившегося его следствием ипотечного кризиса; высокими ценами на сырьевые товары (в том числе, нефть); перегревом фондового рынка. Предшественником финансового кризиса 2008 года был ипотечный кризис в США, который в начале 2007 года

затронул высокорисковые ипотечные кредиты. Вторая волна ипотечного кризиса произошла в 2008 году, распространившись на стандартный сегмент, где займы, выдаваемые банками, рефинансируются государственными ипотечными корпорациями.

Вследствие 20%-го падения цен на недвижимость американские владельцы жилья обеднели почти на пять триллионов долларов.

В последние годы авиатранспорт стал одной из наиболее динамично развивающихся отраслей мировой экономики. Глобализация рынка услуг гражданской авиации, развитие туристической привело к значительной зависимости отрасли авиаперевозок от общемировой экономической конъюнктуры, что и привело к значительному сокращению авиаперевозок в период мирового финансового кризиса. Последствия кризиса сказались на инвестиционной привлекательности отрасли гражданской авиации всех стран. Однако, в России снижение темпов авиационных перевозок в 2009 г. более чем в 2 раза превысило общемировой уровень; по данным IATA, спад пассажирских перевозок в мире составил 3,5%, в США – 5,5, в Европе – 4,8, а в России – 9,4 %.

Авиационная индустрия является низкодоходной и низкорентабельной во всем мире, что сказывается на ее инвестиционной привлекательности. Это обусловлено наличием интенсивной конкуренции. В странах, где способность компаний конкурировать друг с другом не ограничена государственным регулированием и разными формами скрытой (или открытой) поддержки, рентабельность по чистой прибыли (или чистая маржа, *net margin* – один из наиболее важных показателей, используемых в зарубежной практике для оценки инвестиционной привлекательности авиакомпаний) составляет не более 10 % в год.

Ухудшение финансово-экономических показателей связано не столько со снижением выручки авиакомпаний, сколько с увеличением расходов. В 2008 г. наблюдался значительный рост цен на авиационное топливо, что, по данным IATA, привело к увеличению топливных издержек в общей структуре операционных расходов авиакомпаний в среднем до 32 % (в 2001 г. их доля составляла 13 %).

Кризис привел авиаперевозчиков к необходимости пересмотра инвестиционной политики, а зачастую и стратегии. Можно выделить следующие тенденции развития авиакомпаний, способствующие выходу из кризиса отрасли.

1. Увеличение выручки от перевозки пассажиров за счет использования продуманной маркетинговой стратегии и диверсификации источников получения выручки.

Основную долю доходов авиакомпаний (до 80 %) составляет выручка от пассажирских перевозок. Для ее увеличения перевозчики используют следующие маркетинговые стратегии.

1) Начисление и продажа бонусных миль. Эта практика, появившаяся в России сравнительно недавно, имеет многолетнюю историю за рубежом. Основными ее целями являются:

- повышение лояльности клиентов (так как он уже накопил «баллы» на одной авиалинии, у него появляется дополнительная мотивация продолжить пользоваться ее услугами с целью получения бесплатного перелета в результате набора определенных миль);

- оптимизация загрузки самолета (бонусные мили могут быть использованы только на определенные полеты, как правило, в периоды наименьшей загруженности авиакомпаний – в зимнее время и не праздничные периоды). В результате авиакомпании несут минимальные дополнительные расходы на перевозку «бонусных» пассажиров, так как с высокой долей вероятности их место не будет использовано). В практике американских авиакомпаний встречается продажа бонусных миль за денежные средства. Для клиентов это дополнительная возможность приобрести билет в нужное время с учетом накопленных бонусных баллов, для авиакомпании – дополнительный источник дохода;

- излишнее бронирование мест на рейс. Это превышение основывается на статистических данных о возврате билетов и среднем проценте пассажиров, не пришедших на рейс.

2) Многие авиакомпании пошли по пути диверсификации источников получения выручки.

Рост прочей выручки шести исследуемых крупнейших американских авиакомпаний составил 18 %, в то время как их иностранные конкуренты показали скромный рост или уменьшение этого показателя. Прочая выручка в основном была получена за счет предоставления дополнительных услуг пассажирам, например приоритетного размещения и удержания багажа. Такие услуги не требовали существенных затрат и позволили компаниям генерировать дополнительные денежные потоки. В свою очередь, некоторые российские авиакомпании пошли по пути диверсификации направлений деятельности, например, «Ютэйр» активно развивала высокорентабельный вертолетный бизнес, «Трансаэро» – ряд эксклюзивных чартерных направлений.

2. Изменение тарифной политики.

Большинство российских авиакомпаний в 2008–2009 гг. снизили цены на пассажирские билеты. Кроме того, произошло еще более значительное снижение тарифов на перевозку грузов, что привело к убыточной деятельности многих авиаперевозчиков ради сохранения доли рынка перевозок. За счет низких цен на

грузоперевозки российские компании смогли переключить на себя часть авиапотока из Азии в Европу.

3. Интеграция авиаперевозчиков, вхождение в глобальные альянсы, концентрация авиаперевозок.

В кризисный период активно использовались возможности трех мировых альянсов авиакомпаний – Oneworld, SkyTeam и Star Alliance. Так, союз Air France – KLM и Delta дал 150 млн долл. только за счет сокращения пустых мест на маршрутах. Уменьшив на 15 % свои международные мощности, Delta почти ничего не потеряла в доходах.

4. Рост доли рынка низкотарифных авиакомпаний (лоу-кост, или дискаунтеров).

В 1990 г. дискаунтеры занимали 34 % рынка, в 2000 г. – 37 %, а к 2010 г., по прогнозам, их доля вырастет до 45 %. Мировой опыт показывает, что в условиях кризиса пассажиры предпочитают пожертвовать определенным комфортом ради низких цен на билеты. Так, за первые 4 мес. 2009 г. доля перевозок премиум-класса, осуществляемых американскими авиакомпаниями, сократилась на 19,9 % [10]. Внутренний рынок авиаперевозок США и европейский рынок переживают передел рынка в пользу авиакомпаний-дискаунтеров, чему во многом способствовало банкротство швейцарской авиакомпании Swissair, бельгийской Sabena и др. По данным исследования Европейской ассоциации пилотов, сравнительная экономия низкобюджетных перевозчиков по сравнению с традиционными составляет 57 %.

5. Рост интернет-продаж и внедрение электронных билетов (e-ticket).

Первое место в мире по этому показателю занимает Северная Америка, затем следуют европейские страны и АзиатскоТихоокеанский регион. Интернет-продажи американской Delta Airlines в прошлом году составляли 50% от общего количества продаж. Два года назад IATA инициировала использование электронных билетов российскими авиакомпаниями. В структуре затрат на перевозки этот сегмент занимает третье место после расходов на горюче-смазочные материалы и заработную плату. Поэтому именно развитию интернет-технологий уделяется так много внимания со стороны авиакомпаний. Наиболее эффективным каналом сбыта билетов признаны собственные сайты авиакомпаний, так как там не только предлагаются наиболее низкие тарифы на билеты, но и предоставляется возможность заказа гостиницы, проката автомобиля и т.п. При этом пассажир становится участником бонусных программ для часто летающих. Стоит отметить, что сама по себе технология e-ticket не подразумевает обязательного использования сети Интернет, поскольку билет можно купить через турагентство или заказать по

телефону. В данном случае снижение затрат происходит за счет экономии на печати бумажного бланка билета и переводе в электронную форму всей процедуры покупки, что ведет к сокращению количества офисов продаж.

Кроме прямых продаж через сайты авиакомпаний активно развиваются туристические порталы (например, Expedia или Travelocity) и сайты, созданные группами авиакомпаний (Orbitz в США или Opodo в Европе), интернет-сервисы агентств (например, AviaHandyBank, купибилет, aviasales).

На сегодняшний день гражданская авиация смогла выйти на докризисный уровень, однако, темпы ее развития были значительно замедлены. Природные и экономические катаклизмы циклические, они всегда будут представлять угрозу для человека и всех его сфер деятельности. Мы должны научиться понимать природу этих явлений, чтобы успешно справлять с их последствиями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бартельс, К.Л. Низкотарифные авиакомпании как новое явление авиатранспортной отрасли [Электронный ресурс]. / К.Л. Бартельс. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/conf/aerospace/internetconf/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&t=2250&view=previous>.
 2. Количество клиентов российских авиакомпаний увеличилось на 31% в 2010 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gazeta.ru/news/business/2010/03/25/n_1474633.shtml.
 3. Лукичева, И. Он улетел, но обещал вернуться! / И. Лукичева // Капитал. Деловой еженедельник. – 2010. – 8 апреля. – С.4.
 4. Тихонов, А. Мировая авиаиндустрия / А. Тихонов // CEO. – 2009. – № 12. – С. 10-12.
 10. The World Airline Report // Air Transport World. – 2009. – № 6. – Р. 24.
- УДК 330.34
А. А. Глот

Белорусский государственный университет транспорта

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БУХГАЛТЕРСКОГО АУТСОРСИНГА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТРАНСПОРТА

В современных условиях хозяйствования важным элементом в деятельности любого предприятия является грамотное ведение бухгалтерского учета и предоставления отчетности. Как известно, ведение бухгалтерского учета на предприятии осуществляется главным бухгалтером. Однако его функции могут выполнять сторонние организации на основании заключенного договора на оказание услуг по ведению бухгалтерского учета. Такая передача обязанностей именуется аутсорсингом.

Наиболее распространенными формами аутсорсинга являются бухгалтерский, кадровый, логистический, юридический, а также IT-

аутсорсинг [3]. В данной статье уделено внимание бухгалтерскому аутсорсингу, т. е. аутсорсингу в сфере бухгалтерских услуг.

Под данным видом аутсорсинга подразумевается передача процессов ведения бухгалтерского учета или же отдельных участков учета сторонней организации, которая, в свою очередь, предоставляет конкретную услугу по учету в течение установленного времени [2].

Если говорить об аутсорсинге в сфере бухгалтерского и налогового учета для предприятий транспортной отрасли, то он предполагает ярко выраженную специфику. Такую работу можно доверить только грамотным специалистам, имеющим специальное образование и опыт работы в данной отрасли. Ошибки способны стать причиной серьезных последствий, поэтому при выборе аутсорсинговой организации необходимо убедиться в ее надежности и профессионализме.

Для понимания в целом необходимости использования аутсорсинга в бухгалтерской деятельности, следует оценить его преимущества и недостатки.

В настоящее время отмечена востребованность данного направления в транспортной сфере, поскольку наша страна находится в центре Европы. Перемещения не только внутри Республики Беларусь, но и за ее пределы, транзитные перевозки определяют необходимость увеличения количества частных компаний, занимающихся перевозками. В связи с этим предприятиям и фирмам, имеющим отношение к транспортной деятельности, стоит задуматься о ведении учета на должном уровне.

Использование аутсорсинговых услуг отдельными организациями транспортной принадлежности способствует снижению издержек производства и налоговых рисков, помогает адаптироваться в быстро развивающейся экономической среде, а также повышает эффективность производственного процесса в целом.

Одним из важнейших преимуществ передачи обязанностей по бухгалтерскому учёту на аутсорсинг является высокий потенциал кадров. Это связано с тем, что фирмы, предоставляющие такого рода услуги, специализируются только в одной сфере. В связи с чем имеют высококвалифицированных специалистов именно в этой области. Кроме того, узкая направленность позволяет сосредоточиться на выполнении только тех задач, которые имеют отношение к ведению бухгалтерского учета в организации заказчика. Более того, выбирая аутсорсинговую компанию, а не штатных сотрудников, организация-заказчик может не беспокоиться за прерывность производственного процесса по болезни или отсутствия работника во время отпуска.

Немаловажным преимуществом является также перераспределение ответственности за ведение бухгалтерского учёта, которая полностью возлагается на аутсорсера. Высокий профессионализм, которым обладают сотрудники организаций-аутсорсеров, позволяет находить нестандартные решения проблем. Такое перераспределение ответственности сильно уменьшает риск принятия ошибочных решений, увеличивая шансы при решении споров.

Нельзя не отметить и тот факт, что все убытки, понесенные в результате совершения неверных расчётов или нарушений сроков при ведении бухгалтерского учета, полностью возлагаются на аутсорсинговую организацию.

Помимо всего прочего отмечается заметная экономия средств и времени. Предприятие-заказчик может заниматься более важными делами, сосредоточившись именно на развитии предприятия, потратив при этом относительно небольшие средства на пользование услугами аутсорсинговой компании, поскольку стоимость услуг зависит не от ставки специалиста, а от объема выполненных работ. Именно поэтому услуги аутсорсинговой компании зачастую значительно дешевле, чем оклад бухгалтера, работающего в штате.

Однако, несмотря на явные преимущества оказываемых услуг, существуют и недостатки бухгалтерского аутсорсинга.

Самый очевидный недостаток связан с возможной утечкой информации. В таком случае существует риск раскрытия коммерческой тайны. При выборе компании, оказывающей услуги по ведению бухгалтерского учета, особое внимание следует уделить ее репутации. Обязательным условием является четкая проработка и согласование всех деталей, сроков выполнения, желаемых результатов, распределения функций и полномочий.

Кроме того, стоит обратить внимание на такой недостаток, как частичная отстраненность руководства от деятельности предприятия, в результате чего могут приниматься не совсем верные управленческие решения в силу отсутствия полного контроля над осуществляемыми хозяйственными операциями.

Также следует отметить нерациональность использования такого рода услуг для крупного бизнеса. Если в компании ежедневно производится огромное количество операций, то рентабельнее и эффективнее организовать полноценный бухгалтерский отдел и воспользоваться услугами штатного бухгалтера.

Однако в настоящее время в связи с изменяющимися экономическими условиями следует отметить расширение количества мелких и средних предприятий, индивидуальных

предпринимателей, что приводит к востребованности такой услуги как бухгалтерский аутсорсинг.

Сегодня роль бухгалтерского учета трудно переоценить. Правильно организованная система учета является гарантом успешной деятельности предприятия. Не вызывает сомнения престижность профессии бухгалтера. Находясь в курсе всей финансово-хозяйственной деятельности, бухгалтер должен не только грамотно вести учет, но и уметь минимизировать риски, учитывая требования законодательства, особенности организационно-правовой формы и видов деятельности, осуществляемых предприятием [1].

В заключение можно сказать, что аутсорсинг бухгалтерского учета стремительно развивается во многих европейских странах. В период экономической нестабильности, аутсорсинг, очень актуален для многих транспортных организаций. Глобализация экономики и интеграция нашей страны в эти процессы оказывают существенное влияние на дальнейшее развитие аутсорсинга в Республике Беларусь. Данный способ организации и ведения дел, несомненно, эффективен и многочисленные преимущества аутсорсинга позволяют ему и в дальнейшем оставаться перспективным направлением в бизнесе.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аникин, Б. А. Аутсорсинг: создание высокоэффективных и конкурентоспособных организаций: учеб. пособие / Б.А. Аникин. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 187 с.
2. Аникин, Б. А. Аутсорсинг и аутстаффинг: высокие технологии менеджмента : уч. пособ / Б. А. Аникин, И. Л. Рудая. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 330 с.
3. Курбанов, А. Х. Аутсорсинг: история, методология, практика: монография / А. Х. Курбанов, В. А. Плотников. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 112 с.

УДК 629.7

А.А.Гурецкий

Белорусская государственная академия авиации

МЕРОПРИЯТИЯ СОВЕТСКОГО ПРАВИТЕЛЬСТВА ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ АЭРОДРОМНОЙ СЕТИ ДЛЯ ВОЕННО- ВОЗДУШНЫХ СИЛ КРАСНОЙ АРМИИ В ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ В 1939–1941 ГГ.

После освободительного похода Красной Армии в Западную Беларусь, осенью 1939 года, перед руководством страны встал вопрос о создании оборонительных рубежей вдоль новой советско-германской границы от Гродно до Бреста включительно длиной в 470 км. В связи с этим первоочередной мерой стало размещение и

материальное обеспечение войск Рабоче-крестьянской Красной армии, которые были передислоцированы на территорию западных областей Белорусской ССР. Требовались казармы, аэродромы, полигоны и прочее для обеспечения жизнедеятельности и боевой подготовки группировки войск.

Аэродромная сеть Западной Беларуси была развита слабо, аэродромы не имели бетонных взлетно-посадочных полос. Грунт и грязь, которые вылетали из-под колес, забивали закрылки и рули самолетов, забивали систему уборки шасси. Такие аэродромы не могли использоваться для новых типов военных самолетов.

По плану капитального строительства, утвержденному 9 марта 1940 г., на оборонительное строительство из бюджета страны было выделено Белорусскому особому военному округу для Западной Беларуси 126.635 тыс.руб., на необоронительное (войсковое) строительство 103 млн.руб. Предусматривалось достроить 18 аэродромов, построить 19 оперативных и реконструировать 1 аэродром. На строительство оперативных аэродромов в Западной Беларуси (БОВО) было выделено 20.020 тыс.руб., на строительство бензоемкостей 27.000 тыс.руб. Планировалось производить сдачу работ комплексно (емкости, складские, жилые помещения и железнодорожные ветки, средства связи) [1].

В феврале 1941 года Маршал Советского Союза С. Тимошенко в докладной записке на имя т. Сталина отмечал, что «на территории всех приграничных округов находится 767 аэродромов, из них:

- выходят из строя в период осенней и весенней распутицы до 2-х месяцев – 607.

- выходят из строя в период осенней и весенней распутицы на 10-15 дней – 149.

- имеют взлетно-посадочные полосы – 11.

Из 160 аэродромов (годных почти круглый год) на Западе расположен только 61 аэродром. Поэтому в период весенней и осенней распутицы «можно производить полеты не более, чем на 61 аэродроме; в Киевском и Западном особых военных округах – только на 16 аэродромах, что совершенно недостаточно». Чтобы обеспечить круглогодичную работу авиации, хотя бы «из расчета одного полка на авиадивизию», он предложил построить на 70 аэродромах бетонные и грунто-асфальтовые взлетно-посадочные полосы.

Стоимость строительства взлетно-посадочных полос на всех 70 аэродромах составляет 967 880 тысяч рублей. В связи с тем, что осуществить это строительство в один год не представляется возможным, нарком обороны предложил «взлетно-посадочные полосы построить» в течение двух лет:

- в 1941 году на 18 аэродромах;
- в 1942 году на 52 аэродромах [2].

10 апреля 1941 года издано постановление ЦК ВКП(б) и СНК СССР № 862-369сс «О реорганизации системы авиационного тыла», согласно которому утверждались предложения наркомата обороны о создании к 1 июля 1941 г. 54 районов авиационного базирования и строительстве в 1941–1942 гг. 539 оперативных аэродромов. Район авиационного базирования становился основным тыловым органом ВВС общевойсковой армии, военного округа (фронта) и предназначался для материально-технического, аэродромного и медицинского обеспечения трех-четырёх авиационных дивизий. В состав каждого района входили авиационные базы из расчета одна на дивизию. В частности, в Западном особом военном округу образовать 10 районов авиабазирования. При этом в Гродненском, Белостокском, Кобринском, Барановичском, Пинском и Вилейском районах следовало иметь по 48 аэродромов в каждом. Из сооружаемых в 1941 г. 376 оперативных аэродромов в Западном особом военном округу планировалось построить 30 [3].

К 20 июня 1941 г. на 50 аэродромах Западного особого военного округа шло бетонирование первой взлетно-посадочной полосы, и велись земляные работы на второй. 20–21 июня в Минске состоялось совещание главных инженеровстроек, на котором было решено завершить 30–40 % строительства к 15 августа, большую часть до 1 сентября, а полностью выполнить программу к 1 октября 1941 г. [4]

К этому времени на территории Западного особого военного округа было сосредоточено 6/3 авиационных дивизий (из них - 2 бомбардировочные (1 формировалась), 1 истребительная (2 формировались), 3 смешанных), 29/8 авиаполков (13 бомбардировочных (2 формировались), 12 истребительных (5 формировалось), 2 штурмовых (1 формировался) и 2 разведывательных полка) и 8 авиакорпусов [5].

Однако начавшаяся 22 июня 1941 года Великая Отечественная война сорвала эти планы, военные аэродромы не были бы готовы к ведению боевых действий. Так как помимо строительства аэродромов в Западной Беларуси строились укрепленные районы («линия Молотова»), другие объекты военной инфраструктуры.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный архив Российской Федерации. Ф. р-8418. Оп. 28. Д. 98. Л. 292–294, 295– 325.
2. Центральный архив Министерства обороны Российской Федерации. Ф. 35. Оп. 11285. Д. 60. Лл. 45–47.
3. Российский государственный архив социально-политической истории Российской Федерации. Ф. 17. Оп. 162. д. 34. Л. 1, 39–41; Ф. 71. Оп.

25. Д. 5831. Л. 1; Д. 5279. Л. 67–68; ГАРФ. Ф. р-5446. Оп. Зас. Д. 4. Л. 185–188.

4. ГАРФ. Ф. р-8437. Оп. 1а. Д. 59.

5. 50 лет Вооруженных Сил СССР М, 1968, с 238, 251

УДК 658.8

И.В. Жирикова, Л.Г. Сидорова

Белорусский государственный университет транспорта

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

В настоящее время рынок транспортных услуг занимает лидирующие позиции по развитию в мире. Продуктивность работы отраслей промышленности и экономическое благосостояние страны напрямую зависят от функционирования транспортных сетей. Говоря сегодня о развитии транспортной инфраструктуры, нельзя не упомянуть о цифровизации. Искусственный интеллект, цифровые технологии, инновационные проекты широко распространены в хозяйственной деятельности. Под их влиянием меняются бизнес-модели в области транспорта.

В основании цифровой революции находится усовершенствование интернет-технологий и уменьшение стоимости входа в мировую сеть.

Цифровая экономика представляет собой экономику, принцип которой строится на современных методах обработки, хранения и передачи данных.

Преимущества и недостатки цифровизации представлены на рисунке 1.

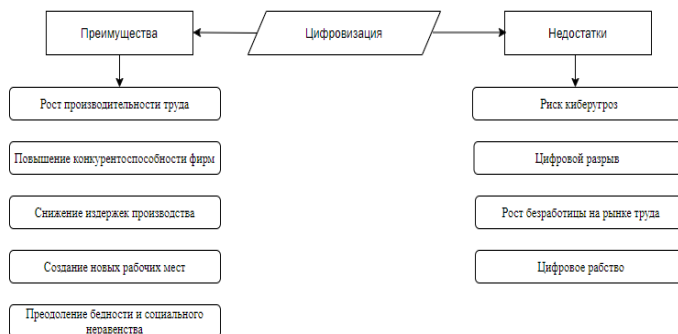


Рисунок 1 – Преимущества и недостатки цифровизации

Планируется, что единая цифровая платформа транспортного комплекса (ЦПТК) должна решить те проблемы, которые в

настоящее время сдерживают цифровизацию транспортной отрасли. Данная платформа подразумевает доверительную, связывающую информацию от разных источников с существующими государственными информационными системами сферу.

Большинство развитых стран мира сегодня занимаются вопросом обновления логистики и транспортной отрасли. Об этом свидетельствует принятие соответствующих госпрограмм.

Так, например, в Сингапуре стартовал проект Smart Mobility, направленный на прогнозирующую и мультимодальную аналитику транспортных процессов и введение в работу поездов дистанционного управления.

Франция приняла программу «Транспортное средство будущего», которая предусматривает развитие взаимосвязей между автомобильными, морскими и железнодорожными перевозчиками и создание системы электрической заправки автомобилей.

Норвегия также оцифровывает всю железную дорогу страны. Произошли преобразования в подвижных составах и локомотивах, а также усовершенствования вагонов для перевозки грузов.

Соединенные Штаты разработали стратегически важный план продвижения транспортной области на период 2018–2022 годов, ключевыми моментами которого являются надежность, инфраструктура, внедрение новшеств и контроль отрасли. План нацелен на ускорение внедрения современных транспортных технологий, а также на стимулирование государственно-частного партнерства.

В Республике Беларусь реализуется государственная программа развития транспортного комплекса на 2016–2020 годы, разработана Концепция развития логистической системы Республики Беларусь на период до 2030 года. Подразумевается постепенное обновление инфраструктуры центров логистики, а также внедрение белорусских организаций в мировые логистические цепочки, ускорение перемещения товаров и сокращение совокупных издержек путем объединения экономических интересов участников логистической системы.

В ходе развития этих инициатив Беларусь стала координатором Европейской экспертной сети EU4Digital: eTrade/eLogistics, которая включает в себя тематики электронной/бесбумажной торговли, электронной коммерции, электронной таможни, электронной логистики (eLogistics) и цифровых транспортных коридоров (ЦТК).

В течение 2016–2017 гг. Беларусь принимала активное участие в разработке цифровой повестки и соответствующих планов Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) по формированию единого цифрового рыночного пространства ЕАЭС.

Наряду с этим развивалось региональное сотрудничество в рамках Национальной системы безбумажной торговли (НСБТ) с корейскими партнерами. По инициативе Администрации индустриального Китайско-Белорусского парка «Великий Камень» тематика создания цифровых зон свободной торговли и мультимодальной логистики стала предметом сотрудничества Беларуси с предприятиями Китайской Народной Республики (КНР).

Исходя из существующего уровня информатизации, мировых достижений в области цифровых инновационных технологий и с учетом принципов цифровой экономики, необходимо обеспечить управление цифровизацией бизнес-процессов доставки товаров.

