

№ 2 ИЮНЬ 2020
ISSN 2707-6989

БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ АВИАЦИИ

АВИАЦИОННЫЙ ВЕСТНИК

*The aviation
herald*



Научно-практический журнал

Главный редактор:
А.А. Шегидевич, к.т.н., ректор БГАА

Заместители главного редактора:
Л.И. Гречихин, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры технической эксплуатации авиационного и радиоэлектронного оборудования БГАА, Республика Беларусь
А.А. Жукова, к.т.н., проректор по научной работе БГАА, Республика Беларусь

Технический секретарь:
Е.А. Шапорова, к.х.н., доцент кафедры технической эксплуатации воздушных судов и двигателей БГАА, Республика Беларусь

Редколлегия
Технические науки:
С.А. Чижик, академик НАН Беларуси, д.т.н., профессор, первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси, Республика Беларусь;
А.П. Ласковнев, академик НАН Беларуси, д.т.н., академик-секретарь ОТН НАН Беларуси, Республика Беларусь;
В.Г. Залесский, д.ф.-м.н., директор ФТИ НАН Беларуси, Республика Беларусь;
А.Т. Волочко, д.т.н., профессор, заведующий отделом материаловедения и литейно-деформационных технологий ФТИ НАН Беларуси, Республика Беларусь;
М.М. Хакдода, д.т.н., профессор, член-корреспондент Академии наук Республики Таджикистан, чрезвычайный и Полномочный Посол Республики Таджикистан в Республике Беларусь, государственный советник 1-ой степени, Республика Таджикистан;
А.Х. Гильмутдинов, д.ф.-м.н., профессор, ректор КНИТУ-КАИ, Российская Федерация;
И.В. Яцкив, д.т.н., профессор, проректор по науке и развитию TSI, Латвийская Республика;
А.Н. Медведев, д.т.н., профессор, декан факультета транспорта и связи TSI, Латвийская Республика;
Ши-Хонг Джанг, д.т.н., профессор, исполнительный секретарь Китайского исследовательского объединения глубокой вытяжки металлов, профессор IMR CAS, Китайская Народная Республика;
Воонг Шин Квак, президент компании SafeUsDrone, Китайская Народная Республика;
В.П. Бабак, член-корреспондент НАН Украины, д.т.н., профессор, заместитель директора по научной работе ИТТФ НАН Украины, Украина;
С.Н. Неделько, д.т.н., профессор, начальник ЛА НАУ, Украина.

Юридические науки:
Б.П. Елисеев, д.ю.н., профессор, ректор МГТУ ГА, Российская Федерация;
В.С. Каменков, д.ю.н., профессор, профессор кафедры финансового права и правового регулирования хозяйственной деятельности юридического факультета БГУ, Республика Беларусь;
Е.А. Самородова, к.ю.н., ассистент профессора кафедры французского языка МГИМО, Российская Федерация;
З.З. Халилов, к.ю.н., эксперт в области правового регулирования коммерческой деятельности авиакомпаний, доцент кафедры «Правоведение» НАА, Республика Азербайджан;
О.И. Аксаментов, директор НОЧУ ДПО «Институт воздушного и космического права «Аэрохелп», Российская Федерация;
О.А. Карпачева, начальник юридического управления ООО «АВИАХЭЛП», Российская Федерация.

Педагогические науки:
А.М. Волочко, к.фил.н., д.пед.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории гуманитарного образования НИО, Республика Беларусь;
Т.В. Казак, д.псх.н., профессор, член-корреспондент Международной академии психологических наук, профессор кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР, Республика Беларусь;
В.Г. Стуканов, к.псх.н., д.п.н., профессор, начальник кафедры психологии и педагогики Академии МВД, Республика Беларусь.

АВИАЦИОННЫЙ ВЕСТНИК

Научно-практический журнал

СОДЕРЖАНИЕ

АВИАЦИЯ В ЛИЦАХ

Аэронавигация Беларуси: этапы становления и перспективы развития. 2

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

А. Саныко, А. Шейников, Т. Тищенко. Сравнительный анализ использования регуляторов различных типов для синтеза робастного управления сервоприводом беспилотного летательного аппарата 6
С. Василевич, В. Степаненко, В. Мартынюк, С. Сенько, Е. Шапорова. Разработка экспериментального стенда электротермического кипящего слоя для исследования высокотемпературных процессов в газовых потоках 12
А. Шегидевич, А. Заико, С. Стойко, Е. Суринович. 4D печать: перспективы и современные тенденции в аддитивном производстве . . . 16
Д. Шамсиев. Орешении одной квазистатической задачи наследственно-деформируемого цилиндра из вязко-упругого материала . . . 22
Л. Гречихин. Встроенный и наведенный дипольный электрический момент в сложных атомных системах и в двухатомных молекулах 28

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

М. Ломакина, Е. Суркова, К. Сурков. Методы и средства коррекции профессиональной подготовки будущих авиадиспетчеров 36
Л. Кульбицкая. Традиционные и инновационные тенденции в образовании 41
В. Шалупин, И. Родионова. Особенности методики развития общей выносливости у студентов ВУЗов ГА 45
О. Солдатов, В. Швайко. Модернизация системы проектирования профессиональной подготовки специалистов в контексте современных тенденций управления человеческими ресурсами 49

ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ

З. Халилов. Самостоятельность аэрокосмического права: рассуждения и выводы 58
З. Машарский, А. Жукова, С. Стойко, Е. Суринович, Я. Фурманова. CORSIA как инструмент регулирования воздействия гражданской авиации на экологическую ситуацию в мире 66
В. Каменков. Система источников и уровни правового регулирования авиации в Республике Беларусь 72

Зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь
№1951 от 20 декабря 2019 года.

Учреждение образования
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ АВИАЦИИ

Республика Беларусь, 220096, г. Минск, ул. Уборевича, 77
Тел. +375 (17) 341 94 22, факс (017) 341 66 32
academy@bsaa.by
www.bgaa.by

CONTENTS

AVIATION IN PERSONS

Belarus Aeronavigation: stages and prospects of development . . 2

TECHNICAL SCIENCES

A. Sanko, A. Sheinikov, T. Tischenko. Benchmark analysis of the use regulator different types for syntheses robastnogo servosupply management unmanned flying machine 6

S. Vasilevich, V. Stsepanenka, V. Martyniuk, S. Sianko, A. Shaparava. Development of an experimental stand for electrothermal boiling layer for research of high-temperature processes in gas flows 12

A. Shegidevich, A. Zaiko, S. Stoiko, E. Surinovich. 4D printing: prospects and modern trends in additive production 16

D. Shamsiev. On the solution of one quasistatic problem of an inherited deformable cylinder from visco-elastic material 22

L. Grechihin. Built-in and induced electric dipole moments in complex atomic systems and in the diatomic molecules 28

PEDAGOGICAL SCIENCES

M. Lomakina, E. Surkova, K. Surkov. Methods and means of correction of future air traffic controllers' professional training 36

L. Kulbitskaya. Traditional and innovative trends in education 41

V. Shalupin, I. Rodionova. Features of the technique of development of general endurance at students of high schools 45

V. Saldatava, V. Shvayko. Modernization of the system for designing professional training of specialists in the context of modern trends in human resource management 49

SCIENCES OF LAW

Z. Khalilov. The independence of aerospace law: arguments and conclusions 58

Z. Masharski, A. Zhukova, S. Stojko, E. Surinovich, P. Furmanova. CORSIA as a tool for regulating the impact of civil aviation on the environmental situation in the world 66

V. Kamenkov. System of sources and levels of legal regulation of aviation in the Republic of Belarus 72

Educational establishment
BELARUSIAN STATE ACADEMY OF AVIATION

220096, Minsk, Uborevich St., 77
Tel. +375 (17) 341 94 22, fax (017) 341 66 32
academy@bsaa.by
www.bgaa.by

Колонка главного редактора



**Шегидевич
Артём Артурович**

Ректор
Белорусской
государственной
академии авиации

Гражданская авиация Беларуси занимает достойное место на мировом рынке авиауслуг, соответствуя международным требованиям к безопасности полетов, надежности и качеству авиаперевозок. Развитие отрасли требует серьезного подхода к подготовке авиационных кадров. Особенно актуальным в этом плане является открытие в БГАА подготовки пилотов, что будет началом создания национальной школы. Летная специальность для Беларуси – новая, в частности, в академии авиации до сих пор осуществлялась подготовка авиационного инженерно-технического персонала.

Дефицит пилотов является одной из наиболее значительных проблем авиационной отрасли, что обусловлено несовершенством системы подготовки. Нами были учтены существующие проблемы и в образовательной программе по летной специальности планируется использовать не только традиционные методы, основывающиеся на тренажерном и летном обучении, но и современные тенденции в модернизации системы образования, включающие компетентностный подход и значительное внимание к теоретическому этапу обучения, что является весьма важным при подготовке пилотов к управлению современными воздушными судами.

Верстка, дизайн:

О.М. Борздова, магистр тех. наук, начальник редакционно-издательского отдела учреждения образования БГАА

АЭРОНАВИГАЦИЯ БЕЛАРУСИ: ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ



Воздушный транспорт является стратегически значимой отраслью экономики любого государства. Это обусловлено ключевой ролью гражданской авиации в решении задач обеспечения транспортной доступности перевозок для населения, повышения качества жизни населения и уровня развития экономики, использования транзитного потенциала страны, интеграции ее в мировую транспортную систему и повышения конкурентоспособности на мировом рынке. Бесперебойная работа авиапредприятий способствует росту эффективности функционирования предприятий в смежных отраслях, таких как машиностроение, авиатопливообеспечение, туризм, сфера обслуживания и т.д. Несомненно значимость воздушного транспорта и с точки зрения обеспечения экономической безопасности государства, его готовности к чрезвычайным ситуациям, гарантий ответственности в области национальной безопасности.

Основные задачи, стоящие перед организациями воздушного транспорта — это обеспечение авиационной безопасности и безопасности полетов, повышение регулярности и технико-экономи-

ческих показателей воздушных сообщений, улучшение технологии производственных процессов наземного обслуживания пассажиров и грузовых перевозок.

Одной из важнейших составляющих в процессе организации воздушных перевозок является аэронавигационное обслуживание воздушного движения.

Сегодня просто невозможно представить авиацию без диспетчеров УВД. Но так было не всегда.

Деятельность служб воздушного движения началась практически одновременно с первыми воздушными судами, поднявшимися в небо. Но в те далекие времена самолеты летали не по приборам, а ориентировались в небе исключительно на наземные объекты. Маршруты полетов рисовались зачастую от руки с выставлением основных ориентиров, которыми выступали реки, населенные пункты, железнодорожные пути. Также для экипажей воздушных судов делались специальные надписи с информацией о расстояниях и стрелками, указывающими направление движения. Конечно, с увеличением количества воздушных судов такие методы не могли оставаться эффективными. Поэтому уже в

20-ых годах XX века этот вопрос стал серьезно изучаться и уже в 30-ых в Ленинграде открылись первые курсы по подготовке авиационных диспетчеров.

Этапы развития аэронавигационной службы Беларуси можно условно разделить на несколько периодов:

- довоенный, когда были организованы первые службы движения гражданской авиации для руководства и контроля за движением самолетов на всех магистральных и важнейших линиях государственного значения, а также аэропортах гражданской авиации;
- введение в действие первых радиостанций, диспетчерских радиолокаторов и радиопеленгаторов, первой радиолокационной системы посадки РСР-4;
- внедрение автоматизированных систем управления воздушным движением (УВД).

За время своего развития аэронавигационная служба страны достигла значительных успехов: от 600 до 1000 воздушных судов в сутки совершают полеты в воздушном пространстве Республики Беларусь, структура которого включает 56 маршрутов зональной навигации протяженностью 22000 км.

Поставщиком аэронавигационных услуг в Республике Беларусь является государственное предприятие по аэронавигационному обслуживанию воздушного движения «Белэроавиация», обеспечивающее аэронавигационное обслуживание воздушного движения, предоставление аэронавигационной информации и оказание аэропортовых услуг.

Хотя в качестве самостоятельной организации ГП «Белэроавиация» начало свою работу не так давно, 1 марта 1996 года, история аэронавигационной службы Республики Беларусь началась задолго до этого — более 85 лет назад, вместе с зарождением и развитием гражданской авиации Беларуси, в те времена неотъем-



Чуро Леонид Николаевич

Генеральный директор государственного предприятия «Белаэронавигация»

лемой части авиации СССР.

В процессе становления и развития аэронавигационной службы нашей страны ключевая роль принадлежит людям, которые стояли у истоков этого процесса, которые вводили в действие новые системы, которые и сегодня обеспечивают безопасность полетов в воздушном пространстве Республики Беларусь.

Сейчас Государственное предприятие «Белаэронавигация» возглавляет Леонид Николаевич Чуро, для которого авиация стала делом всей жизни.

Начало карьеры Леонида Николаевича пришлось на время ввода в эксплуатацию первых автоматизированных систем УВД в Беларуси.

Этот период (1978-1982 гг.) можно отнести к переходному: на смену «старой гвардии» бывших военных и гражданских пилотов, работавших в различных наземных службах аэропорта Минск-1 стали приходить специалисты, прошедшие профессиональную подготовку в области управления воздушным движением в средне-специальных и высших учебных заведениях СССР.

Чуро Леонид Николаевич, Гродь Валерий Иосифович, Лазовский Георгий Борисович также как и многие другие, были в числе первых профессиональных диспетчеров УВД, на долю которых выпало осваивать и внедрять новые технологии в обслуживании воздушного движения.

Так, в 1984 г. на смену обзорным первичным локаторам впервые была введена вторичная лока-

ционная система «Знак», которая была способна сопровождать 5 самолетов в автоматическом режиме. В Москве действовала автоматизированная система УВД шведской фирмы «Теркас», в Ростове-на-Дону — отечественная автоматизированная система УВД в районе аэродрома «Стрела», посредством которой можно одновременно руководить 36 самолетами, находящимися в воздухе. В Беларуси в аэропорту Минск-2 в 1995 году время была введена в эксплуатацию автоматизированная система УВД «Спектр», взамен которой в 2003 году внедрена система «АРАС УВД Синтез АР-2». Помимо этого, обновлялись автоматизированные системы планирования воздушного движения и др., что позволило повысить качество радиолокационной информации, а соответственно — степень безопасности и уровень аэронавигационного обслуживания в воздушном пространстве Республики Беларусь.

Редакции удалось пообщаться с бывшим диспетчером аэронавигационной службы Беларуси, Георгием Борисовичем Лазовским.

Приход в профессию для Георгия Борисовича начался в далеком 1978 году, когда он поступил в Рижское летно-техническое училище гражданской авиации на специальность «Диспетчер управления воздушным движением — штурман военно-транспортной авиации», которая в то время только открылась. За время работы Георгия Борисовича прошел путь от оператора службы УВД до инструктора, получив допуска к

самостоятельной работе на всех каналах районного диспетчерского пункта (РДЦ) и аэродромного диспетчерского пункта (АДЦ).

Георгию Борисовичу доверяли самые ответственные работы, одной из которых была подготовка и проведение 4 научно-технической конференции стран СЭВ по ПАНХ в 1981 году, где нужно было управлять воздушным движением самолетов всех стран-участниц на английском языке.

Неординарных производственных ситуаций тоже хватало, тем не менее Георгий Борисович с ними всегда успешно справлялся в составе смены коллег с их помощью и при поддержке, о чем свидетельствует знак «За безаварийное УВД». Трудовая книжка пестрит записями типа «За проявленную хладнокровность, умелые и оперативные действия в сложной воздушной обстановке награждать...». Сложная воздушная обстановка складывалась, например, в августе 1983 года, когда после длительной непогоды метеорологические условия улучшились. В это время в небе над Минском собралось много воздушных судов в ожидании разрешения на посадку, много самолетов ожидало вылета на земле, всех их нужно было в кратчайшие сроки развести в воздушном пространстве. В результате в течение часа на взлетно-посадочную полосу аэропорта Минск-1 было принято и отправлено в небо такое же количество самолетов как за трое суток в обычном режиме.

В авиации как нигде важно постоянное повышение квалифи-





кации, что связано и с бурным научно-техническим прогрессом в этой области, и с необходимостью подтверждать свои знания для обеспечения надежности и безопасности полетов воздушных судов. И в 1990 году по требованию ИКАО для организации международного воздушного движения над территорией Республики Беларусь диспетчерам УВД необходимо было получить допуск на ведение радиосвязи на английском языке. Сертификат, подтверждающий владение авиационным английским языком Георгий Борисович получил в MLS-колледже в Великобритании, куда был направлен в составе одной из первых групп белорусских диспетчеров УВД.

С ростом количества международных воздушных трасс и увеличением их общей протяженности требовались системы, способные обрабатывать большие объемы информации. В этой связи было принято решение о внедрении новой автоматизированной системы управления воздушным движением второго поколения «Спектр», в которой автоматизирована обработка не только радиолокационной, но и плановой информации в полном объеме, а также расчет пространственно-временных (4D) траекторий и анализ воздушной обстановки на бесконфликтность (STCA, MTCD).

Наука и техника не стоят на месте, появляются все более современные и действенные системы, реализующие еще более высокий уровень автоматизации, удовлетворяющий рекоменда-

циям EUROCONTROL и обеспечивающий бесстриповую технологию УВД. Такой системой является АС «Синтез». Внедрение и эксплуатацию этой системы в аэронавигационной службе Беларуси осуществляют уже ученики Лазовского Г.Б.

Так, в настоящее время в аэронавигационной службе Беларуси опять наблюдается постепенная смена поколений: в филиалы ГП «Белаэронавигация» приходят молодые кадры, в теоретической подготовке которых активное участие принимает Лазовский Георгий Борисович, заведующий кафедрой языковой подготовки учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации» (БГАА). И здесь Георгий Борисович оказался на передних рубежах, столкнулся с проблемой сертификации диспетчеров УВД по обеспечению общения между центром управления полетами и экипажами воздушных судов на английском языке. Получение диспетчерами соответствующих сертификатов за рубежом стоило довольно дорого и было принято решение осуществлять сертификацию на базе Института повышения квалификации БГАА. Для чего с августа по декабрь 2011 года при участии ряда специалистов БГАА был разработан, согласован с Департаментом по авиации Республики Беларусь и внедрен тест PELTA. Специалисты УВД, пилоты, получившие сертификат PELTA в настоящее время успешно обслуживают международные рейсы без каких-либо замечаний со сторо-

ны международных авиационных властей.

Ученики Георгия Борисовича — выпускники БГАА, также успешно сдают тест PELTA на 4 и 5 уровень владения авиационным английским языком, а затем с успехом работают в качестве диспетчеров УВД в РДЦ и АДЦ аэронавигационной службы Беларуси и за рубежом.

Практическая подготовка курсантов БГАА по специальности «организация движения и обеспечение безопасности на воздушном транспорте» реализуется на тренажерах ГП «Белаэронавигация» под руководством действующих диспетчеров предприятия.

В условиях роста мирового воздушного трафика и количества воздушных судов, пересекающих воздушное пространство Беларуси, приоритетными направлениями деятельности для «Белаэронавигации» всегда были и остаются безопасность полетов и высокое качество аэронавигационной обслуживания. Выполнение этих задач требует постоянного совершенствования структуры воздушного пространства, аэронавигационного оборудования и повышения квалификации кадров, над чем неустанно работает коллектив предприятия.

В 2019 году завершено строительство нового современного Центра управления воздушным движением Республики Беларусь. Введен в эксплуатацию первый пусковой комплекс, выполняются работы по вводу второго пускового комплекса — оснащение технологическим оборудованием систем УВД; введены в эксплуатацию радиомаяки DME для внедрения навигации, основанной на характеристиках (PBN); завершены работы по установке оборудования ОВЧ — радиосвязи.

Открытие Центра управления воздушным движением — это новый этап на пути развития аэронавигационной системы страны, место воплощения всех новейших технологий в области управления воздушным движением, лучших идей, проектов и достижений.

Материал подготовлен Генеральным директором государственного предприятия «Белаэронавигация» Л.Н. Чуро, к.х.н. Е.А. Шапоровой.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДЛЯ СИНТЕЗА РОБАСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕРВОПРИВОДОМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Андрей Анатольевич Санько – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры воздушных судов и авиационного оборудования учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь min.777.144@mail.ru

Алексей Алексеевич Шейников – кандидат технических наук, доцент кафедры авиационной техники и вооружения учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь», Республика Беларусь hobat097@yandex.ru

Тарас Анатольевич Тищенко – магистрант учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь taras1984.08.02@mail.ru

Аннотация: рассмотрена задача управления типовым линейным сервоприводом беспилотного летательного аппарата (далее – БЛА) с нестационарными параметрами с использованием робастных регуляторов различных типов. Рассмотрены возмущающие факторы (внутренние и внешние), действующие на сервопривод. Проведенное сравнительное моделирование в классе линейных непрерывных систем сервопривода БЛА с регуляторами различных типов («классический» ПИД-регулятор, ПИД-регулятор построенный по методу локализации и регулятор синтезированный на основе H_∞ -управления). Приведены результаты моделирования, демонстрирующие полученные результаты.

Ключевые слова: система управления, сервопривод, робастный ПИД-регулятор, переходной процесс, метод локализации, регулятор на основе H_∞ -управления.

Задача синтеза систем управления беспилотного летательного аппарата (далее – БЛА) характеризуется сложностью их математических моделей и наличием существенных ограничений и возмущений. К основным ограничениям можно отнести ограничения, обусловленные нелинейностью элементов сервопривода (далее – СП) входящего в состав автопилота, а к возмущениям – наличие некоторой степени параметрической неопределенности в параметрах его элементов [1-2]. В настоящее время, широкое распространение в системах управления сложных авиационных систем получили: ПИД-регулятор, регуля-

тор на основе H_∞ -управление и его модификации [3-7], ПИД-регуляторы основанные на идее «сильной» обратной связи и т.д. [8]. Несмотря на современные достижения в теории робастного управления, популярной стратегией управления из-за существующей инерции внедрения новых достижений науки в практику по-прежнему остается ПИД-регулятор (более 98%) [9], который имеет свои достоинства и недостатки.

Таким образом, проведения исследований по выбору робастных регуляторов построенных на различных физических принципах с учетом их достоинства и недостатков, применительно к управлению

сервоприводом БЛА, является актуальной задачей.

Постановка задачи

Целью данного исследования является выбор регулятора для управления СП БЛА (рис. 1) по критерию его робастности применительно к внешним и внутренним возмущениям, действующим на него. В качестве рассматриваемых регуляторов были выбраны: ПИД-регулятор на основе метода локализации, «классический» ПИД-регулятор, регулятор синтезированный на основе H_∞ -управления.

СП рассматривался как линейный объект 2-го порядка (рис. 1).

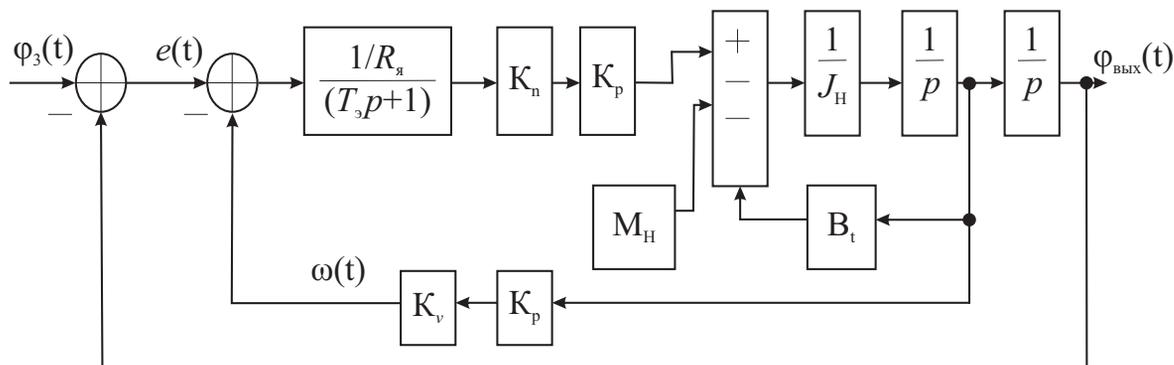


Рис. 1. Линейная модель СП

Параметры модели: $T_3 = 0,2$ [с] (постоянная электрическая времени); $K_m = 0,027$ (коэффициент пропорциональности между электромагнитным моментом и током якоря, называемый постоянной момента двигателя); $K_w = 0,027$ (постоянная ЭДС двигателя); $K_p = 193$ (коэффициент редуктора); $J_H = 6,5595 \cdot 10^{-7}$ [кг·м²] (момент инерции нагрузки за редуктором); $B_t = 0,132$ (коэффициент вязкого трения); $R_{\text{я}} = 4,37$ [Ом] (сопротивление якорной обмотки двигателя). Передаточная функция СП, имеет вид:

$$W_{\text{сп}}(p) = \frac{a_2}{p^2 + a_1 p + a_2} = \frac{2500}{p^2 + 234,5 p + 2500} \quad (1)$$

Основные нестационарные параметры СП и ПИД-регулятора:

- изменение резистивного сопротивления якорной обмотки двигателя постоянного тока СП и его сопротивления обратной связи, в зависимости от изменения температуры окружающей среды:

$$R_{\text{я}} = 1 + \alpha(T_{15} - T_T)$$

где α – температурный коэффициент (для меди – 0,004); T_T – текущая температура;

- изменение коэффициента вязкого трения – B_t в подшипнике СП.
- изменение величины емкости конденсаторов и резисторов, участвующих в реализации интегральной и дифференциальной составляющей ПИД-регулятора, до $\pm 15\%$, при ($-55 < T_T < 125^\circ\text{C}$) и изменение его емкости от величины приложенного напряжения. Например, при изменении величины приложенного напряжения на 10%, изменение емкости конденсатора может достигать до 30% [10].

Величина момента аэродинамической нагрузки, действующего на СП через руль высоты [13]:

$$M_H = \left(\frac{\rho V^2}{2} \cdot S_{\text{эф}} \cdot 0,005 \cdot \varphi_{\text{max}} \cdot b \right) / i$$

где $S_{\text{эф}}$ – эффективная площадь руля высоты (0,015 [м²]); b – хорда руля (0,05 [м]); ρ – плотность воздуха на заданной высоте полета; φ_{max} – максимальный угол отклонения руля высоты (15 град); i – передаточное

отношение силовой проводки, равное отношению плеча качалки серво машинки к плечу кабанчика руля (1,33).

Решение задачи

I. Синтез робастного ПИД – регулятора на основе метода локализации (далее – МЛ ПИД-регулятор).

Опишем передаточную функцию МЛ ПИД-регулятора, как [9]:

$$W_{\text{пилд}}(p) = \frac{K(p^2 + b_1 + b_2)}{(1 + T_{\text{сп}} p) p} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} K &= (K_d + K_{\text{п}} T_{\text{пилд}}); \\ b_1 &= \frac{K_{\text{п}} + K_{\text{и}} T_{\text{пилд}}}{K_d + K_{\text{п}} T_{\text{пилд}}}; \\ b_2 &= \frac{K_{\text{и}}}{K_d + K_{\text{п}} T_{\text{пилд}}} \end{aligned} \quad (3)$$

где b_1, b_2 – параметры эталонной передаточной функции (2). Требования к качеству переходных процессов в системе, задается в виде эталонной передаточной функции:

$$W_s(p) = \frac{b_2}{p^2 + b_1 p + b_2}$$

Передаточная функция системы (рис. 2), имеет вид:

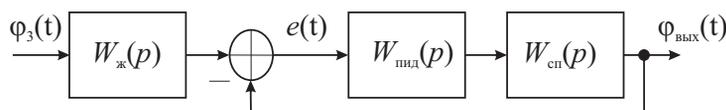


Рис. 2. Схема системы с МЛ ПИД-регулятором

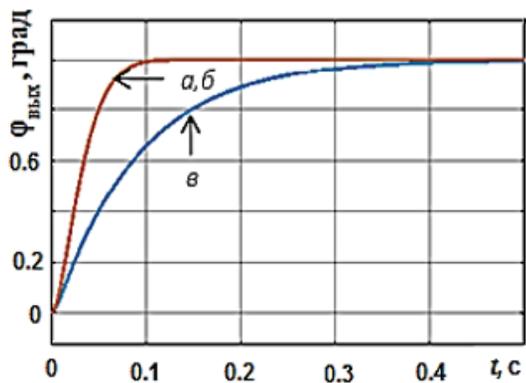


Рис. 3. Переходные процессы: а – система (5); б – система (6); в – система (1)

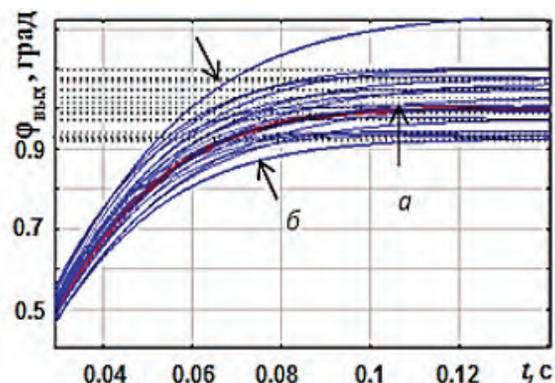


Рис. 4. Вариация переходных процессов, при Δа на 15%: а – система (6); б – система (5)

$$W_{\text{сис}}(p) = \frac{W_{\text{мид}}(p)W_{\text{ж}}(p)W_{\text{сп}}(p)}{1+W_{\text{мид}}(p)W_{\text{сп}}(p)} \quad (4)$$

1. Исходя из требований к ошибке регулирования, рассчитывается коэффициент усиления регулятора по соотношению: $K \cdot K_{\text{СП}} \geq (20 \dots 100)$, что соответствует статической ошибке: $e_y \leq (0,05 \dots 0,01)$ [8].

2. Выбирается численное значение постоянной времени дифференцирующего звена – $T_{\text{СП}}$ примерно на порядок меньше постоянной времени эталонной передаточной функции.

3. Значения коэффициентов регулятора, рассчитываются на основе соотношений (3), в виде: $K_{\text{И}} = K \cdot b_2$, $K_{\text{П}} = K \cdot b_1 - K_{\text{И}} \cdot T_{\text{ПИД}}$, $K_{\text{Д}} = K - K_{\text{П}} \cdot T_{\text{ПИД}}$.

Пример. Для СП с передаточной функцией (1), необходимо рассчитать робастный ПИД-регулятор, обеспечивающий: время установления: $t_y \leq 0,15$ [с], $e_y \leq (0,05 \dots 0,01)$ [град] и $\delta \leq 5\%$ (перерегулирование). Указанным требованиям, соответствует эталонная передаточная функция:

$$W_3(p) = \frac{3000}{p^2 + 100p + 3000} \quad (5)$$

Параметры модели СП вследствие своей не стационарности, могут изменяться: a_1 на $\pm 15\%$, а a_2 на $\pm 10\%$ от своего номинального значения. Рассчитанные параметры регулятора: $K = 50$ и $T_{\text{ПИД}} = 0,005$; $K_{\text{И}} = 15000$; $K_{\text{П}} = 4250$; $K_{\text{Д}} = 28,75$. ПФ системы (4):

$$W_{\text{сис}}^{\text{МЛ}}(p) = \frac{2.156e08p^2 + 3.188e10p + 1.125e12}{p^5 + 7.221e04p^4 + 1.784e07p^3 + 1.654e09p^2 + 6.938e10p + 1.125e12} \quad (6)$$

Результаты моделирования, представлены на рис. 3-4. Как видно из рис. 3, желаемый переходной процесс системы (5) и переходной процесс системы (6) с МЛ ПИД-регулятором, совпали. На рис. 4 (а), представлены результаты влияния изменения параметров СП – a_1, a_2 (далее – Δа), на выходные сигналы систем (5) и (6). Поскольку система МЛ ПИД-регулятором (6) имеет достаточно большой коэффициент усиления, то влияние Δа на ошибку системы не значительно, менее 1%. Запас по фазе системы изменяется в диапазоне от 66,7 до 68,4 dB. Без использования МЛ ПИД-регулятора, изменение Δа, оказывает значительного влияния на качество переходного процесса и ошибку системы (5), более 50% (рис. 4, б).

II. Синтез задача робастной стабилизации решается не для исходного (1) – G , а для нового робастного регулятора на основе H_∞ -управления.

При H_∞ – методе, в формировании контура управления, обобщенного объекта G_s , образованного с помощью весовых функций (префильтра W_1 и постфильтра W_2) (рис. 5). Эти весовые функции задают поведение системы в области низких и высоких частот в соответствии с заданными требованиями, а также используются для расчета параметров регулятора – K_∞ [12].

Проведенные натурные исследования показали, что высокочастотная составляющая шума, в контуре управления СП, примерно на два порядка меньше амплитуды управляющего сигнала – A_c (рис. 6) (контур управления: переменный резистор 10 кОМ → микроконтроллер типа Atmega 2560 → СП типа MG995. Питание контура осуществлялось от аккумуляторной батареи, напряжением + 5,5 В) (рис. 6).

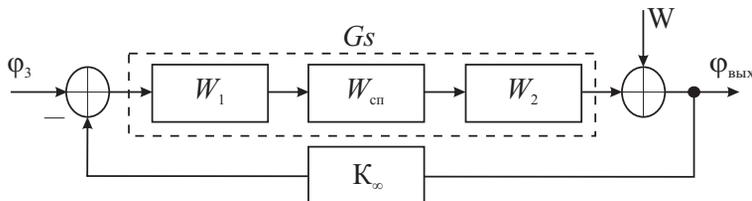


Рис. 5. Замкнутая система управления СП с использованием H_∞ – управления

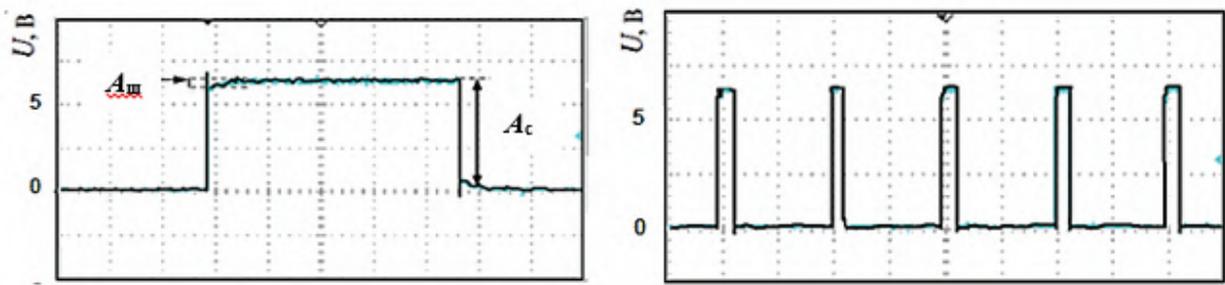


Рис. 6. Осциллограммы ШИМ управления СП типа MG995, при различной временной развертке

Таким образом, влияние высокочастотных шумов в контуре управления СП на качество переходного процесса и величину его ошибки, можно не учитывать.

II.1. Расчет ПФ префильтра W_1 .