Управляемая цифровизация транспортной логистики создаст создать единое цифровое технологическое пространство по всей доставке грузов, доступное любому субъекту транспортно-логистической схемы, а также создаст условия для высокотехнологичного и эффективного бизнес-процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бубнова, Г.В. Информационный и экономический аспекты трансформации корпоративных систем управления на принципах интеллектуальной логистики / Г.В. Бубнова, Н.О. Федорова // X Юбилейный Южно-Российский логистический форум: материалы международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: РГЭУ (РИНХ), 2014. – С. 40–45.
2. Ковалев, М.М. Транспортная логистика в Беларуси: состояние, перспективы: монография / М.М. Ковалев, А.А. Королева, А.А. Дутина. – Минск: Изд. центр БГУ, 2017. – 327 с.
3. Ларин, О.Н. Вопросы трансформации рынка транспортно-логистических услуг в условиях цифровизации экономики / О.Н. Ларин, В.П. Куприяновский // Меж.-жур.-отк.-инф.- технологий. – 2018. – № 3. – С. 95–101.

УДК 336.01:004

Я.В. Ковальчук

Белорусский Государственный Университет Транспорта

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ФИНАНСОВОЙ СФЕРЫ

Современные компьютерные технологии с каждым днем играют все более значимую роль в различных отраслях нашей жизни. Спрос на цифровые технологии растет и в таком глобальном секторе как экономика. В процесс внедрения этих технологий входит цифровизация финансовой сферы. Целью написания статьи является раскрытие сущности этого внедрения в экономику.

Какова же будет финансовая сфера в будущем?

Для начала следует отметить что такое финансовая сфера.

Финансовая сфера – это одна из составных частей экономики, где ее главными участниками являются экономические субъекты, инвесторы и рынки. Также финансовую сферу можно рассматривать как совокупность условий и факторов, которые влияют на финансовые результаты деятельности предприятий. Финансовая сфера существует везде, пока главные ее участники взаимодействуют друг с другом в экономике.

Цифровизация – это процесс внедрения современных технологий в различные сферы жизни и производства.

Выделяют следующие этапы проведения цифровизации:

Основание. На данном этапе все предприятия автоматизируют свою работу, в частности такие процессы как производство, реализации продукции, управление финансами, управление персоналом и др.

Разрозненность. Это этап цифровизации, на котором предприятия начинают использовать цифровые технологии для создания новых бизнес-моделей.

Частичная синхронизация. Этот этап характеризуется тем, что руководитель составляет план будущей цифровой трансформации, и организация начинает последовательно его исполнять. Некоторые предприятия останавливают цифровизацию на третьем этапе.

Полная синхронизация. На данном этапе организация совершила полный переход на цифровые технологии.

Предпосылки цифровизации сферы финансов появились ранее, чем для остальных сфер, в связи с ее спецификой. Она заключается в том, что сфера финансов имеет личностно-потребительскую ориентацию услуги, а также состав процесса в виде элементов.

Оказание финансовых услуг представляется движением ценных бумаг, денежных средств, акций и других активов.

Услуга у данной сферы является неосязаемой, что означает, что её невозможно посмотреть или ощутить материально, так же как и невозможно мысленно представить. Финансовые услуги отличные от других услуг огромным их разнообразием.

Возвращаясь к предпосылкам, стоит отметить некоторые из них:

- специфические условия и факторы, которые сформированы внешней средой в отношении самих финансовых услуг, реализуясь способствуют их цифровизации;

- формирование у участников финансовых отношений интереса к технологичному удовлетворению их потребностей.

Цифровизация упрощает такие манипуляции с финансами как управление капиталом предприятия или любого другого экономического объекта, также делает финансовые операции более ускоренными, в общем, просто упрощает управление финансами и их движением.

Технически потребности участников финансовых отношений можно удовлетворить с помощью компьютеров, сети Интернет и др.

Дальнейшее развитие и распространение цифровизации во многом зависит от позиции государства. Роль государства в данном процессе довольно проста - просто не мешать экономическим субъектам переходить на «цифру». Главной задачей государства является создание всех необходимых условий, а дальше предприятия и их деятельность сама будет трансформироваться и подстраиваться под изменения.

Причин для внедрения цифровых технологий в экономику, включая финансовую сферу, предостаточно.

Но в каждом нововведении есть как плюсы, например упрощение различных процессов, так и минусы.

Основным минусом является, конечно же, дороговизна технического оснащения для перехода на цифровой режим экономики. Некоторые предприятия и так являются конкурентоспособными, но после перехода на робот-машин и специально разработанных программ рискуют оказаться на грани банкротства, так что пока о полном переходе на цифровую экономику говорить нельзя.

Подводя итог, можно сказать, что цифровые технологии коснулись всех сфер нашей жизни, в том числе и финансовой. На данный момент во всем мире существует только совмещение новых технологий и привычного для нас производства. Будет ли это шаг в будущее или шаг в пропасть покажет только время.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Компания RB.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rb.ru/story/digital-transformation-stages/>.

2. Семернина, Ю.В. Цифровая трансформация финансовых услуг / Ю.В. Семернина, А.Н. Пономарев // Управление финансовыми рисками в цифровой экономике: кол. монография / под общ. ред. Е.А. Нестеренко. – Саратов: Саратовский соц.-экон. ин-т (филиал) РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. – С. 110-118.

3. Марамигин, М.С.. Краудэкономика: новая реальность, новые финансовые инструменты / М.С. Марамигин // Бизнес, менеджмент и право. – 2017. – № 3-4 (39-40). – С. 17.

КРИПТОВАЛЮТЫ КАК НОВЫЙ ВИД ДЕНЕГ

Современные информационные технологии принципиальным образом изменили традиционное денежное хозяйство. Одной из наиболее ярких форм «новых» денег стали криптовалюты, соответствующие им технологии и финансовые инструменты, которые в перспективе могут вытеснить их традиционные аналоги.

Появление криптовалюты вызвано внедрением цифровых технологий во все сферы деятельности, и в частности, в сферу финансов и расчетов.

Криптовалюту можно определить, как цифровой актив, который использует криптографию для защиты и проверяет сделки, а также регулирует количество единиц в обращении. Криптовалюта считается уникальной по своей природе, поскольку это первый тип «валюты», в котором используется сложный тип криптографии, называемой «цепочкой блоков» – блокчейн. Одним из фундаментальных аспектов криптовалюты является ее способность создавать и проверять транзакции без необходимости какой-либо третьей стороны контролировать законность данной транзакции.

Одной из потенциальных глобальных тенденций, которые можно наблюдать в данный момент, и которая может потенциально повысить способность использования криптовалюты в качестве средства платежа, является рост числа цифровых платежей, в частности мобильных платежей, среди населения. Под мобильными платежами понимается использование приложений, которые позволяют осуществлять перевод средств с помощью смартфона, а не с использованием наличных денег или кредитных карт. Хотя большинство мобильных платежей системы в настоящее время не используют криптовалюту в качестве средства платежа, популярность этих форм платежей может осуществить технологический сдвиг в платежной среде, что повысит эффективность платежные системы.

В отличие от традиционных платежей, таких как наличные и кредитные карты, криптовалюты являются цифровыми и зашифрованными, нельзя обмануть в транзакции, а украсть криптовалюту намного сложнее. В мире, где так много операций осуществляется онлайн, все сбережения постоянно находятся под угрозой. В настоящее время не существует более безопасного и надежного механизма транзакций, чем те, которые использует криптовалюта.

Криптовалюта обеспечивает быструю, прозрачную и безопасную обработку смарт-контрактов. Например, автомобили

или дома могут быть размещены в блокчейне и проданы с помощью смарт-контрактов. В результате вмешательство третьих лиц, таких как банки, нотариусы и консультанты, больше не является необходимым, и транзакции могут происходить быстрее и дешевле. По сути получается, что криптовалюта уходит из-под контроля банков и государства. Нельзя однозначно сказать плохо это или хорошо, ведь без контроля государства такая система не вызывает большого доверия и считается рискованной.

Однако смарт-контракты могут использоваться для полной автоматизации государственных задач, например, при сборе налогов, выдаче разрешений, выплате субсидий и др. Преимущество использования технологии блокчейн правительством заключается в том, что все транзакции могут отслеживаться через блокчейн, так как он является открытым для всех, так что в результате государственный аппарат может стать более прозрачным.

Хотя технология блокчейн приносит инновации, однако криптовалюты, основанные на этой технологии, влекут за собой некоторые риски:

- 1) внутреннюю стоимость любой криптовалюты трудно оценить;
- 2) существующие криптовалюты очень нестабильны, и отсутствие стабильности может вызвать безвозвратную потерю капитала;
- 3) анонимность вовлеченных экономических агентов увеличивает риск для создания незаконной деятельности.

Помимо недостатков, существует ряд проблем с криптовалютой.

Первая проблема связана с низкой скоростью транзакций в блокчейне большинства криптовалют. Например, биткоин способен проводить всего 7 транзакций в секунду, тогда как традиционная платежная система *Visa* – 24000 транзакций в секунду.

Кроме того, увеличение спроса на переводы в системе приводит к увеличению комиссии, а состав участников рынка, готовых использовать криптовалютные системы, ограничен. Это объясняется тем, что в большинстве стран криптовалюта не является платежным средством и не легализована.

21 декабря 2017 г. в Республике Беларусь был принят Декрет Президента Республики Беларусь № 8 «О развитии цифровой экономики», в котором криптовалюта определена как биткоин или иной цифровой знак (токен), используемый в международном обороте в качестве универсального средства обмена.

Согласно декрету № 8 физические лица вправе владеть токенами и совершать такие операции как майнинг, хранение токенов в виртуальных кошельках, обмен токенов, их

приобретение, отчуждение за белорусские рубли, иностранную валюту, электронные деньги, а также дарить и завещать токены.

Ближайшая перспектива для криптовалюты должна развиваться в сторону регулирования государством и функционирования в мире финансов как легальная альтернатива платежная система. Возможно, в долгосрочной перспективе при условии технологических изъянов технологии блокчейн, сбалансированного компромисса между децентрализованной природой криптовалюты и реальностью централизованной экономики криптовалюта станет более эффективной формой денег, что позволит разработать принципиально новую концепцию механизм функционирования мировых финансов.

На данный момент криптовалюта в большей степени превратилась в спекулятивный актив и поэтому рассматривается больше как инвестиция для частных лиц. Однако, несмотря на нестабильность криптовалюты, очевидны и определенные технологические преимущества. Криптовалюты можно использовать как средство платежа, но они не могут служить надежной расчетной единицей или средством сбережения, так как существуют проблемы доверия к ней. Решить эту проблему можно путем дальнейшего развития этой технологии, а также мирового признания криптовалюты как средства платежа.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Cryptocurrency: The Economics of Money and Selected Policy Issues Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fas.org/sdp/crs/misc/R45427.pdf>. – Дата доступа: 06.10.2020.
2. Как Декрет №8 влияет на валютное законодательство Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bel.biz/news/kak-dekret-8-vliyaet-na-valyutnoe-zakonodatelstvo-belarusi/> . – Дата доступа: 08.10.2020.
3. Коляскин, А. Д. Криптовалюта: будущее или провал / А. Д. Коляскин, П. С. Сенькина // Молодой ученый. – 2018. – № 7 (193). – С. 71-75.
4. О развитии цифровой экономики: Декрет Президента Респ. Беларусь, 21 дек. 2017 г., № 8 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь, 2017. – 280 с.
5. Преимущества криптовалют [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://coinmania.com/glavnye-preimushhestva-kriptovalyut/#i-6> . – Дата доступа: 08.10.2020.

УДК 339.1

Г.Н. Настас, А.В. Гостев, К.Г. Настас

*ФГБУ «НИИЦ «Институт имени Н.Е.Жуковского» (г. Москва,
Россия), Московский авиационный институт
(г. Москва, Россия)*

УПРАВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЕЙ ВОЗДУШНОГО СУДНА НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Увеличение пассажиропотока и разнообразие задач, которые должно решать использование воздушных судов (ВС), а также их физическое старение приводят к необходимости создания новых типов ВС и модернизации старых образцов. Ресурс ВС и период их технического старения составляют примерно 7–15 лет, после чего возникает потребность в новом ВС. Однако создание нового ВС заставляет менять и всю систему разработки ВС, что требует больших затрат по средствам и времени. В этой связи обычно через несколько лет эксплуатации стараются провести модернизацию ВС.

Жизненный цикл ВС включает в себя этапы создания, производства и эксплуатации (рисунок 1). На первом этапе совместные научные исследования и опытно-конструкторские проработки (проектно-поисковые работы) заказывающих и проектирующих организаций дают возможность установить круг задач и способы их решения. Анализ принципов и условий использования ВС позволяет определить требования, предъявляемые к характеристикам ВС, а также их примерное необходимое количество.

На всех этапах проектирования, производства, сертификации и эксплуатации ВС вводится система интегрированной логистической поддержки (ИЛП) и управления конфигурацией ВС и его составных частей.

Применение анализа логистической поддержки (АЛП), как одной из базовых технологий ИЛП, при проектировании ВС и последующем ее использовании по назначению является важнейшей задачей по контролю, поддержанию в исправном состоянии и модернизации ВС. Технологии ИЛП – важнейший процесс в части решаемых задач при управлении жизненным циклом ВС и его составных частей, в том числе для обеспечения заданного уровня летной годности и поддержании этого уровня на стадии эксплуатации при минимальных затратах труда, времени и материальных средств [1].



Рисунок 1 – Управление конфигурацией жизненного цикла воздушного судна

Управление конфигурацией как управленческая дисциплина, использующая техническое и административное руководство для разработки, производства и поддержки изделия на протяжении его жизненного цикла наиболее востребована для сложной продукции длительного жизненного цикла, к числу которых относится авиационная техника.

Процесс управления конфигурацией – применение административных и технических процедур на всем протяжении жизненного цикла ВС, его составных частей и связанных с ними данных.

На рисунке 2 изображена общая структура процесса управления конфигурацией для объектов, которые создаются в течение эксплуатации ВС [2].

В рамках процесса управления конфигурацией ВС разрабатывается План управления конфигурацией ВС, который предусматривает выполнение следующих мероприятий:

- разработки среды управления конфигурацией (процедур, инструментов, методов, стандартов, ответственности и взаимодействия при выполнении мероприятий управления конфигурацией);
- идентификации конфигурации;
- регистрации и учета проблем;
- управления изменениями;
- учета состояния конфигурации;
- архивирования, воспроизведения;
- контроля средств жизненного цикла.



Рисунок 2 – Общая структура процесса управления конфигурацией для объектов ВС

В рамках процесса управления конфигурацией необходимо контролировать инструменты, в том числе подлежащие квалификации, используемые для разработки, производства, верификации и установки составных частей ВС и бортового оборудования.

В настоящее время возрастающую роль, в части выполнения авиационных работ, начинают выполнять беспилотные авиационные системы. Они применяются для геолого-разведывательных мероприятий, мониторинга местности, контроля магистральных трубопроводов топливно-энергетического комплекса и линий электропередачи, доставка грузов и др. Важно отметить, что и для этого типа воздушных судов необходимо внедрять и применять все требования по управлению конфигурацией ВС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники / Е.В. Судов, А.Н. Петров, А.В. Петров, А.Т. Осяев, С.А. Серебрянский. – М.: Эдитус, 2018. – 174 с.
2. Перспективная авионика гражданской авиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.modern-avionics.ru/design-process/supporting-processes/configuration-management/>.

**ОСНОВНЫЕ ИТОГИ РАБОТЫ ОБЛАСТНЫХ
АЭРОПОРТОВ ЗА 2019 ГОД**

В настоящее время одной из важных задач развития гражданской авиации Республики Беларусь является развитие и повышение экономической эффективности работы областных аэропортов путем увеличения объемов перевозок пассажиров и грузов, организации регулярных рейсов.

С целью создания необходимых условий для увеличения объемов перевозок все областные аэропорты республики имеют статус международных, совершенствуется материально-техническая база, что обеспечивает возможность приема основных типов эксплуатируемых воздушных судов (далее - ВС). Вместе с тем аэропорты находятся в непосредственной близости друг от друга. Среднее расстояние от Минска до областных аэропортов 240 километров, между аэропортами Витебск и Могилев - 130 километров. В связи с небольшой удаленностью аэропортов друг от друга и развитой сетью наземного транспорта, внутренние республиканские грузовые и пассажирские потоки формируются на менее затратных для пользователей наземных видах транспорта. Проведенный автором анализ показал, что затраты времени пассажиров на поездку наземным транспортом и воздушным из областных центров в г. Минск практически одинаковы при значительно большей стоимости авиационных перевозок [3].

Принимаемые Департаментом по авиации Министерства транспорта и коммуникаций и ГП «Белаэронавигация» меры позволили в 2019 году увеличить объем обслуживания ВС в аэропортах «Брест» и «Витебск» на 131 %, и 165 % соответственно. В аэропортах «Гомель», «Гродно» и «Могилев» произошло уменьшение обслуживания по сравнению с 2018 годом. В 2019 году в областных аэропортах обслужено 1910 ВС, что составило 96,2 % по сравнению с 2018 годом. Основные показатели работы областных аэропортов за три последних года представлены в таблице 1.

Снижение количества полетов в областные аэропорты в 2019 году произошло в связи с уменьшением полетов ВС России и стран дальнего зарубежья, в тоже время увеличилось обслуживание ВС авиакомпаний Беларуси и стран СНГ. Снижение количества обслуженных ВС в основном связано с увеличением эксплуатации иностранными компаниями средне- и дальнемагистральных грузовых ВС не требующих дополнительной дозаправки для полетов в Европу из стран азиатского региона. С целью экономии

эксплуатационных расходов авиакомпании переходят на эксплуатацию современных грузовых воздушных судов, не требующих промежуточных посадок на дозаправку. Оживление рынка возможно только при образовании новых грузопотоков в областных аэропортах при изменении сложившейся структуры экспорта и импорта предприятий республики, налаживании новых экономических связей.

Таблица 1 – Итоги работы областных аэропортов в 2019 году

Показатели	Ед. изм.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2019 г. к 2018 г., %
Количество обслуженных ВС	ед.	1971	1986	1910	96,2
Количество обслуженных пассажиров	чел.	70433	115481	219816	190
Обработано грузов	тонн	84,3	113,2	391,5	346
Реализовано авиаГСМ	тонн	2606	4227	7439	176
Выручка от реализации услуг и товаров	млн. руб.	4,7	7,9	14,7	190

Увеличение количества чартерных полетов авиакомпании «Белавиа» из областных аэропортов обеспечило в 2019 году рост количества обслуженных пассажиров в 1,9 раза, их численность составила 219,8 тыс. человек. Количество обслуженных пассажиров за 2019 год представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Количество обслуженных пассажиров за 2019 год, тыс. чел.

Аэропорт	2018 г.	2019 г.	2019 г. к 2018 г.
Брест	18688	43535	233%
Витебск	11989	35342	295%
Гомель	45789	64038	140%
Гродно	16635	28889	174%
Могилев	22380	48012	215%
Всего по аэропортам	115481	219816	190%

Однако в общем объеме обслуженных пассажиров в республике доля всех областных аэропортов составила всего 4 %.

За 2019 год почти в 3,5 раза увеличился объем обработанных грузов по сравнению с 2018 годом, выручка увеличилась в 1,9 раза до 14,7 млн. рублей (таблица 1). Однако положительная динамика по основным показателям производственной деятельности областных аэропортов не обеспечила прибыльность. Убытки увеличились за 2019 год на 16,3 %. Это связано со значительными

затратами на развитие материально-технической базы и инфраструктуры аэропортов. ГП «Белаэронавигация» разработана «Концепция развития областных аэропортов» [1], направленная на повышение эффективности использования аэродромной сети в регионах Беларуси, удовлетворения потребностей населения, туристов и субъектов хозяйствования в доступных и безопасных авиаперевозках.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Концепция развития областных аэропортов Республики Беларусь: утв. коллегией Министерства транспорта и коммуникаций, 25.05.2018, №29. – Минск, 2018. – 40 с.
2. Об итогах работы организаций гражданской авиации в 2019 году и задачах на 2020 год: материалы заседания Коллегии Департамента по авиации Министерства транспорта и коммуникаций. – Минск, 2020. – 52 с.
3. По вопросу организации региональных перевозок воздушным транспортом в Республике Беларусь. А.И.Науменко // Актуальные проблемы и перспективы развития авиации: сборник материалов Международной научно-практической конференции УО “БГАА”, г. Минск, 8-9 июня 2017г. / сост. А.А. Говин [и др.]; под научн. ред. Г.Ф.Ловшенко. – Минск: Национальная библиотека Беларуси, 2018. – С. 140–443.

УДК 369.2

Д.А. Прокопенко А.А. Застровская, Д.С. Шавелкин

Институт №1 «Авиационная Техника», Московский авиационный институт (Научно исследовательский университет)

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ «РЕГЕЛОСКОПИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ НАЗЕМНОЙ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ВС»

В предложенных условиях перехода к управлению качеством ПОЖ, в рамках постановки к решению задачи по оптимизации процесса [1] ПОО ВС «Регелоскопическая программа наземной противообледенительной защиты ВС» даст возможность, сформировать модель системы, которая **без ущерба безопасности**, позволит получить экономическую эффективность процесса наземного ПОО ВС, удовлетворяющего условию при котором $S_{max} \leq E_{min}$ (получения максимального результата при минимализации расходов в процессе наземной ПОО ВС)

Для модели определим:

1) – процессу ПОО характерна двойственность, а именно при проведении работ по оказанию услуги задача обеспечивать требуемый уровень качества, в нашем случае это требуемый уровень безопасности (S - Safe) и при увеличении $S \rightarrow S_{max}$ должен стремиться к уменьшению экономических расходов (E - Expenses) авиакомпаний $E \rightarrow E_{min}$.

II) – с точки зрения оптимизации модели – эффективность процесса как результат определяется единственным параметром S_{max} .

S – качество услуги в нашем случае безопасность взлета (*Safe*)

T – время полного процесса (*Time*);

R – ресурсы необходимые для реализации процесса (*Resource*);

Задача оптимизации характеризуется следующими основными параметрами:

– с целью получения модели необходимо связать между собой описанные выше параметры программы (S, T, R),

– полагая что «регелоскопическая программа наземной противообледенительной защиты ВС» состоит из n подпроцессов.

Установим, что:

$s(t, r)$, для i -го подпроцесса,

в виде произведения функций: $f(t)$ и $k(r)$

$$s_i(t, r) = P f(t_i) k(r_i) \text{ при } i=1, \dots, n.$$

s_i – показатель качества i -го подпроцесса

P – условия при котором происходит процесс (нормирующий множитель)

t_i – время i -го процесса

r_i – ресурсы i -го процесса

Примем для времени:

$$f_i(t) = F_i (1 - e^{-at_i}) \text{ при } i=1, \dots, n.$$

F_i – предельное значение $f_i(t)$ при $t \rightarrow \infty$;

a – коэффициент ограничения времени ПОО;

Примем для ресурсов:

$$k_i(r) = K_i (1 - e^{-br_i}) \text{ при } i=1, \dots, n.$$

K_i – предельное значение $k_i(r)$ при $r \rightarrow \infty$;

b – коэффициент ограничения ресурсов ПОО.

Обобщенные свойства показателей подпроцессов всей «регелоскопической программы наземной противообледенительной защиты ВС» образуют равенства:

$$S = \sum s_i \text{ при } i=1, \dots, n.$$

$$R = \sum r_i \text{ при } i=1, \dots, n.$$

$$T = \sum t_i \text{ при } i=1, \dots, n.$$

Из вышесказанного функция «*Safe*» i -го подпроцесса:

$$s_i(t, r) = P F_i (1 - e^{-at_i}) K_i (1 - e^{-br_i}) \text{ при } i=1, \dots, n.$$

согласно полученной системе равенств имеем следующую функциональную зависимость:

$$S = P \sum F_i K_i (1 - e^{-at_i}) (1 - e^{-br_i}) \text{ при } i=1, \dots, n.$$

При $t \rightarrow \infty$ и $\gamma \rightarrow \infty$

$$S_{max} = P \sum F_i K_i \text{ при } i=1, \dots, n.$$

Если:

$$F_i = K_i = 1$$

то

$$S_{max} = Pn$$

следовательно

$$P = S_{max}/n$$

Приняв, что предельное значение качества услуги

$$S_{max} = 1$$

Получим:

$$P = 1/n$$

Полученная функция «регелоскопической программы» отражает связь основных параметров

$$S = 1/n \sum F_i K_i (1 - e^{a t_i}) (1 - e^{b r_i}) \text{ при } i=1, \dots, n,$$

удовлетворяет установленному при постановке задачи определению II, и позволяет решить дальнейшую оптимизационную задачу, по получению E_{min} не нарушая ограничение I полученными стратегиями:

а) В условиях минимальных временны T_{min} и ресурсных R_{min} затрат получить наивысшее качество услуги S_{max}

б) За минимальное время T_{min} на получении услуги S_{max} обеспечить минимальные расход ресурсов R_{min}

с) При минимальном расходе ресурсов R_{min} на получении услуги S_{max} обеспечить минимальные расход времени R_{min}

Любая из представленных стратегий учитывает интересы всех участников процесса ПОО (наземные службы аэропорта (аэропорт), авиакомпанию, требования концепции «чистого самолета» [2]).

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сафоклов, Б.Б. Управление качеством противообледенительной жидкости в экономико-производственном цикле / Б.Б. Сафоклов, О.С. Долгов, Д.С. Шавелкин // Экономика: вчера, сегодня, завтра. - 2020. - Т. 10, № 5А. - С.148-157.
2. Doc 9640-AN/940 ICAO: Manual of Aircraft Ground De-icing/Anti-icing Operations Second Edition 2000, Chap 2. - Монреаль, 2000. - 120 с.
3. Контроль качества противообледенительных жидкостей на этапах от производства и до их применения в аэропортах / О.М Бондаренко, М.В. Макаров, О.Ю. Страдомский, А.Ю. Филатов // Научный Вестник ГосНИИ ГА. - 2018. - № 23(№ 334). - С. 31.
4. О необходимости соблюдения экологических требований при применении противообледенительных реагентов в аэропортах: письмо Росприроднадзора, 07.12.2016, N AC-03-00-41/24828. - М., 2016. - 25 с.
5. Кулагина, И.И. Вопросы моделирования бизнес-процессов в

соответствии со стандартами ИСО серии 9000/ И.И. Кулагина, Д.В. Семикин // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. - 2015. -№1(30). - С. 219-223.