Зная величину перерегулирования $\delta \approx 5\%$, коэффициент демпфирования для системы (5):

$$\varepsilon = |\log(\sigma)| / \sqrt{(\pi^2 + \log(\sigma)^2)} = 0,69$$

Зная коэффициент демпфирования, найдем максимально допустимое значение для функции S :

$$S_0 = 20 \log_{10} \cdot \left(\frac{2\varepsilon \sqrt{(2 + 4\varepsilon^2 + 2\sqrt{(1 + 8\varepsilon^2)})}}{\sqrt{(1 + 8\varepsilon^2) + 4\varepsilon^2 - 1}} \right) = 1,28$$

Используя *Butterworth* коэффициенты второго порядка, строим весовую функцию вида:

$$S(p) = \frac{E \cdot p(p / \omega_1 + 1)}{(1 + 1.41p / \omega_2 + p^2 / \omega_2^2)}$$

где $S(p)$ – функция, связывающая ошибку слежения и входное воздействие (для низких частот); $\omega_1 = 0,002$ [рад/с] – частота, выбирается, примерно на одну декаду ниже частоты возмущения: $w = A \sin \omega t$ (правая граница в которой находится контроллер G удовлетворяющий заданным условиям); $E = 0,0073$ – максимально допустимая установившейся ошибка по входному воздействию; $\omega_2 = \sqrt{\left(\frac{\omega_1 S_0}{E}\right)} = 0,59$ [рад/с] – левая граница в которой находится регулятор K_∞ , удовлетворяющий заданным условиям.

Таким образом, ПФ префильтра W_1 , имеет вид:

$$W_1^{(-1)}(p) = \frac{0,001521p^2 + 6,084e - 06p + 6,084e - 09}{0,001186p^2 + 0,0009939p + 0,0004167} \quad (7)$$

В качестве критерия оптимальности выбрана H_∞ -норма – γ [4]. Регулятор K_∞ , должен обеспечивать минимально возможное значение для γ нормы замкнутой системы (рис. 5). ПФ замкнутой системы (6) от внешних входов к выходам определялась формулой:

$$T_{wz}(Gs, K_\infty) = \begin{bmatrix} (I - GsK_\infty)^{(-1)} & Gs(I - GsK_\infty)^{(-1)} \\ K_\infty(I - GsK_\infty)^{(-1)} & K_\infty Gs(I - GsK_\infty)^{(-1)} \end{bmatrix} \quad (8)$$

где I – единичная матрица соответствующей размерности.

Минимальное возможное значение γ , для H_∞ -нормы ПФ замкнутой системы T_{wz} , вычислялось как:

$$\|T_{wz}(Gs, K_\infty)\|_\infty < \gamma_{min}$$

где $\gamma_{min}^{-1} = \varepsilon_{max}$ – величина максимального запаса робастной устойчивости системы T_{wz} , принято $0,25 \leq \varepsilon_{max} \leq 0,5$ [12].

Синтез регулятора K_∞ выполнялся с использованием системы виртуального моделирования *MatLab*, а именно с использованием функции *hinfsyn* [13]. Найденные ПФ регулятора и системы (рис. 5), после упрощения, при $W_2(p) = 1$, имеют вид:

$$K_\infty(p) = \frac{3,7594e07(p + 223,3)(p + 11,2)}{(p + 0,001862)(p^2 + 6,399e04p + 2,047e09)} \quad (9)$$

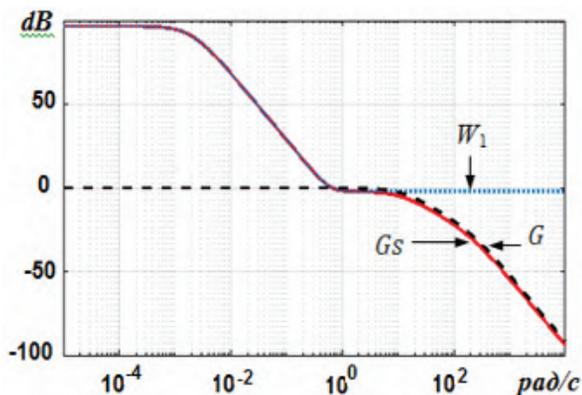


Рис. 7. Сингулярные числа обобщенного G_s и номинального G объекта и префильтра W_1

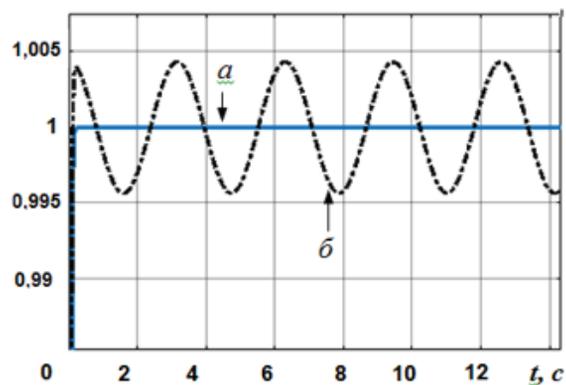


Рис. 8. Реакция системы на единичное воздействие с учетом возмущения – $w = A \sin \omega(t)$

$$T_{wz}(Gs, K_\infty) = \frac{9.3985e+10}{(p+45.97)(p^2+6.394e04p+2.044e09)} \quad (10)$$

Графики максимальных сингулярных чисел префильтра W_1 , номинального объекта и обобщенного объекта, приведены на рис. 7.

Префильтр корректирует исходный номинальный объект в области низких частот, примерно до частоты 0,6 [рад/с]. Максимальное отличие достигает примерно 100 dB. В области высоких частот, графики примерно совпадают. Это говорит о том, что использование регулятора K_∞ не влияет на подавление высокочастотных шумов (рис. 8, б), а повышает робастные свойства системы (10) в области низких частот (рис. 8, а), где воздействует низкочастотный шумовой сигнал. На рис. 9, представлены вариации переходных процессов системы с K_∞ -регулятором (10) и системы (1), при изменении Δa на 15%. Из графиков видно, что разработанная система (10), робастна к Δa (влияние Δa не значительно, менее 2-3%), при этом она соответствует заданным требованиям по t_y и e_y .

III. Синтез «классического» ПИД-регулятора.

ПФ «классического» ПИД-регулятора:

$$W_{\text{пид}}(p) = K_1 + \frac{K_2}{p} + \frac{K_3 p}{T p + 1} \quad (11)$$

Настройка коэффициентов регулятора (11), выполнялась интерактивным способом с использованием системы *MatLab*, а именно пакета *Liner system analyzer*. При заданных условиях: $t_y \leq 0,15$ [с] и $\delta = 5\%$, найдены коэффициенты регулятора: $K_1 = 5.35$; $K_2 = 117.57$; $K_3 = 0.044$; $T = 0.0055$. Передаточная функция СП с ПИД-регулятором (11):

$$W_{\text{сис}}(p) = \frac{W_{\text{пид}}(p)W_{\text{сп}}(p)}{1+W_{\text{пид}}(p)W_{\text{сп}}(p)} = \frac{3.248e04p^2+2.728e06p+5.344e07}{p^4+416.1p^3+7.761e04p^2+3.182e06p+5.344e07} \quad (12)$$

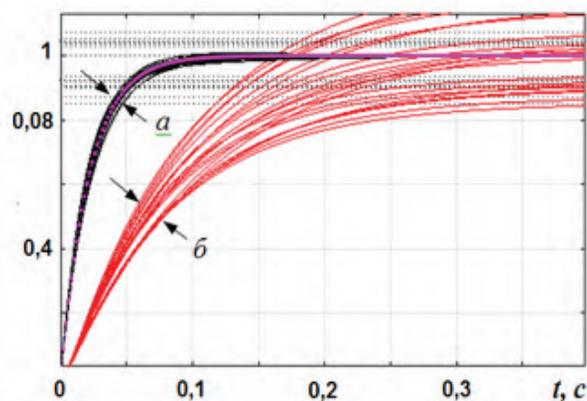


Рис. 9. Вариация переходных процессов, при изменении Δa на 15%: а – система (10); б – система (1)

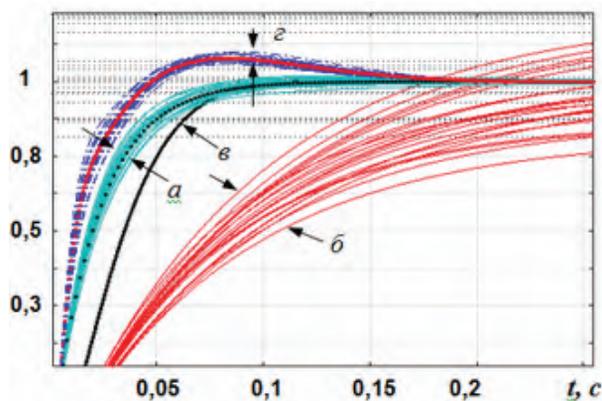


Рис. 10. Вариация переходных процессов, при изменении Δa на 15%: а – система (10); б – система (1); в – система (6); z – система (12)

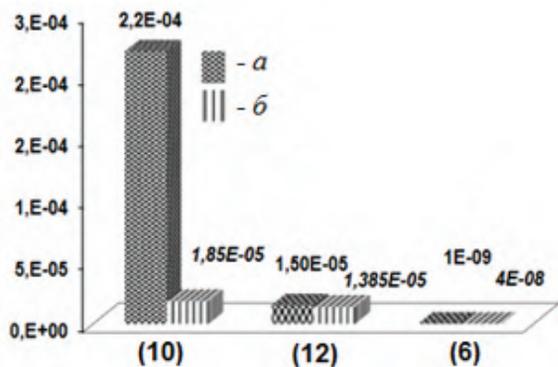


Рис. 11. СКО ошибки систем (6, 10, 12):
 а – при Δa на 15%; б – при возмущении:
 $w = 0,3 \sin 0.02(t)$ и $\Delta a = 0$

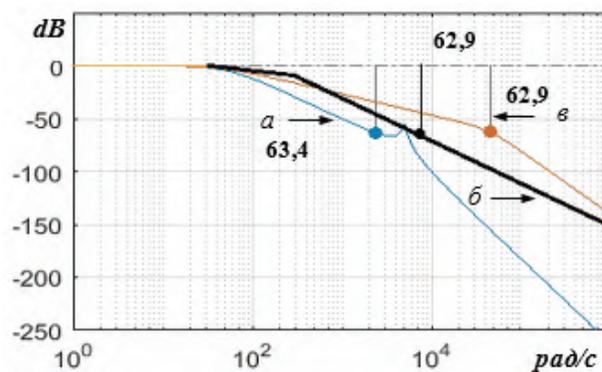


Рис. 12. Диаграмма Бode, системы:
 а – (6); б – (12); в – (10)

Сравнительный анализ, рассмотренных систем с различными законами управления (4), (10), (12), представлен на рис. 10–12. СКО ошибки системы – δ_e , при изменении, Δa на 15% от номинального значения, представлены на рис. 11. Из рис. 11, видно, что система с МЛ ПИД-регулятором, имеет наименьшее значение δ_e , как при изменении Δa , так и при воздействии низкочастотного возмущения. При этом замкнутая система, имеет достаточно большой запас устойчивости по амплитуде, примерно 63.4 dB (рис. 12).

Система с «классическим»

ПИД-регулятором, не удовлетворяет условию по t_y и менее робастна к внешним и внутренним возмущениям, (примерно на 3 порядка по сравнению с системой МЛ ПИД-регулятором). Система с регулятором синтезированного на основе H_∞ -управления, удовлетворяет заданным условиям по t_y , δ и e_y , но имеет худшие значения СКО ошибки к внешним и внутренним возмущениям и менее устойчива (рис. 12).

Таким образом, проведенные исследования показали, что применительно к робастному управлению сервоприводом БЛА рабо-

тающего в широком диапазоне изменения внутренних и внешних возмущений, целесообразно использовать регулятор, построенный по методу локализации. Данный регулятор по отношению к рассмотренным, более робастен к внешним и внутренним возмущениям, прост в синтезе и легко настраивается к заданным требованиям по ошибке и качеству переходного процесса.

Полученные результаты исследований целесообразно использовать для синтеза систем автоматического управления современных БЛА различных типов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биард, Р. У. Малые беспилотные летательные аппараты : теория и практика / Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн // Мир радиоэлектроники. – М. : ТЕХНОСФЕРА, 2015. – 312 с.
2. Гриднев, Ю. В. Робастный привод летательного аппарата / Ю. В. Гриднев, А. Г. Иванов // Доклады Бел. гос. ун-та инф. и радиоэл. – 2017. – № 3 (105). – С. 40–43.
3. Cori, R. Practical optimal control of a drum boiler power plant / R. Cori, C. Maffezzoni // Automatica. – 1984. – Vol. 20. – P. 163–173.
4. Pellegrinetti, G. H_∞ controller design for boilers / G. Pellegrinetti, J. Bentsman // Int. J. Robust Nonlinear Contr. – 1994. – Vol. 4. – P. 645–671.
5. Tan, W. Multivariable Robust Controller Design for Boiler System / W. Tan, H. Marquez, T. Chen // IEEE Transactions on Automatic Control System Technology. – 2002. – Vol. 10, №5. – P. 735–742.
6. Petrovix, T. V. Robust IMC controller for a solid-fuel boiler / T. V. Petrovix, D. D. Ivezic // Eng. Simulation. – 2000. – Vol. 17, № 2. – P. 211–224.
7. Bobtsov, A. Stabilization of a chaotic Van der Pole system / A. Bobtsov, N. Nikolaev, A. Pyrkin, O. Slita // Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control Seoul. – Republic Korea. – 2008. – P. 15143–15147.
8. Земцов, Н. С. Расчет параметров робастного ПИД-регулятора на основе метода локализации / Н. С. Земцов, Г. А. Французова // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2013. – Т. 13, №4. – С. 134–138.
9. O'Dwyer, A. Handbook of PI and PID controller tuning rules / A. O'Dwyer. – 3rd Edition. – Singapore : ICP, 2010. – 623 p.
10. Fortunato, M. Изменение емкости керамических конденсаторов от температуры и напряжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/384833/>. – Дата доступа: 26.11.2019 г.
11. Мхитарян, А. М. Аэродинамика / А. М. Мхитарян. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 1976. – 448 с. : ил.
12. Gahinet, P. A linear matrix inequality approach to H_∞ -control / P. Gahinet, P. Apkarian // Int. J. Robust and Nonlinear Control. – 1994. – Vol. 4, № 4. – P. 421–448.
13. Перельмутер, В. М. Пакеты расширения MATLAB. Control System Toolbox и Robust Control Toolbox : практическое пособие / В. М. Перельмутер. – М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 224 с. : ил. – (Серия «Библиотека профессионала»).

Статья поступила в редакцию
 04.03.2020

УДК 66.096.5

С.В. ВАСИЛЕВИЧ, В.Н. СТЕПАНЕНКО, В.И. МАРТЫНЮК
С.Ф. СЕНЬКО, Е.А. ШАПОРОВА

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО КИПЯЩЕГО СЛОЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОВЫХ ПОТОКАХ

Сергей Владимирович Василевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технической эксплуатации воздушных судов и двигателей учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
svasilevich@yandex.ru

Валерий Николаевич Степаненко – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры технической эксплуатации воздушных судов и двигателей учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
ValeriStepanenko@gmail.com

Виктор Иванович Мартынюк – научный сотрудник Научно-исследовательского учреждения «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета, Республика Беларусь
vik.mart@mail.ru

Сергей Федорович Сенько – ведущий инженер-патентовед Государственного научного учреждения «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Республика Беларусь
senkosf@tut.by

Елена Анатольевна Шапорова – кандидат химических наук, доцент кафедры технической эксплуатации воздушных судов и двигателей учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
elena.telushenko@gmail.com

Аннотация: в работе дано описание принципов создания и основные варианты реализации электрохимического кипящего слоя. Предложена новая схема оборудования для осуществления электротермического кипящего слоя с повышенной эффективностью работы устройства за счет увеличения объема генерируемой плазмы. Дано описание схемы и общий вид экспериментального образца установки, разработанного и изготовленного на основе принятой схемы. Даны описания методик и результатов проведенных испытаний экспериментального образца установки, показавшие большую эффективность работы оборудования по сравнению с известными прототипами. Отмечено, что разработанное и изготовленное устройство позволяет генерировать значительный объем плазмы газоразрядным устройствам, и может быть использовано в системах дожига выхлопных газов и продуктов сгорания промышленных печей, конверсии углеводородного сырья, плазмохимии, спектральном анализе, лазерной технике, модификации порошковых материалов и др.
Ключевые слова: электротермический кипящий слой, электропроводящий материал, экспериментальная установка, плазма, огнеупорные материалы, эффективность работы.

Псевдоожигание — это процесс, при котором твердая статическая масса дис-

персного слоя переводится в псевдосостояние, подобное состоянию жидкой массы. В отли-

чие от сжижения в псевдожидкое состояние переводится не газ, а сыпучая (при определенных об-

стоятельств) масса. Название «кипящий слой» было присвоено благодаря тому, что слою присущи некоторые свойства капельной жидкости [1]. На практике псевдооживленный слой образуется при восходящем потоке оживающего агента через слой зернистого материала в момент достижения давления величины, достаточной для поддержания зернистого материала во взвешенном состоянии [2].

Перспективными устройствами для проведения высокотемпературных процессов являются реакторы с электротермическим кипящим слоем.

Электротермический кипящий слой обеспечивает работу печей при температурах слоя в диапазоне от 1000°C до 3000°C.

Основной принцип организации электротермического кипящего слоя предполагает наличие трех необходимых компонентов (рис. 1):

- как минимум два электрода (катод и анод);
- кипящий слой с электропроводным материалом;
- источник тока.

Выбор варианта реализации кипящего слоя определяется уровнем температуры процесса, которая определяет возможность использования огнеупорных материалов для изготовления рабочей камеры. В связи с этим все технологические процессы и конструкции печей можно условно разделить на:

- «низкотемпературные» – температура слоя 1000–1600°C;
- «высокотемпературные» – температура слоя 1600–3000°C.

В «низкотемпературных» печах могут быть использованы огнеупорные материалы [4] – шамотные, корундовые, магнезиальные, диасовые. Для «высокотемпературных» печей – графит. Именно это ограничение определяет конструкцию печи и организацию технологического процесса.

Главным недостатком известных устройств для реализации электротермического кипящего слоя является их низкий КПД, обусловленный малым объемом генерируемой плазмы при большой потребляемой мощности.

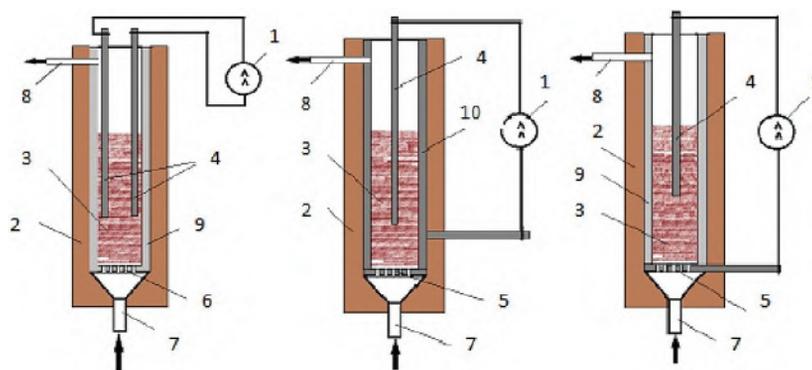


Рис. 1. Варианты реализации электротермического кипящего слоя [3]:
1 – источник тока, 2 – корпус с тепловой изоляцией, 3 – кипящий слой, 4 – электрод, 5 – газораспределительная решетка-электрод, 6 – газораспределительная решетка, 7 – подвод инертного газа, 8 – удаление газов из печи, 9 – неэлектропроводная футеровка рабочей камеры печи, 10 – электропроводная футеровка рабочей камеры печи

Это связано с тем, что объем генерируемой плазмы определяется расстоянием между электродами и поперечным сечением разряда. Поскольку для пробы газовой промежуточной длиной 1 см при атмосферном давлении требуется напряжение ~ 10 кВ, что налагает существенные ограничения на конструкцию источника электропитания по электроизоляции, то на практике используют небольшие межэлектродные расстояния. Для получения требуемой эффективности плазмы повышают рабочие токи, что, в свою очередь, приводит к ее неконтролируемому разогреву и контракции газовой разряда, т.е. шнурованию тока и последующему возникновению электрической дуги. Использование системы охлаждения отчасти решает данную проблему, однако это еще больше снижает КПД устройства, т. к. большая часть его мощности расходуется на нагрев деталей.

Целью настоящей работы является разработка и изготовление (температура в реакторе не более 1500°C) установки электротермического кипящего слоя с повышенной эффективностью работы устройства за счет увеличения объема генерируемой плазмы. Разработанное и изготовленное устройство позволяет генерировать значительный объем плазмы газоразрядным устройствам, и может быть использовано в системах дожигания выхлопных газов

и продуктов сгорания промышленных печей, конверсии углеводородного сырья, плазмохимии, спектральном анализе, лазерной технике, модификации порошковых материалов и др.

Описание экспериментальной установки

Особенностью данной разработки является то, что катод совмещается с газораспределительной решеткой и находится в нижней части реактора, а анод устанавливается над слоем электропроводящего материала. Формирование «кипящего слоя» электропроводного порошка производится под давлением подаваемого в рабочую камеру газа. Частицы порошка при этом совершают непрерывное хаотическое движение под действием восходящей струи газа и силы тяжести. «Кипящий слой» образует пространственный катод, в котором электрический заряд переносится движущимися частицами. Наличие электрического заряда в «кипящем слое» позволяет существенно сократить расстояние между электродами и предотвратить контракцию газовой разряда как за счет малого времени взаимодействия частиц порошка с анодом, так и за счет большой площади образуемого катода.

Принципиальная схема установки приведена на рис. 2.

Как видно из рис. 2, установка

состоит из установленной вертикально рабочей камеры 1, в нижней части которой смонтированы решетка 2 с расположенным на ней порошком 3 и совместно образующие катод, а в верхней части расположен анод 4. Рабочая камера (материал рабочей камеры – кварц) установлена вертикально, катод расположен в ее нижней части и выполнен в виде мелкоячеистой решетки с расположенным на ней слоем электропроводного порошка. Анод 4 с учетом конкретного применения может быть выполнен как сплошным, так и в виде решетки. В случае сплошного анода между ним и стенками рабочей камеры оставляют канал для выхода газов. На решетку 2 и анод 4 подается напряжение от источника электропитания 5. Рабочий газ подается через штуцер подачи газа 6, расположенный в нижней части рабочей камеры 1. После обработки газ удаляется из рабочей камеры 1 через штуцер отвода газа 7, расположенный за анодом 4.

На основании схемы была изготовлена установка электротермического кипящего слоя. Общий вид установки представлен на рис. 3.

Установку изготавливали следующим образом. В нижней части полого кварцевого цилиндра 1 внутренним диаметром 29 мм впаивали основание катода, выполненное из нержавеющей стали, на котором была смонтирована решетка 2, изготовленная из ниобия. Решетка содержала 35×35 рядов отверстий размером 50×50 мкм. В верхней части цилиндра впаивали решетку 4 из ниобия, служащую анодом, с размером ячеек 1×1 мм. Размер ячеек этой решетки выбран с тем условием, чтобы через нее была возможность беспрепятственного заполнения рабочей камеры электропроводным порошком. Расстояние между верхней и нижней решетками составило 50 мм. Затем поверх решетки в верхней части цилиндра припаявали штуцер 6 отвода газа. Электрические выводы решеток выведены на внешнюю поверхность кварцевого цилиндра. Через штуцер отвода газа полученную рабочую камеру заполняли электропроводящим порошком 3 никеля мар-

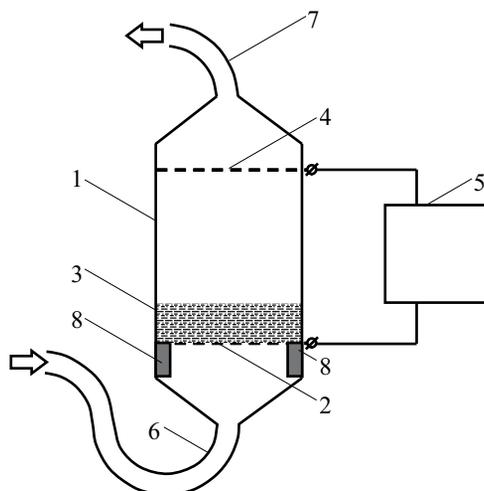


Рис. 2. Схема низкотемпературной установки электротермического кипящего слоя для получения плазмы тлеющего разряда: 1 – рабочая камера; 2 – решетка; 3 – порошок; 4 – анод; 5 – источник электропитания; 6 – штуцер подачи газа; 7 – штуцер отвода газа

ки ПНЭ ГОСТ 9722-79 на высоту слоя, равную 15 мм. Нижняя решетка со слоем порошка никеля и металлическим основанием при этом образовали катодный узел. К электрическим выводам решеток присоединены электроды источника 5 электропитания соответствующей полярности. Максимальное напряжение источника

питания составило 15000 В, максимальный ток 0,1 А.

Описание работы экспериментальной установки

Установка работает следующим образом. Решетка 2 присоединяется к отрицательному электроду источника электропитания,

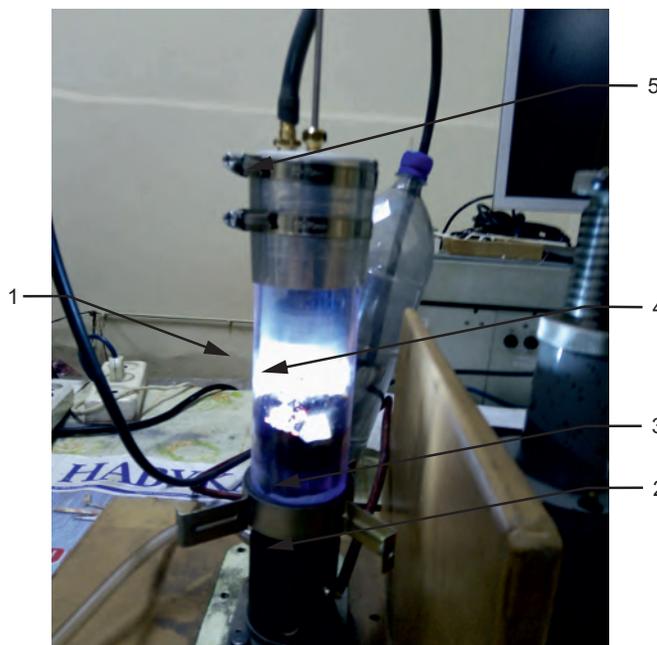


Рис. 3. Общий вид установки электротермического кипящего слоя: 1 – рабочая камера; 2 – решетка; 3 – порошок; 4 – анод; 5 – штуцер отвода газа

а анод 4 — к положительному. Включением источника электропитания на электроды подается рабочее напряжение, порошок 3 при этом заряжается отрицательно. Поскольку расстояние между решеткой 2 со слоем порошка 3 и анодом 4 в данный момент велико, ток через устройство не протекает. Затем в рабочую камеру 1 подается газ (газовая смесь). Под действием потока газа порошок 3 «закипает», расстояние между порошком 3, несущим отрицательный заряд, и анодом 4, заряженным положительно, значительно сокращается, и возникает электрический пробой, который ионизирует обрабатываемый газ. В следующий момент времени вследствие лавинной ионизации газа в межэлектродном пространстве рабочей камеры 1 загорается плазма (рис. 4).

Возникший разряд за счет наличия «кипящего слоя» приводит к последующей ионизации всего межэлектродного пространства и зажиганию плазмы. После этого напряжение на электродах падает до стационарного значения. Режим горения плазмы задается в соответствии с требованиями техпроцесса и регулируется расходом газа, напряжением между электродами и



Рис. 4. Общий вид плазмы тлеющего разряда

силой протекающего тока. После прохождения анода плазменный поток гаснет и через штуцер отвода газа 5 (рис. 3) выбрасывается в атмосферу (например, в случае дожигания выхлопных газов), либо подается в рабочую зону другого техпроцесса (например, при озонировании), либо собирается в специальную емкость для дальнейшего использования.

Были проведены две серии испытаний установки: с получением оксидов азота и разложением ароматических углеводородов.

В первом случае через входной штуцер с помощью компрессора подавали атмосферный воздух с расходом 1,5–10 л/мин. После образования «кипящего слоя» высотой от 30 до 48 мм для зажигания плазмы на электроды устройства подавали кратковременный импульс напряжением 12000 В и «подхватывающее» напряжение 1000 В. После этого добивались максимальной яркости горения плазмы, регулируя скорость подачи газа и силу тока, который составил 0,07 А. Потребляемая мощность, таким образом, составила 70 Вт. Объем светящейся области определяли на основании известного диаметра рабочей камеры (29 мм) и высоты плазменного столба (50 мм). Она составила ~ 33 см³, что на несколько порядков больше, чем в известных прототипах.

Конвертируемую газовую смесь с полученным оксидом азота NO далее подавали в отдельную кварцевую камеру для образования NO₂ и затем пропускали через барботер, помещенный в эталонный объем водного раствора гидроксида натрия с добавкой фенолфталеина в качестве индикатора pH. Скорость образования оксидов азота оценивали по времени обесцвечивания раствора (при взаимодействии оксидов азота с гидроксидом натрия образуется натриевая селитра, что приводит к обесцвечиванию малинового раствора щелочи). Время обесцвечивания эталонного объема раствора щелочи составило 0,5 минут при использовании заявляемого устройства и 2,5 часа при использовании прототипа. При этом потребляемая мощность прототипа составила 1000 Вт, т.е. в ~ 14 раз больше. Таким образом,

на образование одного и того же количества оксидов азота при использовании изготовленного устройства потребовалось менее 1 Вт·ч электроэнергии, а при использовании известных прототипов — более 2 кВт·ч.

В другом случае оценку эффективности устройства проводили при расщеплении ароматических углеводородов. В качестве электропроводного порошка использовали частицы оксида алюминия (корунда) размером 100–500 мкм, покрытые пленкой никеля с добавкой 5% рутения толщиной 0,05–0,10 мкм. Никель и, особенно, рутений являются катализаторами процесса крекинга, однако использование их в виде порошка экономически мало оправдано. Значительно дешевле использовать эти материалы в качестве покрытий на дешевом носителе, в частности, на корунде. При этом низкая плотность корунда позволяет использовать более широкий интервал скоростей подачи газов по сравнению с использованием сплавов никеля. Эффективность устройства определяли по объему конвертируемого газа и расходуемой мощности. В данном случае скорость конверсии составила 8,5 л/мин при мощности 70 Вт, а при использовании прототипа — 1,3 л/мин при мощности 600 Вт.

Таким образом, заявляемое техническое решение по сравнению с прототипами позволяет существенно повысить эффективность работы устройства за счет увеличения объема генерируемой плазмы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гельперин, Н. И. Основы техники псевдооживления / Н. И. Гельперин [и др.]. — М.: Химия, 1967. — 664 с.
2. Баскаков, А. П. Котлы и топки с кипящим слоем / А. П. Баскаков, В. В. Мащев, И. В. Распопов. — М.: Энергоатомиздат, 1995. — 349 с.
3. Gupta, S. K. Fluid bed technology in materials processing / S. K. Gupta, D. Sathiyamoorthy. — Boca Raton: CRC Press, — 1999. — 512 p.
4. Волочко, А. Т. Мониторинг применения огнеупорных материалов на предприятиях республики Беларусь / А. Т. Волочко [и др.] // Литье и металлургия. — 2011. — № 4. — С. 53–59.

Статья поступила в редакцию
23.03.2020

4D ПЕЧАТЬ: ПЕРСПЕКТИВЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Артем Артурович Шегидевич – кандидат технических наук, ректор учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
sh.a.bгаа@tut.by

Александр Федорович Заико – кандидат технических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
azaiko@tut.by

Сергей Олегович Стойко – магистр технических наук, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
sergey_14_95@mail.ru

Елизавета Александровна Суринович – курсант учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
elizaveta.surinovich@mail.ru

Аннотация: благодаря использованию технологии под названием 3D-печать или аддитивное производство стало возможным очень быстро создавать любой физический объект. Аддитивные технологии используются в первую очередь для разработки и изготовления продуктов со сложной геометрией. Именно поэтому они все более востребованы в авиастроении, где критически важно снижение массы деталей. Заменяя цельнометаллические элементы летательных аппаратов на детали сложной формы с внутренними полостями, можно существенно уменьшить их массу, сохранив прочность и другие функциональные характеристики. Технология 4D-печати основана на принципах 3D-печати, принимая во внимание еще одно, четвертое измерение: время. Детали, изготовленные при помощи четырехмерной печати, будут выполнены и настроены таким образом, чтобы изменять свою форму с течением времени, или даже реагировать на внешние раздражители. Эти функции должны будут включаться в работу без внедрения в детали какой-либо электроники, стандартных машинных приводов или громоздких батарей.

Ключевые слова: аддитивное производство, 3D печать, 4D печать, материалы с изменением формы (SCM), материалы с памятью формы (SMM), эффект изменения формы (SCE), сплавы с памятью формы (SMA), полимеры с памятью формы (SMP), гели с памятью формы (SMG), керамика с памятью формы (SMC), гибридные материалы с памятью формы (SMH).

Четырехмерная (4D) печать – это термин, который недавно был введен для описания интеграции технологий 3D-печати и активных материалов для реализации печатных компонентов, которые могут менять свою конфигурацию посредством воздействия окружающей среды, например температуры или влаги. Современные исследования привели к радикальному сдвигу в аддитив-

ном производстве (АП) в направлении 4D-печати [1]. Преобразование обусловлено свойствами отвечающих на воздействие материалов, которые могут реагировать на колебания внешней среды и генерировать реакцию на изменение геометрии (рис. 1).

Концепция 4D-печати опирается преимущественно на пять факторов, которые представлены ниже (рис. 2). Использование про-

цессов АП позволяет создавать объекты произвольной формы непосредственно из цифровой информации без необходимости в промежуточных формующих инструментах.

Большинство процессов АП поддерживают печать 4D, если выбран материал, реагирующий на факторы, поддерживается или совместим с принтером. Для печати одного материала требуется

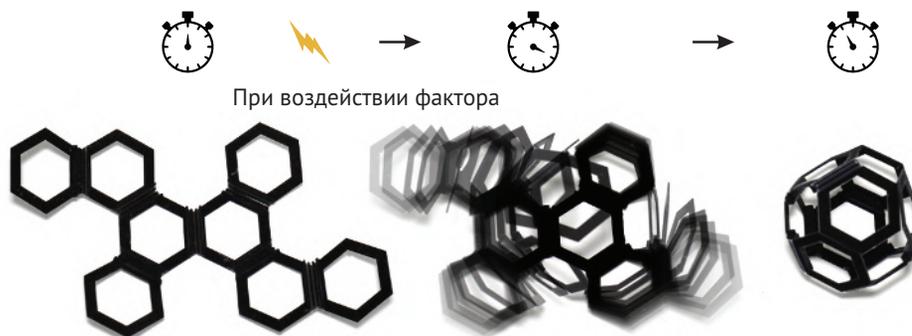


Рис. 1. 4D печатный самораскрывающийся усеченный октаэдр, демонстрирующий «трансформацию во времени» при погружении в воду [1]

3D-принтер, способный печатать несколько материалов, чтобы объединить два или более материала для получения гетерогенной композиции [2].