УДК 369.2

Б.Б. Сафоклов, О.С. Долгов

Институт №1 «Авиационная техника», Московский авиационный институт (Научно исследовательский университет)

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ
ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ,
РЕГЕЛОСКОПИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА НАЗЕМНОЙ
ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ВОЗДУШНОГО
СУДНА В СООТВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕННЫМИ
ТРЕБОВАНИЯМИ ДЛЯ АВИАПРЕДПРИЯТИЙ -
«БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОНОМИЧНОСТЬ,
ЭКОЛОГИЧНОСТЬ»**

Главная задача всех авиаперевозчиков, аэропортов, служб управления воздушным движением и пользователей услуг воздушного транспорта- безопасная эксплуатация воздушных судов в любых погодных условиях [1].

При метеорологических условиях, способствующих наземному обледенению поверхностей воздушного судна (ВС), проведение мероприятия по противообледенительной обработке (ПОО) является обязательным

Отказ от проведения мероприятий по очистке поверхности самолета в условиях, способствующих наземному обледенению – исключен [2].

Для удаления и предотвращения образования обледенения на земле и создания защитного сдуваемого слоя, предотвращающего повторное обледенение поверхностей ВС, наиболее распространенным методом является физико-химический метод - использование противообледенительных жидкостей (ПОЖ) [3; 4].

Контроль качества ПОЖ жидкости при наземной противообледенительной обработке воздушного судна [4], и подготовка ПОЖ к работе – ПОО (de-icing), ПОЗ (anti-icing) воздушного судна (ВС) как самостоятельного процесса, в том виде в котором он существует сегодня, при усложнении условий применения жидкости, приводит к удорожанию процедуры обработки, увеличению объемов расхода ПОЖ при работе, а далее к увеличению нагрузки и негативного влияния на окружающую среду и экономическим потерям. Произвольное уменьшение точек контроля качества нормируемых показателей [5] приведет к отсутствию гарантированного результата.

Для объекта наших интересов – ПОЖ, используемой при наземной противообледенительной обработке ПОО (de-icing) [3],

наземной противообледенительной защите ПОЗ (anti-icing) [4] воздушного судна (ВС), как естественное эволюционное изменение мы предлагаем перейти от сложившегося на сегодняшний день – контроля качества ПОЖ каждого этапа жизненного цикла продукта [5] встроенного в систему контроля качества процесса ПОО к **Управлению Качеством – противообледенительной жидкости** как объекта обеспечения безопасного взлета ВС, на всей спирали жизненного цикла продукта, от разработки до утилизации.

Совокупность всех ожидаемых эксплуатантом (потребителем) параметров качества противообледенительной жидкости (ПОЖ) (продукта) и их значения, удовлетворяющие запросам потребителя, будет проявляться в процессе противообледенительной обработке (ПОО) воздушного судна, выделим его в отдельный этап из спирали жизненного цикла как объект управления – **«Качество ПОЖ на этапе ПОО»**.

Для интеграции в систему «Управлении качеством – противообледенительной жидкости» и построение функциональной модели, объекту управления – «Качество ПОЖ на этапе ПОО» необходимо автоматизация процесса.

В качестве универсального критерия в процессе перехода от «ручного управления» к автоматизации процесса, при дифференцированных условиях использования ПОЖ, в систему **«Управлении качеством – противообледенительной жидкости»**, как объекта обеспечения безопасного взлета ВС, мы предлагаем использовать - **«Регелоскопическую программу наземной противообледенительной защиты ВС»**, (*regelo* – удаление льда, лат.). В отличие от технического руководства, регламентов и рекомендаций по подготовке к использованию и применению, программа позволит определить не только режимные параметры процесса подготовки и использования ПОЖ для получения требуемых показателей, но и технологию подготовки жидкости, регулирования её свойств до процесса ПОО и в процессе (рисунок 1).

В предложенных условиях перехода к управлению качеством ПОЖ, в рамках постановки к решению задачи по оптимизации процесса [9] ПОО ВС «Регелоскопическая программа наземной противообледенительной защиты ВС» дает возможность, сформировать модель системы, которая без ущерба безопасности, позволит пересмотреть условия когда задача по ПОО ВС для устранения наземного обледенения рассматривается как обязанность авиакомпаний и аэропортов, не взирая на финансовые затраты, и позволит внедрить информационно программную поддержку процесса ПОО с использованием баз данных и систем управления – с целью получения экономической эффективности процесса наземного ПОО ВС, в соответствии с общей концепцией

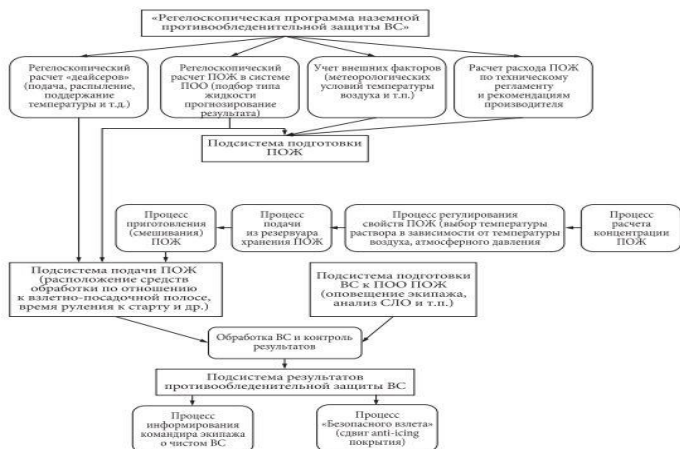


Рисунок 1 – Регелоскопическая программа наземной противообледенительной защиты ВС

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Doc 9640-AN/940 ICAO, Manual of Aircraft Ground De-icing/Anti-icing Operations Second Edition 2000, Chap 2. – Монреаль, 2000. – 120 с.
2. Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Методы и процедуры противообледенительной обработки самолетов. Общие требования: ГОСТ Р 54264-2010. – М., 2010. – 25 с.
3. SAE AMS 1424. Deicing/Anti-Icing Fluid, Aircraft, SAE Type I
4. SAE AMS 1428. Aircraft Deicing/Anti-Icing Fluid, Non-Newtonian (Pseudoplastic), SAE Types II, III, and IV
5. Контроль качества противообледенительных жидкостей на этапах от производства и до их применения в аэропортах / О.М Бондаренко, М.В. Макаров, О.Ю. Страдомский, А.Ю. Филатов // Научный Вестник ГосНИИ ГА. – 2018. - № 23(№ 334). – С. 31.

АВИАЦИЯ ВО ВРЕМЯ ПАНДЕМИИ COVID-19

Авиационная отрасль, в сравнении с другими, испытывает наиболее тяжелые последствия от вспышки новой коронавирусной инфекции COVID-19, поскольку смыслом ее существования является перевозка людей и доставка товаров по всему миру в различных целях, таких как путешествия, туризм, ведение бизнеса и торговли. Резкое сокращение спроса на воздушные перевозки, усугубляемое ограничениями на поездки, привело к значительным негативным последствиям, включая влияние на доходы и денежные потоки всех заинтересованных сторон, затронуло, среди прочего, авиакомпании, аэропорты, органы аэронавигационного обслуживания и производителей воздушных судов.

Другие заинтересованные стороны в авиации, торговле и туризме также испытывают финансовые и эксплуатационные трудности. Этот беспрецедентный кризис создает проблемы для существования всех секторов, функционирование которых прямо или косвенно поддерживается авиацией, от наземного обслуживания, услуг кейтеринга, до турагентов, предприятий розничной торговли в аэропортах и других. [1]

В рамках глобальных усилий по сдерживанию распространения COVID-19 государства вводят жесткие ограничения на поездки, закрывают границы и в значительной степени ограничивают передвижение людей. Такие решения, а также глобальный экономический спад оказали существенное воздействие на жизнеспособность гражданской авиации во всем мире.

Влияние коронавирусной (COVID-19) пандемии на мировой воздушный транспорт не имеет прецедентов. Аэропорты столкнулись с сокращением глобальных объемов пассажирских перевозок на 28,4 % в первый квартал 2020 года, что в абсолютном выражении эквивалентно 612 миллионам пассажиров. Как ожидается, эти объемы (внутренние и международные перевозки) снизятся на 50,4 % в 2020 году в целом по сравнению с показателями 2019 года. По оценкам ИКАО, к концу 2020 года влияние COVID-19 на регулярные пассажирские авиаперевозки может привести к сокращению числа посадочных мест до 71 % и сокращению числа пассажиров до 1,5 миллиардов в мире в целом 2. В 2020 году авиакомпании и аэропорты могут понести убытки в размере 314 млрд долл. США и 100 млрд долл. США соответственно [2].

Вынужденное сокращение рабочей силы авиакомпаниями, наземными службами, операторами аэропортов, турагентами и многими другими также тесно связано со всеми факторами воздействия COVID-19. Авиакомпании объявили о временных мерах, связанных с отправлением в отпуск большого числа пилотов, экипажей, наземного персонала [1].

Национальный аэропорт Минск до 15 марта 2020 года обслуживал 100% запланированных рейсов, а далее падение стало стремительным и достигло в среднем 76 % отмененных рейсов от заявленных в расписании полетов. В апреле этого года в среднем аэропорт обслуживал 15–16 пассажирских рейсов (прилет+вылет), грузовых – 3 рейса. Если сравнить с апрелем прошлого года, то в среднем в сутки аэропорт обслуживал 120–125 рейсов (прилет+вылет) [3].

Основные пути устранения негативных последствий связаны с глобальной интеграцией авиационной отрасли, взаимозависимость мировой экономики и досуга/культуры обслуживания клиентов, гибким применением самолетов (переоборудование пассажирских в грузовые), которые могут помочь в восстановлении авиационной деятельности (таблица 1). На пути восстановления авиационной отрасли необходимо первоначально смягчить и в значительной степени устранить кризис в сфере здравоохранения.

Таблица 1 – Пути восстановления авиационной отрасли

Факторы	«Быстрое» восстановление (3-6 месяцев)	«Поступательное» восстановление (6-12 месяцев)	«Медленное» восстановление (6-12 месяцев)
Ограничения на поездки	Отмена всех ограничений, когда допустимо	Постепенное смягчение ограничений: вероятный сценарий включает в себя первоначальную отмену ограничений на внутреннем/ региональном уровне, затем – на международном.	Жесткие ограничения на международные перевозки на протяжении длительного периода времени; преобладает внутреннее/ региональное авиасообщение
Экономическая обстановка	Экономическая активность постепенно восстанавливается и выходит на докризисный уровень	Частичный ущерб экономике; медленное восстановление коммерческой активности и уровня потребительских расходов.	Глобальный спад экономики; повсеместно слабый экономический сектор, сокращения бюджета и рабочей силы.

Продолжение таблицы 1

Факторы	«Быстрое» восстановление (3-6 месяцев)	«Поступательное» восстановление (6-12 месяцев)	«Медленное» восстановление (6-12 месяцев)
Состояние авиационно й отрасли	Быстрое восстановление отрасли.	На авиационную отрасль в значительной степени оказывает влияние меньший объем перевозок, приносящий меньше дохода и обеспечивающий меньшую занятость.	Большое воздействие на отрасль при значительном сокращении осуществляемой деятельности, числа игроков на рынке, высоком уровне безработицы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рабочий документ по пути восстановления отрасли после пандемии COVID-19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://m.favt.ru/deyatelnost-mezhdunarodnaja-deyatelnost-ikao>. – Дата доступа: 10.10.2020
2. ЕС 2/76-20/67 ЕС 6/3, AN 13/35 8 июня 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.icao.int/Security/COVID-19/EBandSL/067r.pdf>. – Дата доступа: 10.10.2020
3. О влиянии COVID-19 на деятельность Национального аэропорта Минск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://airport.by/press-sluzba/news/o-vlianii-covid-19-na-deyatelnost-nacionalnogo-aeroporta-minsk>. – Дата доступа: 10.10.2020

УДК 331.108:629.7

О.Н. Солдатова, Ю.Е. Локшина

Белорусская государственная академия авиации

КАДРОВАЯ ПОЛИТИКА КАК СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ АВИАЦИОННОЙ СФЕРЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Качество человеческих ресурсов является одним из ключевых факторов, определяющих эффективность функционирования социально-экономических систем макро-, мезо- и микроуровней. Устойчивое развитие человеческих ресурсов как отраслей (сфер) экономики, так и хозяйствующих субъектов разных форм собственности обеспечивается, с одной стороны, институционализацией кадрового менеджмента, так как институциональная среда развития человеческих ресурсов выступает ключевым условием снижения рисков в условиях неопределенностей и методом обеспечения максимально допустимых социально-экономических результатов взаимодействия различных субъектов, а с другой стороны – инновационной кадровой политикой, характеризующейся высокой степенью

адаптивности и гибкости, позволяющих динамично реагировать на условия внешней и внутренней среды. К числу внешних условий (факторов) относятся: экономическая ситуация, в том числе в контексте геополитических тенденций, состояние рынка труда, уровень технологического уклада экономики, принципы распределения трудовых ресурсов, законодательство. Внутренними факторами, определяющими кадровую политику, являются миссия организации, ее структура, бизнес-план, кадровый потенциал. Определение кадровой политики относится к компетенции высшего руководства организации, отрасли (сферы). Реализуется кадровая политика кадровыми службами и менеджерами на различных уровнях.

Теория и современная практика кадровой политики позволяют говорить о поливариантности социальных механизмов ее реализации, определяемых соответствующими институциональными структурами в рамках законодательной базы.

Особенность кадровой политики в авиационной сфере Республики Беларусь обусловлена относительно малой емкостью отраслевого рынка труда в целом и в разрезе должностей авиационного персонала, а также требованиями, устанавливаемыми авиационным законодательством и отраслевыми техническими актами (Воздушный кодекс Республики Беларусь (далее – ВК Республики Беларусь) [6]; Авиационные правила «Выдача свидетельств и классификация авиационного персонала гражданской Авиации Республики Беларусь» [1]; Авиационные правила «Обучение кадров в области авиационной безопасности» [2]; Авиационные правила «Организации и выполнения полетов в гражданской авиации Республики Беларусь» [3]; Авиационные правила «Профессиональная подготовка авиационного персонала по организации воздушного движения» [4]; Авиационные правила «Сертификация подготовки, переподготовки и повышения квалификации летного состава гражданской авиации Республики Беларусь» [7]; Национальная программа по безопасности полетов гражданской авиации Республики Беларусь и др.). Вместе с тем, при достаточно высокой детализации авиационного законодательства в данной области имеют место юридические коллизии, требующие разрешения. Так, например, целесообразно закрепить на законодательном уровне соотношение категорий «виды подготовки», используемых в авиационной сфере, с видами образовательных программ на уровнях основного образования и дополнительного образования взрослых, установленных законодательством в сфере образования.

Эффективность кадровой политики определяется качеством прогнозирования потребности в кадрах соответствующей квалификации на среднесрочную и долгосрочную перспективу,

осуществлением их опережающей подготовки (а в случае необходимости – переподготовки), поддержанием профессиональных компетенций в актуальном состоянии (повышении квалификации), обеспечивающем высокое качество выполнения трудовых функций, а также способностью решения задач по сохранности и воспроизводству трудовых ресурсов.

Гражданская авиация является одной из наиболее чувствительной к изменениям на международном рынке и интегрированной с международным законодательством. Этим обусловлены высокие требования к качеству авиационного персонала.

В настоящее время в данной сфере в рамках повышения эффективности кадровой политики планомерно осуществляется внедрение механизмов контроллинга, инновационного метода кадрового менеджмента, основанного на принципах стоимостного контроля и проявляющего свои преимущества в условиях выраженной спецификации рабочих мест. Данный метод направлен на планирование численности, структуры персонала, его качественного состава и затрат на него. Фактически речь идет о системном анализе текущего состояния авиационного персонала и соотнесении с запланированным состоянием, установлении отклонений и определении механизмов улучшения качества человеческих ресурсов и кадровой политики в целом.

Одним из инструментов контроллинга авиационного персонала является его сертификация, порядок проведения которой установлен Авиационными правилами. Сертификация представляет собой систему мероприятий, предназначенную для подтверждения от имени государства подготовленности конкретного специалиста к выполнению определенной работы. Например, если это инженерно-авиационная служба, ставится цель подтвердить умение выполнять определенный круг работ по обслуживанию и ремонту эксплуатационной авиационной техники с таким качеством, которое гарантирует безопасное выполнение полета воздушных судов. Документом, свидетельствующим об указанной пригодности специалиста, является свидетельство с соответствующими квалификационными отметками, отвечающее требованиям Авиационных правил «Выдача свидетельств и классификация авиационного персонала гражданской авиации Республики Беларусь».

В рамках контроллинга индивидуального развития авиационного персонала осуществляется планирование и организация обучения и профессиональной подготовки. Порядок организации и осуществления первоначального обучения, переподготовки, повышения квалификации и стажировки авиационного персонала регулируются соответствующими

авиационными правилами. Например, профессиональная подготовка летного состава проводится для допуска к самостоятельной работе, поддержания и совершенствования квалификации по специальности, управления ресурсами членов экипажа с учетом аспектов человеческого фактора в соответствии с установленными требованиями и включает: первоначальную подготовку; изучение и освоение порядка эксплуатации типа (другого типа) воздушного судна; периодическую подготовку; подготовку в летных подразделениях; тренажерную подготовку; сезонную подготовку; продление срока действия свидетельства [3].

Кадровая политика авиационных организаций (предприятий) осуществляется в соответствии с Национальной программой по безопасности полетов гражданской авиации Республики Беларусь. Департамент по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, определяя в целом подходы к кадровой политике в сфере гражданской авиации, интегрирует их с вопросами обеспечения авиационной безопасности.

Таким образом, эффективная кадровая политика в современных условиях рассматривается в качестве действенного механизма управления человеческими ресурсами авиационной сферы и обеспечения ее устойчивого развития.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении авиационных правил выдача свидетельств и классификация авиационного персонала гражданской авиации Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление Мин. Транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 19 апреля 2018 г. № 14// ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.
2. Об утверждении авиационных правил обучение кадров в области авиационной безопасности [Электронный ресурс]: постановление Мин. Транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 8 апреля 2009 г. № 31// ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.
3. Об утверждении авиационных правил организации и выполнения полетов в гражданской авиации Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление Мин. Транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 19 сентября 2006 г. № 37// ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.
4. Об утверждении авиационных правил профессиональной подготовки авиационного персонала по организации воздушного движения [Электронный ресурс]: постановление Мин. Транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 17 мая 2006 г. № 6// ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.
5. Об утверждении авиационных правил сертификации подготовки, переподготовки и повышения квалификации летного состава

гражданской авиации Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление Мин. Транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 1 марта 2019 г. № 7// ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

6. Воздушный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]: 16.05.2006 г. № 117-З: принят Палатой представителей 3 апреля 2006 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 10.07.2012 г.// ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

7. Об утверждении Национальной программы по безопасности полетов гражданской авиации Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Постановление Совет министров Республики Беларусь от 22 авг. 2019 г. № 56// ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

8. Вопросы Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление Совета министров Респ. Беларусь от 31 июля 2006 г. № 985 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

УДК 629.7.025.33

Д.Ю. Стрелец, С.А. Кантимиров, М.В. Шкурин

Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)

СЕРВИС РАСЧЕТА ТАРИРОВКИ ТОПЛИВНЫХ БАКОВ В СОСТАВЕ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ВЕСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В основе анализа массово-инерционных характеристик топлива лежит расчетные методы геометрии масс. Геометрия топлива, находящегося в топливных баках, ограничивается формами топливных баков и эволюциями положения ЛА в полете, точнее углами тангажа и крена. В связи с этим основная тяжесть расчетов МИХ топлива ложится на программы построения тарировочных характеристик баков в зависимости от уровня топлива в баке, от угла тангажа и угла крена. В рамках ЦП ВП ЛА сервис расчета тарировочных характеристик топливных баков основан на технологиях, заложенных в программах TANK (разработки ВЦ РАН).

В сервисе расчета тарировочных характеристик топливных баков реализуется два подхода к описанию геометрии топливных емкостей. Первый подход, который использовался в программе TANK, может использоваться на начальных стадиях проектирования, когда еще нет электронного макета изделия. Этот метод основан на задании каркасной модели геометрических объемных тел. В том случае тело задается как совокупность описаний секций, задаваемых несколькими плоскими сечениями (упорядоченными наборами двумерных точек в плоскости сечения).

Трёхмерный объект, описывающий форму топливного бака, представляет собой результат логических операций над секциями – объединения, пересечения, вычитание. Таким образом можно задавать сложные формы топливных баков с выпуклыми участками поверхности, с нишами, со сквозными отверстиями, с внутренними незаполненными объемами. Это позволяет достаточно точно учитывать не только внешнюю, но и внутреннюю конструкцию баков. При проведении расчетов тарифовочных характеристик каркасная модель преобразуется в триангуляционную модель всех поверхностей, ограничивающих топлива в баке. Такое задание геометрии позволяет применить для расчетов теорему Остроградского-Гаусса и заменить вычисление объемного интеграла интегралом по поверхности. Это существенно упрощает и ускоряет расчеты.

Второй подход к созданию в базе данных сервиса геометрии топливных баков связан с загрузкой, если это возможно, готового объемного представления формы топливных баков в виде набора граней пространственного многогранника. Такая загрузка осуществляется из внешних систем геометрического моделирования средствами интерфейса, разрабатываемого в рамках настоящего проекта.

И в первом и во втором случае задания геометрии расчет тарифовочных характеристик ведется по триангуляционной модели топливных баков. При этом весь объем топлива разбивается на тонкие слои параллельными горизонтальными плоскостями и рассчитываются характеристики слоев. На рисунке 1 показан пример такого разбиения для крыльевого бака и приведена таблица результатов послойного расчета, которая и представляет тарифовочную характеристику бака.

Подводя итог, можно сказать, что на ряде предприятий существуют схожие инструменты для автоматизации тарифовки топливных баков. При этом схожие инструменты реализованы с разным уровнем автоматизации, обеспечивающем, в свою очередь, различную эффективность использования человеческого ресурса.

В качестве примера можно привести, что на одном предприятии автоматизация тарифовки баков реализована за счёт специальных подпрограмм для CAD системы. Эксплуатация данной подпрограммы позволила сократить трудоёмкость формирования тарифовочной таблицы на 200 строк (по сравнению с полностью ручным расчётом в CAD системе) с ~16 человеко-часов (в зависимости от навыка владения CAD системой и MS Excel) до ~4 (без учёта подготовки данных). При этом применение на другом предприятии программного комплекса «Экスカляр» позволило сократить данное время до 5 минут.

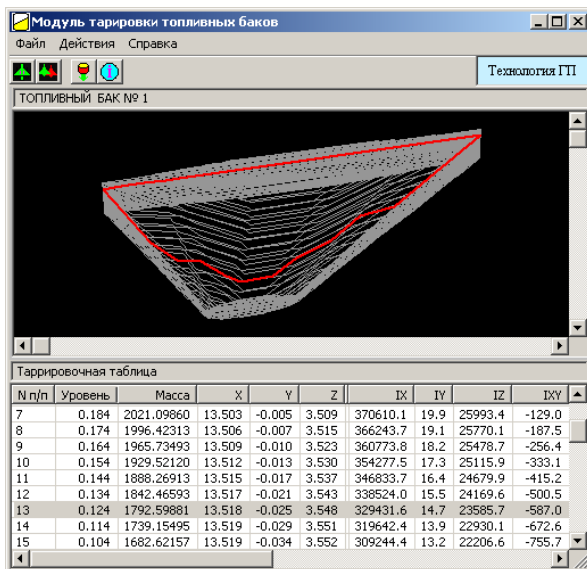


Рисунок 1 – Пример тарировочной таблицы крыльцевого топливного бака

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скобелев, С.И. Весовой анализ и контроль в САПР ЛА / С.И. Скобелев, Н.И. Широков. – М.: ВЦ РАН, 1991. – 250 с.
2. Вышинский, Л.Л. Автоматизированная система весового проектирования самолетов / Л.Л. Вышинский, Ю.А. Флёров, Н.И. Широков // Информатика и ее применение. – 2018. – Т.12, Вып. 1. – С. 18-30.

В.Г. Тарасук

Белорусская государственная академия авиации

ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПАРКА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ АВИАКОМПАНИИ БЕЛАВИА

Национальная авиакомпания Белавиа была образована 5 марта 1996 года в соответствии с приказом председателя Государственного комитета по гражданской авиации Республики Беларусь от 27 декабря 1995 года № 56 [1, с.67]. Одной из основных составляющих успеха любой авиакомпании является флот воздушных судов (далее ВС), которыми она располагает. В 1996 году авиакомпании Белавиа достался большой парк ВС: 18 Ту-154Б-2/М и 15 Ту-134А [1, с.71]. Самолёты Ту-134А появились в белорусской гражданской авиации в 1973 году, Ту-154Б-2 в 1983, а

Ту-154М в 1991 году. Такой состав парка позволял осуществлять воздушные перевозки в страны Европы, Россию, Африку.

Сразу же после образования авиакомпания перед её руководством стал вопрос модернизации флота. Находящиеся в эксплуатации самолёты стали постепенно устаревать и для успешной конкуренции на международных маршрутах требовалось обновление. В Период с 1996 по 2003 годы отмечен следующими событиями: частичным выводом из эксплуатации самолётов Ту-154Б-2, Ту-134А, передачей некоторых самолётов в лизинг другим авиакомпаниям, продажей ВС, пополнением парка ВС самолётами Ан-24, Ан-26 и Як-40 из состава парка авиакомпаний Минскавиа [2] и Могилёвавиа. Кроме того, был заключён договор лизинга самолёта Ту-154М с последующей передачей его Белавиа. В конце 90-ых рассматривался вопрос модернизации самолётов Ту-134А до версии Ту-134М, однако эта программа не была реализована. Также рассматривалась возможность приобретения самолётов Ту-334, однако данный тип ВС не был запущен в серийное производство.