4D процесс печати в основном требует сочетания нескольких материалов и однократного процесса печати. Различия в свойствах материалов, обеспечат желаемое поведение при изменении формы. Вот почему 3D-печать является одной из потребностей процесса 4D печати. В настоящее время применяемые методы 4D печати включают прямое отверждение, моделирование расплавленного осаждения, стереолитографию, селективное лазерное плавление [3, 4].

Типы влияющих факторов могут быть разделены на физические, химические и биологические. Физическими являются температура, влажность, свет, ультрафиолетовый свет, магнитная энергия и электричество. Химические включают окислители и восстановители и основаны на ионной силе и значении pH, тогда как биологические могут быть вещества, такие как глюкоза и ферменты. Большинство экспери-

ментальных исследований было сосредоточено на использовании воды, тепла, комбинации тепла и воды, а также комбинации тепла и света [5].

В соответствии с изменением физических свойств, таких как форма, материалы можно разделить на два основных класса: *материалы с изменением формы* (SCM – Shape-changing Materials) и *материалы с памятью формы* (SMM – Shape Memory Materials). Изменяющие форму материалы – это материалы, которые обладают свойствами, вызванными факторами, известные как эффект изменения формы (SCE – Shape-changing Effect). Они деформируются в ответ на воздействующие факторы и могут вернуться к своей постоянной форме, когда факторы удалены. Чжоу [6] объяснил, что тип преобразования обычно ограничивается простыми аффинными изменениями, такими как линейное расширение объема (растяжение) или сокращение (сжатие). Однородное расширение или сжатие во всех направлениях не приводит к изменению геометрии. Напротив, неоднородное расширение или сжа-

тие приведет к индуцированной топографии поверхности, такой как изгиб. Материалы с памятью формы способны восстанавливать свою первоначальную форму из деформированной формы при воздействии определенных факторов, и это известно, как эффект памяти формы (SME) [7].

Материалы с памятью формы (SMM – Shape Memory Materials) включают сплавы с памятью формы (SMA – Shape Memory Alloys), полимеры с памятью формы (SMP – Shape Memory Polymers), гели с памятью формы (SMG – Shape Memory Gels), керамику с памятью формы (SMC – Shape Memory Ceramics) и другие гибридные материалы с памятью формы (SMH – Shape Memory Hybrid) [8].

SMA: эти материалы демонстрируют эффект памяти формы на основе мартенситного перехода. Для интерметаллидов Ni-Ti с составом, близким к эвтектическому, характерен переход от кубической (аустенитной фазы) к моноклинной (мартенситной) фазе при комнатной температуре. Такие превращения обычно происходят в сплавах при высоких напряжениях, но в результате наличия



Рис. 2. Концепция 4D печати

эффекта памяти или суперэластичности превращения могут происходить и при низких напряжениях. Аустенитные Ni-Ti сплавы проявляют суперэластичное поведение при механических нагрузках и растяжении (8%), вызванное мартенситным превращением. При разгрузке мартенсит становится нестабильным и переходит в аустенит с компенсацией всех макроскопических напряжений [9].

Мартенситное превращение — полиморфное превращение, при котором изменение взаимного расположения составляющих кристалл атомов происходит путем их упорядоченного перемещения, причем относительные смещения соседних атомов малы по сравнению с междоатомным расстоянием. Перестройка кристаллической решетки в микрообластях обычно сводится к деформации ее ячейки, и конечная фаза мартенситного превращения — однородно деформированная исходная фаза. Величина деформации мала (~1–10%), и, соответственно, мал по сравнению с энергией связи в кристалле энергетический барьер, препятствующий однородному переходу исходной фазы в конечную (рис. 3) [10].

SMP: к полимерным материалам с памятью формы (SMP) относится широкий класс аморфно-кристаллических и аморфных полимеров. Свойственные им механизмы памяти формы существенно отличаются от наблюдаемых в керамике и металлах. Они определяются высокомолекулярным строением материала и связаны, в основном, с фазовым (кристаллизация, плавление) или релаксационными (стеклование) переходами. Восстановление формы происходит в управляемом режиме при воздействии различных внешних факторов. Наиболее часто в качестве такого внешнего фактора используется тепло, однако существуют и альтернативные способы запуска восстановительных механизмов — электрический ток, магнитные поля, различные излучения и тому подобное. Кроме того, SMP, в отличие от металлов и керамик, испытывают более низкие напряжения при деформировании и могут сохранять значительные восстанавливаемые деформации. Такие

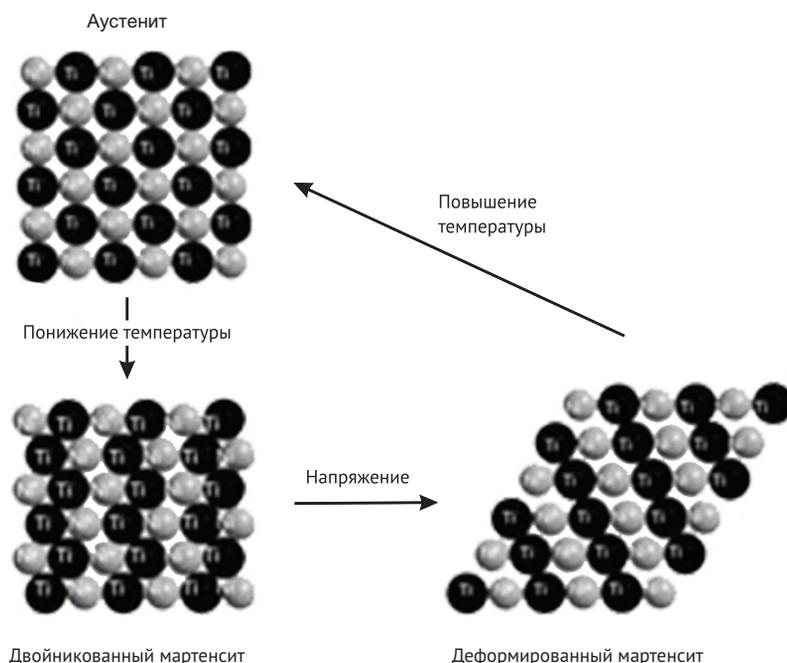


Рис. 3. Эффект памяти на основе мартенситного перехода [9]

материалы находят широкое применение в медицинском оборудовании, микроэлектронике, космической индустрии и некоторых других отраслях техники [11].

SMC: керамика проявляет мартенситное превращение, но разрушается из-за растрескивания при низких напряжениях и после нескольких примененных циклов деформации. Для подавления разрушения следует модифицировать свойства хрупкой мартенситной керамики, а именно, обеспечить мелкомасштабную структуру с небольшим количеством кристаллических зерен. Такая олигокристаллическая пространственная структура уменьшает внутреннее напряжение во время мартенситного превращения и приводит к образованию прочной формы, позволяющей использовать SMC во многих суперэластичных циклах вплоть до

больших деформаций [12].

SMG: в последние годы исследователи сосредоточились на геле с памятью формы (SMG), и он рассматривается как один из самых многообещающих новых материалов, которые могут удовлетворить будущий спрос как «умный» материал [13]. SMG может запомнить свою первоначальную форму, которая происходит во время процесса гелеобразования, и это явление называется свойством восстановления формы. SMG становится мягким и эластичным, если его нагреть при температуре выше критической, где он меняет свое состояние фазы [14]. После деформации этот гель может восстановить свою первоначальную форму при нагревании при температуре выше критической.

SMH: гибрид памяти формы (SMH) был разработан для

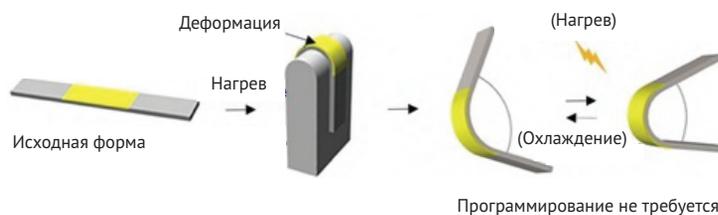


Рис. 4. Двусторонний эффект памяти формы [13]

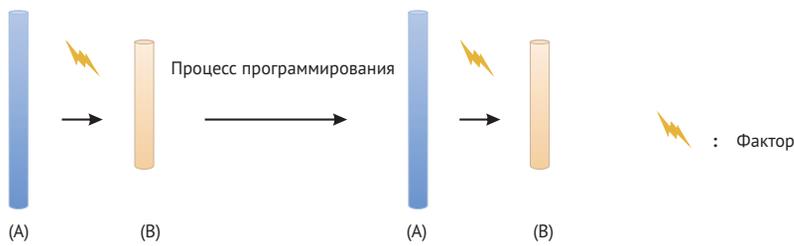


Рис. 5. Односторонний эффект памяти формы [13]

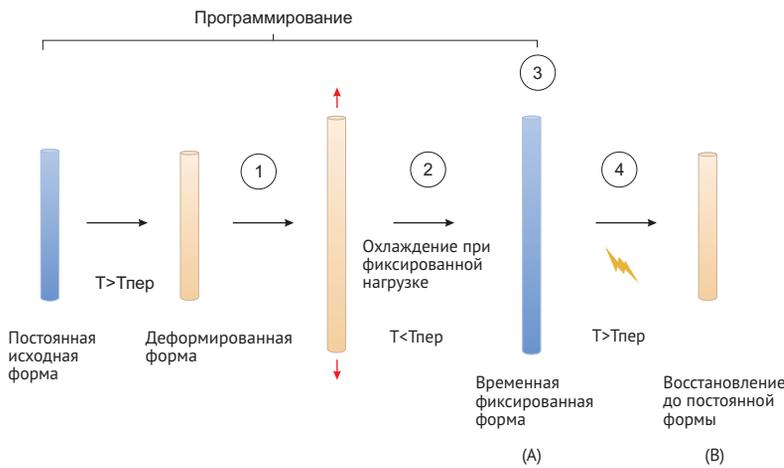


Рис. 6. Процесс перепрограммирования для одностороннего эффекта памяти формы [13]

удовлетворения потребностей конкретных инженерных приложений. Материал SMH обычно состоит как минимум из двух компонентов, один из которых является упругим, а другой — переходным. В этой комбинации кластический компонент сохраняет программирующую энергию после программирования, в то время как переходный компо-

нент способен размягчаться при нагревании до температуры выше температуры перехода и затем в значительной степени сохраняет деформированную форму после охлаждения для затвердевания. При нагревании для повторного смягчения переходной компоненты запас упругой энергии, накопленной в упругом компоненте, высвобождается, что обеспечива-

ет движущую силу для восстановления формы гибрида [15].

SMM требуют двух процессов для формирования полного цикла памяти формы. Первым шагом является деформация материала во временную форму посредством «процесса программирования» (рис. 4), за которым следует «процесс восстановления формы». SMM будут оставаться постоянными во временной форме, пока не будет применен правильный оптимальный фактор, чтобы запустить процесс восстановления формы. Скорость изменения формы от временной формы зависит от скорости реакции материал и физическое оформление геометрической части. Эластичность сети SMM определяет «память» одной или нескольких фигур [16].

SMP с двухсторонним эффектом памяти формы обладает способностью запоминать две разные формы при воздействии раздражителей. Материал может измениться от временной формы до ее постоянной формы (рис. 4), и изменение является обратимым.

Большинство SMP имеют односторонний эффект памяти формы, который необратим. Когда применяется внешний фактор, деформационная (временная) форма приобретает постоянную форму. Этап программирования (рис. 5) необходим для возврата объекта во временную форму.

Рис. 4 описывает процесс одностороннего эффекта памяти формы, когда SMP изменяется от своей временной формы (A) обратно к постоянной первоначальной форме (B) под воздействием стимула. В процессе программи-

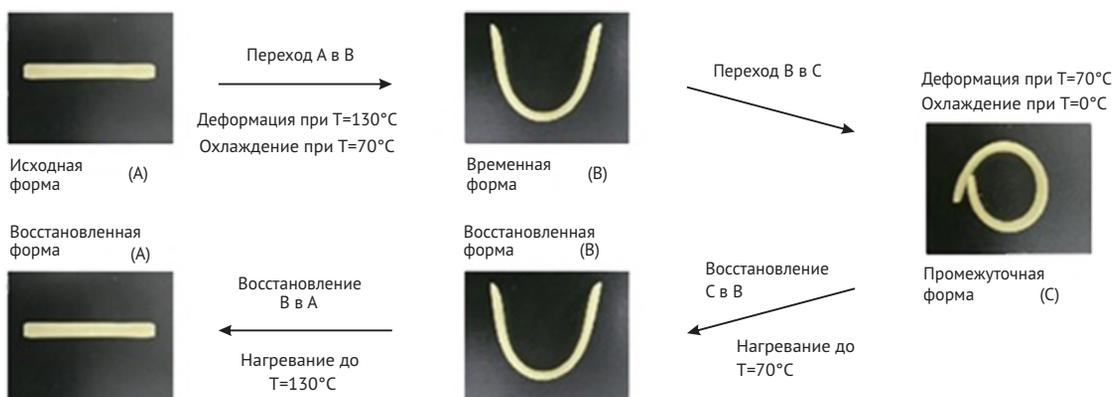


Рис. 7. Трехсторонний эффект памяти формы [17]

рования SMP сначала нагревают выше температуры перехода, чтобы смягчить материал, так что сила деформации (например, нагрузка) может быть приложена к исходной форме. Предварительно сформированная форма охлаждается под нагрузкой до фиксированной временной формы. Когда незагруженная фиксированная временная форма подвергается воздействию фактора, в этом случае происходит нагревание, первоначальная форма (В) восстанавливается (рис. 6).

Основное различие между односторонним и трехсторонним эффектом памяти формы состоит в том, что трехсторонний эффект памяти формы имеет одну промежуточную форму между его исходной и временной формами. Если имеется более одной промежуточной формы, то это также называют «эффектом множественной памяти формы», достигаемым путем сочетания нескольких двусторонних полимеров с памятью формы с различными температурами стеклования или путем нагревания запрограммированного полимера с памятью формы сначала выше температуры стеклования, а затем выше температуры плавления переходного сегмента. Эффект трехсторонней памяти формы показан на рис. 7, где есть две разные температуры теплового перехода [17].

Материал с двойным SME способен достигать одной постоян-

ной формы и одной временной формы, тогда как материал с тройным SME может достигать одной постоянной формы и двух временных форм. Механизм двойной формы достигается путем объединения двух компонентов в виде жестких и мягких сегментов в одной матрице.

Двумя существенными факторами, которые определяют эффект памяти формы SMM, являются скорость восстановления деформации (R_r) и скорость фиксации деформации (R_f). Скорость восстановления деформации относится к способности материала запоминать свою постоянную форму, тогда как скорость деформации относится к способности переключаться сегментов в пределах механической деформации. И R_r и R_f должны составлять до 100%, чтобы быть измеренными как эффективный SMP. Расчет степени восстановления и фиксации деформации состоит из:

$$R_r = \frac{100\% \times (\epsilon - \epsilon_{rec})}{\epsilon}$$

$$R_f = \frac{100\% \times \epsilon}{\epsilon_{load}}$$

где:

ϵ — постоянная деформация после охлаждения и выгрузки;

ϵ_{rec} — напряжение после восстановления;

ϵ_{load} — максимальная деформа-

ция под нагрузкой [18].

В некоторых ситуациях невозможно получить 4D-структуру с желаемыми формами из-за того, что воздействующий фактор не применяется в определенной последовательности в течение определенного промежутка времени. Например, одним из основных механизмов взаимодействия может быть ограниченная термомеханика. В этом механизме материал обладает эффектом памяти формы, а температура используется в качестве воздействующего фактора. Кроме того, этот механизм состоит из четырех этапов, которые представляют собой деформацию конструкции под действием внешней нагрузки при высокой температуре, понижение температуры при сохранении внешней нагрузки, разгрузку конструкции при низкой температуре с целью достижения желаемой формы и, наконец, восстановления исходного состояния формы путем нагрева структуры.

В 4D печати математическая модель необходима для выявления распределения материала в структуре, достижения правильного конечного продукта с формой и свойством, а также для установления связи между воздействующим фактором и свойствами материала [19].

После объяснения основ 4D печати, таких как процесс АП, виды воздействующих факторов, используемые материалы, меха-

Таблица. Сравнительная характеристика 4D и 3D печати

| Характеристика | 3D печать | 4D печать |
|--------------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Процесс | 3D-печать повторяет 2D-структуру слой за слоем снизу вверх | 4D печать является продолжением 3D печати |
| Используемый материал | термопласты, керамика, металлы, биоматериалы или наноматериалы | умный, многокомпонентный и самосборный материал для создания объекта, который меняет свою форму после изготовления |
| Гибкость | характеризуется жесткостью | обладает гибкостью |
| Процесс программирования | не используются какие-либо программируемые и современные материалы | используются программируемые и современные материалы, которые могут обеспечить различные функции |
| Применение | аэрокосмическая отрасль, машиностроение, строительство, судостроение, медицина и фармакология, сельскохозяйственная промышленность | изменяемая конфигурация для всех применений 3D печати |

низм взаимодействия и математическое моделирование, ниже приведена сравнительная Таблица с основными характеристиками 4D и 3D печати [20].

На основании вышеизложенного следует сделать выводы о перспективе использования 4D печати в авиационной промышленности, а именно что касается материалов с памятью формы, существует настоятельная необходимость в разработке методик их включения в авиационное применение, чтобы обеспечить гарантии различного качества. 4D-печать имеет существенные преимущества при непосредственном изготовлении сложных трехмерных деталей. Здесь наиболее важным моментом является то, что изготовление менее сложного мелко-размерного объекта позволило бы получить легкие, быстро изготавливаемые компоненты с более низкими производственными затратами. Кроме того, было бы перспективным хранение и транспортировка компонентов меньшего размера. Однако современные технологии сталкиваются с некоторыми ограничениями в применении 4D печати из-за неудовлетворенных свойств отдельных материалов или комбинаций материалов. Наличие различных авиационных конструкций делает необходимым разработку новых методик их совершенствования. Наконец, рациональным будет являться внедрение новейших технологических инноваций АП, чтобы удовлетворить растущие потребности авиационной промышленности в производстве более крупных и сложных деталей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kuan, X. Advances in 4D Printing: Materials and Applications [Электронный ресурс] / X. Kuan, D. Roach, J. Wu, M. Craig, Z. Ding // *Advanced Functional Materials*. – Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adfm.201805290>. – Дата доступа: 04.04.2020.
2. Bona, G. 4D printing using anisotropic thermal deformation of 3D-printed thermoplastic parts [Электронный ресурс] / G. Bona, P. Chai-hui, H. Keun // *Materials&Design*. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264127520300186>. – Дата доступа: 14.04.2020.
3. Siddharth, J. 4D printing of materials for the future: Opportunities and challenges [Электронный ресурс] / J. Siddharth, R. Krishna, C. Karunakaran, R.Vasudevan // *Applied Materials Today*. – Режим доступа: <https://www.elsevier.com/locate/amat>. – Дата доступа: 12.04.2020.
4. Куксенко, О. В. Стимулируемое поведение факторов, в которых термочувствительные гели интегрированы с фоточувствительными волокнами / О. В. Куксенко, А. С. Балаз // *MaterHoriz*. – 2016. – №3. – С. 53–62.
5. Hazrat, A. 4D printing: a critical review of current developments, and future prospects / A. Hazrat, A. Abilgazyev // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2019. – Vol. 105. – P. 701–717.
6. Чжоу, Ж. Обратимое изменение формы в полимерных материалах / Ж. Чжоу, С. С. Шейко // *JPolymSciPartBPolymerPhys*. – 2016. – № 54. – С. 1365–1380.
7. Ming-You, S. Evaluation of materials for 4D printing of shape memory polymers and composites // S. Ming-You, H. Shen, S. Dyah, A. Kai-Xing Lee, S. Lin // *Polymers (Basel)*. – 2020. – Vol. 11. – P. 1864.
8. Jing-Jun, W. 4D Printing: History and Recent Progress [Электронный ресурс] / W. Jing-Jun, H. Li-Mei, Z. Qian // *Chinese Journal of Polymer Science*. – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10118-018-2089-8>. – Дата доступа: 08.04.2020.
9. Yanshuang, H. Strain glass in Ti50-xNi35+xCu15 shape memory alloys [Электронный ресурс] / H. Yanshuang, J. Yuanchao, Z. Zhao, Y. Mengye, L. Chang // *Scripta Materialia*. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359646219302398>. – Дата доступа: 07.04.2020.
10. Canadinc, D. Ultra-high temperature multi-component shape memory alloys [Электронный ресурс] / D. Canadinc, W. Trehern, Ji Ma, I. Karaman, F. Sun, Z. Chaudhry // *Scripta Materialia*. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359646218304950>. – Дата доступа: 10.04.2020.
11. Lendlein, A. Reprogrammable recovery and actuation behaviour of shape-memory polymers / A. Lendlein, O. Gould // *Nature Reviews Materials*. – 2019. – Vol. 4. – P. 116–133.
12. Alan, L. Shape Memory and Superelastic Ceramics [Электронный ресурс] / L. Alan, D. Zehui, G. Chee Lip, A. Christopher // *Science*. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/257136244_Shape_Memory_and_Superelastic_Ceramics_at_Small_Scales. – Дата доступа: 11.04.2020.
13. Wang, K. Multiple and two-way reversible shape memory polymers: Design strategies and applications [Электронный ресурс] / K. Wang, Y. Jia, C. Zhao, X. Zhu // *Progress in Materials Science*. – Режим доступа: <https://www.x-mol.com/paper/5701387?adv>. – Дата доступа: 13.04.2020.
14. Shang, J. Trends in polymeric shape memory hydrogels and hydrogel actuators / J. Shang, X. Le, J. Zhang, T. Chen, P. Theato // *Polymer Chemistry*. – 2019. – Vol. 10. – P. 1036–1055.
15. Zhang, Y. Elastin-Based Thermoresponsive Shape-Memory Hydrogels [Электронный ресурс] / Y. Zhang, S. Malav, T. Wang, L. Seung-Wuk // *Biomacromolecules*. – Режим доступа: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.biomac.9b01541>. – Дата доступа: 15.04.2020.
16. Engineering Conference International «Colloidal, Macromolecular & Biological Gels Formulation, Properties & Applications», Cork, 21-24 July 2019 / Istanbul Technical University; ed.: O. Okay. – Turkey: Istanbul Technical University, 2019. – 198 p.
17. Bodaghi, M. 4D printed tunable mechanical metamaterials with shape memory operations [Электронный ресурс] / M. Bodaghi, W. Liao // *Smart Materials and Structures*. – Режим доступа: <https://pubs.acs.org>. – Дата доступа: 18.04.2020.
18. Piedade, A. 4D Printing: The Shape-Morphing in Additive Manufacturing [Электронный ресурс] / A. Piedade // *Journal of Functional Biomaterials*. – Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30678219/?utm_source=gquery&utm_medium=referral&utm_campaign=CitationSensor. – Дата доступа: 19.04.2020.
19. Rastogi, P. Breakthrough in the printing tactics for stimuli-responsive materials: 4D printing [Электронный ресурс] / P. Rastogi, B. Kandasubramanian // *Chemical Engineering Journal*. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S138589471930316X>. – Дата доступа: 20.04.2020.
20. Mitchel, U. Additive manufacturing – A review of 4D printing and future applications [Электронный ресурс] / U. Mitchel, M. Lafont, H. Holyńska // *Additive manufacturing*. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/328574415_Additive_Manufacturing_-_A_Review_of_4D_Printing_and_Future_Applications. – Дата доступа: 17.04.2020.

Статья поступила в редакцию
24.04.2020

О РЕШЕНИИ ОДНОЙ КВАЗИСТАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ НАСЛЕДСТВЕННО-ДЕФОРМИРУЕ- МОГО ЦИЛИНДРА ИЗ ВЯЗКО-УПРУГОГО МАТЕРИАЛА

Дамин Нажмиддинович Шамсиев – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Высшая математика» высшего образовательного учреждения «Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова», Республика Узбекистан
shamsiyev_1965@mail.ru

Аннотация: в работе рассматривается квазистатическая задача полого цилиндра скрепленного снаружи тонкостенной оболочкой. Исследована задача о действии внутреннего давления на напряженно деформированное состояние цилиндра, когда материал цилиндра состоит из вязко-упругого материала. В случае, когда материал цилиндра является нелинейной средой рассмотрены два случая. Для цилиндра с переменной внутренней границей выведены линейные и нелинейные интегральные уравнения. Приведена методика численного решения задачи в линейном случае. С помощью решения линейного случая построен алгоритм нахождения решения нелинейного случая. Получены формулы нахождения кольцевого и радиального напряжения и деформации. Проведен анализ влияния параметров на напряжение и деформацию.

Ключевые слова: квазистатический, полый цилиндр, оболочка, вязко-упругий, наследственно-деформируемый, напряжение, деформация, слабо-сингулярный.

Ракетный двигатель на твердом топливе представляет собой твердый заряд скрепленный снаружи тонкостенной оболочкой [1-3]. Поэтому жестко скрепленный заряд может рассматриваться как толстостенный полый круговой цилиндр скрепленный снаружи тонкой цилиндрической оболочкой. В таких цилиндрах при действии внутреннего давления возникают плоские деформации. В данной работе предлагается эффективный численный метод расчета напряженно деформированного состояния цилиндра скрепленного снаружи тонкостенной упругой оболочкой.

Материал цилиндра считаем обладающим вязко-упругими свойствами. Внутренний радиус цилиндра будем считать как за-

данная функция времени $a(t)$, и на внутреннюю поверхность приложено меняющееся со временем давление $p(t)$. Предположим, что труба и оболочка находятся в условиях плоской деформации и материал трубы несжимаем (рис. 1).

Если радиальное перемещение есть $u(r;t)$, то вследствие не сжимаемости и равенства нулю осевой деформации, имеем

$$\varepsilon_r + \varepsilon_\theta = \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} = 0$$

Отсюда следует, что $u = \frac{c(t)}{r}$, и $\varepsilon_\theta = -\varepsilon_r = -\frac{c(t)}{r^2}$ [4]. Связь между напряжением и деформацией запишем в виде [5]

$$\sigma_r - \sigma_\theta - (\varepsilon_r - \varepsilon_\theta)\varphi(\varepsilon_r) - \int_0^t R(t-\tau)(\varepsilon_r - \varepsilon_\theta)\varphi(\varepsilon_r)d\tau \quad (1)$$

здесь $R(t-\tau)$ – слабо сингулярное ядро наследственности типа Абеля; ε – интенсивность деформации [6]

$$\varepsilon_r = \frac{2}{3} \sqrt{\varepsilon_r^2 + \varepsilon_\theta^2} - \varepsilon_r \varepsilon_\theta = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{c(t)}{r^2} \quad (2)$$

Функция $\varphi(\varepsilon_r)$ входящая в соотношение (1), характеризует степенно

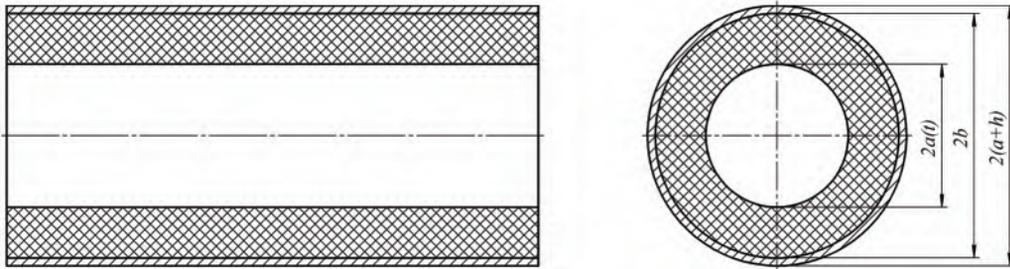


Рис. 1. Модель ракетного двигателя на твердом топливе:
 b – наружный радиус цилиндра, h – толщина оболочки

физическую нелинейность среды. В области линейности среды, $\varphi(\varepsilon_u) = 2G = \frac{E}{1+\nu}$ а в случае нелинейности рассмотрим два случая:

1) Согласно работе [4], принимаем

$$\varphi(\varepsilon_u) = B\varepsilon_u^\beta \quad (3)$$

где $B=2G$ при $\beta=0$.
 Тогда

$$\sigma_\theta - \sigma_r = C_\beta(t)r^{2(1+\beta)} \quad (4)$$

Здесь введено обозначение

$$C_\beta(t) = 2B \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \right)^{\beta} \left[C^{1+\beta}(t) \int_0^r R(t-\tau) C^{1+\beta}(\tau) d\tau \right] \quad (5)$$

2) Во втором случае, следуя работе [5, 7], принимаем:

$$\varphi(\varepsilon_u) = \frac{E}{1+\nu} - \alpha_1 E \varepsilon_u^2 \quad (6)$$

Тогда

$$\sigma_\theta - \sigma_r = \frac{2}{r^2} \cdot \frac{E}{1+\nu} (1-R^*)C(t) - \frac{8}{3r^6} E\alpha_1(1-R^*)C^3(t) \quad (7)$$

где α_1 – коэффициент физической нелинейности; E и ν – модуль упругости и коэффициент Пуассона материала цилиндра, R^* – интегральный оператор со слабо сингулярным ядром типа Абеля.

Далее, исходя из соотношений (4) и (7) сформулируем квазистатическую постановку задачи.

Запишем уравнение равновесия

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0 \quad (8)$$

и граничные условия

$$\sigma_r(a(t), t) = -p(t), \quad \sigma_r(b, t) = -q(t) \quad (9)$$

здесь E_+ и ν_+ – упругие постоянные материала оболочки, $q(t)$ – контактное давление. Для определения контактного давления используем условие сопряжения $u(b) = u_+$, где u_+ – радиальное перемещение оболочки. Тогда, для оболочки имеем

$$\sigma_\theta(1-\nu_+) = \frac{E_+}{1+\nu_+} \varepsilon_\theta^* - \frac{c(t)}{b} - b \cdot \varepsilon_\theta^* \cdot \sigma_\theta^* - q(t) \frac{b}{h} \quad \text{или} \quad \frac{c(t)}{b} = \frac{b^3}{h} \frac{1-\nu_+^2}{E_+} \cdot q(t)$$

Подставим (4) в дифференциальное уравнение (8) и определим

$$\sigma_r = C_1(t) - \frac{C_\beta(t)}{2(\beta+1)} r^{-2(\beta+1)} \quad (10)$$

Удовлетворяя эту функцию граничным условиям (9), получим два уравнения относительно $C_1(t)$ и $C_\beta(t)$:

$$\left. \begin{aligned} -p(t) &= C_1(t) - \frac{C_\beta(t)}{2(\beta+1)a^{2(\beta+1)}(t)} \\ \frac{C(t)E_*h}{b^3(1-\nu_*^2)} &= -C_1(t) + \frac{C_\beta(t)}{2(\beta+1)b^{2(\beta+1)}} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Исключим отсюда $C_1(t)$ и учтем соотношение (5)

$$p(t) - \frac{C(t)E_*h}{b^3(1-\nu_*^2)} = \left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^\beta \frac{B}{1+\beta} \left(\frac{1}{a^{2(1+\beta)}(t)} - \frac{1}{b^{2(1+\beta)}}\right) (1-R^*)C^{1+\beta}(t) \quad (12)$$

Таким образом мы получили слабо- сингулярное нелинейное интегральное уравнение для определения функций $C(t)$. При $\beta=0$ и $B=2G$ из (11) получим линейное уравнение

$$\left[\frac{C(t)E_*h}{b^3(1-\nu_*^2)} + \frac{2G(b^2 - a^2(t))}{a^2(t)b^2} \right] C(t) - \frac{2G(b^2 - a^2(t))}{a^2(t)b^2} \int_0^t R(t-\tau)C(\tau)d\tau = p(t)$$

или

$$K(t)C(t) - \psi(t) \int_0^t R(t-\tau)C(\tau)d\tau = p(t) \quad (13)$$

где $K(t) = \frac{E_*h}{b^3(1-\nu_*^2)} + \psi(t)$, $\psi(t) = \frac{2G(b^2 - a^2(t))}{a^2(t)b^2}$

В дальнейшем, в качестве ядра релаксации $R(t-\tau)$ принимаем

$$R(t-\tau) = \varepsilon e^{-\beta(t-\tau)} (t-\tau)^{\alpha-1} \quad \varepsilon > 0, \beta > 0, 0 < \alpha < 1 \quad (14)$$

Методика численного решения

Решение уравнения (12), как в работе [4], можно искать методом последовательных приближений. За нулевое приближение принимается решение уравнения (13) для линейной среды. В этом случае, первое приближение будет выражаться формулой

$$\frac{C_1(t)E_*h}{b^3(1-\nu_*^2)} = p(t) - \left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^\beta \frac{B}{1+\beta} \left(\frac{1}{a^{2(1+\beta)}(t)} - \frac{1}{b^{2(1+\beta)}}\right) (1-R^*)C_0^{1+\beta}(t) \quad (15)$$

А любое k -е приближение

$$\frac{C_k(t)E_*h}{b^3(1-\nu_*^2)} = p(t) - \left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^\beta \frac{B}{1+\beta} \left(\frac{1}{a^{2(1+\beta)}(t)} - \frac{1}{b^{2(1+\beta)}}\right) (1-R^*)C_{k-1}^{1+\beta}(t) \quad (16)$$

В работе [4] решение интегрального уравнения (13) осуществляется методом последовательных приближений. В исключительных случаях этот метод позволяет построить замкнутое приближённо-аналитическое решение. Однако, в общем случае, реализация алгоритма, представляет значительные трудности, связанные с вычислением итерированных ядер с возрастающей кратностью [8]. Поэтому для решения уравнения (13) применим другой более эффективный метод [9, 10].

Заметим, что интеграл в (13) имеет слабую особенность, поэтому он сходящийся. Предварительно приводим метод вычисления таких интегралов. Рассмотрим интеграл

$$\int_{t_{k-1}}^{t_k} A e^{-\beta(t_i-\tau)} (t_i-\tau)^{\alpha-1} C(\tau) d\tau$$

и в этом интеграле произведем замену $t_i - \tau = q^\alpha$, $\tau = t_i - q^\alpha$, $d\tau = -\frac{1}{\alpha} q^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}$, $(t_i - \tau)^{\alpha-1} = q^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}$, где $t_i = i\Delta t$, $i=1,2,\dots$, $k=1,2,\dots,i-1$.

Тогда

$$\int_{t_{k-1}}^{t_k} A e^{-\beta(t_i-\tau)} (t_i-\tau)^{\alpha-1} C(\tau) d\tau = -\frac{A}{\alpha} \int_{(t_i-t_{k-1})^\alpha}^{(t_i-t_k)^\alpha} e^{-\beta q^\alpha} C(t_i - q^\alpha) dq$$

Последний интеграл вычислим по формулам трапеций. Тогда с точностью $O(t^2)$ имеем:

$$\int_{t_{k-1}}^{t_k} A e^{-\beta(t-\tau)} (t-\tau)^{\alpha-1} C(\tau) d\tau = \frac{A}{\alpha} \cdot \frac{\Delta t^\alpha}{2} \left[(i-k)^\alpha - (i-k+1)^\alpha \right] \left[e^{-\beta(t-t_k)} C(t) - e^{-\beta(t_{i-1}-t_k)} C(t_{i-1}) \right]$$

Складываем все интегралы по k и перегруппируем, тогда:

$$\int_0^t R(t-\tau) C(\tau) d\tau = \frac{A}{\alpha} \sum_{k=1}^i D_k e^{-\beta t_k} C_{i-k}$$

где $C_k = C(t_k)$, $D_0 = \frac{\Delta t^\alpha}{2}$, $D_k = \frac{\Delta t^\alpha}{2} \left[(k+1)^\alpha - (k-1)^\alpha \right]$, $k = \overline{1, i-1}$, $D_i = \frac{\Delta t^\alpha}{2} \left[i^\alpha - (i-1)^\alpha \right]$

В этом случае из (13) имеем

$$K_n C_{s(n)} + \psi_n \frac{A}{\alpha} \sum_{k=0}^n D_k e^{-\beta t_k} C_{s(n-k)} - p_n$$

Откуда

$$C_{s(n)} = \frac{1}{\left(K_n + \frac{A}{\alpha} \psi_n D_0 \right)} \left[p_n - \psi_n \frac{A}{\alpha} \sum_{i=1}^n D_i e^{-\beta t_i} C_{s(n-k)} \right] \quad (17)$$

здесь $K(t_n) = K_n$, $\psi(t_n) = \psi_n$, $p(t_n) = p_n$

Тогда формулы последовательных приближений (15) и (16) соответственно принимают вид

$$\frac{C_{(l)(n)} E_* h}{b^3 (1-\nu_*^2)} = p_n - \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \right)^\beta \frac{B}{1+\beta} \left(\frac{1}{a_n^{2(1+\beta)}} - \frac{1}{b^{2(1+\beta)}} \right) \left[C_{s(n)}^{1+\beta} - \frac{A}{\alpha} \sum_{i=0}^n D_i e^{-\beta t_i} C_{s(n-i)}^{1+\beta} \right] \quad (18)$$

$n = 1, 2, \dots$

$$\frac{C_{(k)(n)} E_* h}{b^3 (1-\nu_*^2)} = p_n - \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \right)^\beta \frac{B}{1+\beta} \left(\frac{1}{a_n^{2(1+\beta)}} - \frac{1}{b^{2(1+\beta)}} \right) \left[C_{(k-1)(n)}^{1+\beta} - \frac{A}{\alpha} \sum_{i=0}^n D_i e^{-\beta t_i} C_{(k-1)(n-i)}^{1+\beta} \right] \quad (19)$$

$n = 1, 2, \dots, k = 2, 3, \dots$

где $C_l(t_n) = C_{(l)(n)}$; $C_k(t_n) = C_{(k)(n)}$; $a(t_n) = a_n$

Таким образом, трудности возникающие при численной реализации метода последовательных приближений преодолеваются с помощью алгоритма (17) – (19).

Во втором случае, согласно (6) и (7), из (8) имеем

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} = \frac{2}{r^2} \cdot \frac{E}{1+\nu} (1-R^*) C(t) - \frac{8}{3r^6} E \alpha_1 (1-R^*) C^3(t) \quad (20)$$

$$\sigma_r = -\frac{1}{r^2} \cdot \frac{E}{1+\nu} (1-R^*) C(t) + \frac{4}{9r^6} E \alpha_1 (1-R^*) C^3(t) + C_1(t)$$

Удовлетворяя граничным условиям (9), получим уравнения

$$\left. \begin{aligned} p(t) - \frac{1}{a^2} \cdot \frac{E}{1+\nu} (1-R^*) C(t) - \frac{4E\alpha_1}{9a^6} (1-R^*) C^3(t) - C_1(t) \\ - \frac{C(t)E_* h}{b^3 (1-\nu_*^2)} = -\frac{1}{b^2} \cdot \frac{E}{1+\nu} (1-R^*) C(t) + \frac{4E\alpha_1}{9b^6} (1-R^*) C^3(t) + C_1(t) \end{aligned} \right\}$$

Если здесь исключить $C_1(t)$, то получим уравнение

$$\frac{E_* h C(t)}{b^3 (1-\nu_*^2)} = p(t) + \frac{Eh}{1+\nu} \left(\frac{1}{b^2} - \frac{1}{a^2(t)} \right) (1-R^*) C(t) - \frac{4E\alpha_1}{9} \left(\frac{1}{b^6} - \frac{1}{a^6(t)} \right) (1-R^*) C^3(t)$$

Интегральное уравнение (22) запишем в виде

$$K(t)C(t) - \psi(t)R^*C(t) - \varphi(t)(1-R^*)C^3(t) = p(t) \tag{23}$$

где $K(t) = \frac{Eh}{b^3(1-\nu_s^2)} + \psi(t)$; $\psi(t) = \frac{Eh}{1+\nu} \frac{2G(b^2 - a^2(t))}{a^2(t)b^2}$; $\varphi(t) = \frac{4E\alpha_1}{9} \left(\frac{1}{b^6} - \frac{1}{a^6(t)} \right)$.

При $\alpha_j = 0$ получим линейное уравнение

$$K(t)C(t) - \psi(t)R^*C(t) = p(t)$$

Формулы (18) – (19) для данного случая принимают вид

$$\frac{C_{(1)(n)} E h}{b^3(1-\nu_s^2)} = F_n - \Psi_n \frac{A}{\alpha} \sum_{i=0}^n D_i e^{\beta_i} C_{(n)(n-i)} + \varphi_n \left[C_{(3)(n)}^3 - \frac{A}{\alpha} \sum_{i=0}^n D_i e^{\beta_i} C_{(3)(n-i)}^3 \right] \tag{24}$$

$$\frac{C_{(k)(n)} E h}{b^3(1-\nu_s^2)} - F_n - \Psi_n \frac{A}{\alpha} \sum_{i=0}^n D_i e^{\beta_i} C_{(k-1)(n-i)} + \varphi_n \left[C_{(k-1)(n)}^3 - \frac{A}{\alpha} \sum_{i=0}^n D_i e^{\beta_i} C_{(k-1)(n-i)}^3 \right]$$

$$n = 0, 1, 2, \dots, k = 2, 3, \dots$$

Таким образом (19) и (24) являются окончательными формулами численного решения нелинейных интегральных уравнений (12) и (23).

Заключение

После определения $C(t)$, определим перемещение и деформации формулами

$$u = \frac{c(t)}{r}, \quad \varepsilon_\theta = -\varepsilon_r = \frac{c(t)}{r^2}$$

Из (10) и (11) находим радиальное напряжение

$$\sigma_r(r, t) = -p(t) + \frac{C_\beta(t)}{2(\beta+1)} \left(\frac{1}{a^{2(\beta+1)}(t)} - \frac{1}{r^{2(\beta+1)}} \right)$$

Эту функцию подставим в (8), тогда

$$\sigma_\theta(r, t) = -p(t) + \frac{C_\beta(t)}{2(\beta+1)} \left(\frac{1}{a^{2(\beta+1)}(t)} - \frac{1}{r^{2(\beta+1)}} \right) + \frac{C_\beta(t)}{r^{2(\beta+1)}}$$

В линейном случае имеем

$$\sigma_r(r, t) = -p(t) + 2G \left(\frac{1}{a^2(t)} - \frac{1}{r^2} \right) (1-R^*)C(t) \tag{25}$$

$$\sigma_\theta(r, t) = -p(t) + 2G \left(\frac{1}{a^2(t)} + \frac{1}{r^2} \right) (1-R^*)C(t) \tag{26}$$

Мы ограничимся приведением окончательных формул для деформации ε_θ , принимающей максимальное значение при $r=a(t)$, и для напряжения σ_θ .

Из (26) имеем

$$a_n^2 \varepsilon_{\theta n} = C_n, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad \sigma_{\theta n} = p_n + \frac{2E_s(1-\nu_s^2)}{E_s} \left(\frac{b}{h} \right) \left(\frac{1}{a_n} \right)^2 \left(C_n - \frac{A}{\alpha} \sum_{k=0}^n D_k e^{\beta_k} C_{k-1} \right)$$

$$a(t_n) = a_n; \quad t_n = n\Delta t; \quad i = 1, 2, \dots, \quad \varepsilon_\theta(t_n) = \varepsilon_{\theta n}; \quad \sigma_\theta(t) = \frac{\sigma_\theta b^2(1-\nu_s^2)}{E_s} \left(\frac{b}{h} \right); \quad \sigma_\theta(t_n) = \sigma_{\theta n}$$

Если считать оболочку абсолютно жесткой ($E/E^* \rightarrow 0$), то будем иметь

$$\sigma_{ij} = p_{ij} + a_{ij}^2 \varepsilon_{ij} - p_{ij} \sigma_{ij}(t_{ij}) - p_{ij}$$

то есть напряжения и деформации изменяются пропорционально внутреннему давлению. В общем случае влияние учета вязкоупругих свойств материала (A, α, β) и отдельных параметров ($\nu, \nu^* E_0 / G$) на напряжение и деформацию можно показать, используя формулы (17), (25) и (26).

Таким образом, предложенный численный метод решения нелинейных интегральных уравнений рассмотренных в двух нелинейных случаях, дает возможность нахождения деформаций и напряжений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баррер, М. Ракетные двигатели / А. Жомот, Б. Вебек, Ж. Вандеркерхофе ; пер. с англ. Б. И. Колтового [и др.] ; под ред. К. Я. Зайцева. – М. : Оборонгиз, 1962. – 332 с.
2. Саммерфильд, М. Исследование ракетных двигателей на твердом топливе / М. Саммерфильд ; пер. с англ. Е. П. Голубкова [и др.] ; под ред. И. Н. Козловского. – М. : Изд-во иностр. лит., 1963. – 440 с. : ил.
3. Соркин, Р. Е. Газотермодинамика ракетных двигателей на твердых топливах / Р. Е. Соркин. – М. : Наука, 1967. – 368 с.
4. Москвитин, В. В. Сопротивление вязко-упругих материалов / В. В. Москвитин. – М. : Наука, 1972. – 327 с.
5. Розовский, М. И. Некоторые задачи теории неустановившейся ползучести / М. И. Розовский // Изв. АН Арм. – 1961. – Т. XIV, №3. – С. 38-43.
6. Илюшин, А. А. Пластичность / А. А. Илюшин. – М. : Гостехиздат, 1948. – 376 с.
7. Бадалов, Ф. Б. Метод степенных рядов в нелинейной наследственной теории вязкоупругости / Ф. Б. Бадалов. – Ташкент : ФАН, 1980. – 219 с.
8. Бадалов, Ф. Б. Методы решения интегральных и интегро- дифференциальных уравнений наследственной теории вязкоупругости / Ф. Б. Бадалов. – Ташкент : Мехнат, 1987. – 269 с.
9. Бадалов, Ф. Б. Постановка и методика решения квазистатической задачи ракетного двигателя на твердом топливе на основе наследственной теории вязкоупругости / Ф. Б. Бадалов, Д. Н. Шамсиев // Проблемы механики. – Ташкент, 2004. – № 2. – С. 43–46.
10. Бадалов, Ф. Б. К численному решению одного нелинейного слабо-сингулярного интегро-дифференциального уравнения с частными производными / Ф. Б. Бадалов, Д. Н. Шамсиев, Г. Шодмонов // Современные проблемы математической физики и информационных технологий : труды междунар. конф. – 2005. – Т. 2. – С. 136–139.

*Статья поступила в редакцию
10.04.2020*

BUILT-IN AND INDUCED ELECTRIC DIPOLE MOMENTS IN COMPLEX ATOMIC SYSTEMS AND IN THE DIATOMIC MOLECULES

Leonid I. Gretchikhin – holder of an Advanced Doctorate in Physics and Mathematics Sciences, Professor, Professor at the Department of technical maintenance exploitation of aviation and radio-electronic equipment of Educational institution «Belarusian state academy of aviation», Republic of Belarus
gretchihin@yandex.ru

Abstract: built-in electric dipole moments in the atoms arise due to the interaction of the electrons in the s -state with the electrons in the p -, d - or f -states while built-in electric dipole moments in the molecules arise mainly due to the polarization. Two-particle quantum mechanics has been developed for one force center of the interacting electronic states inside the atoms and molecules. The theory of the polarization of diatomic molecules featuring the determination of the resulting built-in electric moment has been developed. The built-in electric dipole moments for a number of atoms and diatomic molecules have been calculated. The calculated data have been compared with those obtained experimentally.

Keywords: induced electric dipole moment, polarization phenomenon, two-particle quantum mechanics, ionization energy of the diatomic molecules, effective atomic charge, effective molecular charge.

In the 60s of the last century C. Coulson [1] first drew attention to the fact that many atoms must have an internal built-in electric moment and made quantum mechanical calculations of the built-in electric moment for a carbon atom. In doing so, he used Slater's wave functions [2]. Using this technique, the built-in electric moment of the oxygen atom was calculated [3]. Obtained values of the built-in electric dipole moments amounted to $7.33 \cdot 10^{-30}$ C·m for the neutral carbon atom and $5.37 \cdot 10^{-30}$ C·m for the neutral oxygen atom. The formation of the built-in electric moments inside a complex atomic system is due to the internal interactions of the electrons in different energy states. For example, electrons in the s -state, having strict spherical symmetry with respect to the atomic nucleus and interacting with electrons in the p -, d - or f -states, are shifted relative to the atomic nucleus, and a built-in electric dipole moment inside the

atom arises. For instance, an iron atom contains 26 electrons with the following electronic configuration: $1s^2, 2s^2, 2p^2, 3s^2, 3p^6, 3d^6$ and $4s^2$. In this structure, the interaction of all d - s electrons leads to a shift of $4s$ shell relative to the atomic nucleus.

It was previously believed that valence electrons in the p -, d -, f -states, etc. feature elongated orbits. Partially, they overlap with the orbit of rotation of the s -shell, forming a hybrid state. In this case, the atom must have an electric dipole moment, which was determined as follows [1]:

$$p_s = -2ez - 2e \iiint z |\psi|^2 d\tau \quad (1)$$

where $d\tau$ is an element of the configuration space. Using the Slater approximation of the wave functions in the hydrogen-like approximation [4], integral (1) can easily be calculated under the assumption of one s -state and one nearest p -, d - or f -state. In reality,

there can be one or two s -states while 6, 10 or 14 electrons can be in the p -, d - or f -state, respectively. All possible states in the process of interaction should be taken into account. Therefore, the result obtained by formula (1) is purely qualitative, since it does not take into account the entire set of possible internal interactions of the electrons in different energy states

Wave function ψ in (1) is hybrid one. Hybridization of wave functions leads to a mutual shift of spherically symmetric s -states relative to the atomic nucleus. As a result, a built-in electric dipole moment arises inside the atom. Applying the quantum mechanics of one force center with taking into account the Pauli principle and the Hund's rule, the electrical dipole moments were calculated in the papers [3, 5-7] for a number of atoms. In doing that, the radii calculated in paper [8] and [9] were used. In this case, all possible states

that are situated near the s -state were taken into account. However, in this case too, the radii calculated theoretically without taking into account their changes in the process of external and internal influence, were used. The interaction of atoms with each other leads to the formation of the molecules and a condensed medium. In this case, the effective radii of interaction are different from the atomic radii. Since the valence electrons of atoms are shared, a common electron shell appears with an ionic core located inside. Therefore, the built-in electric dipole moment must be used for considering the neutral atoms and their multiply ionized ions; in each case its own radius of rotation around the atomic nucleus must be considered. In this regard, it is required to use an adequate theory of the formation of the built-in electric dipole moment for the atoms and ions, taking into account the interaction of all electronic states in a complex atomic system. For instance, chromium atom contains 24 electrons with the following electronic structure: $1s^2, 2s^2, 2p^2, 3s^2, 3p^6, 3d^5$ и $4s$. In this complex configuration, where the $4s$ state is framed with the electrons, each electron interacting with itself, does not cause any perturbation of its own shell even in the presence of a hybrid wave function. However, s -shell shifts relative to the center of the atomic nucleus only due to the hybrid wave function of the shell. In the case of chromium, this phenomenon is due to the interaction of all $3d^5$ states and $4s$ states; this process leads to the shift of the $4s$ shell relative to the center of a chromium atom. The rest of all closed shells do not interact with the $4s$ state. The presence of this internal interaction should be taken into account for all neutral atoms and for the ions that form positive cores of the molecules and the atoms in a condensed state. These are single ions and, in rare cases, ions of the second ionization multiplicity.

In this connection it is vital to set the following **goal**: to develop a physical model of the formation of the built-in and induced electric moments inside the complex atoms and diatomic molecules, valid both for a neutral state and for the ions

of various ionization multiplicity, considering in each case their particular interaction radii. To achieve this goal it is essential to solve the following tasks:

1. To develop a physical model of the formation of a built-in electric dipole moment in the complex atoms.
2. To develop a theoretical model of the formation of a built-in electric dipole moment due to the polarization of atomic systems inside diatomic molecules.
3. To calculate the built-in and induced electric moments of the atoms and diatomic molecules in the process of their interaction.
4. To analyze the results obtained in comparison with the experimental data.

Let us consider the set tasks consistently.

Formation of Built-in Electric Dipole Moments in the Atoms

In complex atomic systems, the electrons are distributed in accordance with the Pauli principle at various energy levels. By applying the Slater's wave functions, it is possible to obtain the average distances of the electrons located at various energy levels in the s -, p -, d -, f - ... states with their own set of quantum numbers. The wave functions that determine these states overlap. As a result, the wave function of the s -state is hybridized [3] and the resulting wave function ψ presents a superposition of the wave functions of s -, p -, d -states, etc. Then, taking into account the normalization for the resulting wave function in the binary s - p interaction [4]

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}(C_1\psi_s + C_2\psi_p) \quad (2)$$

where C_1 and C_2 constants determine the probabilities of the valence electron being in the s - and p -states, respectively. In its turn

$$\begin{aligned} \psi_s &= Ar_s \exp(-\alpha r_s) \\ \text{and} \quad \psi_p &= Ar_p \exp(-\beta r_p) \end{aligned} \quad (3)$$

where $\alpha = \frac{Z_s^*}{n_s^* r_0}$; $\beta = \frac{Z_p^*}{n_p^* r_0}$; A is the normalization factor and $r_0 = 0.529 \cdot 10^{-10}$ m is the radius of the

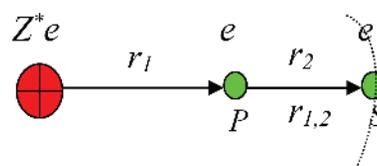


Fig.1. Arrangement of the valence electrons of different states relative to the atomic nucleus

first orbit of the hydrogen atom.

Fig. 1 shows the arrangement of the valence electrons in the given energy states for one force center. In one revolution, each electron, being in a stationary orbit of the radius of r_n and rotating at a speed of v_n , can transfer from one orbit to another due to exchange. The residence time of a valence electron in a given stationary orbit is:

$$\tau_n = \frac{2\pi r_n}{v_n} \quad (4)$$

while its speed and the radius of the stationary orbit of rotation are determined by the law of conservation of angular momentum. It follows from the equality of centrifugal and centripetal forces that the velocity of an electron in the energy state with the effective charge of Z^* , the principal quantum number of n^* , and the azimuthal quantum number of l is determined as [10]:

$$v_k = \begin{cases} \frac{Z^* e^2}{2\epsilon_0 \hbar m^*} & n p u \quad l = 0; \\ \frac{Z^* e^2}{2\epsilon_0 \hbar \sqrt{l(l+1)}} & n p u \quad l > 1 \end{cases} \quad (5)$$

where e is the electron charge; \hbar is Planck's constant; ϵ_0 is the dielectric constant of vacuum. The quantum-mechanical dependence on the azimuthal quantum number l in the form of a square root $\sqrt{l(l+1)}$ is due to the fact that an electron in a state with $l \geq 1$ at the perigee penetrates into the electron core and therefore the effective nuclear charge increases.

The residence times of the electrons in the first orbit τ_1 and in the second orbit τ_2 are determined by (4). Then the probability of both electrons being in the first orbit is as follows:

$$P_1 = \frac{\tau_1}{\tau_1 + \tau_2} \left(1 - \frac{\tau_2}{\tau_1 + \tau_2} \right) \quad (6)$$

and in the second orbit:

$$P_2 = \frac{\tau_2}{\tau_1 + \tau_2} \left(1 - \frac{\tau_1}{\tau_1 + \tau_2} \right) \quad (7)$$

In binary interaction, energy states with different azimuthal and principal quantum numbers are mixed, i.e., energy states of superposition type arise with a constant principal quantum number and with different azimuthal quantum numbers.

By equating the centripetal force due to Coulomb's law to the centrifugal force for both electrons, with taking into account their mutual repulsion, we obtain the value of the squared displacement:

$$x^2 = \frac{Z_1^* e^3}{m_e v_1^2} \cdot \frac{Z_2^* e^3}{m_e v_2^2} \cdot \frac{r_{1,2}^2}{r_1 r_2} - r_1 r_2 \frac{r_{1,2}^2}{r_1 r_2} \quad (8)$$

The obtained value is averaged over the entire volume of the configuration space of the electron cloud of the first and second electrons, namely:

$$\bar{x}^2 = \frac{1}{4} \bar{r}_1 \bar{r}_2 (A_1 A_2)^{1/2} \iint_{r_1 r_2}^{r_{1,2}^2} |\psi_{\gamma s}|^2 |\psi_{\gamma p}|^2 d\tau_1 d\tau_2 \quad (9)$$

Double integral (9) takes into account only the cross values of the wave functions since the interaction of the electron with itself does not lead to its displacement relative to the center of the atom. Moreover, the internal closed *p*-, *d*-, *f*- ... shells do not interact with the external *s*-state. Then, using the values of the bipolar integrals (9) given in [4], we obtain the average value of the squared displacement of the *s*-electron for a single force center:

$$\bar{x}^2 = 384 \bar{r}_1 \bar{r}_2 C_1^2 C_2^2 \alpha^4 \beta^4 \left(\frac{1}{\alpha^5 \beta^4} + \frac{1}{\alpha^4 \beta^5} \right) \quad (10)$$

where factors C_1^2 and C_2^2 are such that $C_1^2 C_2^2 = \frac{1}{8} P_1 P_2 S$; P_1 and P_2 are the probabilities of electrons staying near the first and second states of the atomic system, determined respectively according to (6) и (7); \bar{r}_1 and \bar{r}_2 are the average radii of the distances from interacting electrons to the nucleus of the first and second energy state; S is the overlap integral of interacting electrons.

Based on (10), with taking into account the Pauli principle and the Hund's rule, the resulting electrical dipole moment is expressed as the following sum, however featuring its own sign, which is determined by the direction of rotation of each:

$$\vec{p}_{\gamma} = e \sum_i \Delta \vec{r}_i, \text{ а } \Delta \vec{r}_i = \vec{x}_i - \vec{x}_0 \quad (11)$$

The values of displacement of the electron shells from the center of the atom and the corresponding electric dipoles were obtained for many atomic systems. These values are presented in *Table 1*, as an example, for aluminum, titanium, copper, chromium, nitrogen, and iron atoms only. In the iron atom, one of two electrons in the *4s* state is hidden by two valence electrons in the *3d* state. Therefore, the electrons in the *4s* state were considered as independent ones, and this is reflected in *Table 1*.

The arrangement of energy states in the diagrams of *Table 1*, according to binding energies, increases from top to bottom and from right to left. The *s*-, *p*- and *d*- states are highlighted in different colors.

In atoms, the presence of the built-in electric dipole moment of a relatively large magnitude due to the hybridization of the states of valence electrons

of different multiplicity of ionization noticeably affects the binding energies of interacting atomic particles with each other. This applies mainly to electron-dipole and dipole-dipole interactions.

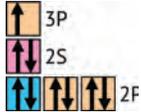
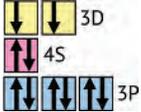
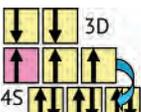
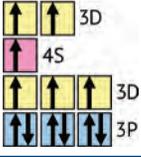
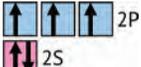
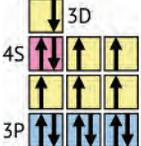
Formation of a Built-in Electric Dipole Moment in the Diatomic Molecules

The ionization energies were measured experimentally for all atoms of the periodic table. The experimentally obtained ionization energies are subsequently used to calculate the energies of binary bonds between a given particle and other particles with the formation of even more complex system.

A number of molecules feature a relatively large electric dipole moment. This property of the molecules is still not clear. When the molecules in which the initial atoms have a built-in electric dipole moment are considered, this property of the molecules can be understood. However, even in the case of simple diatomic molecules, such as BH and LiH, in which the initial atoms do not have any built-in electric dipole moment, their own electric dipole moments are quite substantial. This property of the molecules needs further justification. In order to exclude the influence of intrinsic built-in electric dipole moments of the initial atoms, let us consider, as an example, the aforementioned simple diatomic molecules BH and LiH. For these molecules, the electric dipole moments are respectively $4.33 \cdot 10^{-30}$ C·m and $19.6 \cdot 10^{-30}$ C·m [9]. The first value was obtained with an error exceeding 10% while the second one – with an error not exceeding 1%, i.e., quite accurately.

The dissociation energy and the internuclear distance for the BH molecule have been obtained from the equality of the theoretical value of the dissociation energy obtained experimentally with an error not exceeding 10%, which value is quite acceptable. Therefore, the obtained value of the electric dipole moment by theoretical calculations presents quite realistic value. The probability of the presence of both valence electrons near the atom of boron and hydrogen is 0.483 and 0.104,

Table 1. Built-in electric moments of the aluminum, titanium, copper, chromium, nitrogen, and iron

| Element | Electric moment (C·m*10 ³⁰) | | | | | |
|---|--|--|--|---|--|--|
| Aluminum  | $3p-3s_1$ -11.561 $3s_2-2p_2$ -5.071 $3s_1-2p_5$ -2.940 | $3p-3s_2$ 6.224 $3s_1-2p_3$ 4.431 $3s_2-2p_5$ 3.027 | $3s_1-2p_1$ 6.992 $3s_2-2p_3$ -4.231 $3s_1-2p_6$ -2.542 | $3s_2-2p_1$ -5.871 $3s_1-2p_4$ -3.9497 $3s_2-2p_6$ 2.579 | $3s_1-2p_2$ 5.641 $3s_2-2p_4$ 3.862 | $p_{e^{\circ}}^{result} Al$ -3.410 $p_{e^{\circ}}^{result} Al^+$ -1.927 $p_{e^{\circ}}^{result} Al^{++}$ -0.805 |
| Titanium  | $3d_1-4s_1$ 4.299 $4s_2-3p_1$ -3.591 $4s_1-3p_4$ -2.836 $4s_2-3p_6$ 2.621 | $3d_1-4s_2$ -2.047 $4s_1-3p_2$ 3.637 $4s_2-3p_4$ 2.984 | $3d_2-4s_1$ 4.107 $4s_2-3p_2$ -3.421 $4s_1-3p_5$ -2.563 | $3d_2-4s_2$ -2.007 $4s_1-3p_3$ 3.254 $4s_2-3p_6$ 2.805 | $4s_1-3p_1$ 4.059 $4s_2-3p_3$ -3.234 $4s_1-3p_6$ -2.267 | $p_{e^{\circ}}^{result} Ti$ 5.802 $p_{e^{\circ}}^{result} Ti^+$ 3.550 $p_{e^{\circ}}^{result} Ti^{++}$ 1.450 |
| Copper  | $3d_1-4s$ 3.190 $4s_3-d_6$ -4.150 | $3d_2-4s$ 3.675 $4s-3d_7$ -4.060 20.271 | $4s-3d_3$ 4.462 $4s-3d_8$ -3.671 18.156 | $4s-3d_4$ 4.520 $4s-3d_9$ -3.305 | $4s-3d_5$ 4.424 $4s-3d_{10}$ -2.970 | $p_{e^{\circ}}^{result} Cu$ 2.115 $p_{e^{\circ}}^{result} Cu^+$ -1.075 $p_{e^{\circ}}^{result} Cu^{++}$ -4.750 |
| Chromium  | $3d_1-4s$ 3.543 | $3d_2-4s$ 3.003 | $4s-3d_3$ 3.726 | $4s-3d_4$ 3.646 | $4s-3d_5$ 3.488 | $p_{e^{\circ}}^{result} Cr$ 17.406 |
| Nitrogen  | $2s_1-2p_1$ -6.037 $2s_2-2p_3$ 2.32 | $2s_2-2p_1$ 4.266 | $2s_1-2p_2$ -7.856 | $2s_2-2p_2$ 6.117 | $2s_1-2p_3$ -3.241 | $p_{e^{\circ}}^{result} N$ -4.422 $p_{e^{\circ}}^{result} N^+$ -2.651 |
| Iron  | $3d_1-4s_1$ 10.014 $3d_3-4s_2$ 6.508 $3d_6-4s_1$ -4.557 | $3d_1-4s_2$ -4.214 $3d_4-4s_1$ -7.395 $3d_6-4s_2$ 4.332 | $3d_2-4s_1$ -10.829 $3d_4-4s_2$ 6.236 | $3d_2-4s_2$ 6.389 $3d_4-4s_1$ -5.722 | $3d_3-4s_1$ -9.752 $3d_5-4s_2$ 5.171 | $p_{e^{\circ}}^{result} Fe$ -3.819 $p_{e^{\circ}}^{result} Fe^+$ -9.619 $p_{e^{\circ}}^{result} Fe^{++}$ 22.242 |

respectively.

For LiH molecule, the situation is somewhat complicated since the radius of the lithium atom needs to be clarified. If the radius of the lithium atom, calculated using the modified Slater wave functions and given in the handbook [9], is used then minimum potential energy of the interaction between lithium and hydrogen atoms is realized at a distance between atoms of $r_e = 2.5 \text{ \AA}$ while the interaction energy amounts just to $D_0 = 1.422 \text{ eV}$. To obtain by calculations an experimental value equal to 2.429 eV it is necessary to assume $r_e = 1.688 \text{ \AA}$ while the radius of lithium atom $r_a = 1.68 \text{ \AA}$ but not $r_a = 2.049 \text{ \AA}$ as specified in the book [9]. The probability of the presence

of both valence electrons near the atom of lithium and hydrogen is 0.640 and 0.040. Therefore, both for the BH molecule and for the LiH molecule, the boron and lithium atoms with respect to the hydrogen atom are more negative.

The interaction of atoms in a diatomic molecule is a rather complicated process, in which the exchange interaction of all electrons surrounding the nuclei of the interacting atoms, as well as the presence of built-in electric moments of the atoms that are directed inside the molecule relative to each other, as well as the probability of stay of the valence electrons relative to the interacting atoms in the overlap zone should be considered.

Figure 2 shows four independent positions of an external valence electron for one of the electrons. The bond of the external electrons with the core of the molecule determines the ionization potential. The second electron is located mainly in the hemisphere opposite to the first valence electron. In this position, for particles A and B, the effective charge corresponds to the atoms of the first ionization multiplicity. The distances from the center of the molecule to atom A and to atom B, respectively, amount to:

$$\begin{aligned} r_1 &= 0.5(r_e - r_a + r_b) \\ r_2 &= 0.5(r_e + r_a - r_b) \end{aligned} \quad (12)$$

while the effective radius of the

molecule is as follows:

$$r_m = |(r_a + r_1) + (r_b + r_2) + \sqrt{r_a^2 - r_1^2} + \sqrt{r_b^2 - r_2^2}| / 4 \quad (13)$$

In both cases, the radii r_a and r_b are not the radii of free atoms, but the effective radii of interaction during the formation of a diatomic molecule. Both radii of interacting atoms are determined based on the value of the dissociation energy.

The valence electrons of both atoms are shared. An external valence electron revolves around one of the atoms. It transfers to the second atom when it enters the zone of overlapping wave functions of the first and second atoms. The bond of the external electron with the molecule core determines the ionization potential while the second electron screens the molecule core. Obviously, such screening should be different depending on the size and the structure of the electron shells of the interacting atoms. The external valence electron in a diatomic molecule interacts with one of the atoms in all four positions shown in *Figure 2*. The exchange of the electrons occurs in the overlap zone. In this zone, the spherical segment for atom A is determined by the solid angle θ_1 , and the one for atom B is determined by the angle θ_2 . These angles are respectively equal to:

$$\theta_1 = 2 \arctg \left(\frac{\sqrt{r_a^2 - r_1^2}}{r_1} \right) \text{ and } \theta_2 = 2 \arctg \left(\frac{\sqrt{r_b^2 - r_2^2}}{r_2} \right) \quad (14)$$

The share in the formation of ionization energy in the overlap zone is determined by the ratio:

$$dh_1 = \theta_1 / 4\pi \text{ and } dh_2 = \theta_2 / 4\pi \quad (15)$$

Outside the overlap zone at atom A, the ionization energy is equal to the first ionization multiplicity of atom A. Within the overlap zone, if the electron does not transfer from atom A to atom B, then the ionization energy still corresponds to atom A, and if electrons are exchanged, then the ionization energy of the diatomic molecule is equal to the first ionization multiplicity of atom B. Then, when the electron is located near atom A, the ionization energy of the molecule amounts to:

$$IP_a - \theta_a - dh_1(1-S)\theta_a + dh_1S\theta_b - \frac{dqe}{4\pi\epsilon_0(r_a + r_1)} \quad (16)$$

and if the electron revolves around B the ionization energy is equal to:

$$IP_b - \theta_b - dh_2(1-S)\theta_b + dh_2S\theta_a - \frac{dqe}{4\pi\epsilon_0(r_b + r_2)} \quad (17)$$

Here θ_a and θ_b are the ionization energies of atom A and atom B, respectively.

The effective ionization energy amount to:

$$IP_{eff} = (IP_a + IP_b) / 2 \quad (18)$$

The results of the calculations of the ionization energies and the radii of neutral molecules and their ions of the first as well as the second multiplicity of ionization of some diatomic molecules are presented in *Table 2* as an example. The agreement of the calculated data with the data for diatomic molecules given in the handbook [9] is quite satisfactory, regarding both the energies of the first ionization multiplicity and the distances between the atoms, determined by the X-ray diffraction method. Reference data for the first multiplicity of ionization of some diatomic molecules obtained experimentally are shown in *Table 2* after slash.

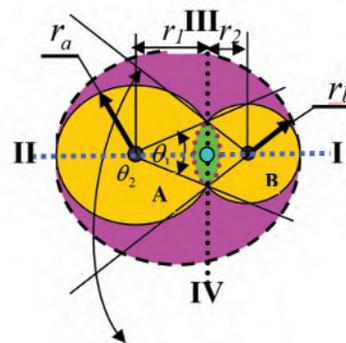


Fig.2. Illustration of induced bond

The Average Effective Radius of Molecules and the Ionization Energy of Binary Formations

In diatomic molecules the valence electrons travel each around its atom. When both electrons enter the overlap zone, an exchange of electrons occurs. The bond of one of the external electrons with the core of the molecule determines the ionization potential while the second electron screens the core of the molecule. Obviously, such screening should be different depending on the size and structure of the electron shells of the interacting atoms. Each of the external valence electrons in the diatomic molecule interacts with one of the nearest atomic nuclei in two positions shown in *Figure 2*. In this case, the effective radius of the molecule is determined by formula (13).

The probability of electrons being in the overlapping zone is determined by formulas (6) and (7) or by formulas (15) with taking into account the fact that they do not exchange their states. Accordingly, for each electron, the resulting probability of staying in the overlap zone is: $P_a(1-S)$ and $P_b(1-S)$.