К 2002 году вопрос модернизации флота стал ещё более актуальным. Дело в том, что в 1997 году в главе 3 16-го приложения ИКАО появились требования по уровню шумов двигателей и выбросам в атмосферу [1, с.73]. Новые требования ограничивали полёты Ту-154Б-2 и Ту-134А в Европу. Таким образом на Европейских маршрутах оставались лишь Ту-154М, которых в авиакомпании было всего 4 единицы. Рассматривался вопрос модернизации флота за счёт лизинга воздушных судов западного производства, таких как Боинг 737 или Аэробус А-320. С 1998 по 2003 год было изучено 17 типов самолётов для обновления парка воздушных судов. В результате этого была подготовлена «Программа развития национальной компании «Белавиа» на 2003-2008 годы». В ней было предусмотрена поэтапная модернизация флота. В данной программе предусматривалось активное развитие авиаперевозок на самолётах Боинг 737-500 [3, с.126].

В период 2003-2004 годов было приобретено в лизинг 2 Боинг 737-500. Так был начат переход с эксплуатации техники советского/российского производства на западную технику. В то же время продолжилось количественное сокращение парка воздушных судов. К концу 2004 года парк состоял из 22 воздушных судов: 3 Ан-24РВ, 6 Ту-134А, 5 Ту-154Б-2, 4 Ту-154М, 2 Як-40 и 2 Боинг 737-500. В 2005 году произошло существенное сокращение. Были выведен из эксплуатации все Ту-154Б-2 и Як-40, часть самолётов Ту-134А, один Ан-24РВ. В 2006 году на маршрутах Белавиа эксплуатировалось всего 10 самолётов (наименьшее количество за всю историю).

В 2007 года были приобретены 2 самолёта канадского производства CRJ-100. Это позволило вывести из эксплуатации 1

Ан-24РВ и 1 Ту-134А. Таким образом количественного роста парка в 2007 году не наблюдается, однако произошло качественное изменение. Начиная с 2008 года парк начинает увеличиваться за счёт самолётов западного производства. Приобретаются 2 самолёта Боинг 737-500 и впервые Боинг 737-300, который имеет большую пассажироместимость. Количество импортных авиалайнеров превышает 50%.

В 2009 году были окончательно выведены из эксплуатации Ан-24РВ, Ту-134А, приобретены 2 CRJ-200, 2 Боинг 737-500 и 1 Боинг 737-300. В дальнейшем в 2010 года были приобретено ещё несколько Боингов и CRJ.

За 5 лет парк воздушных судов увеличился в 2 раза, с 10 до 20 самолётов. В 2012 году флот авиакомпании пополнили 2 самолёта Эмбраер 175. Воздушные суда были доставлены с завода. Надо отметить, что все самолёты западного производства до этого приобретались уже после эксплуатации в других авиакомпаниях. Новые же Эмбраеры с самого начала создавались с учётом требований авиакомпании Белавиа. Спустя 2 года парк пополнили 2 самолёта Эмбраер 195, которые имеют большую пассажироместимость. Эти самолёты также были приобретены с завода, но уже в собственность. В 2014 году парк Боинг 737-300/500 достиг значения 15 ВС.

В 2015 году парк воздушных судов пополнили Боинг 737-800. Данный тип значительно отличается от Боинг 737-300/500. Также самолёты имеют рекордную пассажироместимость – 189 кресел. А перспективе самолёты должны были заменить Ту-154М. В 2016 году была начата программа ребрендинга авиакомпании. Впервые с 90-ых годов окраска воздушных судов претерпела значительные изменения. Имеющаяся окраска была унаследована от советского Аэрофлота, значительным отличием была окраска киля в синий цвет. Новая же окраска полностью отличалась от прежней, киль и нижняя часть фюзеляжей самолётов красится в васильковый цвет, на киле появился белый василёк, а на борту через иллюминаторы появилась надпись Белавиа. Первыми самолётами, которые получили такую окраску стали 3 Боинга 737-800, которые авиакомпания приобрела в собственность напрямую у производителя. Ещё одним направлением в изменении внешнего облика воздушных судов стал проект сотрудничества авиакомпании с разработчиком компьютерных игр Wargaming. Для перекраски был выбран первый Боинг 737-300 с регистрационным номером EW-254РА. Фюзеляж был перекрашен в черный цвет, крыло и стабилизатор в оранжевый, на фюзеляж были нанесены надписи «World of Tanks», самолёт получил прозвище «Танколёт». Борт стал хорошо узнаваем в зарубежных аэропортах. Несомненно, перекраска положительно сказалась на имидже авиакомпании из

Беларуси. В 2016 году окончательно были выведены из эксплуатации Ту-154М.

Период 2017-2020 годы отмечен следующими событиями: перекраска воздушных судов в новую окраску, приобретением в собственность и в лизинг самолётов Эмбраер 175/195, количество которых по сравнению с 2016 годом увеличилось в 3 раза. Также были приобретены в лизинг 4 Боинга 737-800, заключён договор на новые Эмбраеры поколения E2 и новые Боинги 737-8. В 2019-2020 года количество Боинг 737-300/500 уменьшилось в 2 раза. Полностью выведены из эксплуатации CRJ-100/200.

Таким образом за четверть века существования авиакомпании произошло полное обновление парка воздушных судов. Если первоначально это были самолёты туполева, то с 1998 года в распоряжении имелись и Ан-24/26, Як-40. Начиная с 2003 года парк пополняется самолётами западного производства, такими как Боинг, CRJ, Эмбраер. В 2020 году основу парка составляют Боинги и Эмбраеры. Дальнейшее развитие видится в выводе из эксплуатации Боингов 737-300/500, пополнении парка самолётами нового поколения, такими как Эмбраер E-2 и Боинг 737 поколения MAX.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Щавлинский, Н.Б. Национальная авиакомпания Белавиа / Н.Б. Щавлинский. – Минск: ООО «МэджикБук», 2006. – 210 с.
2. О перераспределении основных фондов: приказ Председателя Государственного комитета по авиации Республики Беларусь от 21.08.1998 № 98. – Минск, 1998. – 25 с.
3. Теляков, В. А. Сквозь облака и годы / В. А. Теляков. – Минск: Минская фабрика цветной печати, 2003. – 272 с.

УДК 378

И.Г. Яцкевич

Белорусская государственная академия авиации

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ УВО С АБИТУРИЕНТАМИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Современный рынок образовательных услуг Республики Беларусь достаточно насыщен различными предложениями, и, вместе с тем, в силу демографической ситуации и иных факторов спрос на данные услуги не совпадает по динамике с ростом числа предложений и неравномерно распределён по сегментам рынка. Как следствие учреждения высшего образования (далее – УВО) ежегодно сталкиваются с проблемой набора студентов, и очевидно, что без эффективной профориентационной работы (далее – ПР) с потенциальными абитуриентами задачу формирования контингента обучающихся не решить.

Грамотно выстроенная ПР, адаптированная под конкретные условия внутренней и внешней среды УВО и гибко меняющаяся по мере изменения таких условий, на наш взгляд, является одним из конкурентных преимуществ УВО. Поэтому данную работу следует рассматривать как приоритетную, не допускать формального отношения к ней, и последовательно заниматься её совершенствованием, не изобретая велосипед, но и не занимаясь «бегом по кругу», растрачивая ресурсы там, где нет отдачи, результата.

Достаточно хорошо разработаны специалистами и широко применяются на практике разнообразные активные и пассивные формы и методы ПР [1]. Совершенствование, модернизация ПР не означает отказа от уже апробированных форм и методов такой работы. Речь идёт о системном подходе, который предполагает, что ПР должна быть выстроена как система, позволяющая адекватно реагировать на вызовы, имеющиеся как во внутренней, так и внешней среде учреждения образования. Конечная цель – устойчивое положение УВО на рынке образовательных услуг и рациональное расходование имеющихся ресурсов.

На наш взгляд, существуют пять основных вызовов для каждого УВО.

Внешние вызовы:

1. конкуренция на рынке образовательных услуг;
2. специфика рынка труда в отраслевом и региональном аспектах;
3. изменение технологий коммуникации и поведенческих особенностей молодого поколения.

Внутренние вызовы:

4. обеспечение качества образовательных услуг и риски, связанные с кадровым потенциалом УВО, актуальностью образовательного контента и уровнем практической подготовки обучающихся;

5. при невысоком качестве образовательной деятельности – репутационные риски, связанные с возможной несформированностью у выпускников необходимых компетенций.

Полагаем, что ПР необходимо структурировать и наполнять содержанием, исходя из задачи дать ответы на данные вызовы.

В свете вышеизложенного можно рассмотреть пять блоков мероприятий в рамках системы ПР, сочетающих как традиционные, так и новые формы и методы ПР.

1. В условия конкуренции и борьбы за контингент необходимо:

- 1.1. постоянное присутствие УВО в информационном пространстве, обеспечение «узнаваемости» учреждения образования, а именно:

- рекламное продвижение, включающее в том числе ежегодное формирование и утверждение отдельного бюджета (на интервью, репортажи, видео контент, выпуск брендированной продукции).

- регулярная актуализация контента сайта УВО (в том числе наличие отдельной платформы для абитуриентов) и страниц в социальных сетях, новостной контент УВО на ресурсах государственных органов, предприятий-заказчиков кадров и т.п.

- создание цикла мини-видеороликов как об особенностях обучения в УВО и потенциальных местах трудоустройства, так и о конкурентных преимуществах УВО.

1.2. систематическая работа с целевой аудиторией, в том числе:

- установление партнерских взаимоотношений со школами, выпускники которых учатся в УВО (личные контакты руководителей, ссылки на сайтах, профориентационные выступления с участием бывших учеников-студентов УВО, размещение в школах стендов УВО простых и интерактивных, совместные мероприятия);

- организация республиканской олимпиады для выпускных классов на базе УВО с предложением преференций для победителей;

- открытие профильных классов;

- работа с заказчиками кадров по организации целевого набора и совместному проведению мероприятий в профильных классах и школах-партнёрах.

2. При ограниченных размерах отечественного рынка труда в ряде отраслей необходимо продвижение образовательных услуг на зарубежную аудиторию и расширение контингента иностранных обучающихся, включая дальнейшее развитие англоязычных образовательных программ.

3. Расширение применения в ПР современных цифровых технологий и платформ, популярных у молодёжи:

- короткие тематические познавательные ZOOM-сессии для школьников;

- создание контента на ресурсе Tic-Tok и иных популярных у молодёжи платформах;

- разработка приложений для смартфонов с контентом УВО;

- дни открытых дверей онлайн.

Ответом на внутренние вызовы должна стать систематическая работа по обеспечению качества образовательного процесса, усилению его практико-ориентированности. Следствием этого явится позитивный эффект «сарафанного радио», когда положительные отзывы обучающихся и членов их семей формируют репутацию УВО у потенциальных абитуриентов.

Реализуя все вышеперечисленные решения и направления деятельности необходимо систематически анализировать результативность ПР посредством обратной связи с абитуриентами и студентами, выясняя, как они получили информацию об УВО, в каких мероприятиях ПР приняли участие, и что определило их решение поступить в УВО.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безусова, Т. А. Методы профориентационной работы высшего учебного заведения [Электронный ресурс] / Т.А. Безусова, Л.Г. Шестакова. – Режим доступа: <https://novainfo.ru/article/8479>. – Дата обращения: 07.09.2020.
2. Паскарь, В. С. Современные формы профориентационной работы в ВУЗах [Электронный ресурс] / В.С. Паскарь // Научно-методический электронный журнал «Концепт». - 2017. - Т. 27. - С. 64-68. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2017/574011.htm>. – Дата обращения 08.09.2020.
3. Игнатович, Е. С. Системная профориентационная деятельность как средство инновационного развития общества / Е.С. Игнатович // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. Е, Педагогические науки. – 2015. – № 7. – С. 14–17.
4. Шафранов-Куцев, Г. Ф. Современные вызовы и реальность профориентационной деятельности в системе «школа – вуз – рынок труда»/ Г.Ф. Шафранов-Куцев // СОЦИС: Социологические исследования. – 2015. – № 1. – С. 120–128.

**НАПРАВЛЕНИЕ
«НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ
АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ»**

УДК 621.8

В.Ф. Безъязычный, А.В. Смирнов

*Рыбинский государственный авиационный технический
университет имени П. А. Соловьёва*

К ВОПРОСУ ПЛАНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ремонт двигателей достаточно часто осуществляется на тех же производственных площадях двигателестроительных предприятий, где выполняется и их изготовление, однако эффективность данной организации ремонта гораздо ниже в сравнении с организацией ремонта путём выделения локализованного ремонтного производства. Оптимальная общая схема организации участков в локализованном производстве показана на рисунке 1. Представленный цех включает в себя производственные участки для всех этапов ремонта ГТД: приёмка и входной контроль двигателя, разборка двигателя и модулей, очистка, дефектация, восстановительный ремонт деталей, специальные процессы, ремонт и испытание агрегатов, комплектование, сборка модулей, балансировка, общая сборка, испытание и отправка двигателя.

Интеграция всех необходимых участков в одном производственном корпусе позволяет оптимально их расположить по основному потоку движения двигателя / модулей / деталей в процессе ремонта, что минимизирует перемещение объектов ремонта, упрощает их учёт по циклу ремонта и, соответственно, ведёт к сокращению сроков ремонта двигателя в целом. При этом, организация ремонтных участков должна предусматривать выполнение ремонта нескольких моделей газотурбинных двигателей и позволять гибко встраивать в производственный процесс новые технологии ремонта.

Организация ремонтного производства авиационных ГТД требует крупных инвестиционных финансовых затрат, которые могут иметь значительный цикл окупаемости. В современных рыночных условиях для авиаремонтного предприятия жизненно важно спланировать развитие производственных мощностей с учётом одновременной минимизации затрат и технологической готовности к необходимым объёмам ремонта авиационных ГТД.

Были выполнены расчёты для ремонта авиационного двигателя типа CFM56 при производственной программе 60...150 двигателей в год (таблица 1).

Общая площадь ремонтного подразделения может быть определена по следующей зависимости:

$$П_{\text{рп}} = 0,7015 \cdot Ц_{\text{н}}^{1,0471} \quad \text{при } R^2 = 0,9585,$$

где P_{pp} – производственная суммарная площадь для размещения оборудования ремонтного производства, m^2 ; C_n – количество циклов наработки двигателя в процессе эксплуатации.

Аналогично могут быть определены производственные площади участков для выполнения ремонтных операций.



Рисунок 1 – Схема организации локализованного ремонтного производства авиационных ГТД

Таблица 1 – Расчёт производственных площадей ремонтного производства

Производственный участок	Площадь производственных участков, кв. м, для различной наработки ГТД в лётных циклах		
	0...4000 л. ц.	4000...8000 л. ц.	8000...20000 л. ц.
Приёмки-отгрузки	300	300	300
Общей разборки-сборки	900	900	900
Разборка-сборка модулей	500	1500	2300
Промежуточный склад	100	200	400
Очистка	600	600	600
Дефектация	100	200	300
Неразрушающий контроль	500	600	600
Хранение модулей	100	400	400
Изолятор деталей с несоответствиями	50	100	150
Хранение оснастки	50	100	100
Ремонт ДСЕ	1000	5000	9375
Участок агрегатов и обвязки	100	200	400
Балансировка и механическая обработка модулей	400	600	600
Склад деталей	100	200	200
Комплектация	200	500	800
Итого	3800	10200	16225

УДК 621.91

В.Ф. Безязычный, Д.В. Федосеев

*Рыбинский государственный авиационный технический
университет имени П. А. Соловьёва*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРА ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ГТД, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ

В настоящее время всё более широкое применение при изготовлении деталей газотурбинных авиационных двигателей находят методы прототипирования. Однако нет практических рекомендаций ни для технологов, ни для конструкторов по параметрам шероховатости поверхностей деталей, изготовленных этими методами. В данном случае сделана попытка получить определённые рекомендации.

Для диагностики действительных значений получаемой шероховатости были изготовлены тестовые образцы и проведены

замеры фактически получаемой шероховатости поверхности под различными углами наклона к плоскости построения. Схема методики замеров параметров шероховатости представлена на рисунке 1. Замеры проводились на профилометре HOMMEL TESTER T8000 с наружной и внутренней стороны образца под углом наклона поверхности относительно плоскости построения в диапазоне от 30° до 90°, в интервале 10° и через каждые 30° относительно движения ножа (рисунок 1).

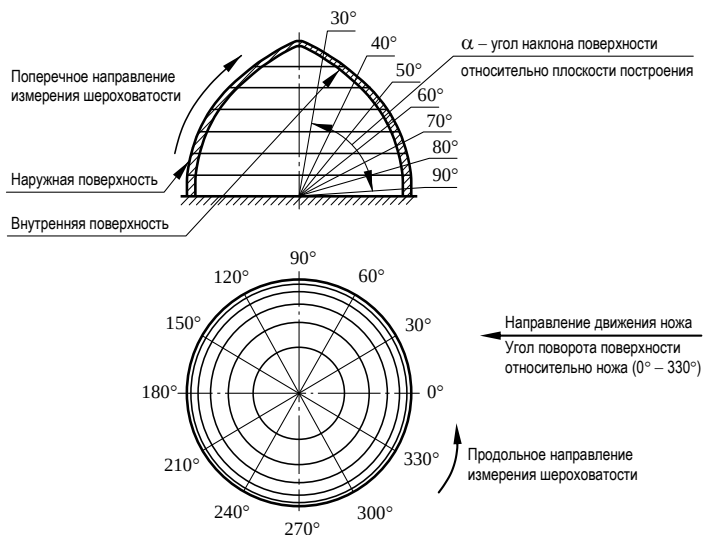


Рисунок 1 – Схема измерения шероховатости поверхности

Образцы изготавливались методом селективного лазерного сплавления из жаропрочного кобальтового сплава KX28M6 с толщиной слоя построения 20, 40 и 50 мкм.

На основании результатов замеров шероховатости построен график зависимости значений параметра Ra от угла наклона поверхности α относительно плиты построения (рисунки 2 и 3).

На основании полученных зависимостей формулы для определения значений параметра шероховатости Ra будут иметь вид:

- для наружной поверхности

$$Ra = 14,265 \cdot \alpha^{-0,386}; \quad (1)$$

- для внутренней поверхности

$$Ra = 16,123 \cdot \alpha^{-0,406} \quad (2)$$

Анализ зависимостей (1) и (2) показал, что $Ra_{\text{вн.пов}} = 1,1Ra_{\text{нар.пов}}$. Таким образом

$$Ra = 14,265k \cdot \alpha^{-0,386}, \text{ мкм}, \quad (3)$$

где $k = 1$ для наружной поверхности и $k = 1,1$ для внутренней поверхности.

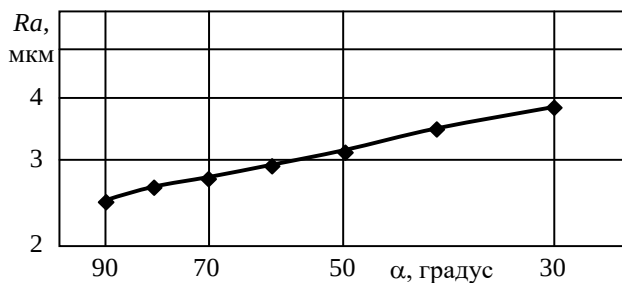


Рисунок 2 – График зависимости параметра шероховатости Ra от угла наклона получаемой наружной поверхности относительно плиты построения α

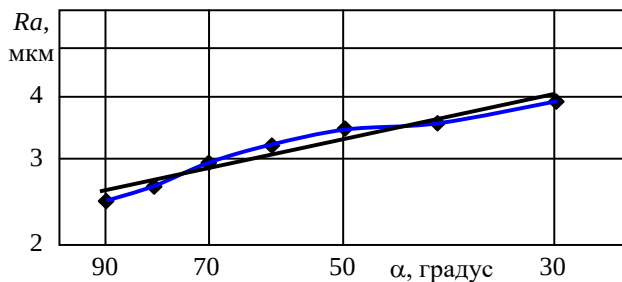


Рисунок 3 – График зависимости параметра шероховатости Ra от угла наклона получаемой внутренней поверхности относительно плиты построения α

В таблице 1 приведены результаты расчётов параметра шероховатости Ra по полученным формулам (1), (2) и (3) и их

сопоставление с фактическими (измеренными на профилометре) значениями шероховатости.

Таблица 1 – Сопоставление рассчитанных с фактическими значениями параметра шероховатости Ra

Сторона образца	Угол наклона поверхность и относительно начальной плиты построения α , °	Фактическое значение параметра шероховатост и Ra , мкм	Рассчитанное значение параметра шероховатост и Ra , мкм		Величина расхождения	
Наружная поверхность	90	2,49	2,51		+ 1 %	
	70	2,76	2,77		+ 0,4 %	
	50	3,11	3,15		+ 1 %	
	30	3,82	3,84		+ 0,5 %	
Внутренняя поверхность	90	2,48	2,59	2,76	+ 4 %	+ 11 %
	70	2,94	2,87	3,05	– 2 %	+ 4 %
	50	3,45	3,29	3,47	– 5 %	+ 0,5 %
	30	3,91	4,05	4,22	+ 4 %	+ 8 %

Таким образом, зависимость (3) позволяет прогнозировать значение параметра шероховатости Ra на стадии конструкторско-технологической подготовки изготовления деталей методом лазерного спекания.

УДК 67.05

Д.Е. Бельская, А.И. Рипинский, В.Н. Степаненко

Белорусская государственная академия авиации

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ АВИАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ИНСИНЕРАТОРОВ ДЛЯ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

Авиация является тем видом транспорта, который позволяет обеспечить мобильное скоростное перемещение людей и товаров между различными континентами, способствуя развитию мировой торговли и индустрии международного туризма, как следствие, оказывается одним из крупнейших в мире собирателей и накопителей носителей болезней, подлежащих немедленному уничтожению.

Настоящая статья посвящена разработке эффективной технологии утилизации отходов, образующихся и накапливаемых в процессе полетов, и созданию оборудования для ее реализации.

Авиационный транспорт с учетом большого числа полетов, авиационных транспортных единиц, значительного количества пассажиров на борту, способствует распространению вирусов и других патогенных микроорганизмов, если не принимать надлежащие меры защиты.

В настоящее время предлагаемая разработка представляется особенно актуальной в связи с пандемией коронавируса COVID-19. Она позволит обеспечить своевременную утилизацию вредных отходов авиации, возможных носителей вирусов.

Главная цель предлагаемого проекта, согласно перечисленному выше, выражается как разработка технологии для утилизации материалов и изделий, контактирующих с потенциальными источниками заражения (перчатки, маски и средства индивидуальной защиты, предметы туалета, одноразовая посуда и др.) и создание оборудования для реализации этой технологии.

Также очевидна и социальная направленность разработки – распространение вируса COVID-19 недопустимо. Стремительное распространение болезни, недостаточно обоснованные методы лечения, тяжелый перенос заболевания, длительные сроки выздоровления, введение карантина наносят большой ущерб экономике стран (отсутствие людей на рабочих местах, остановка производственных процессов и т. д.).

Планируется создание установки (инсинератора) для уничтожения жидких, твердых и газообразных отходов, обеспечивающие обеззараживание многих видов отходов. Инсинератор, как правило, содержит печь, в которой сжигание отходов обеспечивается при заданных температурах. В представленной работе для нагрева и эффективного воздействия на обрабатываемый продукт предлагается использование электромагнитного поля СВЧ-диапазона в реакторе с кипящим слоем. Такое нововведение позволит обеспечить расчетную производительность установки и надежное исполнение поставленной задачи.

Рассмотрим некоторые отличия предлагаемой разработки от уже существующих образцов. Повышение эффективности, экономичности и безопасности эксплуатации оборудования в данном проекте планируется достичь путем ряда разработок, в том числе:

- бункер выполняется отсоединяемым от установки, с возможностью замены наполненного бункера на пустой;
- бункер оснащен устройством автоматической разгрузки и подачи в устройство для сжигания отходов;
- наличие сменяемых бункеров обеспечит удобную транспортировку отходов, подлежащих уничтожению;

–установку планируется разместить в специальном мобильном контейнере;

–сжигание предлагается осуществлять в реакторе с кипящим слоем;

–температура сжигания предложена в диапазоне 1200–1500 °С, что гарантирует эффективное уничтожение вредных веществ.

В проекте предлагается размещение утилизаторов вблизи или непосредственно на территории аэродрома, что позволит утилизировать отходы без потерь на транспортировку.

Использование таких инсинераторов позволяет снизить риски заражения, улучшить экологическое состояние окружающей среды, в частности, за счет использования СВЧ-излучения вместо горючих энергоносителей.

Предлагаемые этапы выполнения данного проекта:

–изучение состояния проблемы;

–обоснование необходимости проведения названной работы;

–подготовка технического задания и календарного плана выполнения предлагаемого проекта;

–разработка технологии;

–разработка и изготовление опытного образца;

–проведение экспериментальных исследований в обоснование создаваемой технологии;

–корректировка технологии на основании результатов выполненного эксперимента;

–демонстрация выполнения работ по утилизации выше упомянутых предметов и материалов, получение рекомендаций на серийное производство разработанного оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Багрянцев, Г. И. Термическое обезвреживание и переработка промышленных отходов и бытового мусора / Г. И. Багрянцев, В. М. Малахов, В. Е. Черников // *Экология и промышленность России*. – 2001. – Март. – С. 35–39.

2. Бернадинер, М. Н. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов / М. Н. Бернадинер, А. П. Шурыгин. – М. : Химия, 1990. – 230 с.

3. Кабанова, Т. С. Экологические проблемы термической переработки твердых бытовых отходов / Т. С. Кабанова, В. А. Зайцев, Г. А. Ягодин // *Экология и промышленность России*. – 2010. – Февр. – С. 47–49.