Outside the overlap zone the ionization energy of atom A is equal to the single ionization of atom A. In the overlap zone, if the electron does not transfer from atom A to atom B, the ionization energy still corresponds to atom. The electron at atom A is either in the overlapping zone or outside this zone. The resulting probability of this event for atom A, taking into account the fact that the valence electron is located at a distance r_1 from the nucleus of the atom, is $[(1-P_a) + P_a(1-S)r_a/r_1]$ while the probability for atom B is equal to $[(1-P_b) + P_b(1-S)r_b/r_2]$. Then, for the

Table 2. The ionization energy of diatomic molecules of the single and double ionization multiplicity

| Parameters | Molecules | | | | | |
|----------------------|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | C ₂ | N ₂ | O ₂ | Al ₂ | Si ₂ | Na ₂ |
| r _{m,1} (Å) | 1.410 | 1.550 | 1.067 | 2.129 | 1.811 | 1.060 |
| Z ₁ * | 1.173 | 1.618 | 0.909 | 0.964 | 0.954 | 0.361 |
| θ ₁ (eV) | 11.87/ 11.9 | 15.05/ 15.58 | 12.515/ 12.077 | 6.527 - | 7.596/ 7.4 | 4.916/ 4.9 |
| r _{m,2} (Å) | 0.953 | 0.965 | 0.756 | 1.488 | 1.277 | 0.908 |
| Z ₂ * | 2.173 | 2.618 | 1.909 | 1.964 | 1.954 | 1.361 |
| θ ₂ (eV) | 32.87 | 39.11 | 36.40 | 19.026 | 22.057 | 21.6 |

electron near atom A, the ionization energy of the molecule will amount to:

$$IP_a = [(1 - P_a) P_a (1 - S) r_a / r_1] \theta_a + (1 - P_a) P_b \theta_b - P_a \frac{dqe}{4\pi\epsilon_0 r_1} \quad (19)$$

while that for the electron near atom B will amount to:

$$IP_b = [(1 - P_b) + P_b (1 - S) r_b / r_2] \theta_b + (1 - P_b) P_a \theta_a - P_b \frac{dqe}{4\pi\epsilon_0 r_2} \quad (20)$$

Here θ_a and θ_b the ionization energies of atom A and atom B, respectively.

Agreement with the data for diatomic molecules, which are given in the handbook [9], for the energies of single ionization is quite satisfactory.

A number of molecules feature a relatively large electric dipole moment. This property of the molecules is still not clear. When the molecules in which the initial atoms have a built-in electric dipole moment are considered, this property of the molecules can be understood. However, even in the case of simple diatomic molecules, such as BH and LiH, in which the initial atoms do not have any built-in electric dipole moment, their own electric dipole moments are quite substantial. This property of molecules needs further justification.

In order to exclude the influence of intrinsic built-in electric dipole moments of the initial atoms, let us consider, as an example, the aforementioned simple diatomic molecules BH and LiH. For these molecules, the electric dipole moments are respectively $4.33 \cdot 10^{-30}$ C·m and $19.6 \cdot 10^{-30}$ C·m [9]. The first value was obtained with an error exceeding 10% while the second one – with an error not exceeding 1%, i.e., quite accurately.

The calculations of the dissociation energies of these molecules are presented in Table 3.

The dissociation energy and the internuclear distance for the BH molecule have been obtained from the equality of the theoretical value of the dissociation energy obtained experimentally with an error not exceeding 10%, which value is quite acceptable. Therefore, the obtained value of the electric dipole moment by theoretical calculation presents quite realistic value. The probability of the presence of both valence electrons near the atom of boron and hydrogen is 0.483 and 0.104, respectively. Boron has a built-in electric dipole moment equal to $p_e = 3.186 \cdot 10^{-30}$ C·m. The induced electric dipole moment is $\bar{p} = (9.983 - 2.149) \cdot 10^{-30}$ C·m. The resulting built-in electric dipole moment will be $p_{e,eff} = 4.65$ C·m.

For LiH molecule, the situation is rather complicated since the radius of the lithium atom needs to be clarified. If the radius of the lithium atom, calculated using the modified Slater wave functions and given in the handbook [9] is used then minimum potential energy of the interaction

between lithium and hydrogen atoms is realized at a distance between atoms of $r_e = 2.5 \text{ \AA}$ while the interaction energy amounts just to $D_0 = 1.422 \text{ eV}$. To obtain by calculations an experimental value equal to 2.429 eV it is necessary to assume $r_e = 1.688 \text{ \AA}$ while the radius of lithium atom $r_a = 1.68 \text{ \AA}$ but not $r_a = 2.049 \text{ \AA}$ [9]. The probability of the presence of both valence electrons near the atom of lithium and hydrogen is 0.640 and 0.040. Therefore, both for the HV molecule and for the LiH molecule, the boron and lithium atoms with respect to the hydrogen atom are more negative which fact determines such a large value of the electric dipole moment of these molecules. For other molecules the situation is similar.

In accordance with formulas (6) and (7) for OH molecule, the probability of the presence of both electrons near oxygen atom is 0.546 while the probability of their presence near hydrogen atom amounts to 0.0679. As a result, the built-in electric moment for the OH molecule will be $p_e = 11.47 \cdot 10^{-30}$ C·m or 3.44 D (Debye). Experimental data amounts to 1,72 D [9]. The two-fold difference is quite acceptable under a rather crude assumption in the process of deriving formulas (6) and (7).

Conclusions

As a result of the studies the following have been established:

1. *Built-in electric dipole moments*

Table 3. Values of the binding energies of diatomic molecules of different atoms without built-in electric dipole moments

| Molecule | r_a (Å) | Values of different binding energies (eV) | | | | | | r_e (Å) | $r_{e,m}$ 10^{-30} |
|----------|-----------|---|-----------|-------------|----------------------|---------------|-----------|-----------|----------------------|
| | | $E_{cov.}$ | E_{ion} | $E_{exch.}$ | $E_{res.}(D_\theta)$ | IP (eV) | r_m (Å) | | |
| B+H | 1.16 | -1.854 | -1.306 | -0.241 | 3.39 | 11.06 | 1.010 | 1.290 | 4.65/ 4.33 |
| Li+H | 1.68 | -0.548 | -0.835 | -1.047 | 2.429 | 8.81/ 7.78 | 1.238 | 1.688 | 16.23/ 19.6 |
| O+H | 0.67 | -3.529 | -0.702 | -0.123 | 4.40 | 12.91 | 0.942 | 1.510 | 11.47 |

in the atoms arise due to the interaction of the electrons in the s-state with the electrons in the immediate environment in the p-, d- or f-states. Closed shells that do not frame the s-state do not interact with the latter.

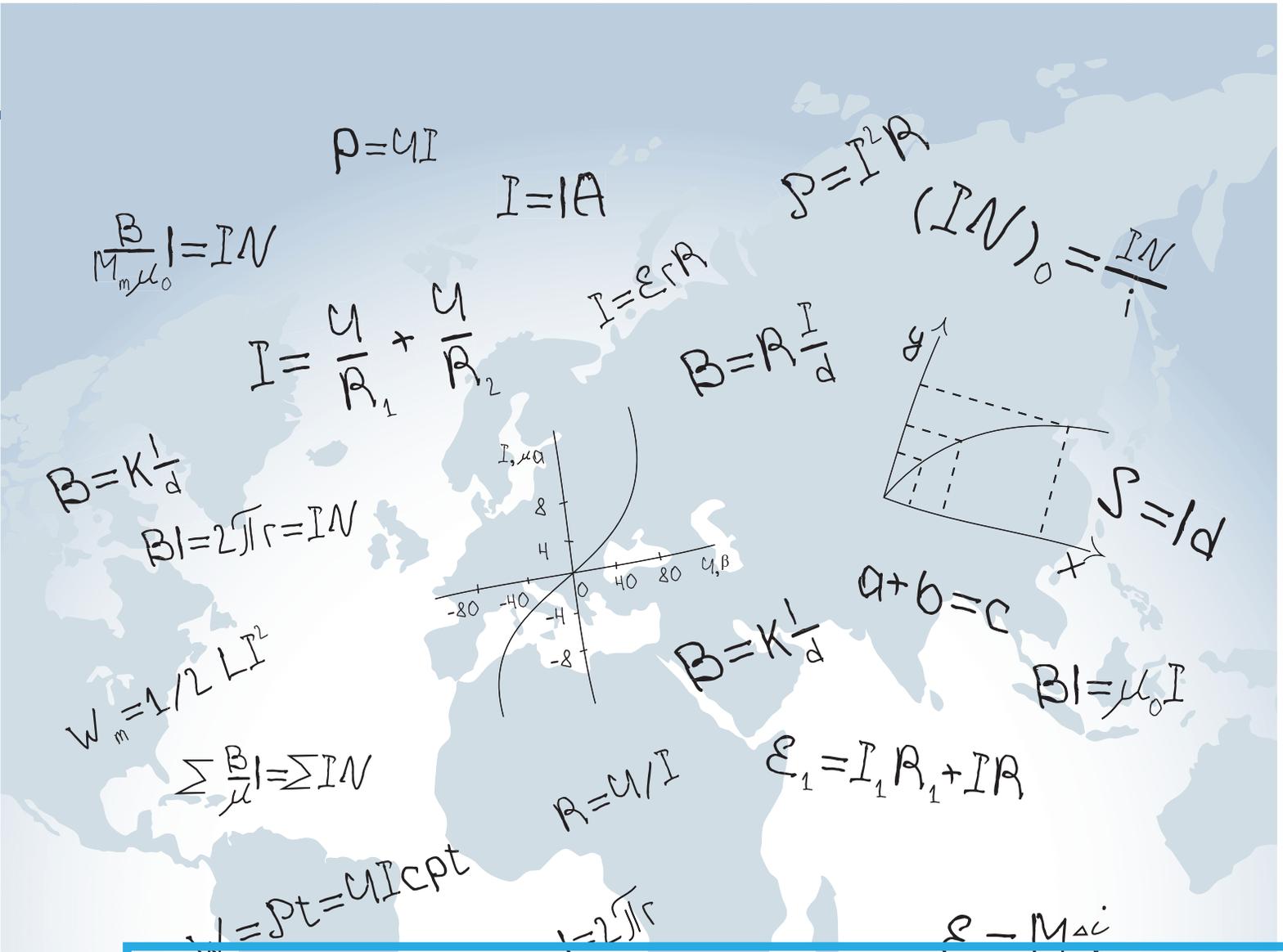
- The built-in electric dipole moments in the molecules are mainly due to the polarization. Built-in electric moments in interacting atoms weaken the polarization.
- Two-particle quantum mechanics has been developed for one force center of interacting electronic orbitals inside an atom.
- A theory of polarization of diatomic molecules has been developed which includes the determination of the resulting built-in electric moment.
- The calculations of the built-in electric dipole moments for the atoms and the diatomic molecules were carried out and the comparison with experimental data was made.

The results obtained will allow to determine the electron-dipole and the dipole-dipole interactions expressed in the energies of chemical bonds, which will make it possible to obtain the binding energy of the molecules inside the clusters and intercluster interaction and clarify the fifth aggregate state and thin films, as well as the melting and boiling points (sublimation).

REFERENCES

- Coulson, C.A. Valence / C.A. Coulson. – 2nd. ed. – New York ; Oxford : Oxford Univ. Press, 1961. – 408 p.
- Slater, J. C. Quantum Theory of Molecules and Solids / J. C. Slater. – New York; Toronto; London : Mc.Graw-Hill, 1965–1967.
- Gretchikhin, L. I. Nanoparticles and Nanotechnologies / L. I. Gretchikhin. – Minsk : Pravo i Ekonomika, 2008. – 406 p.
- Gombás, P. Theorie und Lösungsmethoden des Mehrteilchenproblems der Wellenmechanik / P. Gombás. – Birkhäuser Basel. – 1950. – Vol. 2. : Physikalische reihe. – 268 p.
- Grechikhin, L. I. Nano level of Substantiation of Optical-Quantum Generator of Condensed Media / L. I. Grechikhin, Ju Shmermbekk. – Minsk : Pravo i Ekonomika, 2010. – 75 p.
- Gretchikhin, L. I. Analysis of Semiconductor Quantum Generators of A^3B^3 Type at Nano Levels / L. I. Gretchikhin // Military Technical Courier. Scientific Periodical of the Ministry of Defence of the Republic of Serbia. – 2015. – № 2 (63). – P. 9-29.
- Gretchikhin, L. I. Chemical Bonds in interatomic and intermolecular interaction / L. I. Gretchikhin // Chemistry research journal. – 2018. – Vol. 3, № 2. – P. 1-11.
- Brattsev, V.F. Tables of Atomic Wave Functions / V.F. Brattsev. – M. : Nauka Publishers, 1966. – 192 p.
- Radzig, A. A. Reference Data on Atoms, Molecules, and Ions / A. A. Radzig, B. M. Smirnov // Springer Series in Chemical Physics. – Berlin : Springer Science & Business Media. – 1985. – Vol. 31. – 466 p.
- Fock, V.A. Fundamentals of Quantum Mechanics / V.A. Fock. – 1st edition. – M. : Mir, 1978. – 368 p.

Статья поступила в редакцию
13.05.2020



ПЕДАГОГИ- ЧЕСКИЕ НАУКИ



МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОРРЕКЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ

*Марина Евгеньевна Ломакина – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры иностранных языков образовательного учреждения «Летная академия Национального авиационного университета», Украина
marylomakina@ukr.net*

*Екатерина Викторовна Суркова – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий образовательного учреждения «Летная академия Национального авиационного университета», Украина
eskirua@gmail.com*

*Константин Юрьевич Сурков – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры обслуживания воздушного движения и метеорологии образовательного учреждения «Летная академия Национального авиационного университета», Украина
kskrua@gmail.com*

Аннотация: в статье рассматривается проблема коррекции профессиональной подготовки будущих авиадиспетчеров. Проведен анализ научных источников по данной тематике. Представлены требования к выбору методов коррекции и требования по разработке средств коррекции. Описаны предложенные методы и средства коррекции, которые в комплексе способствуют эффективному выполнению задач профессиональной подготовки. Подано со-держательное наполнение средств коррекции.

Ключевые слова: коррекция профессиональной подготовки, авиадиспетчеры, требования к методам и средствам коррекции, методы коррекции, средства коррекции.

Одним из факторов, определяющих безопасность полетов является фактор профессиональной подготовки авиаспециалистов. В ходе исследования было установлено, что есть некоторые недостатки контрольно-регулирующего компонента профессиональной подготовки будущих авиадиспетчеров, а именно не в полной мере использование результатов обратной связи, что способствует недополучению преподавателем информации о качестве поэтапного решения задач профессиональной подготовки, о типовых ошибках обучаемых. Это приводит к невозможности организации коррекции обучения, регулирования учебного процесса, внесения изменений в содержание, методы, формы и средства обучения. Тем

самым нарушается целостность системы профессиональной подготовки, что негативно влияет на качество обучения. На данный момент, с целью совершенствования профессиональной подготовки авторами разработана модель коррекции профессиональной подготовки будущих авиадиспетчеров. Разработаны составляющие модели: цель и задачи коррекции профессиональной подготовки; содержание коррекции профессиональной подготовки; корректирующий и корректируемый; формы, методы и средства коррекции профессиональной подготовки; результат реализации коррекции профессиональной подготовки; условия, определяющие эффективность функционирования подсистемы коррекции профессиональной подготовки в

системе педагогического контроля. Важной составляющей модели есть методы и средства коррекции профессиональной подготовки, которые после апробации требуют переосмысления и доработки.

Методам и средствам обучения, в том числе и методам, и средствам коррекции как неотъемлемой составляющей учебного процесса высших учебных заведений посвящено большое количество научных исследований, которые были проанализированы, обобщены и систематизированы с целью определения методов и комплекса средств коррекции профессиональной подготовки будущих авиадиспетчеров.

Р.Н. Макаров [1] выделил следующие группы методов обучения авиационных специалистов: репродуктивные, программиро-

вано-алгоритмизированные методы и приемы обучения, проблемно-поисковые методы.

С точки зрения Р.Н. Макарова [1], правильный выбор методов обучения имеет особое значение для формирования необходимого уровня надежности пилота и авиадиспетчера, для этого требуется использование всех трех групп методов в соответствии с этапами обучения.

Е.К. Артищева, С.И. Брызгалова [2] говорят о применении спектра традиционных и инновационных методов, приемов и средств обучения, контроля и диагностики в коррекционном процессе, при этом на первый план выдвигаются те методы, которые позволяют формировать навыки самообразования, самодиагностики и самокоррекции знаний студента.

И.И. Филипенко под средствами коррекции знаний студентов по курсу общей физики понимает специально созданные объекты, которые формируют учебную среду и участвуют в корректировочной деятельности, выполняя учебную, развивающую и воспитательную функции [3]. Е.К. Артищевой, С.И. Брызгаловой выявлены различные средства коррекции: корректирующий контроль; применения возможностей информационных технологий – программных продуктов специального контролирующего или учебного назначения и использование универсальных программных пакетов профессиональной направленности (например, Mathcad) решения рефлексивных задач по нестандартным поданным условиям, составление опорных конспектов, методических рекомендаций для других студентов и т.д. [2].

Актуальным в процессе коррекции обучения является использование средств, соответствующих современному техническому уровню. Как отмечено в работе Е.К. Артищевой [4], эффективность коррекции знаний в процессе выполнения лабораторной работы обусловлена, прежде всего, применением компьютера, причем компьютер выделяется как средство коррекции многими исследователями (А.И. Иваницкий, О.М. Кондратьева, Т.В. Никитина, А.В. Слепухин и др.), которые рас-

сматривают проблему коррекции как педагогическую. Так, с точки зрения О.М. Кондратьевой [5], эффективности контроля и корректировки и в процессе аудиторной и в процессе самостоятельной работы способствует применение современных информационно-коммуникационных технологий, в частности специальных программных средств контролирующего и корректирующего характера. Как установлено на основе анализа научных исследований (В.П. Беспалько, М.И. Беляев, В.В. Гриншкун, Г.А. Краснова, Г.М. Коджаспирова, И.В. Роберт и др.), использование компьютерных технологий в учебном процессе предоставляет ряд новых возможностей и преимуществ как преподавателю, так и студенту по сравнению с традиционными средствами обучения.

Целью данной статьи является обоснование методов и средств коррекции профессиональной подготовки будущих авиадиспетчеров, а также предложения по дальнейшей их доработке.

Изложение основных результатов исследования. На основании анализа научных работ по исследуемой тематике, сформулированы требования к выбору методов при проведении коррекции профессиональной подготовки будущих авиадиспетчеров: соответствие методов принципам коррекции обучения; адекватность методов цели и задачам коррекции и обучения в целом; соответствие содержанию темы, что требует коррекции обучения; соответствие учебным возможностям курсантов: при этом важным аспектом является уровень мотивации курсантов к коррекции обучения и четкое определение группы типовых ошибок; соответствие имеющимся условиям и отведенному времени обучения; соответствие возможностям средств коррекции обучения; соответствие возможностям преподавателей, которые проводят коррекцию обучения.

Для реализации целей и задач коррекции профессиональной подготовки будущих авиадиспетчеров определены следующие методы:

1. *Объяснительно-иллюстративные методы должны обеспечить правильное восприятие*

учебного материала, то есть обеспечить формирование представления об объекте коррекции и создать соответствующую основу для коррекции обучения.

2. *Программированно-алгоритмизированные методы (повторение, закрепление алгоритмов обслуживания воздушного движения (ОВД) как в ожидаемых, так и в экстремальных условиях профессиональной деятельности). Для успешного выполнения профессиональных заданий авиадиспетчера должны обладать строго определенными приемами (алгоритмами) рассуждений и действий, применение которых позволяет в любой ситуации достичь поставленной цели.*

3. *Проблемно-поисковые методы. Применяются при постановке, обсуждении, решении коррекционных проблемных задач, требуют от курсантов активизации познавательных процессов, стимулируют более широкое и глубокое усвоение теоретических знаний, самостоятельную творческую поисковую деятельность при решении сложных профессиональных задач.*

В комплексе же методы должны не только обеспечить повторение, закрепление, обобщение системы знаний, навыков и умений по ОВД, но и обеспечить сформированность устойчивой мотивации к коррекции и самокоррекции, а также призваны обеспечить целенаправленную реализацию учебной, воспитательной, развивающей и мотивационно-стимулирующей функций коррекции профессиональной подготовки.

Анализ научных исследований по коррекции обучения (Е.К. Артищева, С.И. Брызгалова, И.С. Крамаренко, Т.В. Никитина, Л.Н. Терновая, И.И. Филипенко, Л.П. Черкасская и др.) позволил сформулировать основные требования к разработке и использованию средств коррекции профессиональной подготовки: адекватное и максимально полное отражение целей, задач коррекции профессиональной подготовки и содержания учебного материала в средствах; соответствие

комплекса средств реализованным методам коррекции, учета мотивации и уровня подготовки курсантов; соответствие комплекса средств современному техническому уровню; обеспечение принципов наглядности и доступности при использовании комплекса средств коррекции; возможность реализации различных стратегий обучения при проведении коррекционных мероприятий; соответствие требованиям учебных программ профессионально-ориентированных дисциплин.

С учетом вышеуказанных требований к средствам коррекции определен комплекс средств: опорные конспекты по профессионально-ориентированным дисциплинам, веб-сайты профессиональной направленности, презентации учебных материалов, видео- и аудиосредства, бланки коррекционных заданий различной сложности, автоматизированная обучающая система по обслуживанию воздушного движения (АОС по ОВД). Совершенствование полученных знаний, навыков и умений по обслуживанию воздушного движения требует выполнения следующих задач: определение уровня подготовки согласно анализу результатов тренажерной подготовки будущих авиадиспетчеров; выяснения недостатков и типовых ошибок в приобретенных знаниях, навыках и умениях; формирование мотивации курсантов к коррекции обучения; установление стратегии коррекции профессиональной подготовки и ее содержания в соответствии с типовыми ошибками; обеспечение повторения, закрепления, обобщения системы знаний, навыков и умений по ОВД при выполнении коррекционных задач с использованием комплекса средств коррекции.

В рамках кибернетического подхода к обучению Н.Ф. Талызина [6] выделяет три типа коррекции существующего состояния системы, в разработанной модели представлены тип «реагирования на ошибки», то есть имеют место отклонения в ходе процесса подготовки под влиянием тех или иных факторов, а коррекция осуществляется с учетом характера отклонений на основании анализа ошибок. Для реализации такого типа коррекции, а также опре-

деления содержания коррекции, Е.В. Сурковой, М.Е. Ломакиной проведена значительная работа по сбору ошибок, допускаемых курсантами при выполнении упражнений на тренажере ОВД, а также их упорядочиванию. Типовые ошибки являются надежной отправной точкой для преподавателя в поиске соответствующих путей их предупреждения и организации коррекции, а для курсанта - при осуществлении самоконтроля и самокоррекции.

Выделены две группы ошибок, которые являются типовыми при выполнении упражнений на тренажере: процедуры ОВД, ошибки фразеологии радиообмена.

К типовым процедурным ошибкам отнесены: ошибки в анализе воздушной обстановки в своем секторе; несоблюдение установленных интервалов эшелонирования воздушных судов (ВС); невыполнение оперативного согласования и координации воздушного движения; нарушение порядка выдачи информации; невыполнение пультовых операций на рабочем месте; невыполнение взаимодействия с аэродромной службой; нарушение процедуры принятия и сдачи смены; невнимательное прослушивание подтверждения экипажем ВС информации, выданной диспетчером; не обеспечение экипажа ВС необходимой информацией.

К типовым ошибкам фразеологии радиообмена отнесены: отклонение от правил фразеологии; неправильное и нечеткое произношение; использование устаревшей фразеологии; выдача лишней информации; ошибки перевода; неполная выдача информации. Так, например, к «Ошибкам перевода» относятся ошибки: *monitor (listen), immediately (now), if unable (impossible), start up (turn-on), traffic (moving ACFT), clear of traffic (no traffic)* и др. В соответствии с требованиями, содержательное наполнение средств разработаны с учетом типовых ошибок, обеспечивает осуществление процесса коррекции, путем исправления выявленных недостатков подготовки через повторение, закрепление, обобщение системы знаний, навыков и умений по ОВД.

Комплекс средств коррекции соответствует реализуемым ме-

тодам коррекции: объяснительно-иллюстративным, программировано-алгоритмизированным, проблемно-поисковым.

Формирование мотивации курсантов к коррекции профессиональной подготовки, а тем самым и формирование направленности на мотивацию курсантов к обучению обеспечивается реализацией в средствах: профессиональной направленности содержания, приведением реальных примеров авиационных событий, тесных межпредметных связей, принципов наглядности и доступности.

Реализация требования индивидуально-ориентированного подхода к каждому курсанту затруднена в условиях групповых форм учебных занятий, в то время как использование компьютерных технологий на практике реализует такой подход, и это всегда отмечается как существенное преимущество по сравнению с традиционными средствами обучения. Разработанная АОС по ОВД реализует индивидуальный подход к подготовке, что позволяет курсанту корректировать свои ошибки, сделанные при выполнении заданий на тренажере ОВД. Структурная схема АОС по ОВД представлена на *Рис.*

В соответствии со структурой теоретический блок АОС по ОВД включает авиационные документы и правила, необходимые в профессиональной деятельности авиадиспетчеров. Кроме того, теоретический блок содержит словарь терминов и понятий по: техническим характеристикам ВС; воздушной навигации; метеорологии; радиотелефонии; аэродромам и др.

Поиск необходимых документов и материалов, касающихся профессиональной деятельности, предусматривает использование сети Интернет, гиперссылки на полезные сайты включены в теоретический блок, пользователи могут работать с информацией ИКАО, Евроконтроля, Укрэропуха, сайта радиообмена «Listen to the clouds».

В блоке фразеологии находятся аудиозаписи реальных переговоров, стандартная и нестандартная фразеология радиообмена (правила использования).

Получив сообщение о возник-

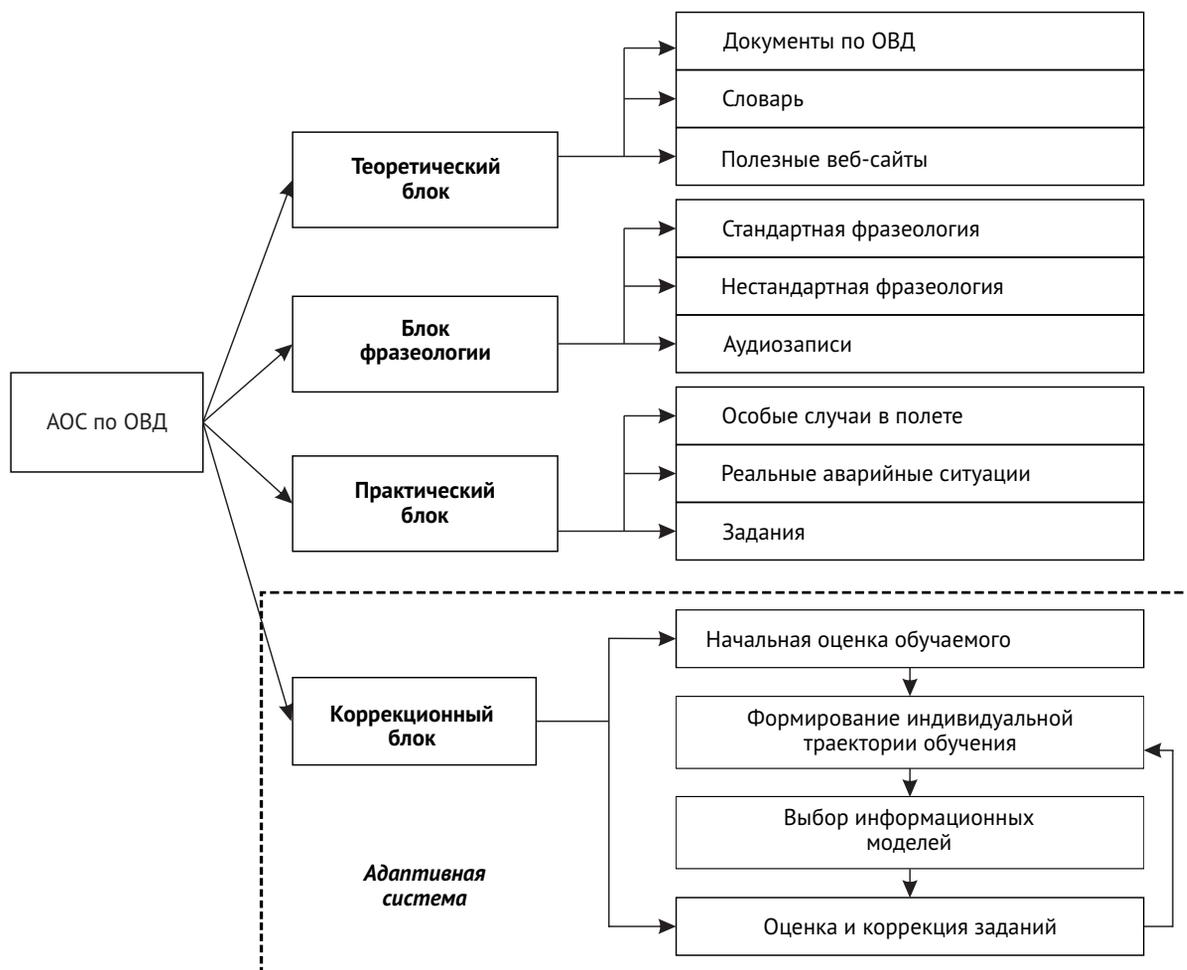


Рис. Структурная схема АОС по ОВД

новении особого случая в полете, авиадиспетчер должен выполнить минимум необходимых действий, при этом он должен четко знать к каким последствиям может привести такой случай, помнить и выполнять действия, необходимые для этого случая. Поэтому в практический блок включено разбор особых случаев в полете на русском и английском языках: попадание птицы в двигатель самолета; сообщение о террористическом акте (заложеной бомбе); отказ связи; аварийное снижение; отказ двигателя на многомоторных ВС; аварийный слив топлива; проблемы с шасси; незаконное вмешательство; обледенение; аварийная посадка вне аэродрома; разгерметизация; проблемы с наддувом; дым или огонь в кабине пилотов; турбулентность; опасное сближение.

Даны примеры реальных ситуаций с нарушениями при ОВД для дальнейшего анализа и обработки

в качестве примеров необходимости четкого соблюдения правил ОВД. В практическом блоке находятся задания, которые выполняются в зависимости от выбранной траектории обучения.

Формирование информационных моделей базируется на процедуре нечеткого логического вывода Мамдани и позволяет ситуационно формировать информационные модели в алгоритмах функционирования адаптивной системы, т. е. предоставлять задания дозированно-прогрессирующей сложности в зависимости от уровня подготовки авиадиспетчера [7].

При работе с коррекционным блоком пользователь начинает работать с окнами рабочих мест (аэродромная диспетчерская вышка, подходы, контроль) и группы типовых ошибок в соответствии с рабочим местом. То есть, обучаемый, точно зная рабо-

чее место, на котором он отрабатывал задачи на тренажере ОВД и сделал ошибочные действия, сможет проще ориентироваться в выборе траектории обучения и самостоятельно ее выбирать. Формирование индивидуальной траектории обучения происходит на основе созданной базы стратегий обучения. Такая база создана для методистов, которые в дальнейшем будут ее дополнять и корректировать по мере необходимости.

Ситуационные задания разной сложности (репродуктивные, проблемно-алгоритмизированные, проблемно-поисковые) разработаны согласно тематике учебных программ и отражают реальные условия профессиональной деятельности. Например, разработаны бланки с коррекционными заданиями по тематике: радиообмен авиадиспетчеров на аэродромной диспетчерской вышке при вылете и прилете ВС по правилам полетов

по приборам (ППП) и по правилам визуальных полетов (ПВП) в простых и сложных метеоусловиях; информационное обеспечение пилотов при управлении воздушным движением в СТР (зона диспетчерского контроля) по ППП, ПВП; по типовым ошибкам пилотов и диспетчеров во время радиообмена в СТР и др.

Таким образом можно сформулировать следующие выводы.

1. Проанализированы и обобщены результаты научных исследований, касающиеся тематики регулирования и коррекции обучения (М.И. Беляев, В.П. Беспалько, С.И. Брызгалова, В.В. Гриншкун, А.И. Иванецкий, Р.Н. Макаров, Е.К. Артищева, О.М. Кондратьева, Н.Ф. Талызина и др.) с целью определения и обоснования методов и средств коррекции профессиональной подготовки будущих авиадиспетчеров.
2. В ходе исследования определены и обоснованы методы коррекции профессиональной подготовки будущих авиадиспетчеров: объяснительно-иллюстративные, программировано-алгоритмизированные, проблемно-поисковые.
3. На основании требований к разработке и использованию средств коррекции сформирован комплекс средств: опорные конспекты по профессионально-ориентированным дисциплинам, веб-сайты профессиональной направленности, презентации учебных материалов, видео- и аудиосредства, бланки коррекционных заданий различной сложности, автоматизированная обучающая система по обслуживанию воздушного движения (АОС по ОВД).
4. Методы и комплекс средств коррекции позволяет не только определить уровни знаний по ОВД у будущих авиадиспетчеров, но и регулировать процесс обучения, на основании результатов обратной связи, приближая его к оптимальному варианту. Полноценное использование методов и средств коррекции должно обеспечивать качество профессиональной подготовки.

5. Дальнейшими направлениями исследования после апробации предложенных методов и средств считаем: проведение постоянного мониторинга ошибок курсантов на тренажерном и тренировочном этапе с целью выявления новых ошибок и внесения их в коррекционную составляющую профессиональной подготовки; дальнейшую детализацию ошибок для уточнения существующих и построения новых стратегий обучения, разработки новых и уточнения содержания наполнения существующих средств обучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаров, Р. Н. Теоретические основы профессиональной авиационной педагогики / Р. Н. Макаров, Л. В. Герасименко, Н. А. Нидзий. – М.: МАКЧАК, 2000. – 328 с.
2. Артищева, Е. К. Коррекция знаний студентов в вузе как объект педагогических исследований / Е. К. Артищева, С. И. Брызгалова // Вестник БФУ им. И. Канта. Сер. «Педагогические и психологические науки», 2013. – Вып. 5, С. 7–19.
3. Філіпенко, І. І. Комплексний контроль і корекція навчальної діяльності студентів вищих технічних навчальних закладів у процесі вивчення загальної фізики : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / І. І. Філіпенко ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2007. – 20 с.
4. Артищева, Е. К., Синицына Т. В. Коррекция знаний обучающихся на лабораторной работе с использованием компьютерных технологий / Е. К. Артищева, Т. В. Синицына // Известия Балтийской гос. акад. рыбопромышленного флота. – 2013. – № 2 (24). – С. 170–180.
5. Кондратьева, О. М. Методична система контролю і коригування знань та умінь студентів технічних спеціальностей у процесі навчання вищої математики : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / О. М. Кондратьева ; Черкаський національний ун-т ім. Богдана Хмельницького. – Черкаси, 2006. – 20 с.
6. Талызина, Н. Ф. Управление процессом усвоения знаний / Н. Ф. Талызина. – М.: МГУ, 1975. – 343 с.
7. Сурков, К. Ю. Модель нечіткого виводу адаптивної повітряної обстановки до рівня підготовки диспетчера управління повітряним рухом. / К. Ю. Сурков, В. В. Калачова, А. С. Луценко // Наука і техніка Повітряних Сил. – 2019. – № 3 (57). – С. 91-97.