4. Соломин, И. А. Выбор оптимальной технологии переработки ТБО / И. А. Соломин, В. Н. Башкин // *Экология и промышленность России*. – 2005. – Сент. – С. 42–45.

5. Систер, В. Г. Выбор технологий обезвреживания отходов с учетом их состава и свойств / В. Г. Систер, А. Н. Мирный // *Твердые бытовые отходы*. – 2009. – № 1. – С. 16–21.

6. Тугов, А. Н. Отечественные теплоэлектростанции на ТБО. Опыт освоения и пути развития / А. Н. Тугов, В. Ф. Москвичев, А. Н. Смирнов // Экология и промышленность России. – 2009. – Март. – С. 4–7.

7. Багрянцев, Г. И. Состав и физико-химические свойства промышленных отходов / Г. И. Багрянцев, О. Н. Душкина // Инновации в системе управления и переработки промышленных отходов : материалы междунар. конгр., Новосибирск, 23–25 сент. 2010 г. – Новосибирск, 2010. – С. 17–21.

УДК 358.4

Д.В. Биндей, В.В. Гайдук, С.О. Невмержицкий

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», военный факультет

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Изменения климата, связанные с загрязнением атмосферы, сокращением топливных энергоресурсов, задают темп для роста многих перспективных направлений в развитии авиастроения, поиска новых методов разработки летательных аппаратов и внедрению эффективных технических решений. Крупные компании по изготовлению летательных аппаратов знают, как авиационная промышленность продолжает расти, и их главной задачей стало являться, чтобы ущерб, причиненный природе, был минимальным.

В данной статье предложены наиболее перспективные технологические направления в области авиационной техники:

- применение композитных материалов для изготовления деталей силовых установок, элементов конструкции летательных аппаратов;

- развитие направления электрификации самолетов;

- повышения эффективности использования бортового оборудования.

Композитные материалы играют важнейшую роль, поскольку делают летательный аппарат более легким и прочным, способствуют экономии топлива. При этом повышается энергоэффективность, уменьшаются эксплуатационные расходы и обеспечивается безопасность полетов.

Например, в конструкциях воздушных судов увеличивается доля элементов, изготавливаемых из полимерных композитных материалов и прочих пластиков, но большинство деталей конструкции самолётов и вертолётв по-прежнему изготавливаются из металлических сплавов. Композитные материалы обладают очень важными для летательных аппаратов высокими механическими свойствами. Изготовленные из таких сплавов детали, в обладают высокой прочностью, имея при этом меньшую массу и габариты.

Информационные композиты со встроенными нанодатчиками, сенсорами позволяют отслеживать повреждения конструкций, снижая затраты на диагностику, технический осмотр и ремонтные работы.

Таким образом, использование специальных (композитных) материалов дает ряд преимуществ, таких как:

- сокращение веса самолетов (в среднем до 20–30 %) и снижение расхода топлива;
- снижение затрат на обслуживание и ремонт летательных аппаратов;
- повышение уровня безопасности полетов за счет увеличения прочности конструкций;
- увеличение сроков эксплуатации авиационной техники.

Направление электрификации самолета дает возможности перехода от довольно сложных и дорогих в эксплуатации гидравлических систем к электрическим приводам. Например, использование электродвигателей для управления элементами крыла и хвостового оперения, выпуска и уборки шасси. Перспективными областями применения данного направления может стать авиация как общего, так и транспортного назначения, беспилотные летательные аппараты.

Однако, для применения бортовых электротехнических средств повышаются и требования к их надежности (например, они должны сохранять работоспособность без риска накопления на корпусе статического электричества, при полетах в дождь и в грозу).

Тенденция к электрификации самолета приводит к тому, что:

- упростится ремонт приводов, так как заменяется только электродвигатель;
- повысится экологичность и снизится уровень шума летательных аппаратов.

Повышение эффективности бортового оборудования для летательного аппарата в рамках интегрированной модульной системы позволяет улучшить технико-экономические показатели летальных аппаратов, сократить временные затраты на сертификацию бортового оборудования и в целом снизить его стоимость. Благодаря нанотехнологиям, интерьер каюты самолета выполнен из легких и автономно регенирирующихся материалов, так что они всегда выглядят как «новые».

Новые технологии должны помочь значительно снизить выбросы парниковых газов, а внедряемые сегодня решения привести к дальнейшей экономии. Даже постепенная экономия дает в целом значительные преимущества.

Каждое новое поколение самолетов имеет двузначные цифры повышения эффективности. Это привело к тому, что современные

самолеты производят на 80% меньше CO₂, чем первые самолеты 1950-х годов. Поэтому экологическая эффективность - главный путь развития любой авиационной компании.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новые технологии авиастроения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://issek.hse.ru/trendlette/news/192541548.html> - Дата доступа: 30.09.2020.
2. Новые материалы ВИАМ – для перспективной авиационной техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-materialy-viam-dlya-perspektivnoy-aviatsionnoy-tehniki/viewer> - Дата доступа: 28.09.2020.

УДК 661.183.2

С.В. Василевич, М.В. Малько, Д.В. Дегтеров

*Белорусская государственная академия авиации, Институт
энергетики НАН Беларуси*

ПРОИЗВОДСТВО УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА ИЗ БИОМАССЫ

Углеродный адсорбент – это высокопористый продукт, получаемый из различных углеродосодержащих материалов органического происхождения: древесного угля, каменноугольного кокса, нефтяного кокса, скорлупы и косточек плодовых культур, и других материалов [1]. В зависимости от технологии изготовления, 1 грамм углеродного сорбента может иметь поверхность до 2000 м². Углеродные высокопористые материалы способны адсорбировать широкий спектр веществ и на сегодняшний день, так или иначе, используются во многих промышленных и бытовых отраслях. Применение углеродного адсорбента в экологических целях для очистки сточных вод и газов хорошо известно и продолжает интенсивно изучаться. Так же их используют в авиационном транспорте в качестве фильтрующих элементов для очистки воздуха в салоне самолета.

На территории Республики Беларусь сосредоточено достаточное количество необходимого природного сырья, такого как древесина, торф и природный уголь, таким образом, в сложившейся ситуации, изучение процессов производства высокопористых углеродных сорбентов является актуальной и перспективной задачей.

Описание экспериментальной установки. Авторами была разработана и изготовлена экспериментальная установка пиролиза растительной биомассы под давлением, позволяющая получать высокопористый углеродный материал, параметры которого (сорбционная способность, общий объем пор, насыпная плотность,

элементный состав) соответствуют требованиям к активированному углю.

Общий вид установки приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной установки

Описание эксперимента. При проведении эксперимента в качестве сырья использовалась березовая древесная щепа размером фракции 35х8х4 мм. Влажность составляла 9,6 % (определялась прибором ЭВЛАС-2М). Зольность 0,11 %. Плотность древесины 380,95 кг/м³. Насыпная плотность щепы составила 187,27 кг/м³. Калорийность древесного сырья 17269,79 кДж/кг. Масса древесины в корзине составила 200,2 г.

После загрузки сырья и включения нагревателя камеру пиролиза и активации выводили на тепловой режим, соответствующий началу пиролиза (250 С). После этого включали нагреватели. Максимальная температура пиролиза составила 650 С. По окончании пиролиза проходила прокалка и одновременно – активация перегретым паром в течение 2 часа 30 минут. Температура перегретого пара 760 С. Общее время процесса составило 4 часа 40 минут. По окончании работы нагреватели выключили. После охлаждения всех элементов установки и, как следствие, снижения давления до атмосферного, крышку камеры пиролиза и активации открыли и извлекали корзину с образцами готового твердого продукта.

Были проведены исследования массового выхода, состава и свойств твердых продуктов конверсии. На рисунке 2 представлены микрофотографии образцов твердых продуктов пиролиза, полученных при давлении 1 атм. (а) и 8 атм. (б).

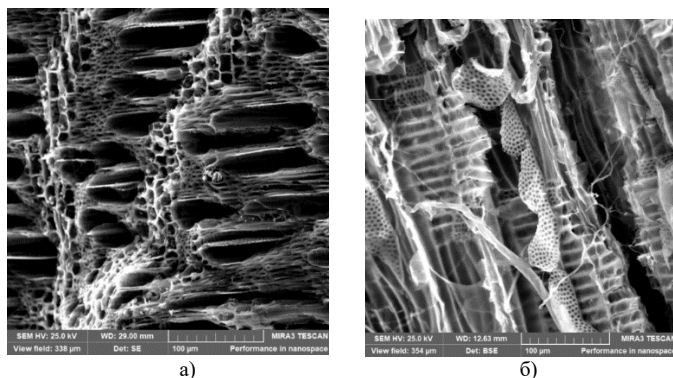


Рисунок 2 – Микрофотографии образцов твердых продуктов пиролиза, полученных при давлении 1 атм. (а) и 8 атм. (б)

Из рисунка видно, что в образце, полученном при давлении 8 атм. наблюдается больше пор на поверхности, чем в образце, полученном при давлении 1 атм. Массовый выход твердых продуктов составил 15,5 % при давлении 8 атм. и 9,4 % при давлении 1 атм. Видно, что при давлении 8 атм массовый выход твердых продуктов выше, чем при атмосферном. Это подтверждает ранее полученные авторами результаты, описанные в [2] и [3].

Насыпная плотность полученного твердого продукта составила 70,85 кг/м³.

Общий объем пор составляет 3,985 см³/г.

Данные характеристики полученных твердых продуктов термохимической конверсии древесины соответствуют требованиям норм для марки активированного угля ОКП 216239 0100, ГОСТ 6217-74 «Уголь активный древесный дробленый».

Закключение. Результаты испытания экспериментальной установки термохимической конверсии растительной биомассы под давлением показали эффективность использования такого оборудования для получения высокопористых углеродных материалов, параметры которых соответствуют требованиям к активированному углю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. – СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2007. – Ч. II. – 1144 с.
2. Исследование процесса получения древесного угля путем пиролиза под давлением / С.В. Василевич, М.В. Малько, В.Н. Богач, Д.В. Дегтерев, А.Н. Асадчий // Весті НАН Беларусі. Сер.фіз. тэхн. навук. – 2017. – № 3. – С. 64-71.
3. Расчетное исследование выхода твердых продуктов пиролиза древесины при повышенном давлении / С.В. Василевич, М.В. Малько, Д.В. Дегтерев, А.Н. Асадчий // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2020. – № 63(3). – С. 253-263.

УДК 621.792

О.Л. Ерин, В.М. Попов, А.В. Николенко

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ РАКЕТНО- КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

За последние несколько десятилетий в различных областях техники, и в первую очередь, ракетно-космической, широкое применение находят клеящие материалы на основе синтетических полимеров. Перспективность синтетических клеев объясняется целым рядом существенных преимуществ, которые клеевые соединения обеспечивают по сравнению с традиционными [1–3].

Так, к достоинствам соединений на клеях при склеивании конструкций в ракетно-космических системах следует отнести возможность склеивания деталей из различных материалов, конструкций с тонкими сечениями, а также испытывающими вибрационные и ударные нагрузки, при работе на срез. Особая ценность применения соединений на клеях заключается в значительном снижении веса изделия, являющегося основной характеристикой для авиационных и космических летательных аппаратов.

Принято считать, что основным приоритетом качества клеевых соединений является их прочность [4]. Поэтому в настоящее время интенсивно проводятся работы по повышению этого показателя. С этой целью разрабатываются новые марки клеев, совершенствуются технологии склеивания [5]. Однако результаты проводимых мероприятий не позволяют кардинально решить

проблему повышения прочности клеевых соединений. По существу требуется разработка принципиально иных технологий, в основу которых может быть заложено направленное изменение структуры полимерной матрицы клеев.

Проведенный анализ методов направленного модифицирования полимеров позволяет отдать предпочтение физическому модифицированию путем воздействия на расплав полимера постоянным магнитным полем (МП) [6].

Установлено, что воздействие на полимер в вязкотекучем состоянии приводит к ориентации сегментов макромолекул полимера, что сопровождается повышением механических характеристик полимера и клея в отвержденном состоянии. Следует полагать, что этот технологический прием может сопровождаться повышением когезионной и адгезионной прочности клеевого соединения. Для исследования влияния МП на вязкость клеев применяется вискозиметр марки ВЗ-4.

Особый интерес практического плана представляет вопрос о продолжительности полученного в процессе обработки клеев в МП эффекта снижения их вязкости. Решение данного вопроса требует достаточно продолжительной выдержки модифицированного клея.

Ранее проведенными исследованиями [7] установлено, что адгезионная прочность клеевых соединений в значительной степени зависит от смачивания и растекания клея по поверхности субстрата. При этом считается, что основным показателем способности смачивать поверхность в данном случае металлической природы является краевой угол Θ . Чем меньше Θ , тем больше адгезии к поверхности. Для установления влияния МП на смачиваемость металлической поверхности планируется применять специально разработанное устройство, позволяющее освещать сбоку каплю клея на подложке световым источником и в увеличенном масштабе проектировать изображение на экран. Для фиксации непосредственно процесса формирования краевого угла от времени предлагается использовать цифровую фотокамеру.

Особый практический и научный интерес представляет вопрос о влиянии МП на процесс формирования внутренних напряжений в клеевых прослойках, полученных на основе магнитообработанного и необработанного клеев.

Для исследования кинетики формирования внутренних напряжений используется специально разработанное и запатентованное устройство [8]. В основу метода заложен так называемый консольный способ. Анализируются силы, действующие в области клеевой прослойки между двумя пластинами субстратов различной толщины. Формируемый в процессе отверждения клеевой прослойки изгиб клеевой пары

постоянно фиксируется через измерение плоского конденсатора, образованного клеевой пары с измерительной ячейкой [9].

Определение пределов прочности клеевых соединений осуществляется на гостированных образцах на испытательной машине ИР-50-3 со скоростью нагружения 10 мм/мин с погрешностью измерения нагрузки до 1 %.

Предлагаемая технология позволяет, варьируя напряженностью МП, решать задачи по созданию клеевых соединений, которые требуются для безаварийной работы конструкций ракетно-космических систем. Проведенные исследования на клеях марки К-153, ВК-9, Супротерм на основе эпоксидной смолы ЭД-5 позволили повысить пределы прочности от 20 до 80 %.

Данная технология позволит расширить границы использования новых физических модификаторов для воздействия на полимерные матрицы клеев и таким образом расширить область исследования с заранее запланированными свойствами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кейгл, Ч. Клеевые соединения [Текст] / Ч. Кейгл. – М.: Мир, 1971. – 286 с.
2. Кардашов, Д.А. Полимерные клеи [Текст] / Д.А. Кардашов, А.П. Петров. – М.: Химия, 1983. – 384 с.
3. Вильнав, Ж.Ж. Клеевые соединения [Текст] / Ж.Ж. Вильнав. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с.
4. Фрейдин, А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений [Текст] / А.С. Фрейдин. – М.: Химия, 1971. – 272 с.
5. Волинский, В.Н. Технология клеевых материалов [Текст] / В.Н. Волинский. – Архангельск: АГТУ, 1998. – 299 с.
6. Родин, Ю.П. Влияние магнитного поля на свойства полимеров [Текст] / Ю.П. Родин, Ю.М. Молчанов // Механика композитных материалов. – 1982. – №4. – С. 671–673.
7. Лушейкин, Г.А. Механические свойства полимерных материалов [Текст] / Г.А. Лушейкин // Докл. АН СССР. – 1975. – Т.225, №4. – С. 801–803.
8. Способ определения внутренних напряжений: пат. 2456586 Российская Федерация / В.М. Попов, А.В. Иванов, А.П. Новиков, М.А. Шендриков, А.В. Латынин. – Оpubл. 20.07.12.
9. Попов, В.М. Метод контроля качества композиционных материалов класса «препег» [Текст] / В.М. Попов, Н.Е. Песков, Е.Н. Лушников // Дефектоскопия. – 1994. – №1. – С. 50–51.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ОТСЛОЕНИЯ МАГНИТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ РАДИОВОЛНОВЫМ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Развитие методов и средств радиоволнового неразрушающего контроля радиопоглощающих материалов (РПМ) и покрытий (РПП) имеет важнейшее значение для повышения эффективности современных авиационных комплексов в целом [1].

Рассмотрим особенности применения метода поверхностных электромагнитных волн (ПЭМВ) для случая оценки величины отслоения однослойных магнитодиэлектрических покрытий (МДП) с диэлектрическими и магнитными потерями, с частотной дисперсией электрофизических параметров (ЭФП), от металлического основания.

На рисунке 1 приведена геометрия однослойного МДП на металлической подложке. При этом учитывается, что в данной структуре может присутствовать протяженный дефект в виде воздушного отслоения толщиной d .

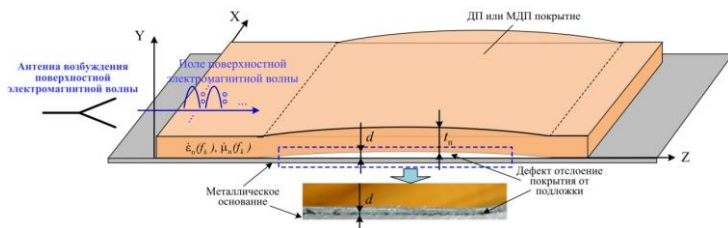


Рисунок 1 – Геометрия однослойного МДП при отслоении его от металлической подложки

Появление в МДП на металлической подложке протяженного дефекта в виде отслоения (длина отслоения в продольном направлении $1/3\lambda$ и более) можно представить, как появление в системе «дополнительного слоя» с отличными от основного покрытия свойствами и рассматривать его как двухслойное покрытие «отслоение-покрытие». Обоснованность подобного подхода подтверждена теоретически и экспериментально в [2].

Вектор ЭФП покрытия представим пятикомпонентным, $\xi_n = \{\varepsilon'_n(f_k), \varepsilon''_n(f_k), \mu'_n(f_k), \mu''_n(f_k), t_n\}$, где $\varepsilon'_n(f_k), \mu'_n(f_k)$ действительные и мнимые $\varepsilon''_n(f_k), \mu''_n(f_k)$ части диэлектрической и магнитной проницаемостей соответственно, t_n – толщина покрытия, а вектор дефектов $\xi_d = \{d_s, d_{s+1}, \dots, d_M\}$ представим в виде одной величины отслоения d . Исходя из этого, комплексный коэффициент ослабления ПЭМВ будет иметь следующий вид $\dot{\alpha}(f, \xi_n, d)$.

Выражение для нахождения величины отслоения задается в виде целевой функции вида:

$$\hat{d} = \arg \min_{d \in d_{\text{дон}}} \rho(d, \alpha''(f, \xi_n, d)) = \sum_{k=1}^L |\dot{\alpha}_3(f_k, \xi_n, d) - \dot{\alpha}_T(f_k, \xi_n, d)|^2, \quad (1)$$

где $\dot{\alpha}_3(f, \xi_n, d)$ – экспериментальное значение коэффициента ослабления; $\dot{\alpha}_T(f, \xi_n, d)$ – теоретическое значение коэффициента ослабления.

Теоретические значения коэффициента ослабления $\dot{\alpha}_T(f, \xi_n, d)$ ПЭМВ рассматриваемого двухслойного покрытия «отслоение-покрытие» получали путем решения дисперсионного уравнения по известному вектору ЭФП ξ_n и пробным значениям величин отслоений d на частотах $f_k, k=1, 2, \dots, L$ [2]:

$$D[\dot{\alpha}(f, \xi_n, d); f_k] = 0. \quad (2)$$

Дисперсионное уравнение (2) составляли, используя метод «поперечного резонанса» [2]. Расчетная схема составления дисперсионного уравнения (2) приведена на рисунке 2.

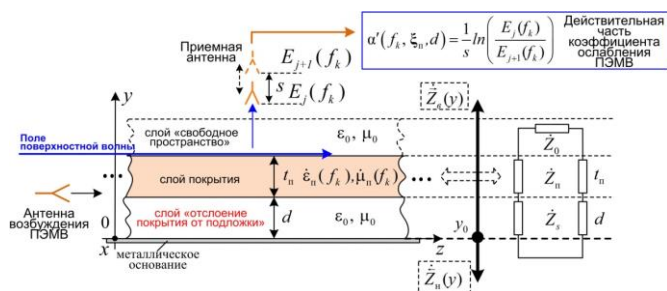


Рисунок 2 – Расчетная схема составления дисперсионного уравнения для МДП при отслоении от металлической подложки

Уравнение «поперечного резонанса» для составления дисперсионного уравнения (2) имеет следующий вид [2]:

$$\dot{\tilde{Z}}_в(y) + \dot{\tilde{Z}}_н(y) = 0, \text{ при } \forall y, \quad (3)$$

где $\dot{\tilde{Z}}_в(y)$ и $\dot{\tilde{Z}}_н(y)$ – эквивалентные характеристические сопротивления «вверх» и «вниз» относительно произвольного опорного сечения y_0 (для удобства математических преобразований выбрано сечение y_0 между слоем «отслоение» и металлической подложкой).

Итоговое дисперсионное уравнение для покрытия с отслоением представим в следующем виде:

$$D[\dot{\alpha}(f_k, \xi_n, d); f_k] = 0 \equiv \dot{\tilde{Z}}(s_{-п-0}) = 0, \quad (4)$$

где $\dot{\tilde{Z}}(s_{-п-0})$ – эквивалентное характеристическое сопротивление слоя «отслоение», слоя покрытия и области над покрытием (слой «свободное пространство»).

Полученное дисперсионное уравнение (4) позволяет для заданной частоты, ЭФП материала, с учетом их частотной дисперсии, и величине отслоения d однозначно определить комплексный коэффициент ослабления ПЭМВ $\dot{\alpha}(f, \xi_n, d)$ и, по сути, является прямой задачей метода квазирезонансов для ПЭМВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лагарьков, А.Н. Фундаментальные и прикладные проблемы стелс-технологий / А.Н. Лагарьков, М.А. Погосян // Вестник РАН. – 2003. – Т. 73, № 9. – С. 779–787.
2. Казьмин, А.И. Оценка степени отслоения диэлектрических и магнитодиэлектрических покрытий с использованием поверхностных электромагнитных волн СВЧ диапазона / А.И. Казьмин, П.А. Федюнин // Дефектоскопия. – 2020. – № 9. – С. 50–63.

УДК 537.86; 621.317.335.3

А.И. Казьмин, П.А. Федюнин, Д.А. Рябов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОТСЛОЕНИЯ МАГНИТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ОСЛАБЛЕНИЯ ПОЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Магнитодиэлектрические покрытия (МДП), работающие в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ), широко применяются в различных областях науки и техники. В отдельное важнейшее самостоятельное направление выделяется применение МДП, реализованных в виде радиопоглощающих покрытий (РПП), для снижения радиолокационной заметности современных образцов авиационных комплексов (АК).

Эффективность применения РПП определяется их надежной адгезией к обшивке образца АК. При недостаточной адгезии в ходе эксплуатации высокие внутренние напряжения приводят к отслоениям РПП, что приводит к увеличению эффективной поверхности рассеяния образца АК и снижению его боевых возможностей.

Предварительные исследования метода контроля отслоений РПП методом поверхностных электромагнитных волн (ПЭМВ) не дают ответ, насколько будет точным результат, с учетом неопределенностей в измерениях коэффициента ослабления поля

ПЭМВ $\alpha'_i(f, \xi_n, d)$, f – частота зондирующего сигнала, $\xi_n = \{\dot{\epsilon}_i, \dots, \dot{\epsilon}_n, \dot{\mu}_{n+1}, \dots, \dot{\mu}_{2n}, b_{2n+1}, \dots, b_{3n}\}$ $i=1, \dots, 3n$ – $3n$ -мерный вектор описывающий электрофизические параметры n -слойного РПП, $\dot{\epsilon}_i, \dots, \dot{\epsilon}_n, \dot{\mu}_{n+1}, \dots, \dot{\mu}_{2n}$ – комплексные диэлектрические и магнитные проницаемости; $b_{n+1}, \dots, b_{2n}$ – толщины слоёв материала; λ – длина волны ПЭМВ; d – величина отслоения РПП [1].

Исходя из этого, дальнейшее развитие метода заключается в разработке алгоритма обработки результатов измерений коэффициента ослабления ПЭМВ, обеспечивающего оценку величины отслоения покрытия от подложки $\hat{d}$, с учетом неопределенностей в измерительных данных с наименьшей погрешностью.

Разработан алгоритм оценки величины отслоения покрытия на основе поиска максимальной совместной плотности вероятности

(МСПРВ) коэффициента ослабления поля ПЭМВ $\alpha'_3(f, \xi_n, d)$, измеренного на наборе частот.

Алгоритм включает следующую последовательность действий.

1. Определение диапазона возможных значений величин отслоений $d \in \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$.

2. Оптимизация набора частот и ширины полосы частот измерений в соответствии со следующим правилом:

$$\langle F \rangle = \arg \max_f \{Y\}, \quad (1)$$

где

$$F = \{f_1, f_2, \dots, f_L\},$$

$$Y = \frac{1}{LN} \sum_{i=1}^L \sum_{n=1, r=1}^N |\alpha'_i(f_k, \xi_n, d_n) - \alpha'_i(f_k, \xi_n, d_r)|^2,$$

где L – количество частот измерений, N – количество возможных величин отслоений, d_n, d_r – близкие значения величин отслоений на частоте f_k .

3. Измерение вектора экспериментальных коэффициентов ослабления $\mathbf{A}_3$, где

$$\mathbf{A}_3 = [\dot{\alpha}_3(f_1, \xi_n, d), \dot{\alpha}_3(f_2, \xi_n, d), \dots, \dot{\alpha}_3(f_L, \xi_n, d)]^T.$$

4. Минимизация функционала $Z(d_n)$ с учетом всех возможных величин отслоений:

$$Z(d_n) = \frac{1}{L} |\mathbf{A}_3 - \mathbf{A}_\tau|^2, \quad (2)$$

где $\mathbf{A}_\tau = [\dot{\alpha}_\tau(f_1, \xi_n, d), \dot{\alpha}_\tau(f_2, \xi_n, d), \dots, \dot{\alpha}_\tau(f_L, \xi_n, d)]^T$ – вектор теоретических коэффициентов ослабления.