Статья поступила в редакцию
06.04.2020

ТРАДИЦИОННЫЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ

*Лариса Евгеньевна Кульбицкая – доцент, кандидат философских наук, доцент кафедры общенаучных дисциплин учреждения образования «Институт предпринимательской деятельности», Республика Беларусь
kulbitskaya@gmail.com*

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы соотношения традиционных и инновационных тенденций в современном образовании. Автор раскрывает содержательный и методический аспекты этих тенденций, указывая на необходимость сохранения социально-гуманитарной компоненты и фундаментальной науки в образовательном процессе. Особое внимание уделяется междисциплинарному подходу, реализация которого, по мнению автора, в определенной мере может быть осуществлена в контексте курса по основам современного естествознания.

Ключевые слова: образование, инновации, традиции, социально-гуманитарные знания, междисциплинарный подход.

Образование, являясь важнейшим фактором развития общества, в значительной степени определяет его будущее. Современный уровень развития общества характеризуется беспрецедентным ростом научного знания, накоплением информации о природных и социокультурных процессах, технологическими прорывами. Все это предъявляет особые требования к образованию, которое по-прежнему считается наиболее эффективным средством адаптации к природной и социальной действительности. В то же время все эти тенденции усложняют процессы передачи знаний и их усвоение. Встает ряд вопросов о задачах и целях образования, его содержательном наполнении и методологическом сопровождении.

Уже в постановке целей и задач высшего образования намечился определенный диссонанс: с одной стороны, педагогическая теория подчеркивает, что целью образования является подготовка творческой, всесторонне развитой личности, овладевающей культурным наследием прошлого,

с другой стороны, образование все более приспосабливается к рынку, превращаясь в рынок образовательных услуг. В условиях рыночных отношений все четче формируется тенденция преобладания профессиональной подготовки и ограничение социально-гуманитарной составляющей образования.

Неразрывная связь образования и воспитания декларируется в Кодексе Республики Беларусь об образовании. В нем указывается на необходимость целенаправленного формирования разносторонне развитой, нравственно зрелой, творческой личности, а также подчеркивается, что «воспитание основывается на общечеловеческих, гуманистических ценностях, культурных и духовных традициях белорусского народа, государственной идеологии, отражает интересы личности, общества и государства» [1, с. 18-19].

Ведущей тенденцией в образовании постепенно становится его практико-ориентированная направленность. Профессиональное обучение, являясь инструментально ориентированным,

не способно обеспечить цели образования, о которых речь идет в Кодексе Республики Беларусь об образовании, поэтому правомерным будет проанализировать такие тенденции в реализации образовательного процесса в высшей школе как традиции и инновации.

Традиции и инновации — две тенденции в развитии общества, которые обуславливают его эволюцию. Они присутствуют в различных сферах общественной жизни, проявляясь и в образовании. Забвение или отказ от различных форм проявления этих тенденций может привести к застою или ошибкам, которые дорого обходятся обществу и государству.

Традиционное обучение обеспечивает преемственность поколений, воспроизводя общественные отношения, а инновации прокладывают дорогу к новым формам социальности, совершенствуя уже существующие отношения и способствуя утверждению новых, поэтому поиски правильного сочетания этих тенденций — важная задача в развитии об-

щества и его составляющих, в том числе в сфере образования.

Однако, несмотря на общую установку, относительно традиций и инноваций, дать им однозначное определение без знания их конкретного содержания не представляется возможным. Безотносительно своего содержания эти тенденции не несут в себе ни положительного, ни отрицательного смысла. Рассматривая их в общесоциологическом плане, как диалектические противоположности, можно отметить, что между ними нет непроходимой грани, они способны переходить друг в друга, каждый раз обретая содержание конкретного феномена. То, что в определенных хронологических рамках являлось инновационным, со временем перерастает в традицию. Традиции отмирают, иногда переходят в свою противоположность, инновации (новое — хорошо забытое старое). Только конкретное наполнение этих понятий содержанием определяет их значимость на конкретном этапе развития, вырисовывается тенденция их актуальности, востребованности, и необходимости.

Справедливой и плодотворной при определении данных тенденций представляется позиция отказа от их позитивных или негативных оценок безотносительно их содержания, которое различается в своих конкретных исторических проявлениях. Данные понятия, как и большинство понятий социально-гуманитарной сферы, представляют собой мысленный образ, в котором «объединены, диффузно наличные черты материальной и духовной жизни», и в таких «утопиях отражены известные, значимые в своем своеобразии черты нашей культуры, взятые из действительности и объединенные в идеальном образе» [2, с. 391].

Эти понятия правильно было бы рассматривать как идеальные типы, которые предстают в разнообразных проявлениях в зависимости от социокультурных условий. Понятие «идеальный тип» было введено немецким социологом и политологом М. Вебером, который предложил его для описания реальных явлений социальной действительности. В

этих понятиях обобщаются свойства феноменов социальной реальности. По мнению М. Вебера, идеальный тип — «это мысленный образ, не являющийся ни исторической, ни тем более «подлинной» реальностью. По своему значению это чисто идеальное пограничное понятие, с которым действительность сопоставляется, сравнивается, чтобы сделать более отчетливыми ее значимые компоненты ее эмпирического содержания» [2, с. 393]. Однако идеальные типы — это не понятия, отражающие свойства вымышленных явлений (русалка, домовая, баба Яга). Это научные понятия, репрезентирующие феномены реальности. Их появление в теории социально-гуманитарного знания было связано с необходимостью мысленного упорядочения эмпирических данных.

В образовании традиции и инновации охватывают методологическую и содержательную стороны данного процесса. Они выступают основными механизмами организации и самоорганизации в сфере образования и воспитания. Отмечая содержательную сторону традиций в образовании, следует указать, что традиционным в образовании мы полагаем, во-первых, наличие в нем социально-гуманитарной составляющей, во-вторых, фундаментальных знаний, например, в контексте курса «Основы современного естествознания». Развитие общества, проведение социально-экономических реформ, решение экологических и межнациональных проблем немислимо без овладения знаниями социально-гуманитарной сферы и фундаментальными научными знаниями о природе.

В условиях рыночных отношений все четче проявляется тенденция приоритета профессиональной подготовки и ограничение фундаментальных знаний естественнонаучного цикла в угоду прагматизму. Арсенал этой сферы знаний также играет важную роль в формировании творческой личности, способной к правильному определению приоритетов жизненных ценностей, и в связи с этим: «остро стоит проблема сохранения фундаментальной компоненты в вузовском

образовании» [3, с. 55].

Современные исследователи отмечают, что образование во многом зависит от общекультурного контекста, в котором оно осуществляется, от уровня и типа культуры, от специфики ценностного восприятия мира [4, с. 148]. Отсутствие в обществе духовной и культурной элиты, способной сохранять культуру и ее высшие духовные ценности, грозит утратой этих ценностей, духовным обнищанием масс. «Духовное обнищание и потеря культурного разнообразия в результате чрезмерного использования компьютеров приобретают серьезный характер, особенно в области образования» [5, с. 73].

В эпоху Просвещения сформировалась классическая парадигма образования, для которой было характерно требование научной рациональности. Приоритетный статус предметов ставился в зависимости от научности той или иной области знания. Часто это превращало воспитание в обучение технологиям социального поведения, значимость действия определялась его максимальной рациональностью. Длительное время данная парадигма, ставшая традицией, была преобладающей в культурном развитии общества, а в XX в. в связи с колоссальным развитием научно-технического прогресса обновление образования превращается в перманентный процесс, в котором данная тенденция становится господствующей.

Модернизация образования в эпоху постмодерна, понимаемая как перманентный процесс обновления часто без осмысления утраты положительных содержательных сторон традиционного наследия, представляет угрозу, выражающуюся в дегуманизации социальной жизни, снижении культурного и нравственного состояния общества. Поэтому прежде чем что-то отбрасывать как традиционно устаревшее, что-то внедрять, как инновационное следует подумать о том эффекте, которое принесет нововведение.

Социально-гуманитарное знание сформировалось как системное знание достаточно поздно во второй половине XIX века. Знания в сфере культурологии, социологии, политологии, эконо-

мической теории и социальной философии приобретают статус наук и начинают преподаваться как учебные дисциплины. Однако тенденция пребывания этих знаний в образовательном процессе не закрепилась как устойчивая длительная традиция.

В особой ситуации оказалось социально-гуманитарное знание в СССР. Догматический и схоластический характер этого знания, оторванность от практики определяли его основную функцию — разъяснять то, что принято. «На социально-гуманитарные науки по существу отсутствовал социальный заказ. Трудности осуществления радикальных преобразований были обусловлены отсутствием должных теоретических заделов в познании закономерностей и тенденций общества, развития в нем человека — главного субъекта всех перемен» [6, с. 181]. Все зарубежное гуманитарное и культурологическое наследие подвергалось критическому отношению, интерпретировалось как ошибочное и ненаучное.

Инновационное развитие часто связано с отказом от традиционных практик социально-гуманитарного содержания. Сам термин «инновация» означающий «обновление» впервые появился в научных исследованиях в XIX в. Это понятие стало активно применяться в начале XX в. в научных работах по экономике известным австрийским ученым-экономистом Й. Шумпетером, который рассматривал инновацию, как новую производственную функцию, которая приходит на смену старой. Позже данное понятие применяется для определения всего нового, что используется в различных сферах общественной жизни, в том числе и в образовании.

Инновации в образовании в XX в. стали ассоциироваться с прагматическим и специализированно-утилитарным отношением к действительности. Господствующими тенденциями становились установки на её рационалистическое освоение. Это было ответом на развитие научного технического прогресса и экономики, бизнеса, предпринимательства, которые ставили перед образованием новые задачи, в частности, задачу подготовки научно-техни-

ческих кадров и специалистов в сфере управления и бизнеса. Все это постепенно вело к игнорированию социально-гуманитарной и общекультурной составляющей образования. Но забвение гуманитарной культуры, содержащей в себе духовные ценности общественного развития, грозит духовным кризисом. Прагматическое освоение действительности не может быть единственной целью общественного развития и образования. В современных условиях столь же необходимо развитие культурно-гуманитарной сферы и использование в педагогической теории и практике всего опыта прошлого.

Инновации в содержательном плане на современном этапе развития общества и образования могут реализовываться через междисциплинарный подход, то есть создание таких курсов, в которых бы органично соединялись знания о природе и обществе, фундаментальные и частнонаучные проблемы, социально-гуманитарные, технические, и экологические знания, необходимые для устойчивого развития общества. О междисциплинарном подходе в сфере образования речь идет уже со второй половины XX века, однако нельзя сказать, чтобы в этом направлении были достигнуты большие успехи. В Республике Беларусь в рамках «Концепции оптимизации содержания, структуры и объема социально-гуманитарных дисциплин в учреждениях высшего образования и меры по ее реализации» разработаны интеграционные модули по социально-гуманитарным дисциплинам, что способствует развитию междисциплинарного подхода в образовании.

В плане междисциплинарного подхода хотелось бы обратить внимание на образовательный курс «Основы современного естествознания», в контексте которого студенты социально-гуманитарных, технических, а также естественнонаучных специальностей могут познакомиться с фундаментальными концепциями естествознания. Данный курс представляется перспективным, потому что в его контексте присутствуют выходы на понимание единства естественнонаучных и

социокультурных сторон общественного развития. Безусловно, эту задачу курс может выполнять, если не будет представлять «подробное изучение всей системы естественнонаучных знаний, что практически невозможно в одном учебном курсе. Концептуальный подход к изучению основ современного естествознания предполагает уяснения смысла и значение ключевых идей, понятий, законов и принципов современной системы фундаментальных естественнонаучных знаний» [7, с. 29]. Полностью разделяя данную точку зрения, хотелось бы подчеркнуть, что данный курс должен читаться в философском контексте, а уяснение «ключевых идей, понятий, законов и принципов современной системы фундаментальных естественнонаучных знаний», как раз и определяет его осмысление в широком социокультурном контексте и в тесной связи с социально-гуманитарными и техническими знаниями. В таком контексте открываются возможности выхода на тематику общественного развития и проблем этого развития в современных условиях.

Чтение данного курса представляется важным ещё по нескольким причинам: во-первых, школьная программа разрывает предметные области знания и, естественно, представления выпускников школ о науке — это изолированные дисциплины, во-вторых, школьная программа не содержит новых теорий эволюционного развития. В программных курсах нет новых подходов к осмыслению действительности — синергетических, холистских, что не способствует видению мира в его единстве.

С другой стороны, очень сложно уяснять многие социально-философские темы без знания закономерностей развития природы и таких понятий, как материя, вещество, поле, пространство, время, биосфера, микромир, мегамир, макромир, эволюция, космос, вселенная и целого ряда др. Недаром большинство выдающихся ученых питало и питает интерес к философским проблемам, а многие философы имеют отличную естественнонаучную подготовку и являются выпускни-

ками физических, химических и биологических факультетов.

Курс «Основы современного естествознания», осмысленный с философских позиций, а не с узких дисциплинарных, содержит в себе потенциал, предоставляя возможность слушателям ознакомиться не только с фундаментальной наукой прошлых эпох, но и новыми научными направлениями, концепциями, эволюционными теориями, осмыслить новую парадигму видения человека как существа космического, а общества с позиций синергетических, холистских. В контексте социально-гуманитарных дисциплин не содержится современных концепций развития общества с позиций синергетики и самоорганизации, что сужает представления о нем и его развитии. Данный курс содержит возможности междисциплинарного подхода в образовании, потому что его содержание может органично соединяться с содержанием социально-гуманитарных знаний как логическое продолжение естественнонаучной тематики. Переориентация мировоззренческих оснований науки, формирование теорий глобального и универсального эволюционизма, понятий, дающих возможность единого образного описания процессов, протекающих в неживой природе, живом веществе и обществе определяют новое видение мира и мировых проблем. «Мораль, нравственность и культура, с этой точки зрения, рассматриваются как результаты надорганизменной эволюции, как процессы развития сложных систем» [8, с. 53].

Разумное сочетание традиционных и инновационных тенденций, имеющих положительный потенциал, в образовательном процессе может стать плодотворным подходом к решению задачи формирования научного мировоззрения, сознательного и ответственного отношения к жизненным проблемам студенческой молодежи. Для достижения цели — формирования научного мировоззрения — необходимо также совершенствование методических форм образовательного процесса. Реализация этой задачи, с одной стороны, предполагает поиск новых форм, методов и

технологий, которые способствовали бы активному привлечению студенческой молодежи к овладению знаниями и умению применять их на практике, с другой стороны, следование традициям, которые зарекомендовали себя как наиболее творческие и отвечающие духу времени. В данном контексте удачным сочетанием этих тенденций представляется наполнение таких традиционных форм образования как лекции, семинарские занятия, новыми методами и способами их организации и проведения.

Система высшего образования находится на этапе значительных преобразований, поэтому основные формы его организации и реализации немислимы без инноваций. Однако введение инноваций в образовательный процесс должно быть продуманным и обоснованным.

Образование, как и общество в целом, находится сегодня в состоянии выбора: быть ли ему сферой духовного производства, в рамках которого может формироваться творческая личность, способная принимать ответственные решения и предполагать те последствия, к которым приведут эти решения или превратиться в социальный формальный институт сферы обслуживания наряду с бытовыми услугами населению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кодекс Республики Беларусь об образовании : 13 янв. 2011 г. №243-З : принят Палатой представителей 2 дек. 2010 г. : одоб. Советом Респ. 22 дек. 2010 г. – Минск : РИВШ, 2011. – 352 с.
2. Вебер, М. Избранные произведения / М. Вебер : пер. с нем. ; сост., общ. ред. и послесл. Ю. Н. Давыдова ; предислов. П. П. Гайденко. – М. : Прогресс. – 1990. – 880 с.
3. Кембровская, Н. Г. Изучение фундаментальных естественнонаучных концепций – необходимый элемент университетского образования / Н. Г. Кембровская, И. Н. Медведь // Фундаментальная наука и образовательная практика : материалы Респ. науч.-методолог. семинара «Актуальные проблемы современного естествознания», Минск, 14 декабря 2018 г. / редкол.: В. А. Гайсенко и [и др.]. – Минск : РИВШ, 2018. – 200 с.
4. Ушакова, М. В. Образование в трансформирующемся обществе / М. В. Ушакова // Вестн. Моск. ун-та. Серия «Социология и политология». – 2002. – № 4. – С. 147–158.
5. Капра, Ф. Паутина жизни: новое научное понимание живых систем / Ф. Капра : пер. с англ. ; под ред. В. Г. Трилиса. – Москва; Киев; София, 2003. – 334 с.
6. Пуляев, В. Т. Социально-гуманитарные знания и современность / В. Т. Пуляев, Н. Г. Скворцов // Социально-гуманитарные знания. – М., 2013. – № 3. – С. 176–187.
7. Шупляк, В. И. Значение курса «Основы современного естествознания» для естественнонаучной подготовки специалистов в высшей школе / В. И. Шупляк, Г. И. Касперович // Фундаментальная наука и образовательная практика : материалы Респ. науч.-методолог. семинара «Актуальные проблемы современного естествознания», Минск, 14 декабря 2018 г. / редкол.: В. А. Гайсенко и [и др.]. – Минск : РИВШ, 2018. – 200 с.
8. Моисеев, Н. Н. Социализм и информатика / Н. Н. Моисеев. – М. : Политиздат, 1988. – 285 с.

*Статья поступила в редакцию
07.04.2020*

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ РАЗВИТИЯ ОБЩЕЙ ВЫНОСЛИВОСТИ У СТУДЕНТОВ ВУЗОВ ГА

Владимир Ильич Шалупин – кандидат педагогических наук, профессор, заслуженный работник физической культуры РФ, заведующий кафедрой физического воспитания Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации», Российская Федерация
v.shalupin@mstuca.aero

Инесса Альбертовна Родионова – кандидат педагогических наук, профессор, отличник физической культуры и спорта, профессор общеуниверситетской кафедры физического воспитания Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации», Российская Федерация
rodiinna@mail.ru

Аннотация: в работе рассматривается методика общефизической подготовки студентов вузов ГА с использованием физических упражнений на выносливость, характеризующихся циклическим и ациклическим характером деятельности. Основными факторами, формирующими это двигательное качество, является энергетический обмен веществ в организме и работа вегетативных его систем, которые взаимодействуют друг с другом. Предложенная нами методика повышения выносливости студентов на основе использования таких механизмов призвана повысить уровень их физической подготовленности и опосредовано стимулировать эффективность профессиональной деятельности будущих специалистов гражданской авиации.

Ключевые слова: выносливость, физические упражнения, умственная работоспособность, методика, профессиональная деятельность.

«Перед современным обществом стоит задача создания и развития новой образовательной системы. И не последнюю роль в ней будет играть инновационная система физического воспитания и спортивной подготовки, задача которой вырастить не только физически сильного, но и волевого человека, способного противостоять вызовам современного мира» [1, с. 20]. Основная задача дисциплины «Физическая культура» в образовательном процессе вузов гражданской авиации это – сохранение и укрепление здоровья, развитие и совершенствование двигательных качеств и прикладных навыков, повышение работоспособности студентов как будущих работников авиационной отрасли. Такой методический подход, безусловно, является перспективным и всеобъемлющим.

«Одной из главных составляющих профессионализма пилотов гражданской авиации является оптимальное здоровье. Физические упражнения являются катализатором на сохранение этого здоровья. Очень важной особенностью при занятиях физическими упражнениями является умение правильно и с нужной дозированностью применять эти упражнения, уметь распределять временные параметры отдыха и работы» [2, с. 81]. Естественно, это касается не только пилотов, но и всех сотрудников аэродромных служб, которые исследуются нами и являются субъектом формирующих воздействий.

В исследованиях В.И. Шалупина и И.А. Письменского отмечается, что «профессия инженерно-технического состава ГА имеет свою двигательную специ-

фику, отличающуюся условиями труда, психофизиологическими характеристиками и предъявляющая различные требования к уровню развития физических качеств, психофизиологических функций, психических свойств и качеств личности» [3, с. 81].

В условиях современного общества, когда на долю физического труда приходится очень мало двигательной активности, а все работы, связанные с обслуживанием авиационной техники, занимает, в основном, умственный труд, и на фоне этого авиационным работникам приходится работать в условиях ограниченной моторной активности. «Недостаток физических движений у студентов технических ВУЗов, занятых в процессе учебы, прежде всего теоретическими дисциплинами, проявляется в беговых

испытаниях в виде сбоев дыхания, изменениями техники движений бега и переходом на ходьбу, нередко отказом от выполнения задания. Все это говорит о низкой способности организма студентов выдерживать аэробные нагрузки» [4, с. 110]. Все это ведет к тому, что на фоне гиподинамического режима трудовой деятельности у специалистов авиационной отрасли уже в молодом возрасте появляются болезни, которые двадцать, тридцать лет тому назад могли появиться только в предпенсионном или в пенсионном возрасте. На первом месте это, прежде всего, болезни сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, заболевания зрительного анализатора, дыхательной, кровеносной системы.

Известно классическое древнегреческое выражение: «Воспитание нуждается в трех вещах: в даровании, науке, упражнении». Основным компонентом, на наш взгляд, высококого профессионализма работников гражданской авиации, наравне с теоретическими знаниями и практическим опытом, выступает физическая культура и в частности формируемое с ее помощью такое физическое качество как выносливость, которая с высокой степенью связана с профессиональной работоспособностью сотрудника.

Рассмотрим предлагаемые нами методы развития выносливости.

«Наиболее простым способом стать выносливее считается продолжительный бег трусцой. Бег трусцой успокаивает психику. Он наиболее подходит курсантам, так как они постоянно находятся в напряженном состоянии, которому способствует ожидание вызова при несении караульной службы, чрезвычайные ситуации различного характера, обстановка на пожаре и тому подобное. Это наиболее эффективный способ для снятия нагрузки, напряженности курсантов МЧС России. Занятия бегом не требуют специальной экипировки. Начинать необходимо с небольшой дистанции – от нескольких сотен метров до нескольких километров. При двухразовых тренировках в неделю после месяца занятий дистан-

ция увеличивается» [5, с. 10-13]. Такой же методический подход использовали и мы, за исключением коррекции длины пробегаемых дистанций.

Выносливость выражается в способности организма выполнять определенную физическую, умственную или другую какую-либо работу без снижения темпа достаточно длительное время. Основными факторами, формирующими выносливость, является энергетический обмен веществ в организме совместно с работой вегетативных систем. Выносливость организма молодого человека имеет ряд особенностей. Это, прежде всего, активность всех органов и систем организма, включая и нервно-мышечный аппарат.

В последнее время многие ученые занимаются проблематикой повышения профессионально важных физических и психических качеств средствами упражнений на выносливость. Однако методические рекомендации, единые требования к формированию выносливости для студентов вузов гражданской авиации, где каждая специальность и направление подготовки в ФГОС ВО имеют свои компетенции и предъявляют разные требования к физическому качеству «выносливость», не разработаны достаточно обоснованно.

Именно с учетом компетенций направлений подготовки и специальностей, изучение данной тематики на сегодняшний день носит актуальный характер.

Как утверждает В.А. Галкин, «выносливость – одно из ключевых физических качеств, выражающееся в профессиональной, спортивной деятельности и в повседневной жизни человека. Выносливость отражает общий потенциал работоспособности человека. Являясь многофункциональной особенностью организма человека, она объединяет в себе огромное количество процессов, происходящих на различных уровнях: от микро клеточного и до неделимого организма» [6, с. 1024].

Повышение эффективности умственной работоспособности студентов ВУЗов гражданской авиации средствами физической культуры и спорта, и в частности, на основе физического качества

«выносливость», является первостепенной задачей педагогических работников кафедры физического воспитания. Так, в частности, показано (Л.М. Волкова, А.А. Голубев, В.В. Евсеев), что «высокий уровень функционирования всех систем организма в значительной степени определяет эффективность летной деятельности, обеспечивает надежность работы инженерно-технического состава» [7, с. 5].

Гипотеза

Разработка методики занятий студентов по общефизической подготовке с использованием двигательных упражнений на выносливость, характеризующихся циклическим и ациклическим характером, позволит повысить эффективность профессиональной деятельности будущих специалистов гражданской авиации.

Именно выносливость способствует укреплению здоровья, положительно влияет на нервно-психическое состояние молодого человека, повышает стрессоустойчивость организма, что особенно важно в период экзаменационной сессии, когда мобилизация всех физических и психических качеств так необходима студенту.

Не секрет, что при обучении в высшем учебном заведении на первом плане у человека стоит сохранение и укрепление здоровья. Ведь если у человека не будет здоровья, он часто будет болеть и пропускать учебные занятия, не в состоянии освоить тот программный материал, который предлагает на сегодняшний день высшая школа. В результате этого, он выходит из стен учебного заведения, имея определенный пробел в теоретических знаниях и методических навыках своей профессии. Как следствие, при устройстве на работу, не сможет в полной мере показать те профессионально важные знания и умения, которые предъявляет работодатель к специалисту авиационной отрасли.

Физическая культура и спорт в вузе гражданской авиации предназначены не только для развития и совершенствования физических качеств и двигательных навыков, но и имеют вектор реше-

ния задач узкой специализации, связанных с компетенциями конкретной специальности и направления подготовки.

В зависимости от задач, решаемых специалистом авиационной отрасли, подбираются и конкретные средства физической культуры.

Как сформулировано И.А. Родионовой, В.И. Шалупиным и В.В. Карпушиным, «следует выделить условия деятельности диспетчеров, работающих в экстремальных условиях и большой ответственностью за результат деятельности: ошибка может привести не только к срыву графика движения воздушных судов, но и к аварии, повреждением самолетного парка, гибели людей» [8, с. 117].

Издавна известно, что здоровье для человека, которое ему дано от рождения, является бесценным даром свыше. Без здоровья невозможно решать сложнейшие задачи, находясь в современной социальной и биологической среде. Ведь хорошее здоровье — это залог успешного освоения теоретического материала, выполнение практических заданий и успешное прохождение экзамена на сессии, проходящей на фоне повышенной эмоциональной напряженности.

Нервно-психическое напряжение, эмоциональное перевозбуждение, плохое самочувствие провоцируют изменения в работе сердечно-сосудистой системы, дыхательной, пищеварительной систем. Страдает эндокринная система и другие органы и системы организма. Нарушается работа зрительного анализатора. Все это приводит к утомлению и переутомлению, проблемам со здоровьем.

Исследование влияния учебной нагрузки на организм занимающихся в высшем учебном заведении, включая социально-психологическую и физическую адаптацию студентов, на сегодняшний день является весьма актуальным и востребованным.

Весьма важным условием конструирования и совершенствования механизмов адаптации к умственной работе является активная двигательная деятельность будущего работника авиа-

ционной отрасли, которая может иметь как положительные, так и отрицательные последствия в зависимости от правильности ее применения.

Хорошая физическая форма и хорошее здоровье, безусловно, обеспечивают формирование полноценного работника. А ведь одна из основных задач в образовательных учреждениях — это задача воспитания профессионала с отменным здоровьем, глубокими теоретическими знаниями в сфере своей профессиональной деятельности и высокой степенью работоспособности.

Наиболее благоприятными условиями для развития и совершенствования физических качеств и двигательных навыков является возраст от 17 до 25 лет. Этот возрастной диапазон как раз и является студенческим возрастом. Тем самым мы можем говорить о том, что в студенческом возрасте воспитание выносливости закладывает фундамент для дальнейшей профессиональной деятельности будущих работников авиационной отрасли.

Не у всех студентов прирост показателей уровня развития физических качеств под влиянием тренировки происходит одинаково. Он зависит от ряда факторов. Это, прежде всего, генетическая составляющая, состояние здоровья, психические и биологические процессы, динамично протекающие в организме.

Организм молодого человека в студенческом возрасте наиболее чувствителен ко всем процессам, происходящим как внутри организма, так и в социальной среде. В этот период происходит перестройка организма человека. Активно идут процессы полового созревания, меняется психика, формируется опорно-двигательный аппарат. Энергично происходит перестройка организма и в физическом компоненте. Формируются физические качества и двигательные навыки. Человек взрослеет.

Учитывая, что в молодом возрасте организм наиболее восприимчив к формированию физического качества выносливости, с помощью которого можно целенаправленно косвенно способствовать развитию познавательных

процессов, которые в высокой степени определяют умственную работоспособность студентов. Этим самым, на наш взгляд, можно воздействовать на эффективность учебного процесса.

Методика исследования

В Московском государственном техническом университете гражданской авиации была разработана методика для занятий студентов по общефизической подготовке. Были использованы физические упражнения циклического и ациклического характера деятельности.

Для повышения эффективности эмоционального фона занятия, в него один раз в неделю, включалась гимнастика с музыкальным сопровождением. Второй раз занятие проводилось с использованием беговых упражнений. В них в основном использовался равномерный метод тренировки.

На первоначальном этапе учебных занятий проводилась специфическая аэробная гимнастика с использованием переменного метода тренировки. Время занятий составляло 75 мин. В содержание занятия входили: ходьба, бег, выполнение общеразвивающих упражнений в ходьбе и беге, танцевальные движения, прыжки, гимнастические подскоки. В конце выполнения упражнений выполнялись дыхательные процедуры для расслабления мышц и восстановления дыхания.

Вводная часть занятия составляла 5% времени, при этом ЧСС в покое колебалась от 60 до 90 уд/мин. На подготовительную часть отводилось 15% от общего времени занятия. ЧСС в подготовительной части занятия колебалась от 130 до 145 уд/мин. В основной части занятия (75% всего времени) выполнялись 3-4 максимально допустимых заданий длительностью 2-3 мин. ЧСС в этот момент доходила до 180 уд/мин. У отдельных студентов максимальная ЧСС была 200 уд/мин. Интервал отдыха между выполнением «пиковых» упражнений длился до восстановления ЧСС в пределах 120-130 уд/мин. Заключительная часть занятий составляла 10% от общего количества времени занятия. ЧСС после вос-

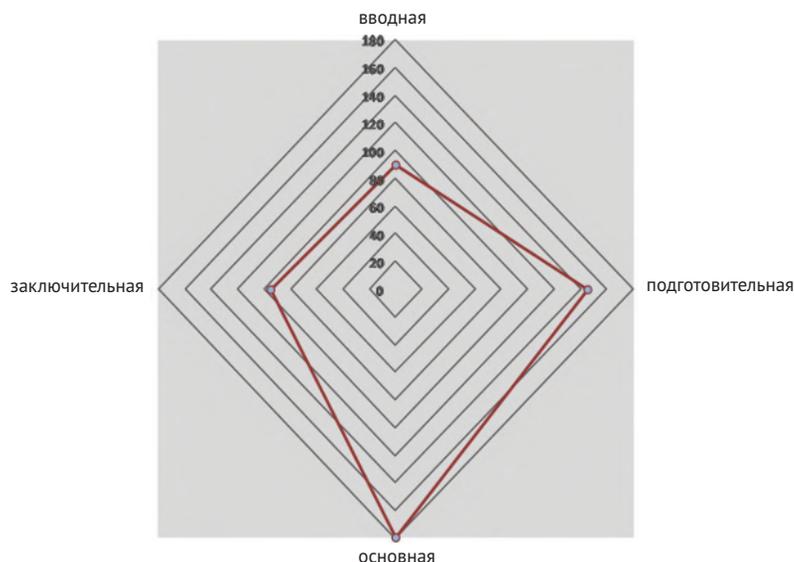


Рис. 1. Максимальная ЧСС в частях учебного занятия

становления составляла от 80 до 95 уд/мин. Выполнялись упражнения в ходьбе с включением общеразвивающих упражнений для восстановления дыхания и расслабления мышц (рис. 1).

Второе занятие организовывалось с использованием равномерного бега, который проводился в течение 8-12 мин., в среднем темпе (40% от максимального). В дальнейшем в процессе учебных занятий время беговой тренировки увеличивалось до 20-30 мин. Скорость передвижения составляла 50-60% от максимальной. Использовался равномерный метод тренировки.

Пuls при этом у студентов колебался от 130 до 150 уд/мин.

На завершающем этапе подготовки, после того как была достигнута быстрота выполнения бега 1000 м. за 5-6 мин., с использованием равномерного метода тренировки, ЧСС через минуту после бега становилась в пределах 120-125 уд/мин. Затем использовался контрольный метод тренировки, который предполагал бег на дистанцию 3000 м. (юноши). Для повышения нагрузки беговая программа реализовывалась в форме бега по пересеченной местности с грунтовым покрытием.

Выводы

1. В соответствии с выполняемым нами экспериментом физиологическая кривая каждого занятия физической культурой имеет от 4 до 5 вершин, что, с одной стороны, позволяло оказывать тренирующее воздействие на различные функциональные системы организма, а с другой — развивать общую выносливость, как двигательное качество. Применение методики развития общей выносливости позволило улучшить показатели общей физической подготовленности, что в свою очередь, косвенно повлияло и на умственную работоспособность студентов, занимающихся по программе использования общеразвивающих упражнений.
2. Высокий уровень профессиональной деятельности специалиста авиационной отрасли зависит не только от глубоких теоретических знаний, практического опыта и умений, но и от оптимальной степени выносливости, работоспособности, которые будущий специалист может приобрести при активных занятиях физической культурой и спортом в стенах вузов гражданской авиации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Подготовка педагога дополнительного образования в области физической культуры: психологическое сопровождение в детско-юношеском спорте : учеб. пособие / А. В. Родионова [и др.] ; под ред. А. В. Родионова. – М. : Издательство «Юрайт», 2020. – 251 с. – (Профессиональное образование. Сер. 68).
2. Шалупин, В. И. Актуальность самостоятельной физической тренировки пилотов гражданской авиации / В. И. Шалупин [и др.] // Известия Тульского гос. ун-та. Физическая культура. Спорт. – 2019. – № 9. – С. 53–61.
3. Шалупин, В. И. Профессионально-прикладная физическая подготовка студентов МГТУ ГА / В. И. Шалупин, И. А. Письменский // Научн. вестн. Московского гос. техн. ун-та гражданской авиации. – 2015. – № 213 (3). – С. 81–84.
4. Демчук, Н. В. Развитие общей выносливости при физических нагрузках студентов технических вузов / Н. В. Демчук, А. С. Морозов // Сборник статей X Международной научно-практической конференции. – Пенза : «Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.)», 2017. – С. 110–112.
5. Ведякин, Ю. А. Применение средств легкой атлетики в физической подготовке курсантов МЧС России для развития общей выносливости / Ю. А. Ведякин, А. В. Кулагин, Е. Е. Маринич // Новая наука: Стратегии и векторы развития. – 2016. – № 3-1 (70). – С. 10–13.
6. Галкин, В. А. Воспитание специальной выносливости у студентов транспортных вузов / В. А. Галкин // Молодой ученый. – 2016. – № 3. – С. 1024–1027.
7. Волкова, Л. М. Самостоятельные занятия физическими упражнениями и самоконтроль студентов авиационных вузов : тексты лекций / Л. М. Волкова, А. А. Голубев, В. В. Евсеев. – СПб, 2018. – 53 с.
8. Родионова, И. А. Психическая устойчивость к стрессовым ситуациям специалистов аэродромных служб как фактор безопасности полетов / И. А. Родионова, В. И. Шалупин, В. В. Карлушин // Научн. вестн. Московского гос. техн. ун-та гражданской авиации. – 2015. – № 218 (8). – С. 117–121.

Статья поступила в редакцию
23.03.2020

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

Ольга Николаевна Солдатова – кандидат педагогических наук, доцент, проректор по учебной работе учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
soldatova_on@bsaa.by

Валентина Григорьевна Швайко – кандидат исторических наук, доцент, начальник центра непрерывного профессионального образования учреждения образования «Республиканский институт высшей школы», Республика Беларусь
спро@mail.ru

Аннотация: в статье рассмотрены институциональные механизмы модернизации системы проектирования профессиональной подготовки специалистов как ключевого фактора управления качеством человеческих ресурсов, обозначены пути развития механизмов взаимодействия учреждения образования с заказчиками кадров на современном этапе, рассмотрена функциональная модель Национальной системы квалификаций Республики Беларусь.

Ключевые слова: заказчики кадров, квалификационные требования, национальная система квалификаций, планирование человеческих ресурсов, образовательный стандарт, проектирование профессиональной подготовки, профессиональное образование, профессиональный стандарт, рынок труда, секторальный совет, человеческие ресурсы.

Проблема модернизации системы профессиональной подготовки кадров, не смотря на определенные достижения в данной области, не утрачивает актуальности, ибо затрагивает важнейшие аспекты государственной кадровой политики и механизмы управления качеством человеческих ресурсов страны. Человеческие ресурсы относятся к числу факторов, непосредственно влияющих наряду с инфраструктурой, доступностью и производственным окружением на конкурентоспособность регионов и экономики государства в целом.

В качестве индикаторов со-

стояния человеческих ресурсов при оценке конкурентоспособности устойчивости развития выступают:

- демографические тренды (миграция квалифицированных трудовых ресурсов, средний возраст населения, средняя продолжительность жизни, доля экономически активного населения);
- характеристики высококвалифицированной рабочей силы (доля населения с высшим образованием, интеллектуально-интенсивные навыки).

Развитие человеческих ресурсов базируется на системном под-

ходе к формированию и развитию человеческих ресурсов, в рамках которого целенаправленное воздействие социально-экономических институтов на личность формирует уровни профессиональной и социально-личностной компетентности, обеспечивающие ее востребованность на рынке труда и повышение стоимости как функциональной рабочей силы. Институциональная среда развития человеческих ресурсов выступает ключевым условием снижения рисков в условиях неопределенностей (элементом, задающим рамочные условия) и методом обеспечения максимально

допустимых социально-экономических результатов взаимодействия различных субъектов.

Национальная система образования, обеспечивающая в Республике Беларусь с позиции теории человеческого капитала индекс уровня образования, сопоставимый с наиболее развитыми странами Европы, сложилась эволюционным путем на основе интеграции отечественных традиций и передового мирового опыта. Уровень образования принимается ООН в качестве одного из трех базовых показателей человеческого потенциала любой территории (индекс человеческого развития (далее – ИЧР) является интегральным показателем, рассчитываемым ежегодно для межстранового сравнения и измерения уровня жизни, грамотности, образованности и долголетия как основных характеристик человеческого потенциала исследуемой территории. При подсчете ИЧР учитываются 3 взаимосвязанных и взаимообусловленных вида показателей: индекс ожидаемой продолжительности жизни, индекс образования, индекс дохода. По ИЧР Республика Беларусь в последние годы улучшила свои результаты и сегодня находится на 50-м месте из 189 стран и территорий, разделяя данную позицию с Казахстаном и относится к государствам с высоким уровнем человеческого развития, опережая другие страны Содружества Независимых Государств (Россия, Украина, Азербайджан, Армения). Следует отметить, что в нашей стране предпринимаются планомерные и последовательные шаги по наращиванию данного показателя. Так за период с 1995 до 2019 года значение Беларуси в рейтинге ИЧР выросло на 24,5% (в абсолютных значениях с 0,656 до 0,817). Значительную роль в данном контексте играет модернизация системы образования в целом и системы профессионального образования в частности.

Система образования Беларуси в целом обеспечивает реальный сектор традиционной экономики страны кадрами требуемой квалификации, но, вместе с тем, в ряде секторов экономики республики наблюдается их дефицит. Данная проблема усугубляется де-

мографической ситуацией, процессами глобализации в мировой экономике, структурной перестройкой национальной экономики, трудовой миграцией, ростом конкуренции на общем рынке труда в рамках единого экономического пространства. Указанные факторы обуславливают своевременность создания на национальном уровне действенных механизмов динамичного реагирования системы образования на мировые тенденции развития систем образования, сопряженные с геополитическими факторами, а также создания условий для эффективного использования трудовых ресурсов и их дальнейшего развития.

Взаимодействие системы профессионального образования с рынком труда основано на стратегии обеспечения устойчивого функционирования и развития объектов экономики. Стейкхолдерами данного взаимодействия выступают заказчики кадров (как обобщенная категория), а также учреждения образования и государственные организации образования, обеспечивающие функционирование системы образования. Объектом взаимодействия являются человеческие ресурсы, количественные и качественные характеристики которых задаются заказчиками кадров через прогнозирование в их потребности в разрезе отраслей экономики, организаций, должностей, квалификационных характеристик. Именно человеческие ресурсы выступают в качестве ключевого драйвера развития инфраструктуры экономики знаний. Определение человеческих ресурсов как единицы ценности при переходе экономики на цифровую платформу развития предполагает технологизацию проектирования содержания подготовки кадров на основе принципов системной инженерии [1].

Принципиальная роль при модернизации системы профессионального образования отводится созданию Национальной системы квалификаций (далее – НСК), секторальных рамок квалификаций, которые должны четко дифференцировать квалификационные требования (характеристики) к специалистам на каждом уровне

образования и позволять оперативно реагировать на изменения, происходящие в экономике, на основе перманентного соотношения уровней образования с Международной стандартной классификацией образования (далее – МСКО).

Задача НСК состоит в обеспечении возможности выстраивания многочисленных траекторий обучения, приводящих к получению конкретной сопоставимой квалификации и повышению квалификационного уровня, а также формирования четких процедур официального признания полученного индивидом уровня квалификации.

Существующие в настоящее время системы квалификаций в Республике Беларусь и в странах Евросоюза существенно отличаются по составным элементам и, как следствие, по оказываемому воздействию на регулирование спроса и предложения на рынке труда. Вместе с тем, данная проблема актуальна не только для Беларуси. В процесс разработки национальных систем квалификаций на основе Национальных рамок квалификаций (далее – НРК) активно вовлечено более 130 стран.

НРК является ключевым элементом НСК и, по сути, представляет обобщенное описание принятых в стране уровней квалификаций, путей их достижения и дескрипторов, характеризующих каждый уровень квалификаций в терминах знаний, умений и широких компетенций (при этом под широкой компетенцией понимается описание степени сложности трудовой функции, самостоятельности и ответственности работника). Следует отметить, что данный инструмент, в первую очередь, ориентирован на применение в реальном секторе экономики в процессе планирования численности и качества человеческих ресурсов, необходимых для обеспечения эффективного функционирования и устойчивого развития предприятий (организаций), отраслей, территорий.

Возвращаясь к опыту стран Евросоюза в области стандартизации и сопоставления профессионального образования, отметим, что Европейским парламентом еще 23 апреля 2008 года для сопо-

ставления НРК стран Евросоюза была принята Европейская рамка квалификаций (далее – ЕРК), обеспечивающей сопоставление квалификаций различных НРК в условиях экономической глобализации и усиления миграционных процессов на рынках труда.

Институциональное оформление в Республике Беларусь методологических подходов и организационно-правовых механизмов формирования НСК нашло в Стратегии совершенствования Национальной системы квалификаций, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 14 октября 2018 г. № 764 [2], и в ряде иных нормативных актов [3, 4].

НРК, секторальные рамки квалификаций, а также профессиональные стандарты являются новыми элементами национальной системы квалификаций. Их разработка и функционирование являются компетенцией Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, секторальных советов по развитию квалификаций, а также непосредственно работодателей.

Профессиональные стандарты

представляют собой развернутую характеристику содержания трудовых функций и требований к квалификации, необходимой для их выполнения. Методология разработки профессиональных стандартов, их структура определены соответствующими нормативными правовыми актами [5]. Принципиально значимым аспектом является то, что разработка профессиональных стандартов является задачей участников рынка труда и заинтересованных органов государственного управления, а не субъектов системы образования.

К ключевым элементам национальной системы квалификаций, которые разрабатывает и регулирует Министерство образования Республики Беларусь, относятся Общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 011-2009 «Специальности и квалификации», а также образовательные стандарты нового поколения, построенные на компетентностном подходе. Данные элементы не являются нововведением в национальной системе квалификаций, скорее – это та область, которая подвергается модернизации в рамках совершенствования

системы в целом [6].

В основу новой концепции НСК заложены результаты обучения, что полностью соответствует целям и задачам совершенствования структуры и содержания образовательного процесса в системе высшего образования Республики Беларусь. Компетенции и результаты обучения являются основополагающими элементами методологии разработки образовательных стандартов высшего образования нового поколения [7]. Детальное описание трудовых функций и трудовых действий в рамках определенного вида трудовой деятельности в профессиональных стандартах раскрывает содержание знаний и умений с точки зрения их востребованности на рынке труда. Гармонизация профессиональных и образовательных стандартов может быть достигнута только на основе их интеграции. При этом наличие самой системы профессиональных стандартов может стать основой для проектирования новых специальностей профессионального образования.

Трансформация национальной системы квалификаций за-

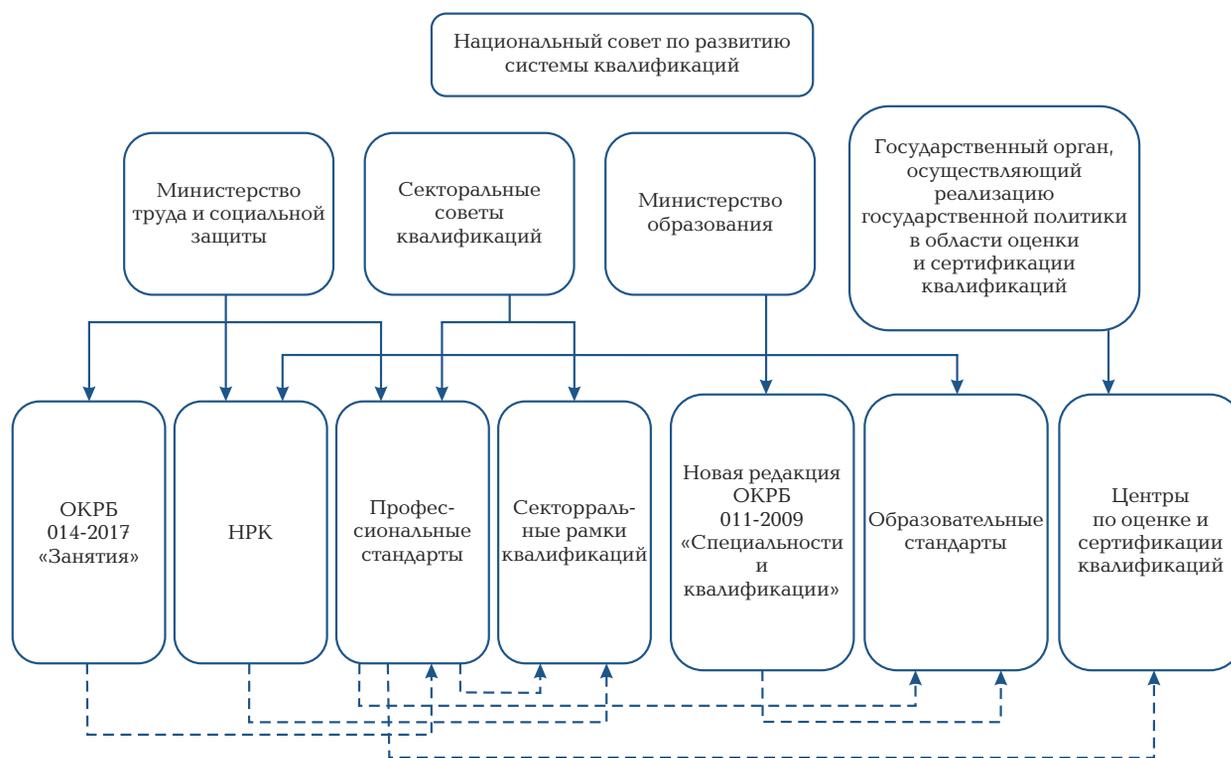


Рис. 1. Структура обновленной Национальной системы квалификаций Республики Беларусь [2].



Рис. 2. Нормативно-правовое взаимодействие рынка труда и системы образования в рамках новой НСК

трагивает интересы фактически всех участников образовательных и трудовых отношений, закрепленные не только нормативно законодательством в сфере образования и трудовым законодательством, но и сложившимися институциональными ловушками (в терминах неинституциональной теории), то есть неэффективными институтами, имеющими самоподдерживающийся характер (например, на уровне системы образования это может быть неэффективная система прогнозирования потребности в кадрах, избыточность учреждений высшего образования, на уровне отдельных отраслей (сфер) экономики – наличие несопоставимых с ЕРК уровней квалификаций в отдельных видах деятельности, отсутствие однозначных квалификационных требований к уровню образования при назначении на должности согласно ЕКДС, когда применительно к одной и той же должности допускается наличие среднего специального или высшего образования и др.). Ее реализация возможна только путем последовательных системных преобразований с участием всех заинтересованных сторон и международных экспертов.

Сегодня данный процесс осуществляется в рамках проекта международной технической помощи «Занятость, профессиональное образование и обучение в Беларуси», одобренного постановлением Совета Министров

Республики Беларусь от 29 марта 2018 г. № 232 «Об одобрении проектов международной технической помощи», реализуемого совместно Министерством образования Республики Беларусь, Министерством труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерством экономики Республики Беларусь.

Технологизация проектирования содержания подготовки кадров предполагает принципиально иной подход к планированию характеристик человеческих ресурсов с учетом стратегии развития организации (отрасли, территории). Работники выступают в качестве единицы ценности, выступающей в качестве системообразующего элемента ключевого взаимодействия между производителем (поставщиками) образовательной услуги (образовательной программы) и ее потребителями (в первую очередь, непосредственными заказчиками кадров) [8]. Этим обусловлена детерминирующая роль в разработке секторальных рамок и профессиональных стандартов, анализе проектов образовательных стандартов и учебно-программной документации образовательных программ, разработанных на основе утвержденных профессиональных стандартов именно секторальных советов квалификаций, создаваемых отраслевыми государственными органами (их в настоящее время в Республике

Беларусь 12). Именно секторальные советы в обновленной НСК являются связующим и координирующим звеном по вопросам взаимодействия рынка труда с системой образования.

В целях содействия формированию и реализации государственной политики по совершенствованию НСК в Республике Беларусь создан Совет по развитию системы квалификаций Республики Беларусь [2], основной задачей которого является координация работы органов государственного управления и организаций по созданию секторальных советов квалификаций, разработке профессиональных стандартов, формированию системы независимой оценки и сертификации квалификаций.

Принципиальное значение при разработке НРК в рамках конкретного вида деятельности играет установление количества уровней квалификаций, а также определение соответствующих требований к знаниям, умениям и навыкам, к уровню самостоятельности и ответственности, требующих описания в профессиональных стандартах через трудовые функции, так как именно профессиональные стандарты должны выполнить роль ориентира для формулировок результатов обучения и компетенций соответствующих образовательных стандартов специальностей всех уровней профессионального образования.

Каждая трудовая функция составляет структурную единицу описания профессионального стандарта и должна содержать четкое описание название трудовой функции действий, обеспечивающих выполнение этой функции, квалификационных характеристик работника. На каждом квалификационном уровне конкретные компетенции должны быть описаны через систему соответствующих дескрипторов, позволяющих провести оценку уровня их сформированности. Таким образом, профессиональный стандарт, по сути, является многофункциональным нормативным документом, определяющим требования к содержанию и условиям труда, квалификации и компетенциям работников, изложенные в виде

структурированных характеристик их трудовой деятельности.

Содержание профессионального стандарта является основой не только для проектирования образовательных стандартов, но и для обеспечения процедур сертификации профессиональной компетентности персонала (работников) как в Национальной системе подтверждения соответствия Республики Беларусь, так и различных международных системах соответствия при наличии необходимых институциональных оснований и механизмов для официальной оценки и признания квалификаций, включая квалификации, приобретенные вне рамок формального образования, в том числе квалификации, освоенные в процессе труда, а также для сертификации единиц квалификации. Существующие в настоящее время институциональные механизмы сертификации квалификаций нуждаются в переосмыслении и модернизации. Нормативно они достаточно жестко взаимосвязаны законодательством в сфере образования и трудовым законодательством, фиксируя и признавая результаты формального образования, которое сегодня только начинает движение в сторону внедрения инновационных форм открытого, сетевого образования, ориентированных на возможность формирования гибких индивидуальных образовательных траекторий освоения квалификаций, способствующих как горизонтальной, так и вертикальной мобильности работников. Данные тенденции актуальны, в первую очередь, для реального сектора экономики в связи с возможностью оперативного приобретения дополнительных компетенций в условиях высоких темпов технологических изменений, внедрением инноваций и совершенствованием форм организации труда.

Проектирование профессиональной подготовки затрагивает также организационно-педагогические аспекты реализации образовательных программ.

Фактически проектирование образовательной программы является процессом разработки платформы, обеспечивающей интеграцию производителей обра-

зовательной услуги (подготовку кадров), потребителей, формирующей инфраструктуру, инструменты и условия (порядок) взаимовыгодного взаимодействия. Зарубежный опыт свидетельствует о наличии выраженных преимуществ научно-образовательных, либо образовательно-производственных кластеров особенно в условиях ограничения ресурсов (человеческих, материально-технических, финансовых). Такие образовательные системы являются максимально чувствительными к реальным требованиям заказчиков кадров (организаций-заказчиков, конкретных территорий, отраслей (сфер) экономики) и результативными за счет интеграции ресурсного потенциала и его перераспределение в рамках единого бизнес-планирования. Создание подобного кластера в авиационной сфере Республики Беларусь структурно целесообразно и обладает высокой прогнозной эффективностью. При переходе на новые механизмы хозяйствования неизбежны научно-технические риски, риски неправильного прогноза спроса на новые для целевого рынка продукты (в том числе создание и выдвижение на рынок невостребованных образовательных программ и др.), риски неправильного выбора инвестиционных решений, риски перерасхода средств на освоение производства и др., управлять которыми возможно на этапах бизнес-планирования, используя механизмы современных систем качества, ориентируясь изменения во внешней бизнес-среде и оперативно реагируя на них.

Особенности проектирования образовательных программ подготовки авиационных кадров в интересах транспортной отрасли Республики Беларусь и механизмов их реализации обусловлены специфическими квалификационными требованиями, в том числе международными, предполагающими в ряде случаев особые условия отбора обучающихся, образовательные технологии и методы подготовки, ориентированные на обучение в малых группах, уникальное ресурсное обеспечение (профессорско-преподавательский, инженерно-технический, командно-летный,

инструкторский состав, материальную базу, учебно-лабораторное оборудование, тренажеры, летную технику, наземные средства и др.), наличие которого и эффективное использование возможно при условии интеграции ресурсов учреждения образования и организаций-заказчиков кадров с использованием организационно-педагогической модели распределенного образовательного процесса и механизмов аутсорсинга.

Практикоориентированность образования авиационных специалистов и способность ее поддержания в актуальном состоянии выступает детерминантой при оценке его (специалиста) конкурентоспособности на рынке труда. В условиях малой емкости отраслевого рынка труда, а также при росте миграции трудовых ресурсов данный индикатор при оценке качества подготовки является наиболее чувствительным. Решение данной задачи возможно при условии выделения при проектировании образовательных программ профессионального образования заказчиком кадров не только компетенций, обеспечивающих адекватную социально-личностную интеграцию в социуме и эффективность выполнения трудовых функций в требуемом объеме и на надлежащем уровне, но и организационно-педагогические механизмы реализации практической компоненты подготовки (например, через формирование сквозной программы практической подготовки на основе сочетания форм, методов и технологий квазипрофессиональной и учебно-профессиональной деятельности) и непрерывную систему оценки уровней не предметных знаний, а именно компетенций и динамики их изменений. Это предполагает применение и нормативное закрепление процессуально-результативного, индикативного подхода к системе текущего и итогового оценивания качества подготовки специалистов. В его рамках при проектировании образовательных программ целесообразно предусматривать систему поэтапной оценки задаваемых результатов образования. Количество, сроки и формы проведения оценки уровней сфор-

мированности устанавливаются для каждой компетенции (группы компетенций) с учетом этапов их формирования и возможности проведения (в случае необходимости) коррекционных мероприятий. Последнее принципиально при решении задачи достижения задаваемого образовательного результата через соотнесение целевого и результативного компонентов модели формирования компетенций [9].

Формы и методы мониторинга результата формирования профессиональных компетенций должны устанавливаться с использованием системы структурных и функциональных критериев и их уровней характеристик. Основу алгоритма оценки уровней сформированности компетенций и динамики их изменений составляют следующие организационно-педагогические процедуры:

- *установление этапов формирования профессиональных компетенций и целесообразных сроков проведения оценки уровня их сформированности;*
- *определение возможных уровней формирования каждой компетенции и каждого структурного компонента компетенции, предполагающих промежуточную оценку;*
- *определение индикаторов, позволяющих оценить возможные уровни формирования отдельных структурных компонентов компетенции, сформированности компетенции и разработка соответствующих оценочных шкал;*
- *определение оптимальных форм и методов оценки уровня сформированности компетенции или ее структурного компонента;*
- *проектирование, разработка и тестирование диагностического инструментария;*
- *проведение оценочной процедуры;*
- *интерпретация полученных результатов (в случае, если задаваемый уровень компетенции не достигнут, осуществляется разработка коррекционных мероприятий, их осуществление и повторное проведение оценочной процедуры).*

Описанный алгоритм применим как при оценке отдельных компетенций, так и при проектировании методики интегральной оценки уровня профессиональной компетентности [9].

Данные подходы требуют пересмотра сложившейся системы проведения текущей и итоговой аттестации обучающихся, соответствующего нормативного регулирования. При этом эффективность их реализации определяется уровнем взаимодействия заказчиков кадров с учреждениями образования на этапах проектирования образовательных программ, их реализации, проведения текущей и итоговой аттестации обучающихся, а также оперативной корректировки квалификационных характеристик (перечней компетенций) специалистов по их результатам, а также с учетом качества выполнения трудовых функций молодыми специалистами.

Модернизация системы проектирования профессиональной подготовки специалистов с позиций управления человеческими ресурсами будет способствовать:

- *гармонизации структуры национального высшего образования с Международной стандартной классификацией образования через механизм оптимизации ОКСК в рамках Единой системы квалификации и кодирования технико-экономической и социальной информации с целью обеспечения подготовки высококвалифицированных кадров, способных эффективно функционировать в рамках традиционных и перспективных в долгосрочном плане видов экономической деятельности, относящихся к пятому и шестому технологическим укладам;*
- *созданию действенной системы среднесрочного и долгосрочного прогнозирования потребности в кадрах с учетом перспективных направлений (кластеров) развития территорий, отраслей экономики, социальной сферы на основе маркетинговых стратегий;*
- *проектированию стратегий развития систем образования регионов с учетом среднесрочных и долгосрочных потребно-*

стей реального сектора экономики в квалифицированных человеческих ресурсах, способных обеспечить его инновационное развитие;

- *децентрализация системы управления региональными системами управления с сохранением за стратегическим уровнем управления образованием только координирующей и интегративных функций управления всей системой;*
- *переходу к целостной, гибкой, соответствующей потребностям региона, отрасли системы непрерывного образования, обеспечивающей воспроизводство трудовых ресурсов, способных обеспечить устойчивое инновационное развитие конкретных территорий (регионов) на основе региональных заказов (в том числе в разрезе отдельных территорий) на подготовку инновационных менеджеров (компетентных специалистов в области новых методов управления) и высококвалифицированной инновационной рабочей силы; менеджеров для кластерных организаций; специалистов в области государственно-частного партнерства для нужд экономики региона; восстановление широкой подготовки инженерных кадров;*
- *интеграции возможностей системы высшего образования и бизнес-образования для обеспечения стратегий формирования перспективных промышленно-инновационных кластеров регионов, отраслей: формирование многоуровневой системы инновационной инфраструктуры, включающей региональные образовательные комплексы, технологические парки, бизнес-инкубаторы, центры поддержки предпринимательства, центры трансфера технологий и др., способствующей выращиванию малого и среднего инновационного бизнеса;*
- *содействии дальнейшему развитию рынка образовательных услуг через создание условий для конкуренции учреждений высшего образования, внедрению в процесс управления учреждениями об-*

разования стратегии управления человеческими ресурсами;

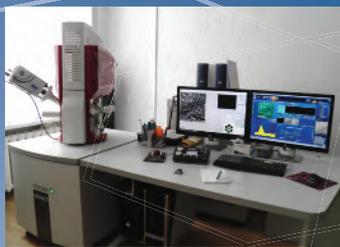
- проведение в национальной системе высшего образования политики развития человеческого капитала как ключевого элемента конкурентоспособности образовательных услуг на основе расширения инвестиций в человеческий капитал и рост квалификации управленческих и педагогических кадров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Паркер, Дж. Революция платформ. Как сетевые рынки меняют экономику – и как заставить их работать на вас : пер. с англ. / Дж. Паркер, М. Альстин, С. Чаудари. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 304 с.
2. О стратегии совершенствования Национальной системы квалификаций [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 24 октября 2018 г., №764 // Интернет-портал Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/files/Post-SMRB-Strategija-po-NSK-764.pdf>. – Дата доступа: 24.04.2020.
3. О Совете по развитию системы квалификаций [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 апреля 2019 г., №229 // Интернет-портал Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/files/post-SM-Natssovet-po-kvalifikatsijam.pdf>. – Дата доступа: 23.03.2020.
4. Об утверждении Рекомендаций по разработке секторальных рамок квалификаций [Электронный ресурс] : Приказ М-ва труда и социальной защиты Респ. Беларусь, 14 февраля 2020 г., №21 // Интернет-портал Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/files/prikaz-21-ot-14.02.2020-Rekomendatsii-po-razrabotke-SRK.pdf>. – Дата доступа: 24.04.2020.
5. Методические рекомендации по разработке профессиональных стандартов [Электронный ресурс] : постановление М-ва труда и социальной защиты Респ. Беларусь, 27 июня 2017 г. №37 // Интернет-портал Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/files/POSTANOVLENIE-37-1.pdf>. – Дата доступа: 20.02.2020.
6. Швайко, В. Г. К вопросу о совершенствовании национальной системы квалификаций: роль специальности и квалификаций высшего образования / В. Г. Швайко // Высшая школа: проблемы и перспективы : сб. материалов XIV Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 29 ноября 2019 г. – Минск : Акад. управления при Президенте Респ. Беларусь, 2019. – С. 80–82.
7. Сергеев, А. Г. Образовательные и профессиональные стандарты в инновационном вузе : метод. пособие / А. Г. Сергеев, И. П. Шеин, Е. А. Баландина ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2017. – 196 с.
8. Рождественская, Е. М. Государственно-регулируемый конкурентно-рыночный порядок как категория экономики, основанной на знаниях / Е. М. Рождественская, В. С. Цитленок // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2015. – № 390. – С. 161–170.
9. Солдатова, О. Н. О некоторых вопросах совершенствования взаимодействия с заказчиками кадров при проектировании образовательных программ и оценке качества их освоения / О. Н. Солдатова // Высшая школа: проблемы и перспективы : сб. материалов XIV Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 29 ноября 2019 г. – Минск : Акад. управления при Президенте Респ. Беларусь, 2019. – С. 48–51.

Статья поступила в редакцию
03.05.2020

Лаборатория диагностики и прототипирования авиационных конструкций учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации» приглашает к сотрудничеству



1. **Tescan Mira 3 LMH.** Новое поколение сканирующих электронных микроскопов с катодом Шоттки TESCAN MIRA сочетает в себе преимущества современных технологий: модернизированная электроника для ускоренного получения изображений; сверхбыстрая система сканирования с компенсацией статических и динамических aberrаций изображения. Доступное увеличение микроскопа от 2 до 1 000 000. Возможность проведения энергодисперсионного микроанализа.

аналоги. Такие выдающиеся характеристики обусловлены самой большой вакуумной камерой, имеющей полную термостабилизацию, и вертикально расположенную оптическую систему, улучшающую соотношение сигнал/шум и сохраняющей компактность прибора.



2. **Спектромер GNR Solaris CDD Plus.** Лабораторный оптико-эмиссионный спектрометр GNR Solaris CCD Plus в настоящий момент является лучшим в своем классе, значительно превосходя по точности все известные



3. **3d-принтер Fortus 450mc.** Трехмерная производственная система, позволяющая создавать точные воспроизводимые детали аддитивным способом на основе твердотельной трехмерной модели: авиационные, машиностроительные и строительные конструкции в масштабе для изучения опытных конструкций, технологические приспособления и инструменты и конечные детали, а также функциональные прототипы, которые выдерживают жесткое тестирование. Высокоэффективный материал Ultem используется для создания деталей фюзеляжа, крыльев благодаря высокой прочности и малому удельному весу.

4. **Трёхкоординатный фрезерный станок с ЧПУ Clever CNC Rh300.** Предназначен для обработки легкообрабатываемых материалов с высокой точностью и производительностью. Пригоден для обработки стали и труднообрабатываемых материалов на щадящих режимах.



5. **3d-сканер Nikon Altera 7.5.5 с LC15 Dx.** Координатно-измерительная машина премиум-класса серии ALTERA, с лазерным сканированием сложных криволинейных поверхностей. Точность сканирования достигается до 1,8 мкм за счёт керамической конструкции с почти идеальной удельной жёсткостью и большой устойчивостью к изменениям температуры, гарантирующая исключительные и стабильные результаты в любых производственных условиях.

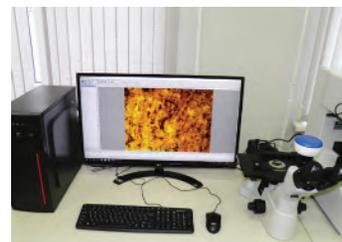
материале, сосудов давления, котлов, транспортных и мостовых конструкций и других объектов. Переносной и прочный прибор объединяет преимущества фазированной решетки с обычным ультразвуковым дефектоскопом, отвечающим принятым нормам.

6. **Ультразвуковой дефектоскоп GE Phasor XS.** Предназначен для измерения толщины изделий, координат дефектов и амплитуд сигналов от них, оценки относительных размеров дефектов в сварных соединениях и основном



7. **Гидравлическая разрывная машина Kason WAW-300.** Испытательная гидравлическая разрывная машина предназначена для определения механических характеристик различных материалов при статическом растяжении, сжатии, изгибе и сдвиге. Машина применяется в металлургии, машиностроении, в производстве неметаллических материалов и изделий из них, в том числе при проведении научных исследований. Принцип действия машин серии WAW основан на преобразовании тензометрическим датчиком давления нагрузки, приложенной к испытываемому образцу, в электрический сигнал, изменяющийся пропорционально этой нагрузке.

8. **Металлографический комплекс Autoscan.** Предназначена для анализа изображений посредством визуального сравнения их с эталонными изображениями по некоторой заданной методике. Программное обеспечение имеет возможности: - создание составных изображений из набора изображений образца для получения более полной информации об образце; - приведение масштаба анализируемого изображения к масштабу эталонных изображений для их точного визуального сравнения на экране компьютера; - ручное измерение длин и площадей на анализируемом изображении.



9. **Твердомер аналоговый AFFRI-URBV-V.** Предназначен для измерения твердости металлов и сплавов, пластиков, мягкой и твердой резины по стандартизованном шкалам твердости Роквелла (HRA, HRB, HRC, HRN, HRT) по ГОСТ 9013-59, Виккерса (HV) по ГОСТ 2999-75, Бринелля (HB) по ГОСТ 9012-59.

10. **Твердомер AFFRI-MVDM8.** Предназначен для измерения микротвердости металлов и сплавов по шкалам Виккерса, в т. ч. поверхностных слоев металла при механической обработке, отдельных составляющих у структурно неоднородных сплавов, незначительных по толщине гальванических и других покрытий.





ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ

S L

САМОСТОЯТЕЛЬНОСТЬ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРАВА: РАССУЖДЕНИЯ И ВЫВОДЫ

*Зафиг Закир Халилов – кандидат юридических наук, доцент кафедры «Правоведение» Национальной академии авиации, Республика Азербайджан
zafiq@mail.ru*

Аннотация: в статье анализируется соответствие между теоретическими и историческими основами «аэрокосмического права» и современными тенденциями, комментируется наличие противоречивых вопросов между воздушным и космическим правом (делimitация, аэрокосмические объекты и т. д.), рассматриваются различные научные и практические подходы относительно объединения воздушного и космического права в сфере единого права (аэрокосмическое право). В результате проведенного исследования выдвигается тезис относительно международного воздушного и космического права как самостоятельных отраслей права, с точки зрения обучения приоритет отдается концепции «аэрокосмического права», а объединение отраслей воздушного и космического права признается неуспешным и неэффективным.

Ключевые слова: аэрокосмическое право, воздушное право, космическое право, воздушное судно, делimitация, аэрокосмические объекты, космическое судно, «суборбитальные полеты».

Сегодня в каждой стране, в том числе в Азербайджане, вопросы, относящиеся к космической сфере, стоят на повестке дня и являются важными и приоритетными. Президент Азербайджанской Республики Ильхам Алиев на первом заседании Шестого созыва Милли Меджлиса Азербайджанской Республики 10 марта 2020 года отметил: «Мы стали космической державой, у нас три спутника. В 2022 году в Баку состоится Международный конгресс астронавтики, мы завоевали это право в напряженной борьбе» [5].

Судя по этому высказыванию, можно сказать, что, руководствуясь современными тенденциями развития, наша страна в этом направлении стала одним из редких немногих космических государств. С этой точки зрения, международное космическое право и все, связанные с ним актуальные вопросы, должны быть всесторонне изучены и исследованы и в нашей стране.

Несмотря на то, что междуна-

родное космическое право уже более 60 лет характеризуется как самостоятельная отрасль международного права, многие аспекты этой области все еще остаются предметом научных дискуссий.

В числе этих аспектов находятся неурегулированные и недостаточно изученные вопросы, связанные с современным развитием: определение (делimitация) границ воздушного и космического пространств, определение правового статуса коммерческих организаций, занимающихся космической деятельностью, имущественные отношения в коммерческой деятельности в космосе и т. д.

Среди перечисленных проблем в последние годы дискуссии по определению границ воздушного и космического пространств стали наиболее актуальными. Эти обсуждения вновь внесли в повестку вопрос о связности и взаимозависимости международного воздушного права и международного космического права. Справедливо считается, что рас-

ширение целей коммерческих возможностей и быстрое технологическое развитие создают ряд проблем между правовыми режимами воздушного и космического пространства. [20] При принятии существующих режимов воздушного и космического права было невозможно осуществлять полеты в пределах экзосферы и вне атмосферы [12].