За истинную величину отслоения $\hat{d}$ принимают ту, которая обеспечивает минимум функционала (2).

На рисунке 1 представлены зависимости среднего квадрата ошибки Δ_d оценки величины отслоения РПП при возрастании значений отношения «сигнал-шум» (ОСШ), при возрастании ширины полосы частот измерений и возрастании количества частот измерений. В качестве образца РПП со следующими характеристиками [2]: $\varepsilon' = 20,45$, а $\varepsilon'' = 0,73$, дисперсия комплексной магнитной проницаемости РПП описывается зависимостями:

$$\varepsilon' (f_k) = 1,56 \exp(-3.867 \cdot 10^{-11} f_k);$$

$$\varepsilon'' (f_k) = 1,299 \exp(-4.659 \cdot 10^{-11} f_k).$$

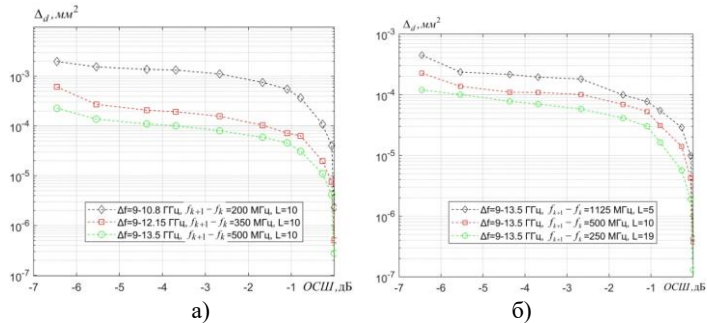


Рисунок 1 – Зависимости среднего квадрата ошибки Δ_d оценки отсложения в РПП при возрастании значений отношения «сигнал-шум» при возрастании ширины полосы частот измерений (а) и при возрастании количества частот измерений (б)

Анализ зависимостей рисунка 1 показывает очевидный результат, что средний квадрат ошибки Δ_d оценки величины отсложения уменьшается при возрастании ОСШ, увеличения ширины Δf полосы частот измерений и их количества. При этом уменьшение Δ_d за счет увеличения ширины полосы частот измерений достигается быстрее, чем при увеличении количества частот. Проведенные численные эксперименты показали, что при ширине полосы частот $\Delta f = 9-13,5 \text{ GHz}$, предельный прирост повышения точности обеспечивается при измерениях на 19 частотах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Казьмин, А.И. Контроль дефектов в многослойных диэлектрических материалах СВЧ-методом / А.И. Казьмин, П.А. Федюнин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2020. – Том 86, № 2. – С. 37–43.
2. Ufimtsev, P.Ya. New Results for the Properties of TE Surface Waves in Absorbing Layers / P.Ya. Ufimtsev, R.T. Ling // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2001. – vol. 49. – P. 1445–1452.

УДК 53.072

А.В. Лещенко, В.Д. Выдрин, И.К. Макаров

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Существует множество методов оценки прочности летательного аппарата, основными из которых является метод экспериментального определения прочностных характеристик, метод теоретического расчета, а также, с развитием ЭВМ, метод математического моделирования.

Методы экспериментального определения статических и динамических характеристик имеют ряд существенных недостатков:

- стационарность установки, что в свою очередь, лишает их мобильности и делает испытания сложнее;
- невыгодность с экономической точки зрения, так как требуется большое количество исследуемых образцов для получения более точных результатов.

Транспортировка моделей и образцов в научно-исследовательские центры для проверки характеристик является так же достаточно дорогостоящей. Требуется замена комплектующих и обслуживание установок.

Метод теоретического исследования прочностных характеристик ЛА, по сравнению с экспериментальным методом, имеет ряд преимуществ:

- не требует использования специального стационарного оборудования, что не привязывает его к научно-исследовательским центрам и делает более мобильным;
- обладает высокой скоростью вычислений в отличие от экспериментального метода, где проводятся десятки экспериментов для получения требуемой точности вычислений.

Метод математического моделирования заключается в построении и изучении математической модели, которая является заменой реального объекта моделью и изучение ее свойств. Моделирование объекта происходит с помощью метода конечных элементов, который заключается в том, что исследуемая область разбивается на некоторое количество элементов. В каждом из них мы выбираем вид функции. Вне своего элемента эта функция равна 0. Значения функций на границах элемента являются конечным результатом и сначала являются неизвестными. Далее составляется система линейных алгебраических уравнений. Их количество совпадает с количеством неизвестных значений в узлах, требуемых

решения. Данное количество ограничивается производительностью и возможностями электронно-вычислительной машины, на которой производятся вычисления.

К достоинствам данного метода можно отнести:

- высокая универсальность;
- возможность моделирования по частям;
- экономичность;
- простота перехода от одной задачи к другой.

Таким образом, применение различного рода программ для проведения инженерных расчетов является очень перспективным направлением, так как позволит достаточно быстро и точно, без лишних экономических затрат, определить требуемые характеристики материала, построить точную 3D модель, а так же решить множество дополнительных задач.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Киселев, В.А. Строительная механика. Общий курс / В.А. Киселев. – М.: Стройиздат, 1986. – 280 с.
2. Одинокоев, Ю.Г. Расчет самолета на прочность / Ю.Г. Одинокоев. – М., 1973. – 392 с.

УДК 533.695

И.К. Макаров, В.О.Серебров

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ АВИЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ НА ЛЕТНО-ТАКТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В полете на ЛА действуют аэродинамические силы, влияющие на его летные характеристики, в частности на дальность и продолжительность полета. Далее будет рассмотрен прямолинейный горизонтальный полет авиационного комплекса с внешней подвеской под фюзеляжем, при этом в качестве крепления вооружения будут рассмотрены два способа (стандартный пилон и подвижный пилон). В ходе выполнения данного этапа полета предполагает постоянную скорость и высоту движения летательного аппарата ($V = \text{const}$, $H = \text{const}$).

В качестве прототипа рассматривается сверхзвуковой самолет с электро-дистанционной системой управления – МиГ-31 и гиперзвуковая ракета, входящие в состав авиационного комплекса «Кинжал». Особенностью рассматриваемого вооружения, является его большие габариты, оказывающие существенное интерференционное влияние на летательный аппарат.

При выполнении прямолинейного горизонтального полета во всем эксплуатационном диапазоне ЛА, в случае применения стандартного пилон для крепления вооружения, наблюдается аэродинамическое интерференционное взаимодействие летательного аппарата и внешней подвески, снижающее аэродинамическое качество авиационного комплекса в целом.

Для снижения негативного интерференционного влияния внешней подвески на летательный аппарат, предлагается в качестве удерживающего устройства использовать подвижный пилон, позволяющий перемещать внешнюю подвеску в продольном направлении. В этом случае в зависимости от режима полета ЛА (направления скосов потока), станет возможным располагать внешнюю подвеску в благоприятном с аэродинамической точки зрения положении. При этом:

- улучшаются аэродинамические характеристики авиационного комплекса (аэродинамическое качество);
- расширяется эксплуатационный диапазон авиационного комплекса;
- улучшаются летные характеристики авиационного комплекса (дальность, продолжительность полета, маневренные характеристики).

Таким образом, применение подвижного пилон при проведении ЛА патрулирования или иного длительного полета является перспективным направлением, так как позволяет улучшить его тактико-летные характеристики, а следовательно уменьшить экономические потери возникающие при длительных полетах.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ништ, Ю.П. К определению аэродинамических характеристик установок авиационного вооружения со средствами поражения / Ю.П. Ништ, В.А. Пащенко. – М.: ВВИА им Н.Е. Жуковского, 1986. – 320 с.
2. Вотяков, В.Д. Аэродинамика летательных аппаратов и гидравлика их систем / В.Д. Вотяков. – М., 1972. – Часть 1. Аэродинамика. – 325 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАНЕСЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

Одним из перспективных способов восстановления изношенных деталей является плазменное напыление [1]. При планировании применения данной технологии можно выделить технические проблемы, характеризующие конкретную деталь и её функциональный слой.

Целью данной работы является анализ факторов технологии плазменного напыления (рисунок 1), влияющих на разработку системы автоматизированного проектирования (САПР), а также разработка структурной схемы САПР нанесения покрытий для дальнейшего контроля и прогнозирования параметров технологии.

В ходе анализа особенностей процесса технологии плазменного напыления были выделены основные факторы, которые напрямую оказывают влияние на разработку САПР нанесения функциональных покрытий и делают процесс планирования создания САПР весьма затруднительным.

Следовательно, учитывая факторы и особенности, влияющие на разработку системы автоматизированного проектирования, разработка САПР должна быть направлена на создание комплекса модулей автоматизированных процессов. Данный вывод обусловлен тем, что на современном этапе развития производственных линий необходимо уходить от вредных условий работы, а также повышать качество получаемых покрытий за счет автоматизации процессов обработки детали [2].

В связи с этим выделяют следующие этапы автоматизированного проектирования технологии производства деталей машин с функциональными покрытиями [3]:

- 1) анализ технического задания (ТЗ);
- 2) поиск аналогов и прототипов, а также готовых решений;
- 3) выбор материалов покрытия в зависимости от заявленной стоимости работ и функциональности заявленного покрытия.

На этапе функционального проектирования производить работы: подбор материала покрытия, подбор режимов напыления функционального материала, техническая и технологическая

подготовка производства, а также при необходимости – подбор специального оборудования. При невозможности осуществить разрабатываемый технологический процесс на существующем оборудовании – производить проектирование и разработку новых установок или технологических решений [4].

Опираясь на проведенный анализ особенностей технологии плазменного напыления и факторов, влияющих на её обеспечение, была разработана структурная схема САПР плазменного напыления. Беря во внимание разработанную структурную схему САПР составлены три этапа по формированию САПР для плазменного напыления:

1) Проведение общих мероприятий по подготовке процесса плазменного напыления. Отбор деталей, для которых будет производиться процесс напыления, определение режимов и параметров напыления, анализ и назначение параметров покрытия и т.д. Оценка технологичности напыления детали. Формирование маршрутной карты, а также проведение предварительной оценки загруженности оборудования, которое будет задействовано.

2) Выбор детали-представителя, в которой наиболее точно определены конструктивно-технологические особенности. На данном этапе производится оценка технологичности детали.

3) Формирование модели гибкой автоматизированной системы (ГАС) и моделирование процесса напыления. Результатом данного этапа является опытный образец ГАС.

Вывод. Произведен анализ основных факторов, влияющих на разработку САПР плазменного напыления. Разработана обобщённая структурная схемы САПР нанесения покрытий. Составлены три этапа по формированию САПР для плазменного напыления.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лещинский, Л.К. Плазменное поверхностное упрочнение / Л.К. Лещинский. – Киев.: Тэхника, 1990. – 109 с.
2. Балановский, А.Е. Плазменное поверхностное упрочнение металлов / А.Е. Балановский. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. – 180 с.
3. Пузряков, А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления / А.Ф. Пузряков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Е. Баумана, 2008. – 360 с.
4. Ильющенко, А.Ф. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование / А.Ф. Ильющенко. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 357 с.

СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ «ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ»..... 3

П. В. ИВАНИШИН, В. А. МАЛКИН, А. Я. СЕНЬКО

Государственное предприятие «Завод точной электромеханики»

СИСТЕМА НАВЕДЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО РЕАКТИВНОГО
СНАРЯДА БАЛЛИСТИЧЕСКОГО ТИПА 4

С.Б. КАЛИТИН, О.Г. ЛАПУКА

ООО «Оборонные инициативы»

ЗАЩИТА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ОТ УПРАВЛЯЕМОГО
РАКЕТНОГО ОРУЖИЯ..... 5

Ю.Ф. ЯЦЫНА, Ю.В. ГРИДНЕВ, А.А. ЩАВЛЕВ

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-
производственный центр многофункциональных беспилотных
комплексов» Национальной академии наук Беларуси*

КОНЦЕПЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ КОНВЕРТОПЛАНА
..... 8

НАПРАВЛЕНИЕ «РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОНАВИГАЦИЯ И СВЯЗЬ» 12

Д.С. АЛИЕВ, Ю.Г. ПАСТЕРНАК, Е.С. ЧЕСНОКОВ

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-
воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.
Гагарина»*

ПОЛНОАЗИМУТАЛЬНАЯ АНТЕННА С ВЫСОКИМ
КОЭФИЦИЕНТОМ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ 13

К.С. БАЕВ, А.Д. АФАНАСЬЕВ, В.А. ДЬЯЧЕНКО

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил Военно-
воздушная академия*

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СВОЕВРЕМЕННОСТИ
ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В СИСТЕМЕ СВЯЗИ
СОЕДИНЕНИЯ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ..... 16

В.А. БЕЗРЯДИН, Р.А. ХВОРОВ, Б.Т. РЯХОВ

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-
воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и
Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)*

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ КАНАЛОВ
(ЛИНИЙ) СВЯЗИ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА..... 19

С.С. БЕЛОУСОВ, П.А. ФЕДЮНИН

*ВУНЦ ВВС «ВВА» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ СВЯЗИ ПО
ОБЕСПЕЧЕНИЮ НЕПРЕРЫВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ
ФОРМИРОВАНИЕМ ИСТРЕБИТЕЛЬНОЙ АВИАЦИИ..... 22

М.А. ДАНИЛИН, А.Н. ТАТАРИНОВ

*Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-
воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.
Гагарина» (г. Воронеж)*

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЧАСТОТНО-
ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ АВИАЦИОННЫХ
ФОРМИРОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ДЕСТРУКТИВНОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОТИВНИКА 25

Д.И. ДЕРБЕНКОВА, И.И. БАРАБАН

Белорусская государственная академия авиации
АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕДАЧИ В ОНЛАЙН-РЕЖИМЕ
ПОЛЁТНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЕТЧЕРСКИЕ ПУНКТЫ
УВД В ВОЗДУШНОМ ПРОСТРАНСТВЕ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ 28

И.С. ДМИТРИЕВ, О.Н. СКРЫПНИК

*Московский государственный технический университет
гражданской авиации, Белорусская государственная академия
авиации*

СИНХРОНИЗАЦИЯ НАЗЕМНЫХ СТАНЦИЙ
МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ПО
СИГНАЛАМ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ
..... 30

С.А. ДМИТРИЕВ, А.В. МИЛОХИН, И.С. ЗИБРОВ

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.
Гагарина» (г. Воронеж)*

РАЗРАБОТКА АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО
КОМПЛЕКСА ШИРОКОПОЛОСНОЙ РАДИОСВЯЗИ 35

Р.Д. ДОРОХИН, С.А. ДМИТРИЕВ, ПЕТУХОВ Н.И.

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.
Гагарина» (г. Воронеж)*

Разработка Специального КОМПЛЕКСА широкополосной
РАДИОСВЯЗИ..... 37

И.А. ДУБОВИК, П.В. БОЙКАЧЕВ, В.О. ИСАЕВ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ СИНТЕЗА ШИРОКОПОЛОСНЫХ СОГЛАСУЮЩИХ УСТРОЙСТВ К ИЗМЕНЯЮЩЕМУСЯ ИМПЕДАНСУ НАГРУЗКИ.....	40
В.В. ЕВСЕЕВ, А.А. АГЖИТОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> РАЗЛИЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОМЕХ СРЕДСТВАМ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ.....	43
В.О. ИСАЕВ, П.В. БОЙКАЧЕВ, И.А. ДУБОВИК <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> РЕЗУЛЬТАТЫ АППРОКСИМАЦИИ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ЧИСЛЕННОМ ВИДЕ, НА ДИСКРЕТНОМ РЯДЕ ЧАСТОТ	46
Е. П. КАЙДАШ, М. Б. ГУГУЕВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> КРИТЕРИИ ВЫБОРА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СЕТЕЙ СВЯЗИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ	49
А.В. КОСЫХ, В.А. КРАСКОВСКИЙ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЛАЗЕРНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ВИЗУАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ.....	51
А.И. КРАВЧУК, А.В. ДУБОВСКИЙ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАВИСИМОГО НАБЛЮДЕНИЯ	54
С.В. КУЦОВ, С.З. АБДУЛЛАЕВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ КАСКОДНЫХ АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ НА ТРАНЗИСТОРАХ	57

А.В. ЛЕБЕДЕВ, ЛЕ ЧУНГ ЗУНГ <i>ВУНЦ ВВС “ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.Гагарина” (г.Воронеж)</i> АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ.....	59
В.В. МЕДВЕДЕВ, Д.А. СМОЛЬСКИЙ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ГИРОСКОПА КОМБИНИРОВАННОГО НАВИГАЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ БЛА.....	62
А.М. МЕЖУЕВ, Д.Л. СТУРОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЛАСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ МОБИЛЬНОЙ РАДИОСЕТИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО ВХОДНОГО ТРАФИКА	65
А.М. МЕЖУЕВ, Е.И. ШАМАЕВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕНЗОРНОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА АВИАЦИОННОЙ ЦИФРОВОЙ РАДИОСЕТИ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОМЕХ	68
С.А. НИКУЛИН <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия)</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ VPN ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА	71
А.С. ПЕТРОВИЧ, А.В. ЛИННИК, А.Г. НИКИФОРОВ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, СВЯЗИ И РАЗВЕДКИ (С4I) АРМИИ США.....	73
А.А. ПЕТЬКОВ, И.С. САДОВСКИЙ, В.П. БРИНКЕВИЧ <i>ОАО «КБ Радар» - управляющая компания холдинга «Системы радиолокации»</i> ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	75

О.Н. СКРЫПНИК

Белорусская государственная академия авиации

СИСТЕМА БАЗОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАК МЕХАНИЗМ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОрВД 78

О.Н. СКРЫПНИК, Р.О. АРЕФЬЕВ, Н.Г. АРЕФЬЕВА

Белорусская государственная академия авиации, Иркутский

*филиал Московского государственного технического университета
гражданской авиации*

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОМОБИЛЬНЫХ
ПСЕВДОСПУТНИКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ 82

В.Г. ТАРАСЮК, С.В. КРЕСКИЯН

Белорусская государственная академия авиации

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЛАЗЕРНОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА В СИСТЕМЕ ОБЗОРА
ЛЁТНОГО ПОЛЯ 85

С.О. ФЕДЧЕНКО, С.В. КРЕСКИЯН

Белорусская государственная академия авиации

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ СЕТЕЙ ОБМЕНА
ИНФОРМАЦИЕЙ В СИСТЕМЕ УВД 88

К.А. ФЕДЮКОВИЧ, В.А. КРАСКОВСКИЙ

Белорусская государственная академия авиации

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ КАМЕР ДЛЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ВОЗДУШНОМ СУДНЕ 90

И.А. ФРОЛОВ, А.Г. ГАСИЛИН

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.

Гагарина» (г. Воронеж)

ПРИМЕНЕНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ПУЛЬ В
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ 93

В.В. ХАРЧЕНКО, С.В. РУДЫЙ, Д.В. ХАРЧЕНКО

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е.

Жуковского и Ю.А. Гагарина»

МОДЕЛЬ МНОГОЧАСТОТНОЙ АНТЕННЫ СИСТЕМЫ
СОТОВОЙ СВЯЗИ 96

С.В. ЦУПРИК, А.С. СОЛОНАР

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСТРЕМАЛЬНО-
КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ В ОПТИКО-
ЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ЗА СЧЁТ ФОРМИРОВАНИЯ
ОЦЕНКИ ОПОРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ 98

Д.Н. ЧЕРНЯКОВСКИЙ, Р.В. ФЁДОРЦЕВ, А.О. МИХАЙЛОВ, А.А.
ОДНОСТОРОНЦЕВ, А.В. ВИХРЕНКО

ООО «НТЛаб-ИС»
БАЗОВЫЙ МОДУЛЬ НАВИГАЦИОННОГО ПРИЁМНИКА ДЛЯ
ГРАЖДАНСКИХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ 101

И.В. ЧИГИРЬ, Н.К. КУЗЬМИЧЕВ

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»
СОВМЕСТНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ-ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ
КОМБИНИРОВАННОЙ ИМИТИРУЮЩЕЙ И МАСКИРУЮЩЕЙ
ПОМЕХИ В РАДИОЛОКАТОРАХ ТОЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ
КООРДИНАТ НАЗЕМНОГО И ВОЗДУШНОГО БАЗИРОВАНИЯ
..... 106

А.Г. ЩЕРБИЙ

Белорусская государственная академия авиации
ВЛИЯНИЕ 5G НА АВИАТРАНСПОРТНУЮ ОТРАСЛЬ..... 109

С.П. ЮРЧЕНКО, Д.А. КАМНЕВ

*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
г. Воронеж*
ОЦЕНКА ДАЛЬНОСТИ СВЯЗИ С ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОКАНАЛОВ С ПРОГРАММНОЙ
ПЕРЕСТРОЙКОЙ РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЫ 112

С.М. ЯЩЕНКО, А.В. ПОПОВ, А.А. ПОРОШИН

*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОДУЛЯЦИОННОГО
УСТРОЙСТВА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
..... 115

**НАПРАВЛЕНИЕ «АВИОНИКА, СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ И
КОНСТРУКЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ»..... 118**

KAPUSTIN A.G., KARACHUN O.G. <i>Belarussian state aviation academy</i> MINIMIZATION OF THE PROBABILITY OF POSITION OF ERRORS OF THE SECOND KIND DURING TECHNICAL DIAGNOSTICS USING FUZZY LOGIC	119
A.A. АВЕРШИН, Н.А. УС, М.В. МУРАВЛЕВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно- воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»</i> МАТРИЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВНЕШНЕГО ОПТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА–РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ДЛЯ КОЛЬЦЕВОГО МОНОБЛОЧНОГО ГИРОСКОПА С ЛАЗЕРНЫМ ДИОДОМ	120
С.В. АНИКИН, В.И. ДЕМИДОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ АВИАЦИОННОЙ БОМБЫ ОФАБ-250-270 В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SOLIDWORKS	123
Е.М. ВЕЧЕРСКИЙ, Д.М. ГОЛОВАЧ, К.Е. РОГАЧЕВСКИЙ <i>Военный факультет в УО «Белорусской государственной академии авиации»</i> ТРЕБОВАНИЯ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТЕНДУ ПО ПРОВЕРКЕ СЕРВОПРИВОДОВ.....	126
А.А. ГОЛИМГРЕЙН, И.В. ЧУПРИКОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно- воздушная академия г. Воронеж, Россия</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ СИСТЕМ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЛЕТЧИКА О ПРИБЛИЖЕНИИ К ОПАСНЫМ РЕЖИМАМ	127
Ю.А. ГОНДАРЕНКО, Д.И. БЕЛЯЕВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПЛЫВОВ КРЫЛА МАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА НА ЕГО НЕСУЩИЕ СВОЙСТВА	130
Ю.А. ГОНДАРЕНКО, И.В. КУНОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АЭРОДИНАМИКИ.....	132

В.А. ГОРОДНИЧУК, И.В. ГРАЖЕВСКИЙ, Р.А. ПЕЙГАН <i>Белорусская государственная академия авиации</i> КОНВЕРСИЯ МОТОЦИКЛЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	136
С.Ю. ГРИГОРОВ, Д.Д. СОЛЯННИКОВ, В.А.СИМАКОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»</i> <i>(г. Воронеж)</i> ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СОПРОВОЖДЕНИЯ МАНЕВРИРУЮЩЕЙ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ ПО УГЛОВЫМ КООРДИНАТАМ	138
А.С. ГУЛЕЦКИЙ, М.И. ПОЛУЯНОВ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ПОЛЕТЕ	141
Г.А. ГУЛЯЕВ, Д.А. ЧЕРКАСОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»</i> <i>(г. Воронеж)</i> ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ СОПРОВОЖДЕНИИ МАНЕВРИРУЮЩЕЙ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ ПО УГЛОВЫМ КООРДИНАТАМ	143
К.А. ЖУРАВСКИЙ, П.С. КОСТИН, Д.А. МИНЛИБАЕВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно- воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»</i> ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРНЫМ ДВИЖЕНИЕМ СОВРЕМЕННОГО УЧЕБНО- БОЕВОГО САМОЛЕТА	146
К.А. ЖУРАВСКИЙ, А.В. НОСОВ, Д.А. НЕХОРОШЕВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСАДОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОЛЕТА ПУТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	148

В.Н. ЗАБАВНИКОВ, А.А. ГОЙВИНОВИЧ, Д.Ю. МИХАЙЛИН ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)	МЕТОДА	АППРОКСИМАЦИИ	
ВЫБОР	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ		151
О.А. ЗАМОЛОЦКИХ, И.С. ОБОЗНЫЙ, А.И. МАЛЯР ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)	ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА БОМБОМЕТАНИЯ С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ОТ НОСИТЕЛЯ		154
А.А. ИСПУЛОВ, Д.А. БИТЮКОВ, И.А. ЯКУШЕВ ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)	КУБИЧЕСКАЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ АВИАЦИОННЫХ БОМБ	СПЛАЙН-ИНТЕРПОЛЯЦИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ	157
М.А. КАЗАРИН, А.А. ЭНКИН ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)	ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ НАБОРА ВЫСОТЫ УЧЕБНО- БОЕВЫМ САМОЛЕТОМ С ПОМОЩЬЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА		159
А.В. КАЗЬМЕНКО, А.А. КАЗЬМЕНКО, К.А. КАЗЬМЕНКО ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)	АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ НЕУПРАВЛЯЕМЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ВНЕШНИХ ПОДВЕСКАХ		162
Р.М. КАЛИНИН, И.Д. КАМБАЛИН, А.Г. ГАНЖИН ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)	РАСЧЕТ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА		165
А.Г. КАПУСТИН, К.В. ТЕРЕЩЕНКО Белорусская государственная академия авиации	НЕЧЕТКИЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА		168

- Д.В. КОВАЛЬЧУК, М.Ю. РЫЖКОВ, РАСЕВИЧ Д.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)
 ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЖИВУЧЕСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНЕРА
 САМОЛЕТА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
 МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ СРЕДСТВ
 ПОРАЖЕНИЯ ПРИ ИХ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ 171
- Н.А. КОЛОМИЙЦЕВ
ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.
Гагарина» (г. Воронеж)
 СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ
 ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА В ПРОГРАММНО-
 МОДЕЛИРУЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ MATLAB@SIMULINK 174
- М.В. КОНДАЛОВ, С.Г. БАБИЧ, Э.И. АББАСОВ
ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)
 СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА
 БОЕВОГО МАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА ЗА СЧЕТ
 УПРАВЛЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЕМ НОСКОВ КРЫЛА 176
- Д.А. КОРСУН
Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»
 АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО
 СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ 179
- Д.А. КОРСУН
Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»
 МЕТОДИКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО
 СОСТОЯНИИ РОТОРНОЙ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОГО
 ДВИГАТЕЛЯ ПО ДАННЫМ ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ 182
- А.Д. КУЗНЕЦОВ
*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-
 воздушная академия имени профессора Николая Егоровича*
Жуковского и Юрия Алексеевича Гагарина» (г. Воронеж)
 ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ
 МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА ПРИ
 ДЕСАНТИРОВАНИИ МОНОГРУЗОВ..... 185

Т.С. ЛАВИЦКАЯ, К.В. ВОЛК, Е.С. АЛЕЙНИКОВА <i>Государственное предприятие «Завод точной электромеханики»</i> МЕТОДИКА УЧЕТА ВЛИЯНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ.....	187
И.В. ЛАЧУГИН, И.В. ТЕТЕРЯТНИКОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)</i> РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПРУЖИННОГО ЗАГРУЗОЧНОГО МЕХАНИЗМА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТОЛЕТА МИ-8МТВ-5.....	189
Д.А. ЛОГАЧЕВ, Д.В. СМИРНОВ, В.А. ШЕВЦОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)</i> РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВОЙ СХЕМЫ КРЫЛА САМОЛЕТА	190
А.В. ЛУЩИК, С.А. ШЕСТАКОВ, Д.А. ЛУЩИК <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Воронежский государственный университет</i> СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ.....	193
В.Н. МАКАРЕНКО <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Николая Егоровича Жуковского и Юрия Алексеевича Гагарина» (г. Воронеж)</i> РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ОБЗОР КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ, РЕАЛИЗОВАННЫХ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	196
С.А. МИТРОФАНОВА, Д.С. КОРОВАЕВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ИННОВАЦИИ В ВОЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ КАК УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ	199

А.В. НИКОЛАЕВ, А.В. ГАНЖУРОВ, М.В. ЕРШОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> МОДЕЛЬ НАВЕДЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОЙ АВИАЦИОННОЙ РАКЕТЫ НА ВОЗДУШНУЮ ЦЕЛЬ	202
Е.И. НИКОЛАЕВ, И.А. ФЕДОРКЕВИЧ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА В ПРОГРАМНО- МОДЕЛИРУЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ MATLAB@SIMULINK	204
А.В. НОВИК, М.И. ПОЛУЯНОВ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> БЕСТРАНСФОРМАТОРНОЕ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО	206
В.А. ПОТАПОВ, А.А. САНЬКО <i>Белорусская государственная академия авиации</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПРЕССОРА ВЕРТОЛЕТНОГО ТУРБОВАЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ	208
Н.И. ПУЧКО, Д.Е. БЕЛЬСКАЯ, Д.В. ПЕСОЦКИЙ, А.В. БРАТУСЕНКО <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТВД, ТВВД, ТРДД	211
Д.В. РАЗУВАЕВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно- воздушная академия имени профессора Николая Егоровича Жуковского и Юрия Алексеевича Гагарина» (г. Воронеж)</i> К ВОПРОСУ О ТЕНДЕНЦИЯХ РАЗВИТИЯ РУЛЕВЫХ ПРИВОДОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ САМОЛЕТОВ	215
Н.В. РОГОВ, Д.Н. ЖЕРТИЕВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»</i> ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР	218

С.Н. РОМАНЁНОК, И.С. СВИСТУН, И.С. ПРОКУДЕНКО <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СБОР ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДАННЫХ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТВЗ-117ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДИАГНОСТИЧЕСКОМ СРЕДСТВЕ	220
Д.А. САХАРОВ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПРИМЕНЕНИЕ РАСКРУТКИ КОЛЕС ШАССИ САМОЛЁТА ПЕРЕД ПРИЗЕМЛЕНИЕМ.....	223
В.М. СВЕШНИКОВ, М.В. КОНДАЛОВ, О.Е. СЕРИКОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ МАНЕВРЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УЧЕБНО-БОЕВОГО САМОЛЁТА ПУТЕМ ОТКЛОНЕНИЯ ЗАКРЫЛКОВ	227
С.А. СЕРЕБРЯНСКИЙ, Р.В. ФЕДОРОВ, В.В. КРЕМЕНЧУЦКИЙ <i>Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)</i> АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ СЕКЦИИ ПРЕДКРЫЛКА МАГИСТРАЛЬНОГО САМОЛЁТА	230
М.А. СНЕГОВСКИХ, И.А. ФЕДОРКЕВИЧ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> СОЗДАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ИНДИКАЦИИ НА ЛОБОВОМ СТЕКЛЕ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ADOBE&FLASH И MATLAB	233
Е.А. СТУКОВ, И.В. ЧУПРИКОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно- воздушная академия г. Воронеж, Россия</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДЪЕМНОЙ СИЛОЙ САМОЛЁТА В РЕЖИМЕ ДИРЕКТОРНОГО ЗАХОДА НА ПОСАДКУ	235
И.В. ТЕТЕРЯТНИКОВ, И.В. ЛАЧУГИН <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно- воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)</i> РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСНОГО ОГНЕТУШИТЕЛЯ ТИПА ОУ-2 ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СИСТЕМЫ ВЕРТОЛЁТА МИ-8МТВ-5.....	239

Р.И. ХОВАНСКИЙ, В.А. ПОТАПОВ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ КОМПРЕССОРА ВЕРТОЛЕТНОГО ТУРБОВАЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	240
Ю.В. ЦЫЗА, Б.А. МАЦКАЛОВ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОБШИВКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ.....	243
Е.А. ШАПОРОВА, С.О. СТОЙКО <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	246
Е.А. ШАПОРОВА, С.О. СТОЙКО, В.Н. СТЕПАНЕНКО, И.А. БОРЩ <i>Белорусская государственная академия авиации, г. Минск</i> РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА МАСЛА	251
НАПРАВЛЕНИЕ «ВОЗДУШНОЕ ПРАВО».....	255
З.В. МАШАРСКИЙ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ РЕГИСТРАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	256
Р.В. ПРОКОПЕНКО, Д.А. ТИХОНОВ <i>ГУО «Институт пограничной службы Республики Беларусь»</i> ОСОБЕННОСТИ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ МАЛОГО КЛАССА В ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ.....	258
Д.А. ТИХОНОВ, Р.В. ПРОКОПЕНКО <i>Государственный пограничный комитет Республики Беларусь</i> ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В КОНТЕКСТЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	263
НАПРАВЛЕНИЕ «ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ»... 268	

С.Н. БЕССАВИН, В.В. МЕРКУРЬЕВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> О НЕОБХОДИМОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ АЭРОДРОМНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЁТОВ... 269
В.В. БОРИСЕЕВ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ 272
В.В. ВЕРТЕБНЫЙ, В.А. ВАСЯНОВИЧ, Е.В. ЧИБИЗОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ НЕСПОКОЙНОЙ АТМОСФЕРЫ НА АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДНЕГО ВОЕННО-ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЁТА 275
И.В. ГРИНЕВ, И.П. ДМИТРУК <i>Белорусский государственный университет, Военная академия Республики Беларусь</i> БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ – через историческое развитие и становление к СОВРЕМЕННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ 278
Т.Н. ДОВБЫШЕВА, Ю.Е. ЦИПУНОВА <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АКУСТИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ НА БИОСФЕРУ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ..... 281
А.В. ДУБОВСКИЙ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ..... 284
А.В. ДУБОВСКИЙ, Д.И. РАБЧЕНОК, М.С. ДУБОВСКАЯ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АЛГОРИТМ РАЗРАБОТКИ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НА АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РАБОЧЕМ МЕСТЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ 288

А.В. ДУБОВСКИЙ, К.В. ШАВЕДДИНОВА <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ВИДЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И ФУНКЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ	290
Д.В. ЕРМОЛИК, И.В. РОЖКОВ <i>Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»</i> ОФОРМЛЕНИ ПОЛЕТНОЙ КАРТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТОВ БЕССПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ.....	292
В.С. ИВАНЮК, А.М. ГАТАЛЬСКИЙ <i>УО «Военная академия Республики Беларусь»</i> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ГЛУБИНЫ ИЗЛЕТНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УПРАВЛЯЕМЫХ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ КЛАССА «ВОЗДУХ- ПОВЕРХНОСТЬ»	294
Р.С. ИВАШОВ, С.С. СИРОТЕНКО, Н.А. ЛАТЫШЕВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)</i> КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ И АВАРИЙНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ПОЛЁТНОЙ ИНФОРМАЦИИ	296
С.А. КОРШАК, В.Р. ВАШКЕВИЧ <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПРЕВЫШЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ПОЛЕТА ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ АСИМПТОТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ.....	299
Е.С. ЛИТАВОР <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ВЛИЯНИЕ COVID-19 НА МИРОВОЙ РЫНОК АВИАПЕРЕВОЗОК	301
А.А. ПЕРШИН, Е.В. ГОЛОВЧЕНКО, А.В. ТЕТЕРЯТНИКОВ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДЕСАНТИРОВАНИЯ	304

С.А. ПОПОВ

Военный учебно-научный центр «Военно-воздушная академия» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)
ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ ПРОТИВОШТОПОРНОГО ПАРАШЮТА НА
ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ МАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА В
ОБЛАСТИ ОПАСНЫХ РЕЖИМОВ ПОЛЕТА..... 313

Н.Ш. САЛЬПИЕВА, Б.Т. БАКАСОВ

Кыргызский Авиационный институт им. И. Абдраимова
СОТРУДНИЧЕСТВО КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В СФЕРЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ..... 316

А.С. СЕНЬКО

Белорусская государственная академия авиации
Модернизация аэропорта гомель в среде электронного учебного
комплекса «Комплекс УДТ ОВД» 323

О.Н. СКРЫПНИК, Е.А. ИЛЬЮК

Белорусская государственная академия авиации
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ В КОНЦЕПЦИИ
ОПЕРАЦИЙ, ОСНОВАННЫХ НА ТРАЕКТОРИЯХ..... 326

О.Н. СКРЫПНИК, А.С. МАЛИНОВСКАЯ

Белорусская государственная академия авиации
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИСИСТЕМНЫХ GNSS
ПРИЕМНИКОВ 330

Д. УМНОВ

Белорусская государственная академия авиации
ОСОБЕННОСТИ ПРЕДПОЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ ЭКИПАЖА И
ВОЗДУШНОГО СУДНА 334

В.М. УСКОВ, А.А. БАТЦ, В.Г. МАКАРОВ

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕРМЕТИЧЕСКОЙ
КАБИНЫ ВОЗДУШНОГО СУДНА В СФЕРЕ КОНТРОЛЯ
ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ..... 337

Н.Б. ЩАВЛИНСКИЙ

Белорусский национальный технический университет
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ В
«НАЦИОНАЛЬНОМ АЭРОПОРТУ «МИНСК» 340

Ю.Е. ЩИПУНОВА, И.И. БАРАБАН	
<i>Белорусская государственная академия авиации</i>	
ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА	НА
БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ	344
А.В. ЮРКАНТОВИЧ, Ю.С. СЛИЖИКОВ, КАНДИДАТ ВОЕННЫХ	
НАУК, ДОЦЕНТ	
<i>Военная академия Республики Беларусь</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ НАВЕДЕНИЯ КАК ФАКТОР	
БЕЗОПАСНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ	
АВИАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ.....	348
М.М. ЯКОВЛЕВА	
<i>Белорусская государственная академия авиации</i>	
ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ДИСПЕТЧЕРА ОВД ПО	
УПРАВЛЕНИЮ ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ	351
НАПРАВЛЕНИЕ «БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ	
КОМПЛЕКСЫ»	355
Р.Н. АГАЕВ, А.В. КОРОТЕЕВ, Д.А. КАНТЕМИРОВ	
<i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.</i>	
<i>Гагарина» (г. Воронеж)</i>	
ВНЕШНИЙ ОБЛИК БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО	
АППАРАТА СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА	
.....	356
Е.С. АЛЕЙНИКОВА, К.В. ВОЛК, Т.С. ЛАВИЦКАЯ, В.А.	
МАЛКИН	
<i>Государственное предприятие «Завод точной электромеханики»</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СНАРЯДА,	
СТАБИЛИЗИРУЕМОГО ВРАЩЕНИЕМ	358
В.Ю. АЛЕТУРОВИЧ, И.С. ГОРДЕЙ, Д.В. БОБРОВСКИЙ	
<i>Белорусская государственная академия авиации</i>	
ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ И	
ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ БПЛА.....	359
И.В. АРБУЗОВ, С.В. ЧЕРНЕЦКИЙ, С.А. САВЕЛЬЕВ	
<i>Московский авиационный институт (национальный</i>	
<i>исследовательский университет)</i>	
ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ УЧЕТА БЕСПИЛОТНЫХ	
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УПРАВЛЕНИИ ВОЗДУШНЫМ	
ДВИЖЕНИЕМ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ОБЩЕГО	
НАЗНАЧЕНИЯ	362

А.С. БОГОСЛОВ, А.А. БЕЛИЧУК, В.В. ЛЕБЕДЕВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	365
А.С. БОГОСЛОВ, И.С. КОЗАК, В.В. ЛЕБЕДЕВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ОТ УПРАВЛЯЕМЫХ РАКЕТ	367
В.П. ВАСИЛЬЕВ, Н.В. АВТАЕВ, Т.Р. САЙКУМОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Минобороны России</i> ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИОСВЯЗИ В ГРУППЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ LI-FI.....	370
В.В. ВЕРТЕБНЫЙ, О.А. ЧУПАНОВ, Д.А. АВСИЕВИЧ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ НА ДАЛЬНОСТЬ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	373
А.Н. ГЛУШКОВ, П.Е. КУЛЕШОВ, А.В. МАРЧЕНКО <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНФЛИКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ЛАЗЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ	377
М.В. ГОРНАК, А.В. НАГУЛА <i>Белорусская государственная академия авиации</i> МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ	379

А.В. ГОСТЕВ, М.В. ШКУРИН, В.В. КРЕМЕНЧУЦКИЙ <i>Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)</i> БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СХЕМЫ «ЛЕТАЮЩЕЕ КРЫЛО»	381
Д.А. ДЬЯКОВ, К.Е. РОГАЧЕВСКИЙ, И.В. ГРАЖЕВСКИЙ <i>Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПРОБЛЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ	384
П.А. ЖОЛНЕРЧИК <i>Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», военный факультет</i> МИРОВОЙ ОПЫТ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ	386
В.А. ЗАХАРЕНКО <i>Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси</i> О ШИРОКОПОЛОСНОСТИ АНТЕННЫ НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ БАК С ПЕРЕКЛЮЧАЕМОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ДЛЯ ПРИЕМА ВИДЕОИНФОРМАЦИИ	389
О.В. КОВРИГО, А.В. ШАРАМЕТ <i>Военная академия Республики Беларусь</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СТАБИЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ФОРМИРУЕМОГО НА МАЛОГАБАРИТНОМ ЛЕТАТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ В УСЛОВИЯХ ТУРБУЛЕНТНОСТИ АТМОСФЕРЫ.....	392
Д.Я. КОЗЛОВСКИЙ, А.Н. МОНИЧ <i>Гродненский государственный университет имени Янки Купалы</i> УЧАСТИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ТУРЕЦКОЙ РЕСПУБЛИКИ В СОВРЕМЕННЫХ ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ	394
М.В. КОНДАЛОВ, Ю.М. ЗАЙЦЕВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНЫХ ВИХРЕВЫХ МОДЕЛЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ	

ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ.....	397

Д.А. КОНДРИЦА

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», военный факультет

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВООРУЖЁННОМ КОНФЛИКТЕ УКРАИНЫ	400

С.А.КОНЬКОВ

РУП «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси

ОСОБЕННОСТИ БОЕПРИПАСОВ БЛА, ПРИМЕНЯЕМЫХ «ИГИЛ» В СИРИИ И ИРАКЕ	403

М.А. КОТЕЛЬНИКОВ, А.А. ТИЩЕНКО

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ОДНОРАЗОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА	406

Е. В. КУРИЛЕНКО

Белорусская государственная академия авиации

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ УГЛОМ ТАНГАЖА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	409

Г.И. ЛАПЦЕВИЧ, С.В. СИНЯВСКАЯ, И.С. ХАДЖИКОВ

Белорусская государственная академия авиации

АНАЛИЗ СИСТЕМ ПОСАДКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БПЛА)	412

А.Н. ЛЕВАДНЫЙ

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» НАН Беларуси

СПОСОБЫ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННЫ РАДИОСВЯЗИ БЛА-РЕТРАНСЛЯТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ.....	414

А.В. ЛОПУХОВ, В.Р. ДРАГУН, А.А. БАБЧЕНОК

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ
СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ 416

Е.А. МАКАРУК, В.Р. СИЛИЦКИЙ

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ В ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ 418

Е.С. МАКСИМОВИЧ, В.А. БАДЕЕВ, Ю.И. СЕМАК

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-
производственный центр многофункциональных беспилотных
комплексов» Национальной академии наук Беларуси*

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ С РАДИОЛОКАЦИОННЫМИ ОТРАЖАТЕЛЯМИ
РАЗЛИЧНОГО ТИПА И РАЗМЕРА 421

А.И. МАМОНЧИК, А.А. ЩАВЛЕВ, П.П. ЯКШОНОК

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-
производственный центр многофункциональных беспилотных
комплексов» Национальной академии наук Беларуси*

ИНЖЕНЕРНЫЙ РАСЧЕТ СКОРОСТИ СХОДА БЕСПИЛОТНОГО
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С КАТАПУЛЬТЫ 424

Е.Н. МАРЧЕНКО, С.В. СИНЯВСКАЯ

Белорусская государственная академия авиации

ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ (БПЛА) И ДРОНОВ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ
МИРА 427

П.Б. МАСЛЕННИКОВ, С.А. БОРИСЕВИЧ, А.А. КОЛЕСНИК

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-
воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.
Гагарина» (г. Воронеж)*

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ LI-FI ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В
КОМПЛЕКСАХ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ
АППАРАТАМИ 430

В.В. МЕДВЕДЕВ, А.Т. ВОЛОЧКО, Г.В. МАРКОВ

Белорусская государственная академия авиации

РЕЗИСТИВНЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ НА ИЗОЛИРУЮЩЕЙ
ПОДЛОЖКЕ ДЛЯ СИСТЕМ АВИОНИКИ 433

Д. М. МИКУЛИЧ <i>Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», военный факультет</i> ОХОТНИКИ ЗА КОПТЕРАМИ	436
А.В. МИХАЛЁВ, В.А. ЛУРЬЕ, А.В., Д.Н. КОЗЛОВ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> Особенности применения Беспилотных летательных аппаратов в локальных конфликтах	439
А.В. ОВЧАРОВ <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ.....	440
Э.Ж. ПАВЛУШКИН, А.Ю. ЮШКЕВИЧ, В.И. МАЙЧУК <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ЦИФРОВОЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКАМЕРОЙ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	443
Е.Н. ПОГОРЕЛОВ, Д.Э. ДЬЯЧЕНКО <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> К ВОПРОСУ ВЫБОРА ПРОФИЛЯ КРЫЛА ДЛЯ ДОЗВУКОВОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	445
А.В. ПОЛЯКОВ, И.В. ДЕНИСОВ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ ДВИГАТЕЛЯ ЛОКВУДА-ХИЛЛЕРА	448
Д.В. РОДИОНОВ, Д.Г. ХАНИН, И.Е. СЕРДЮКОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ОСОБЕННОСТИ РЕТРАНСЛЯЦИИ СИГНАЛОВ В СЕТИ СВЯЗИ С ЛИНЕЙНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ МЕЖДУ ДВУМЯ БЛА	451
С. Н. РОМАНЁНОК <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	454

И. В. САМОСЮК, А. Н. МОНИЧ

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
ВООРУЖЁННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В
СОВРЕМЕННЫХ ВООРУЖЕННЫХ КОНФЛИКТАХ..... 457

М.В. САМСОНОВ, Е.А. БОГОСЛОВСКИЙ

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-
воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОБЛЕТА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
..... 461

А.А. САНЬКО, Д.А. ГАВРИЛЮК, И.А. ДАНИЛОВ

*Военный факультет в Белорусской государственной академии
авиации*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПЧЕЛИНОГО РОЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЗАДАЧИ ПОИСКА ЦЕЛЕЙ БПЛА 463

Ю.И. СЕМАК

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-
производственный центр многофункциональных беспилотных
комплексов» Национальной академии наук Беларуси*
КОНЦЕПЦИЯ РЕТРАНСЛЯТОРА УКВ-СВЯЗИ НА
МАЛОРАЗМЕРНОЙ БЕСПИЛОТНОЙ ПЛАТФОРМЕ
САМОЛЕТНОГО ТИПА..... 465

А.А. СМАГИН, О.С. ДОЛГОВ, Б.Б. САФОКЛОВ.

*Институт №1 «Авиационная техника», Московский авиационный
институт (Научно исследовательский университет)*
НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ШАССИ
КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И
УПРАВЛЯЕМОСТИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО
АППАРАТА НЕСТАНДАРТНОЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ
СХЕМЫ 467

В.Н. СТЕПАНЕНКО, С.Д. ЮХНЕВИЧ

Белорусская государственная академия авиации
ВАРИАНТ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ
ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ БЕСПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ 470

Т.А.ТИЩЕНКО, Е.Э.НЕСТЮК, М.А. КУРАШЕВИЧ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СЕРВОПРИВОДОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	474
В.В. ЦЫБУЛЬКО <i>Военная академия Республики Беларусь</i> ПРОБЛЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫМ БЛА СРЕДСТВАМИ ПВО.....	480
А.В. ШАРАМЕТ, В.В. КОВАЛЕВИЧ <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ НЕПОДВИЖНОГО ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ УГЛОМЕРНОЙ БОРТОВОЙ СИСТЕМОЙ	483
С.В. ШВЕЦОВА, А.В. ШВЕЦОВ <i>Дальневосточный государственный университет путей связи, Хабаровск, Россия, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Владивосток, Россия</i> АСПЕКТЫ ИНТЕГРАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВОЗДУШНОЕ ДВИЖЕНИЕ	486
Н.В. ШМИГИРИЛОВ, А.В. ЕЛИЗАРОВ, М.Г. ЕФИМЕНКО <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ.....	489
Е.А. ШУПИКОВ, К.Е. РОГАЧЕВСКИЙ <i>Военный факультет в УО «Белорусской государственной академии авиации»</i> ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ АЭРОСЪЕМКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ.....	492
К.И. ЯКУТА, А.Г. БОРОВОЙ, А.П. КУЛЬПАНОВИЧ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАДИОВЫСОТОМЕРА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	494
НАПРАВЛЕНИЕ «СРЕДСТВА НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ»	498

О.Р. БАЛАБАН

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПОТОКА В ГИДРОСИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ 499

Г.В. БЕРЕСТЕВИЧ, М.Н. ЛЕЩЕНКО, Е.Г. СПИРИДОНОВ

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ПРИМЕНЕНИЕ ИНВЕРТОРОВ В КАЧЕСТВЕ ПЕРЕДВИЖНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ПУСКОВЫХ ПЛАТФОРМ НАЗЕМНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ 501

Г.В. БЕРЕСТЕВИЧ, А.А. РЫЖКОВ, Е.Г. СПИРИДОНОВ

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОМОДУЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕДВИЖНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ПУСКОВЫХ ПЛАТФОРМ..... 503

С.В. ВАСИЛЕВИЧ, В.С. ПОПЕСКУ

Белорусская государственная академия авиации, Департамент «Электрификация сельского хозяйства, механика и основы проектирования» Кишиневского Государственного Аграрного Университета Молдовы.

ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА ПРОЦЕСС ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 0,4 КВ... 505

Ю. И. ВОДОПЬЯНОВ, А. В. ЧАЛЫЙ

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-Воздушная академии имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» г. Воронеж, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКАНАЛЬНЫХ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ В УЧЕТЕ НАРАБОТКИ СИСТЕМ ОЧИСТКИ И ОСУШКИ ГАЗОВ СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ АВИАЦИИ..... 508

ВОРОБЬЕВ А.А., КУКСОВ Д.Ю., КОЛОС Д.Д. <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСШИРЕНИЯ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ ГАЗА И ЖИДКОСТИ В ДРОССЕЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ	511
Е.Д. ГОРБАЧЁВА <i>Белорусский государственный университет транспорта</i>	
СРЕДСТВА НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЁТОВ	513
О.Л. ЕРИН, Д.А. ШЕВЧЕНКО <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УЗЛА ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА ГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	516
И.В. ЖЕЛТОУХОВ, А.В. КОЗЛОВ, Р.С. СУСТРЕТОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия</i>	
ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ И МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ.....	519
А.А. ЖУКОВА, В.А. КОТОВИЧ <i>Белорусская государственная академия авиации</i>	
КРАТКИЙ ОБЗОР ВИДА, СОСТАВА ПОЖ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	522
П.В. ЗОБОВ, А.В. ШИРЯЕВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i>	
СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ	525

В.Г. ИГНАТЬЕВ, А.В. КАПКОВ

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.

Гагарина» (г. Воронеж)

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНОГО ГАЗИФИКАТОРА
СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ 527

В.И. КОЛОДИН, Р.А. БАРАНОВ, К.Ю. НЕНАШЕВ

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.

Гагарина» (г. Воронеж)

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ
ФОРМИРОВАНИЙ 530

Б.П. КОМЯГИН, М.А. САФРОНОВ

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и

Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, РФ)

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ПОСТРОЕНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ПОЛетами..... 534

Д.О. КРИКУНОВ

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

(г. Воронеж)

НЕДОСТАТКИ ПРОГРАММНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСОВ СРЕДСТВ
АВТОМАТИЗАЦИИ АВИАЦИОННЫХ ПОЛКОВ С
ПЕРСПЕКТИВНЫМИ АВИАЦИОННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ
..... 536

А.В. КРЫМОВ, В.В. КРАВЦОВ, Е.А. МИРОШНИЧЕНКО

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-

воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.

Гагарина» (г. Воронеж)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА СНАБЖЕНИЯ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ 538

С.Ю. КУЛАКОВ, И.А. ГУЛЯЕВ

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.

Гагарина» (г. Воронеж)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УЧЕТА НА СКЛАДЕ
АВИАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИМУЩЕСТВА 541

С.Ю. КУЛАКОВ, А.А. КАЛАРАЩУК <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> СИСТЕМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ.....	544
Н.Е. ЛЫХИН, Н.М. БЕЛОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИОНИСТОРОВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ПИКА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРНОМ ЗАПУСКЕ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ.....	546
А. С. ЛЮЕВ, Д. В. КАСПАРОВИЧ, С. Б. КАВЕРИН <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШНЕКОРОТОРНЫХ СНЕГООЧИСТИТЕЛЕЙ.....	549
А.О. МАЛЫШОК, Д.О. КРИКУНОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ГЛУБОКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АВИАЦИИ	551
В.А. МАСЛОВ, Д.Д. МАСЛОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно- воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г.Воронеж)</i> СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН С ЭЖЕКТОРОМ	553
Д.А. МАТВИЕЦ, В.И. НОРКИН <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА КРИОПРОДУКТОВ	556
А.А. МИШИН, В.И. УШАКОВ, И.И. ШИКУН <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННОГО УГЛЕПЛАСТИКА ВКУ-25 В СРЕДСТВАХ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ	558

М.В. МИЩЕНКО, Д.А. СТАРИКОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ ИМИТАЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СРЕДСТВА НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	562
Е.С. ПЕРЕВОЗОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛетаМИ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА	565
Е.С. ПЕРЕВОЗОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> МНОГОПОЗИЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОСАДКИ беспилотных летательных аппаратов.....	567
В.Н. ПИЛЮГИН, Н.Г. ИВАНОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> АНАЛИЗ СИСТЕМЫ СНАБЖЕНИЯ ГРУППИРОВКИ АВИАЦИИ АВИАЦИОННЫМ ИМУЩЕСТВОМ.....	570
В.Н. ПИЛЮГИН, А.Н. ЛЕБЕДЕВ, Е.М. ЦЫБУЛИН <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ЗАПАСАМИ	573
А.Н. ПОПОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ХОЛОДИЛЬНЫЕ КОМПРЕССОРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СРЕДСТВАХ НАЗЕМНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	576

В.В. СКРИПКИН, Р.П. БУНИН ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)	
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ АЭРОДРОМНЫЙ КОНДИЦИОНЕР ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	579
М.И. СЛЮСАРЕВ, А.М. КОКАРЕВ, Р.А. СЫСОВСКИЙ ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия)	
ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА СТАБИЛИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОЛОННЫ ПОЛУЧЕНИЯ АЗОТА ГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ ТКДС-100В.....	581
А.Б. ТЮНИН, Н.Н. СКРЕБОВ, Н.В. ЛОБАНОВ ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ В ХОДЕ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	584
А.Б. ТЮНИН, Н.Н. СКРЕБОВ, Н.В. ЛОБАНОВ ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)	
РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	587
М.Д. ХЛУПИН, Н.П. ВИНОГРАДОВ ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г.Воронеж)	
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МОДУЛЯ	590
НАПРАВЛЕНИЕ	«ПРИМЕНЕНИЕ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ МЕТОДОВ В АВИАЦИИ»	593
А.И. АНТОНОВ, С.Г. ДУБОВСКИЙ, А.В. РОЖОК Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»	
СПОСОБЫ МЕТАНИЯ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ	594
А.И. БАЛОДИС, В.А. ХВЕДЧЕНЯ Белорусская государственная академия авиации	
НОВЫЕ ПРИОРИТЕТЫ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.....	596

Л. И. ГРЕЧИХИН

Белорусская государственная академия авиации

СТАТИСТИЧЕСКАЯ АЭРОДИНАМИКА В ДОЗВУКОВОЙ
ОБЛАСТИ ПОЛЕТА 599

А.Г. КАПУСТИН, А.А. НАГУЛА

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАЕКТОРИИ РАДИАЛЬНОГО
ДВИЖЕНИЯ ЦАПФЫ РОТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ В
УСЛОВИЯХ ПЕРЕКОСА ВНЕШНЕГО КОЛЬЦА ПОДШИПНИКА
..... 602

А.И. КИРИЛЕНКО, Е.Д. КОРОБ, М.О. ОРАЗОВ

Белорусская государственная академия авиации

МЕТОД УТИЛИЗАЦИИ АЛЮМИНИЙ СОДЕРЖАЩИХ
ОТХОДОВ 605

А.И. КИРИЛЕНКО, Е.В. САВИЧ

Белорусская государственная академия авиации

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ КАТУШЕК
ГЕЛЬМГОЛЬЦА 608

А.И. КИРИЛЕНКО, К.В. ШАВЕДДИНОВА

Белорусская государственная академия авиации

ВКЛАД АВИАЦИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ 611

С.В. НОВИКОВА, Е.В. МОВЧАН

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

(Россия, г. Воронеж)

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ, ИМЕЮЩИХ ИНВАРИАНТНЫЕ
СВОЙСТВА, ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И СОПОСТАВЛЕНИЯ
ОСОБЫХ ТОЧЕК АЭРОФОТОСНИМКОВ 617

С.А. СЕРЕБРЯНСКИЙ, Д.Ю. СТРЕЛЕЦ, А.В. БАРАБАНОВ

Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)

К ВОПРОСУ ВЫБОРА КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОПРОЗРАЧНОГО
ОБТЕКАТЕЛЯ 620

О.С. ФИЛИППЕНКО, Д.Е. БЕЛЬСКАЯ

Белорусская государственная академия авиации

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ОТКАЗОВ
ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА
BOEING 737-300/500 623

**НАПРАВЛЕНИЕ «ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И
ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ КАДРОВ»..... 627**

I. A. RAZUMNIK, YU. P. TSYBUKOVA, O. G. PETROVSKAYA
Belarusian state aviation Academy
FEATURES OF PROFESSIONAL AND APPLIED PHYSICAL
TRAINING OF AVIATION SPECIALISTS IN THE SYSTEM OF
SECONDARY SPECIAL EDUCATION 628

С.З. АБДУЛАЕВ, В.В. КАЙДАНЮК
*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*
К ВОПРОСУ О СОДЕРЖАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОФИЦЕРА
..... 631

Г.В. АРЬКОВ, П.А. ФЕДЮНИН, М.А. СТАФЕЕВ
*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.
Гагарина» (г. Воронеж)*
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СИТУАЦИОННЫХ ТЕСТОВ В СИСТЕМЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ДОЛЖНОСТНОЙ ПОДГОТОВКИ
ОФИЦЕРОВ ВОЙСК СВЯЗИ, РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ 633

Е.Д. БОЙКО, А.Д. ПЕТРОВСКАЯ, Е.Л. МОТОРИНА
Белорусская государственная академия авиации
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ
ПСИХОФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
«ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТОВ НА
ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ»..... 636

Т.И. БОЙКО, О.С. ПОЛЕТАЕВА, А.Э. РЕУТ
Белорусская государственная академия авиации
К ВОПРОСУ О ПОДХОДАХ ИЗУЧЕНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ
ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ
..... 640

Н.В. ГАВРИЛЬЧИК, Т.С. ЕЛИСЕЕВ
Белорусская государственная академия авиации
ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ
АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ 642

Э.А. ГАЛЫЦЕВА, Д.Д. ГРУЗЕНКИН
ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)
 ФОРМИРОВАНИЕ МОРАЛЬНО-БОЕВЫХ КАЧЕСТВ
 КУРСАНТОВ ВОЕННЫХ ВУЗОВ 644

Е.О. ГАНЗЕЕВА
Белорусская государственная академия авиации
 ОСОБЕННОСТИ ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКИ ДИСПЕТЧЕРОВ
 УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ И ЧЛЕНОВ
 ЭКИПАЖА 646

В.Н. ГОРДЕЕВ, А.В. ЕМЕЛЬЯНОВ, П.Ю. ФИЛАТОВ
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия)
 ТЕСТИРОВАНИЕ КАК ОСНОВНАЯ ФОРМА АКТИВИЗАЦИИ
 САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 649

И.В. ГОРИДОВЕЦ
Белорусская государственная академия авиации
 ЛЕГЕНДА ШТУРМОВОЙ АВИАЦИИ – ГВАРДИИ ПОЛКОВНИК
 ТЫШЕВИЧ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ 652

А.Ю. ГРИГОРОВ, М.В. ПОЯРКОВ
ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)
 ЛИЧНОСТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ АДАПТАЦИИ КАК КОМПОНЕНТ
 ЛИДЕРСТВА 656

Е.Д. ДВОРАК, И.В. ДЕНИСОВ
Белорусская государственная академия авиации
 УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КЛЁПАНЫХ И КЛЕЕВЫХ
 ШВОВ ВОЗДУШНОГО СУДНА В ПЕРИОД ЕГО
 ЭКСПЛУАТАЦИИ 659

В.П. ДОРОШКОВ, О.А. КОНОПЕЛЬКО
Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»
 ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР ТЕХНИЧЕСКОЙ
 ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИЦЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
 САМОЛЁТА 661

О.А. ЕВСЕЕВА, А.Х. ДУСТМУРОДОВ ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) АНАЛИЗ УЧЕБНО-НАУЧНОГО ТЕКСТА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ НА ЗАНЯТИЯХ ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ	664
А.В. ЕМЕЛЬЯНОВ, Д.А. ТИТОВ, Д.Г. НЕРСИСЯН ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия) ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНИ-ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	667
Д.В. ЕРМОЛИК, И.В. РОЖКОВ, Р.Л. ТЮПИН Военный факультет в УО «Белорусской государственной академии авиации» МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ	670
М.А. ЖИГАЛИН, И.В. ЧУПРИКОВ, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно- воздушная академия г Воронеж, Россия ПОДГОТОВКА АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛЕТНО-ТАКТИЧЕСКИХ УЧЕНИЙ.....	672
Г.Э. ИКОННИКОВ, Г.А. ПОПОВ ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) ТЕСТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ СВЯЗИ	675
С.Р. КАБЕРОВ, В.И. ЗЕНИН, В.С. ПОДДЕВАЛОВ ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Россия ФОРМЫ И МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ У АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ МОТИВАЦИИ И УСТРАНЕНИЯ ИНДИФФЕРЕНТНОГО ОТНОШЕНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ.....	678

Е.Н. КАРЛОВА, А.Ю. ГРИГОРОВ <i>ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ВОЕННОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ЭТАПЫ ПОСТСОВЕТСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ.....	681
Е.Н. КАРЛОВА, В.В. КАЙДАНИЮК <i>ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ОГРАНИЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДГОТОВКЕ ВОЕННЫХ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	684
Л.А. КОЛОСОВА, Р.В. БЕЛЯЕВ, В.Н. МАШИН, А.Н. МАЧУЛЬСКИЙ <i>Военный учебно-научный центр ВВС Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), ГБПОУ ВО «ВГПК»</i> РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ ПОЛИКУЛЬТУРНОЙ ЦИФРОВОЙ ПЕДАГОГИКИ	687
О.А. КОНОПЕЛЬКО, В.П. ДОРОШКОВ <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> СТИМУЛИРОВАНИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КУРСАНТОВ НА ЗАНЯТИЯХ.....	690
Е.Л. КОХАНОВСКИЙ, А.А. КУЛИНКА <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПРОБЛЕМА МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ К ОБУЧЕНИЮ НА ВОЕННЫХ ФАКУЛЬТЕТАХ (КАФЕДРАХ).....	692
К.Ф. КУДЛАСЕВИЧ, Д.А. БЕЛЯЕВ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА АВИАЦИОННЫХ ТЕХНИКОВ	694
И.К. МАКАРОВ А.Д. КУРТАСОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно- воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПОДВЕСНОГО ТОПЛИВНОГО БАКА ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ВЕРТОЛЕТА МИ-8МТВ-5.....	696

М.Н. МАНУЙЛОВ, Р.А. ГОРБАЧ, П.А. АКСЮЧИЦ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> КУРС СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	697

И.А. МАЧУЛЬСКАЯ, А.Н. МАЧУЛЬСКИЙ, А.А. ФИЛИМОНОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»</i> <i>(г. Воронеж)</i> ВЛИЯНИЕ ВОЕННОГО РУКОВОДИТЕЛЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВОИНСКОГО КОЛЛЕКТИВА В ВОЕННЫХ ВУЗАХ И УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ МЕЖЛИЧНОСТНЫХ ОТНОШЕНИЙ КУРСАНТОВ	699

Р.В. МЕДВЕДЕВ, А.Д. СОРОКИН <i>Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В ВОЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ	702

М.В. МИЩЕНКО, А.А. ЧЕРЕДОВ <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИМИТАТОР СРЕДСТВА ЗАПРАВКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ СЖАТЫМИ ГАЗАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	703

Р.И. МОГИЛЯНЕЦ, Д.В. ВАСИЛЕВИЧ, Д.А. СТРИГУН <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕНАЖЕРОВ ПО УПРАВЛЕНИЮ СПЕЦИАЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ АЭРОДРОМНО- ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ НА ВОЕННОМ ФАКУЛЬТЕТЕ В УО «БГАА»	706

А.В. ОВЧАРОВ <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> ПРОБЛЕМЫ НАПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	709

С.Н. ОСТРОВСКИЙ

УО «Белорусский государственный экономический университет»
РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ФОРМ ИННОВАЦИОННОГО
ХАРАКТЕРА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА 712

И.В. ПАВЛЕНКО, А.А. КРУГЛИК, Н.П. ВИНОГРАДОВ

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и
Ю.А.Гагарина» (г.Воронеж)
ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ СРЕДСТВ ЗАПРАВКИ МАСЛОМ И
РАБОЧИМИ ЖИДКОСТЯМИ 714

О.Г. ПЕТРОВСКАЯ, С.А. ДУЛИЧ, К.В. КУДЛАСЕВИЧ

Белорусская государственная академия авиации
АНАЛИЗ МОТИВАЦИИ К ЗАНЯТИЯМ ФИЗКУЛЬТУРНО-
ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ КУРСАНТОВ ОССО
..... 716

С.С. ПОПОВ, Р.В. МЕДВЕДЕВ

*Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-
воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.
Гагарина» (г. Воронеж)*
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
В РАМКАХ ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ 720

И.А. ПРОКУДЕНКО, И.М. ФИЛИППОВ

Белорусская государственная академия авиации
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ
..... 721

В.И. РУБИНОВ, Д.В. БЕНЗИК, Д.А. СИЛАЕВ

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.
Гагарина» (г. Воронеж), ФГБОУ ВО "Национальный
исследовательский университет "МЭИ" (г. Москва)*
МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
КУРСАНТОВ В ВОЕННОМ ВУЗЕ 723

В.И. РУБИНОВ, Д.И. ФОФОНОВ, А.Ю. ПЛАТОНОВ

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.
Гагарина» (г. Воронеж), ФГБОУ ВО "Национальный
исследовательский университет "МЭИ" (г. Москва)*
МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ
КУРСАНТОВ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
..... 726

С. А. САВИК, Д. В. БЛАЖКО, М. И. КАПКОВИЧ <i>Военно-технический факультет в Белорусском национальном техническом университете</i> ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ИСТОРИИ ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ.....	729
Н.В.САМУЛЬ, Ю.Е.ЛОКШИНА <i>Белорусская государственная академия авиации</i> НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ АВИАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	730
А.С. СЕМЕНОВ, В.С. РУСАКОВ <i>Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», военный факультет</i> ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ В ПОДГОТОВКЕ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ВВС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	733
Н.И. СЁМКИНА, А.П. БИЧАН <i>Белорусская государственная академия авиации</i> МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ.....	736
У.М. СІВІЦКІ, Н.В. СІВІЦКАЯ <i>Беларуская дзяржаўная акадэмія авіяцыі, Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт фізічнай культуры</i> ВЫХАВАЎЧЫ ПАТЭНЦЫЯЛ ГРАМАДСКАЙ ТРАДЫЦЫІ БЕЛАРУСАЎ У СУЧАСНЫХ КАНТЭКСТАХ БЫЦЦЯ НАРОДА	738
А.В. СОЛОХИН, Н.В. ВОЛЫНКИНА <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ГРУППЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНО- ЛИЧНОСТНЫХ КАЧЕСТВ СПЕЦИАЛИСТОВ РУКОВОДЯЩЕГО СОСТАВА ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ.....	742
А.Д. СОРОКИН, С.С. ПОПОВ <i>Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно- воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВЫПОЛНЯЕМЫХ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ КУРСАНТОВ.....	747

В.А. СТАНКЕВИЧ

Белорусская государственная академия авиации

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ
КОМПЕТЕНТНОСТИ КУРСАНТОВ В УСЛОВИЯХ
ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ (УЧЕБНОЙ ИМИТАЦИИ
РЕАЛЬНОСТИ)..... 749

О.Л. СТАШКЕВИЧ

Институт философии Национальной академии наук Беларуси

К ПРОБЛЕМЕ ВЗАИМОСВЯЗИ УСТАНОВОК ПАТРИОТИЗМА С
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТЬЮ 752

В.Г. ТАРАСЮК, С.Д. ЮХНЕВИЧ

Белорусская государственная академия авиации

К ВОПРОСУ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ АВИАЦИОННЫХ УЧЕБНЫХ
УЧРЕЖДЕНИЙ В ЦЕЛЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА И РАЗВИТИЯ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ КУРСАНТОВ 755

И.А. ФОЛЫНСКОВ, В.И. ГОЛУБ, А.В. БЕЛЬКО

Белорусская государственная академия авиации

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПСИХОМОТОРНЫХ
СПОСОБНОСТЕЙ В КОМПЛЕКСНЫХ ЗАНЯТИЯХ КУРСАНТОВ
ФАКУЛЬТЕТА ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ..... 758

В.К. ХАРЧЕНКО

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-

воздушная академия имени профессора Николая Егоровича

Жуковского и Юрия Алексеевича Гагарина» (г. Воронеж)

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНТУРА
«СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ
УПРАВЛЯЕМОСТИ – ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ»..... 761

В.О. ХАРЧЕНКО, Е.А. ФИЛИПЧУК, С.В. МИНАЕВ

Белорусская государственная академия авиации

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D РЕДАКТОРА
AUTODESK 3DS MAX В ОБУЧЕНИИ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ 763

В.В. ЦЫБУЛЬКО

Военная академия Республики Беларусь

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ В ВЫСШИХ
ВОЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ 766

В.О. ШАРАНОВИЧ, М.В. ГУТ, О.А. НЕХАЕВ <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> РАБОТА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ И ПОДДЕРЖАНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ. 769	
НАПРАВЛЕНИЕ «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЭКОНОМИКИ НА ТРАНСПОРТЕ».....	772
А.И. БАЛОДИС, О.С. ПОРОЖНЮК <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МАРКЕТИНГОВЫХ ОПЕРАЦИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ.....	773
Д.Д. БРИКЕТ <i>Белорусский государственный университет транспорта</i> ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА.....	775
Р.А. ВИШНЕВСКИЙ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> РАЗВИТИЕ ЛОГИСТИКИ В СФЕРЕ АВИАПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ И ГРУЗОВ	778
В.Д. ВЫШИНСКИЙ, А.В. ДУБОВСКИЙ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> COVID-19 В АВИАЦИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ.....	780
В.Д. ВЫШИНСКИЙ, А.В. ДУБОВСКИЙ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-ПЕЧАТИ В АВИАЦИИ	783
В.Д. ВЫШИНСКИЙ, А.В. ДУБОВСКИЙ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СПОСОБЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ МИРОВОГО КРИЗИСА 2008 Г. В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.....	785
А. А. ГЛОТ <i>Белорусский государственный университет транспорта</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БУХГАЛТЕРСКОГО АУТСОРСИНГА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТРАНСПОРТА.....	789

А.А.ГУРЕЦКИЙ <i>Белорусская государственная академия авиации</i> МЕРОПРИЯТИЯ СОВЕТСКОГО ПРАВИТЕЛЬСТВА ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ АЭРОДРОМНОЙ СЕТИ ДЛЯ ВОЕННО- ВОЗДУШНЫХ СИЛ КРАСНОЙ АРМИИ В ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ В 1939–1941 гг.	792
И.В. ЖИРИКОВА, Л.Г. СИДОРОВА <i>Белорусский государственный университет транспорта</i> ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ	795
Я.В. КОВАЛЬЧУК <i>Белорусский Государственный Университет Транспорта</i> ЦИФРОВИЗАЦИЯ ФИНАНСОВОЙ СФЕРЫ.....	797
М.В. МИХМЕЛЬ <i>Белорусский государственный университет транспорта</i> КРИПТОВАЛЮТЫ КАК НОВЫЙ ВИД ДЕНЕГ	800
Г.Н. НАСТАС, А.В. ГОСТЕВ, К.Г. НАСТАС <i>ФГБУ «НИИ «Институт имени Н.Е.Жуковского» (г. Москва, Россия), Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)</i> УПРАВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЕЙ ВОЗДУШНОГО СУДНА НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	803
А. И. НАУМЕНКО <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОСНОВНЫЕ ИТОГИ РАБОТЫ ОБЛАСТНЫХ АЭРОПОРТОВ ЗА 2019 ГОД	806
Д.А. ПРОКОПЕНКО А.А. ЗАСТРОВСКАЯ, Д.С. ШАВЕЛКИН <i>Институт №1 «Авиационная Техника», Московский авиационный институт (Научно исследовательский университет)</i> ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ «РЕГЕЛОСКОПИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ НАЗЕМНОЙ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ВС»	808

Б.Б. САФОКЛОВ, О.С. ДОЛГОВ

Институт №1 «Авиационная техника», Московский авиационный институт (Научно исследовательский университет)
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ
ЖИДКОСТИ, РЕГЕЛОСКОПИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА
НАЗЕМНОЙ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
ВОЗДУШНОГО СУДНА В СООТВЕТСТВИИ С
СОВРЕМЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ ДЛЯ
АВИАПРЕДПРИЯТИЙ - «БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОНОМИЧНОСТЬ,
ЭКОЛОГИЧНОСТЬ»..... 811

Д.А. САХАРОВ

Белорусская государственная академия авиации
АВИАЦИЯ ВО ВРЕМЯ ПАНДЕМИИ COVID-19 814

О.Н. СОЛДАТОВА, Ю.Е. ЛОКШИНА

Белорусская государственная академия авиации
КАДРОВАЯ ПОЛИТИКА КАК СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ
ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ АВИАЦИОННОЙ СФЕРЫ В
СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ 816

Д.Ю. СТРЕЛЕЦ, С.А. КАНТИМИРОВ, М.В. ШКУРИН

Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)
СЕРВИС РАСЧЕТА ТАРИРОВКИ ТОПЛИВНЫХ БАКОВ В
СОСТАВЕ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ВЕСОВОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ..... 820

В.Г. ТАРАСЮК

Белорусская государственная академия авиации
ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПАРКА
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ АВИАКОМПАНИИ БЕЛАВИА..... 822

И.Г. ЯЦКЕВИЧ

Белорусская государственная академия авиации
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ УВО С
АБИТУРИЕНТАМИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ..... 825
**НАПРАВЛЕНИЕ «НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ
АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ»..... 829**

- В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ, А.В. СМИРНОВ
Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьёва
 К ВОПРОСУ ПЛАНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ..... 830
- В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ, Д.В. ФЕДОСЕЕВ
Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьёва
 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРА ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ГТД, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ..... 832
- Д.Е. БЕЛЬСКАЯ, А.И. РИПИНСКИЙ, В.Н. СТЕПАНЕНКО
Белорусская государственная академия авиации
 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ АВИАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ИНСИНЕРАТОРОВ ДЛЯ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ 835
- Д.В. БИНДЕЙ, В.В. ГАЙДУК, С.О. НЕВМЕРЖИЦКИЙ
Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», военный факультет
 НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ 838
- С.В. ВАСИЛЕВИЧ, М.В. МАЛЬКО, Д.В. ДЕГТЕРОВ
Белорусская государственная академия авиации, Институт энергетики НАН Беларуси
 ПРОИЗВОДСТВО УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА ИЗ БИОМАССЫ 840
- О.Л. ЕРИН, В.М. ПОПОВ, А.В. НИКОЛЕНКО
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова
 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ 843

А.И. КАЗЬМИН, П.А. ФЕДЮНИН, В.А. МАНИН, Д.А. РЯБОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)</i> ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ОТСЛОЕНИЯ МАГНИТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ РАДИОВОЛНОВЫМ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН	846
А.И. КАЗЬМИН, П.А. ФЕДЮНИН, Д.А. РЯБОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)</i> ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОТСЛОЕНИЯ МАГНИТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ОСЛАБЛЕНИЯ ПОЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ	849
А.В. ЛЕЩЕНКО, В.Д. ВЫДРИН, И.К. МАКАРОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	852
И.К. МАКАРОВ, В.О.СЕРЕБРОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)</i> ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ АВИЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ НА ЛЕТНО-ТАКТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	853
Г.И. ТРИФОНОВ <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАНЕСЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ	855