Однако на данном этапе, предстоящие к реализации проекты по регулярности суборбитальных полетов делают очень важным определение границы между воздушным и космическим пространствами. Определение границ иногда описывается в научной литературе как делimitация (лат. *delimitatio*). В международной юридической литературе, в связи с разграничением этих двух пространств, отмечается, что не существует единого или интегрированного режима аэрокосмического права для решения этой проблемы.

Вместе с тем большинство

ученых утверждают, что между режимами воздушного и космического прав существуют значительные взаимодополняющие и противоречивые нюансы. Расширение коммерческой деятельности в космосе в результате технологического развития, делает необходимым в некоторых случаях установление правил общего режима, позволяющих применять нормы, регулируемые обеими отраслями права (воздушное право и космическое право) [18].

Следует отметить, что все космические полеты начинаются на Земле, проходят через воздушное пространство в верх и направляются в соответствующем порядке. В некоторых случаях возвращение такого аппарата космического полета в качестве неповрежденного объекта или космического мусора представляет риск опасности для авиации. Как известно, в 2003 году повторный заход космического челнока «Колумбия» (космический корабль многоразового использования) в воздушное пространство и его разрушение, привело к авиакатастрофе. Постоянное увеличение такой мобильности в воздушном и космическом пространствах способствует росту всестороннего риска.

Конечно, единый и всеобъемлющий подход необходим для регулирования вопросов возвращения космических аппаратов путем использования выделенного воздушного пространства [19]. С другой стороны, пока не вполне ясно, подпадают ли космические аппараты в сферу влияния принципов международного воздушного права и применяются ли эти закономерности в космосе. Кроме того, еще не вполне ясно, где заканчиваются правовые границы воздушного пространства, а где начинается режим космического права [17].

Различные крылатые транспортные средства иногда называли «воздушными суднами» или «космическими объектами», и в результате возникали некоторые несоответствия. На сегодняшний день был предложен ряд концепций для определения основного вопроса, связанного с этим — определения границы между воздушным и космическим про-

странствами. В этом направлении широко распространены два подхода: концепция функционализма и пространственный подход. В то же время были предложены и другие подходы в рамках этих двух концепций [9].

В XX веке народы мира прошли долгий путь в освоении космоса. По мере увеличения количества коммерческих аэрокосмических полетов (орбитальных и суборбитальных) в последние годы увеличилось число стран с космической отраслью. Конечно, расширение использования воздушного пространства в результате всех этих процессов требует разработки всеобъемлющих правил, регулирующих вопросы безопасности и ответственности [21]. Все эти и другие, связанные с этим причины, существенно способствовали возможности возникновения новой отрасли права.

Возникает вопрос: почему существенным образом? Потому что, несмотря на многочисленные различия, которые уже существуют между воздушным и космическим правами, эксперты и юристы, руководствуясь современными тенденциями развития, пытаются доказать тенденцию формирования новой отрасли с вескими аргументами в этом направлении. Говоря о новой отрасли, необходимо отметить, что она представляет собой аэрокосмическое право как комбинацию двух самостоятельных отраслей международного права, таких как воздушное право и космическое право.

Эта форма анализа аэрокосмического права является одним из наиболее противоречивых научных заключений, предложенных с 1960-х годов XX века и продолжающихся по сей день. Дискуссия заключается в том, что эта новая отрасль (аэрокосмическое право) объединяет координацию и сближение двух самостоятельных отраслей международного права (воздушное и космическое право).

В последние годы правовая литература США отдает предпочтение подходу аэрокосмического права. Объединение всех тем, связанных с воздушным и космическим правом, в университетах таких стран как Франция,

Нидерланды, Венгрия и др., вынесена на повестку дня в новой образовательной форме. В Европейском Союзе этот подход широко распространен и классифицирован на уровне практических юридических услуг. Европейские университеты отдают предпочтение объединению вопросов, связанных с двумя областями и, при преподавании, представляют их в рамках одной отрасли.

Таким образом, лишний раз выявляется очевидность того, что некоторые современные правовые тенденции считают возможным сочетание воздушного и космического права. Такое сочетание в настоящее время наблюдается в международной юридической литературе как концепция аэрокосмического права. Невозможность такого сочетания обусловлена принципиальными различиями между воздушным и космическим правами. Все эти, и другие, связанные с этим причины, а также общие черты между воздушным и космическим правами привели к множественным различиям.

Таким образом, актуальность выбранной темы статьи обусловлена, прежде всего, прояснением проблемы самостоятельности международного воздушного и космического права как отдельных отраслей права и ее оценки с точки зрения современной теории права. Разумеется, вопрос об аэрокосмическом праве или о существовании отрасли аэрокосмического права стал теперь одной из тем в повестке дня современной международно-правовой литературы. Вышеупомянутые комментарии, определяющие актуальность темы указанной статьи, обусловили необходимость изучения этого вопроса и необходимости анализа, проведенного в этом направлении.

Цель данной статьи состоит в том, чтобы, прояснив проблему самостоятельности международного воздушного и космического права как отраслей права, обосновать более целесообразный подход в этом отношении с точки зрения современной теории права. Статья внесет ясность во многие неточности в данном вопросе. Для достижения этой цели особенно важно решить следующие вопросы:

- анализировать соответствие между теоретическими и историческими основами «аэрокосмического права» и современных тенденций;
- раскрыть сущность предложенных концепций, связанных с характеристикой воздушного и космического права как аэрокосмического права;
- интерпретировать противоречивые вопросы (делimitации, аэрокосмические объекты и т. д.) между воздушным и космическим правом;
- анализировать различные научные и практические подходы к интеграции воздушного и космического прав в область единого права (аэрокосмического права), начиная с 1960-х годов до наших дней;
- выяснить проблему самостоятельности международного воздушного и космического права как отрасли права.

Термины «воздушное право» и «космическое право» возникли в XX веке в результате развития международного права, и по сей день во многих случаях как прямо, так и косвенно, включают в себя этапы полета. История XX века показывает, что воздушное и космическое право первоначально было принято в качестве отрасли права, чтобы избежать уже существующих и последующих недоразумений. Многие ученые с 1950-х годов XX века характеризуют воздушное и космическое право совместно, как «аэрокосмическое право». Хотя это в некотором роде считается архаичным подходом, наше современное время показывает, что этот подход оправдан и продолжается в той же форме.

В статье детально анализируются эти и другие научные подходы, и уточняется соответствие между теоретическими и историческими основами «аэрокосмического права» и современными тенденциями. Прежде всего, считаем необходимым просмотр некоторых исторических терминологических аспектов.

В словаре, опубликованном в 1959 году Научно-исследовательским институтом на базе ВВС Максвелла США, термин «аэрокосмос» определяется следующим образом: «Аэрокосмос

является единой территорией для запуска, управления и контроля баллистических ракет, наземных спутников, космических аппаратов и других, охватывая воздушное покрытие Земли и воздушное пространство над ним». А «Универсальный русско-английский словарь» характеризует «аэрокосмос» как воздушно-космическое пространство, воздушно-космические летательные аппараты, авиационно-космическое или авиакосмическое оборудование [6].

В настоящее время термины «аэрокосмическая техника» и «аэрокосмическая наука» широко используются для описания неделимого и всеобъемлющего характера научной и инженерной деятельности и функций, связанных с полетом на любое расстояние. В последнем словаре также используется термин «аэрокосмическая сила».

«Аэрокосмическая сила» понимается как сила человека, способная летать в воздушном и космическом пространстве. Вообще, во многих словарях имеется множество похожих понятий с упомянутым содержанием.

Этот, исторически сложившийся подход еще раз показывает, что термин «аэрокосмос», охватывая воздушное пространство и космическое пространство, объединяет всестороннюю деятельность в данной сфере. Как видно, вопрос охвата термином воздушного и космического пространств с исторической точки зрения получил дальнейшее развитие и продолжение на современном уровне.

Далее необходимо рассмотреть некоторые из исторических концепций, выдвинутых в XX веке, относительно характеристики воздушного права и космического права как аэрокосмического права. Официальный журнал Ассоциации военно-воздушных сил, существующий в Соединенных Штатах, когда-то предлагал вариант о том, что было бы хорошо, если бы один аспект закона или соответствующий законодательный акт содержал все правила для полетов в воздушном и космическом пространстве.

В связи с этим ученый-юрист Джон Коб Купер выдвигает на

первый план некоторые из замечаний, высказанных им в своем меморандуме, подготовленном для открытия Института Международного Воздушного Права при Университете Макгилла в 1951 году, за несколько лет до запуска Спутника-1. Эти взгляды так же обосновывают подчинение полетов в воздушном и космическом пространстве единым правилам. Позднее эти взгляды были повторены и расширены Джоном Кобом Купером в его статье «Воздушное право», опубликованной в 1951 году Отделом Транспорта и Коммуникаций Департамента по Экономическим Вопросам Организации Объединенных Наций (Сборник по Транспорту и Коммуникации).

В последующие годы ученый-юрист Джон Коб Купер предложил использовать термин «воздушное право» в более широком смысле. В то же время он прокомментировал вопрос о полном и исключительном суверенитете каждого государства над его воздушным пространством в дискуссиях, которые имели место во время принятия Чикагской Конвенции 1944 года. Он отмечал, что в соответствии с этим правилом, при любых обстоятельствах, любое государство может объявить суверенитет над территорией на любой высоте [13]. Следует признать, что это не очень успешный подход с точки зрения современных международно-правовых инструментов и современной практики.

В 1950-60-х годах наиболее обсуждаемым вопросом было отсутствие международного решения о правовом статусе ракет, выпущенных в воздушном пространстве или выше. Конечно, международное право всегда должно предотвращать подобные проблемы. Статья профессора Джона Коба Купера, опубликованная в 1963 году в журнале «Воздушное право и коммерция» под названием «Аэрокосмическое право как предмет и терминология», особо подчеркивает нерешенные проблемы, связанные с верхней границей космического пространства [13]. Профессор Джон Коб Купер предложил использовать термины «полет», «пространство полета» и «техника полета» еще в

1960-х годах XX века.

Он перечислил названия «воздушные шары», «воздушные суда», «ракеты» и «космический корабль» в своем определении полета. В то же время ученый-юрист подчеркнул практическую идентичность широко используемых терминов «аэрокосмическая отрасль» и «пространство полета», предложенные в 1951 году [13]. В опубликованной в 1932 году книге «Воздушное право», Макнейр отмечал, что цель этой книги заключалась в формировании воздушного права в Англии. Как видно, первоначальные подходы к данной теме в большей степени касались воздушного права и содержали некоторые обобщения и неточности в этом направлении, возникающие при полетах.

Естественно, исходя из того, что главным являются полеты, в то время были выдвинуты и некоторые идеи с точки зрения космического права. Заключение комиссии, когда-то возглавляемой профессором Р.Я. Дженнингсом, предполагало, что космическое право целесообразно рассматривать как отдельную отрасль [13]. Такие противоречивые взгляды были более распространены среди ученых-юристов, которые рассматривали воздушное право и космическое право в комбинированной форме. Безусловно, с осуществлением орбитальных полетов, в последующем термин «космическое право» как более новый, стал использоваться чаще. Несомненно, что воздушное право и космическое право следует исследовать и изучать как отдельные отрасли права.

Опыт XX века свидетельствует о том, что изучение и развитие этих отраслей в отдельности и в самостоятельной форме шло по восходящей траектории. Эта традиция развивалась в этом направлении, за исключением выдвигаемых в определенное время различных концептуальных теорий и подходов. Фактически, идентификация между воздушным правом и космическим правом может привести к противоречиям. По мнению некоторых ученых, подобные противоречия между этими отраслями уже существуют. В 60-е годы XX века, накануне принятия соответствующи-

щих международных конвенций в области космического права, наиболее обсуждаемым вопросом в юридической литературе, академических рекомендациях, конференциях и научно-исследовательских работах был вопрос об отсутствии определения предмета космического права.

Один из вопросов, выдвинутых на первый план в таких дискуссиях, был связан с признанием границ воздушного пространства. Еще в те годы некоторые источники сообщали, что закон космоса охватывает регулирование любого космического полета, независимо от воздушного пространства, земли и местоположения. Как видно, в этом мнении есть определенные нюансы, которые противоречат современному определению космического права и подпадают под действие воздушного права. На сегодняшний день разграничение воздушного и космического пространства и определение высоты в связи с этим, все еще не решены. Взяв это за основу по ряду причин, группа ученых выступает за объединение двух отраслей для применения единого правового режима. Поэтому в последние годы существование аэрокосмического права в международном праве стало более важным. Конечно, одна из многих причин, имеющих в этом направлении, связана с аэрокосмическими средствами. Этот вопрос также широко освещен в международно-правовой литературе.

Используя свои аэродинамические свойства при движении в космосе, аэрокосмический объект может находиться в космосе в течение определенного периода времени. Естественно, этот момент является одним из наиболее обсуждаемых вопросов современного воздушного и космического права. В связи с этим, прежде всего, должны быть четко определены различия между космическими и аэрокосмическими объектами. К сожалению, государства не отвечают на правовые вопросы, связанные с аэрокосмическими объектами для решения этой проблемы. Ссылаясь на аналитическое резюме, мы вновь видим, что ответы многих стран на анкетные опросы ООН более

дипломатичны и содержат ссылки на принципы общего права [4].

Сегодня некоторые страны (Венесуэла, Испания, Ливия, Нигерия и Турция) [4], руководствуясь основными принципами воздушного и космического прав, дифференцируют режим полета аэрокосмического объекта в воздушном или космическом пространствах. Конечно, в этом вопросе государства берут за основу принцип полного и исключительного суверенитета государства над своим воздушным пространством с точки зрения воздушного права, в рамках же космического права придерживаются принципа принятия космоса как общего наследия человечества и принципа невозможности какого-либо государства или лица предъявлять свои права на какую-либо часть космического пространства (*in rem*). Некоторые государства справедливо заявляют, что, прежде чем определить различия между правовыми режимами воздушного и космического пространств, необходимо прояснить вопрос делимитации воздушного пространства (разграничения границ) [4].

В некоторых источниках, вопросы наличия специальных правовых процедур для аэрокосмических объектов, разработки единого или унифицированного режима особенно актуальны. Разумеется, эта актуальность обусловлена аэродинамическими особенностями аэрокосмических объектов и функциональными характеристиками с точки зрения использования космических технологий. Именно ссылаясь на эту необходимость, некоторые государства заявляют о существовании единой отрасли права, которая регулирует аэрокосмическую деятельность и полеты, и объединяет ряд существующих правовых норм и правил. В качестве единой отрасли права часто называют аэрокосмическое право.

Конечно, аэрокосмический объект и все другие спорные вопросы были подняты в связи с осуществлением различных видов полетов. Надо признать, что виды рейсов могут быть разными. Однако, в этом отношении набор правовых норм, применимых к полетам, должен включать в себя

практическую осуществимость решения отдельных проблем и все элементы в этой отрасли. В результате этого в ряде научных литератур считается необходимым создание единой отрасли права, которая определит управление всеми типами полетов (все антропогенные полеты) и установит единство практически возможных правил в этой отрасли. Эта новая отрасль характеризуется учеными как аэрокосмическое право. Согласно существующим научным подходам, аэрокосмическое право может включать в себя следующий набор правовых принципов и правил, которые действуют время от времени:

Во-первых:

- *принятие аэрокосмической области в качестве единой зоны для деятельности, связанной с запуском, полетом, управлением и мониторингом воздушных транспортных средств, баллистических ракет, наземных спутников, живых космических аппаратов и т.п. охватывающих воздушную поверхность Земли и пространство над ней;*
- *наличие связи земной поверхности с землей и акваториями;*
- *использование или управление этим пространством или его частями, либо небесными телами, физическими лицами и государствами для полета и других целей, в зависимости от их степени и характера;*

Во-вторых:

- *владение, использование и контроль над средствами полета;*
- *наземные средства, используемые в связи с полетом (например, аэропорты, другие зоны взлета и посадки), навигационные средства и воздушные трассы;*

В-третьих:

- *установление отношений между отдельными лицами, общественностью и государством в связи с существованием территории полета (аэрокосмического оборудования) или использованием этой территории и средств и устройств, находящихся там, обеспечивая эффективность полета [13].*

Эта форма анализа аэрокос-

мического права является одним из наиболее противоречивых научных положений, предложенных с 1960-х годов XX века и продолжающихся по сей день. Спор заключается в том, что эта новая отрасль (аэрокосмическое право) объединяет и преодолагает сближение двух самостоятельных отраслей международного права (воздушного и космического право). Российский ученый О. Аксаментов отмечает, что современная тенденция трансформации предмета воздушного права состоит во взаимном сближении предметов (расширении круга общественных отношений) таких комплексных отраслей как, воздушное право и космическое право, воздушное право и экологическое (природоохранное) право [1].

В результате этой трансформации в странах Европейского Союза и Северной Америки, возникла новая отрасль права — аэрокосмическое право. Исходя из этого, можно заключить, что в истории XX века в ряде стран (Университет Макгилла в Канаде, Университет Лейден в Королевстве Нидерландов, Кёльнский Университет Германии и т. д.) возникли узкие специализированные центры, такие как Институты воздушного и космического права. Даже на постсоветском пространстве (например, в Киевском Национальном Авиационном Университете Украины) проявляет себя тенденция создания кафедр воздушного, космического и экологического права [1].

Однако сегодня большинство стран СНГ, в том числе страны, входящие в ЕАЭС (Евразийский Экономический Союз), демонстрируют несколько иной подход к этому вопросу. В таких странах, как Российская Федерация, Азербайджан, Молдова, Беларусь и Казахстан воздушное и космическое право преподаются либо в рамках международного права, либо в качестве отдельного предмета. Конечно, это положение сохраняя опыт советской эпохи, продолжается по сей день. За исключением Украины, в этих странах еще не сформированы кафедры «Воздушного и космического права». В других же странах это положение кратко проанализировано лишь в работах нескольких российских

ученых (Ю.Н. Малеев, Г.П. Жукова, А.Х. Абашидзе и др.). Кроме того, особо следует отметить опубликованную в 2010 году статью «Анализ основных проблем правового регулирования в аэрокосмической отрасли» К.В. Никитенко и А.С. Кропова, специалистов Российского Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. Однако в их статье аэрокосмическая отрасль рассматривается в контексте международного космического права. Несмотря на то, что в странах СНГ в целом было написано множество исследовательских работ, посвященных как воздушному, так и космическому праву, но не было проведено никакой научной работы для обсуждения единой концепции или самостоятельности этих отраслей.

Следует также отметить, что хотя в странах СНГ, таких как Российская Федерация, Азербайджан, Молдова, Беларусь, Казахстан и других, имеются соответствующие законодательные акты как в авиационной, так и в космической областях, эти области не индексируются и не преподаются в рамках одной специальности, как в большинстве стран мира (ЕС, США, Канада, Аргентина, Бразилия, Южная Корея и т. д.). В то же время в некоторых космических государствах СНГ (Российская Федерация, Азербайджанская Республика и Республика Беларусь) в последние годы были отмечены некоторые прогрессивные аспекты в плане комплексных исследований и разработок воздушного и космического права. В этой связи мы должны подчеркнуть многогранную деятельность частного и профессионального неправительственного учреждения «Институт воздушного и космического права «Aerohelp» Российской Федерации как на международном, так и на национальном уровне. Этот институт смог объединить ученых-юристов из большинства стран мира, специализирующихся в этой области.

Подписание соглашения о сотрудничестве между этим институтом и Национальной Академией Авиации (НАА) Азербайджана и Белорусской Государственной

Академией Авиации в 2019 году, можно считать весьма похвальным с точки зрения преподавания новой формы воздушного и космического прав и формирования в рамках единой специальности в будущем. В настоящее время области воздушного и космического прав значительно развиваются в результате опыта XX века и успешно применяются на международном уровне в качестве магистерских и докторских специальностей. Естественно, развитие этих отраслей по нарастающей траектории и их близость, начиная с прошлого века и до наших дней, постоянно вносили в повестку дня концепцию аэрокосмического права.

Существование аэрокосмического права стало отражаться в работах различных ученых (С.К. Купер и др.) в 60-х годах XX века. В своей книге «Аэрокосмическое право» 1982 года Н. Мэтт, канадский ученый-юрист и бывший директор Института Воздушного и Космического Права Университета Макгилла, подробно рассматривает фундаментальные исследования многих вопросов, осуществление контроля в этой сфере и разоружение посредством коммерциализации спутниковой связи [3].

В 1986 году российский ученый-юрист Ю.Н. Малеев, размышляя о перспективах дальнейшего развития международного воздушного права, отметил, что не только воздушными судами, но и другими летательными аппаратами (ракетами, космическими объектами) путем «интенсификации использования открытого пространства» повышается важность появления общих международных правил в таком пространстве [2]. Следует отметить, что, говоря «открытое воздушное пространство, Ю.Н. Малеев в данном случае имел в виду все воздушное пространство за пределами суверенной территории [2]. Говоря о создании единого свода правил для двух отраслей права, Ю.Н. Малеев указывал на возможность объединения этих областей.

В целом, в последние годы мы часто наблюдаем развитие тенденций в интеграции двух отраслей (воздушного и космического

права). Мы видим такие тенденции развития не только в научных трудах ученых-юристов, но и в учебных программах многих университетов, а также в правоприменительной практике международных юридических фирм, работающих в этой сфере.

В последние годы новая опубликованная книга Дж. Скотта Гамильтона, известного юриста, работающего в Университете Аэронавтики Эмбри-Риддл во Флориде, США, сформировала новый взгляд среди читателей в этой области. Ранее опубликованная как «Практическое авиационное право», эта книга в последней версии была расширена и в новом 6-м издании вышла под названием «Практическое авиационное и аэрокосмическое право». Книга охватывает правовое регулирование беспилотных летательных аппаратов, коммерческих космических полетов и другие актуальные вопросы в этой области [16]. Эта книга охватывает уже более широкий спектр подходов к интеграции и регулирования авиационных и авиакосмических вопросов. Именно здесь больше говорится о расширении круга охвата аэрокосмического права.

Следует также отметить, что американская юридическая литература, сфера образования в этой стране и сектор практических юридических услуг США имеют разные подходы к этому вопросу. Компания «Krugliak, Wilkins, Griffiths & Dougherty Co», основанная в 1958 году, является одной из ведущих юридических фирм в США, успешно функционирующих в международной сфере. Компания, которая имеет широкий глобальный охват во многих областях права, имеет отдельный раздел по аэрокосмическому праву [14].

В целом, в США существует много юридических фирм, работающих в области аэрокосмического права [8]. В последние годы правовая литература США была сфокусирована на подходе к аэрокосмическому праву. Кроме того, Национальный центр дистанционного зондирования, воздушно-го и космического права Школы Права Университета Миссисипи, США, созданный в 1999 году, содействует самостоятельному изучению и исследованию воздушно-

го и космического права [7].

В курсе «Аэрокосмическое право» Института воздушного и космического права Университета Лейдена в Королевстве Нидерланды интеграция всех тем, связанных с воздушным и космическим правом, преподносится в новой образовательной форме [15]. Это можно увидеть в практике других европейских университетов. Например, больше времени уделяется преподаванию аэрокосмического права в Университете Будапешта имени Лорана Этвоса. В рамках этого предмета воздушное и космическое права представлены в комбинированной форме [10]. Как видно, европейские университеты уделяют больше предпочтения объединению вопросов двух отраслей и представлению их в обучении как единой отрасли.

В Европе этот подход хорошо известен и классифицирован на уровне практических юридических услуг. Например, «Gide» является международно-признанной юридической фирмой с офисами во многих странах мира, со штаб-квартирой в Париже. Среди отраслей права, с которыми работает эта фирма, особое место отводится авиационному и аэрокосмическому праву [11]. Это связано с тем, что в некоторой части французской юридической литературы эта отрасль называется авиационным и аэрокосмическим правом.

Фактически этот подход является еще одной, частично измененной версией воздушного и космического права. Сочетание терминов «аэро» и «космос» уже раскрывает комбинированное содержание областей авиации и космоса. По этой причине отдельное написание слов авиация и аэрокосмос в некоторой степени усложняет суть вопроса. В этом случае термин «аэрокосмос» охватывает сущность в другом аспекте, охватывая только космическое право.

На современном этапе появился совершенно иной подход к космическому праву. По мнению ученых, объединение двух отраслей (воздушного и космического права) в одно единое увеличит интерес рынка к космическим перевозкам и улучшит способность

страховой отрасли оценивать всевозможные риски. В то же время указывается, что ограничение того или иного правового режима в воздушном пространстве, ближнем космосе и в космосе даст возможность уточнить права и обязанности и увеличит запас прочности для воздушных судов, космических судов и аэрокосмических аппаратов, работающих во всех этих зонах [13].

Некоторые ученые считают очень важным и необходимым в современной международно-правовой литературе принять аэрокосмическое право в качестве единой отрасли права, охватывающей все этапы и виды антропогенных полетов [13]. Более того, группа ученых утверждает, что аэрокосмическое право является общей и особенной частью, объединяющей национальные и международные правовые направления.

Подобные подходы интерпретируются в новой концепции, далекой от реальности. Фактически, поскольку ученые не могут найти другого решения, основанного на новых тенденциях, некоторые из них считают, что воздушное право или космическое право, или же режим «аэрокосмического права», предложенный в новой форме, может быть применен к суборбитальным полетам. Однако, можно применять правила общего режима двух отраслей, связанных с суборбитальными полетами. Разумеется, эти предполагаемые изменения могут быть разрешены более приемлемым образом в рамках теории международного права.

Мы считаем, что в этом отношении предполагаемое объединение двух юридических отраслей права в одно целое можно рассматривать как более простое положение, сулящее в конечном счете неудачу. Отождествление воздушного и космического прав может привести к противоречиям. А эти противоречия связаны с различиями между этими двумя отраслями. Изобразим на схеме проанализированные различительные особенности, пояснив их в конкретной форме. Основные различия между этими отраслями можно обобщить следующим образом:

| Воздушное право | Космическое право |
|---|---|
| Применяется к «воздушному пространству» | Применяется к «космическому пространству» |
| Применяется к «воздушному судну» | Применяется к «космическим объектам» |
| Государства имеют полный и исключительный суверенитет над своим воздушным пространством | Государственный суверенитет над космосом запрещен |
| Возлагает финансовую ответственность на авиакомпанию или перевозчика | К государству применяется материальная ответственность и ответственность контроля |
| Государства обязаны сертифицировать и регистрировать воздушное судно | Режим международной регистрации в силе |
| Государства обязаны регулировать безопасность и навигацию | Универсальных стандартов безопасности и навигации не существует |
| Государства обязаны регулировать шум и выбросы в атмосферу | Экологические стандарты принимаются как диспозитивные (рекомендательного характера) или нормы «мягкого права» |

Исходя из перечисленных различий воздушное право и космическое право следует исследовать и изучать как отдельные отрасли права. Опыт XX века свидетельствует о том, что изучение и развитие этих отраслей отдельно и самостоятельно продолжалось по восходящей траектории. Эта традиция развивалась в этом направлении, за исключением различных концептуальных теорий и подходов, выдвигаемых в определенное время. На наш взгляд, исходя из современных тенденций развития, следует учитывать, что воздушное и космическое право занимают важные места среди юридических отраслей. Недаром передовые страны, отдающие предпочтение целенаправленному подходу в этом направлении, в течение многих лет последовательно изучают эти две отрасли права, как взаимосвязанные отрасли.

Конечно, есть много причин, связывающих и создающих зависимость между этими отраслями. Но это не означает, что эти отрасли должны быть объединены и включены в единую систему. Безусловно, международное воздушное право и международное космическое право, будучи отдельными отраслями права в рамках международного права, были сформированы и смогли достичь современного уровня. Однако, из-за множества до сих пор нерешенных правовых вопросов, эти две отрасли права изучаются и исследуются в международной практике как взаимозависимые и взаимосвязанные. В результате этой взаимосвязанности в практике (в индексации правовых отраслей) развитых стран уже много лет преподается специальность «Воздушное и космическое право» (Air & Space Law). Постсоветские страны имеют исключение в этом отношении. Эта специальность предназначена для магистров и докторантов. Мы не за объединение этих отраслей воздушного и космического прав. С другой стороны, ссылаясь на подход Института Воздушного и Космического права Университета Лейден, в последние годы было бы более целесообразно назвать специализацию «аэрокосмическое право» единственно в целях учебной программы. Хотя специализация в Университете Лейден так и называется, по сути, воздушное право преподается отдельно в первом семестре, а космическое право преподается отдельно во втором семестре. Следовательно, с образовательной точки зрения концепция «аэрокосмического права» может быть предпочтительной. Но с точки зрения объединения правовых сфер ее нельзя считать успешной и эффективной. Потому что такое объединение можно рассматривать как разворот во времени. В то же время в контексте создания такой единой правовой отрасли, мы перечеркнем те пути развития, которые обе конкретные области права

прошли в отдельности. С другой стороны, это может создать также и некоторые правовые проблемы. Просто в соответствии с новыми тенденциями развития (суборбитальные полеты и т. д.) между двумя отраслями права могут быть приняты определенные единые правовые нормы. А такие нормы могут характеризовать конкретный общий правовой режим в соответствующей международной конвенции, которая в будущем будет принята.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аксаментов, О. И. Предмет воздушного права [Электронный ресурс] / О. И. Аксаментов // Третья научно-практическая конференция по воздушному праву : сб. докладов / Ун-т ГА С.-Петербург, 2013. – С. 102-109. – Режим доступа: https://aerohelp.com/sites/default/files/aksamentov_predmet_vozdushnogo_prava.pdf. – Дата доступа: 05.03.2020.
2. Малеев, Ю. Н. Международное воздушное право. Вопросы теории и практики / Ю. Н. Малеев. – М. : Международные отношения, 1986. – 238 с.
3. Международное космическое право : учебник для бакалавриата и магистратуры / под ред. Г. П. Жукова, А. Х. Абашидзе. – изд. 2-е, стер. – М. : Юрайт, 2018. – 528 с.
4. Аналитическое резюме ответов на вопросник по возможным правовым вопросам, касающимся аэрокосмических объектов [Электронный ресурс] / Организация Объединенных Наций, Генеральная Ассамблея, 9 февраля 2007. – Режим доступа: http://www.unoosa.org/pdf/limited/c2/AC105_C2_L249Add2R.pdf. – Дата доступа: 15.02.2020.
5. Состоялось первое заседание Милли Меджлиса Азербайджанской Республики шестого созыва [Электронный ресурс] / Официальный сайт Президента Азербайджанской Республики. – Режим доступа: <https://ru.president.az/articles/36124>. – Дата доступа: 10.03.2020.
6. Универсальный русско-английский словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://universal_en_ru.academic.ru/290150/aerospace. – Дата доступа: 09.02.2020.
7. About the National Center for Remote Sensing, Air, and Space Law at the University of Mississippi School of Law [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://airandspacelaw.olemiss.edu/team/>. – Дата доступа: 10.03.2020.
8. Federal Aviation Administration Certifies UPS to Become First-ever Drone Airline [Электронный ресурс] / Baker Sterchi Cowden & Rice, Aerospace Law Blog. – Режим доступа: https://www.bscc-law.com/?t=39&anc=614&format=xml&detail&stylesheet=FirmNewsItems_blog&p=5258. – Дата доступа: 21.02.2020.
9. Cheng, B. Legal Regime of Air Space and Outer Space: The Boundary Problem, Functionalism versus Spatialism: The Major Premises [Электронный ресурс] / B. Cheng. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/339551858_Unmanned_Aerial_Vehicles_Their_Use_of_Satellite_Services_and_Space_Law.
10. Aerospace Law [Электронный ресурс] / Eötvös Loránd University. – Режим доступа: www.ajk.elte.hu/file/Aerospace_Law.docx. – Дата доступа: 10.03.2020.
11. Aviation & Aerospace Law [Электронный ресурс] / Gide Loyrette Nouel - French law firm. – Режим доступа: www.gide.com/en/expertises/aviation-aerospace-law. – Дата доступа: 08.03.2020.
12. Historical Division Information Office Aeronautical Systems Division Air Force Systems Command, October 1963 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a951933.pdf. – Дата доступа: 01.03.2020.
13. J. C. Cooper, Aerospace Law - Subject Matter and Terminology [Электронный ресурс]. – 29 J. Air L. & Com. 89. – 1963. – Режим доступа: scholar.smu.edu/jalc/vol29/iss2/2. – Дата доступа: 03.03.2020.
14. Aerospace Law [Электронный ресурс] / Krugliak, Wilkins, Griffiths & Dougherty Co. – Режим доступа: www.kwgd.com/aerospace-law. – Дата доступа: 01.02.2020.
15. Aerospace Law [Электронный ресурс] / Leiden University, e-studiegids. – Режим доступа: www.studiegids.leidenuniv.nl/courses/show/69973/aerospace_law. – Дата доступа: 03.03.2020.
16. Hamilton J. Practical Aviation & Aerospace Law / J. Hamilton, S. Nilsson. – 6 Edition. – Newcastle : Aviation Supplies & Academics Inc, 2015. – 476 p.
17. Jakhu, R. S. The Need for an Integrated Regulatory Regime for Aviation and Space / R. S. Jakhu, T. Sgobba, P. S. Dempsey (Eds.). – Wien : Springer-Verlag, 2011. – 187 p.
18. Reed, R. Ad Astra Per Aspera: Shaping a Liability Regime for the Future of Space Tourism / R. Reed. – 46 Hous. L. Rev, 2009. – 591 p.
19. Ailor, W. Requirements for Warning Aircraft of Re-entering Debris / W. Ailor, P. Wilde. – 2008.
20. Gorove, S. Developments in Space Law: Issues and Policies / S. Gorove. – Dordrecht; Boston; London : Martinus Nijhoff Publishers, 1991. – 428 p.
21. Suborbital flights and the delimitation of air space vis-à-vis outer space: functionalism, spatialism and state sovereignty [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2018/aac_105c_22018crp/aac_105c_22018crp_9_0_html/AC105_C2_2018_CRP09E.pdf. – Дата доступа: 10.03.2020.

*Статья поступила в редакцию
09.04.2020*

CORSIA КАК ИНСТРУМЕНТ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ В МИРЕ

Захар Владимирович Машарский – кандидат психологических наук, начальник отдела стратегических исследований в области гражданской авиации учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
aviabsaanir@gmail.com

Анна Анатольевна Жукова – кандидат технических наук, проректор по научной работе учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
hannazhukova@mail.ru

Сергей Олегович Стойко – магистр технических наук, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
sergey_14_95@mail.ru

Елизавета Александровна Суринович – курсант учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
elizabetha.surinovich@mail.ru

Янина Петровна Фурманова – курсант учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Республика Беларусь
yfurmanova@mail.ru

Аннотация: решение проблемы воздействия авиации на качество атмосферного воздуха требует сотрудничества между всеми государствами, чтобы уменьшить воздействие выбросов парниковых газов на мировой климат. Международный гражданский авиационный сектор играет ключевую роль в глобальных усилиях по решению проблемы изменения климата. Хотя в настоящее время выбросы, производимые гражданской авиацией, составляют около 1,3% мировых выбросов CO₂, прогнозируется увеличение данного показателя в ближайшие десятилетия, так как мир становится более мобильным благодаря постоянно развивающемуся авиасообщению. ИКАО и ее страны-участники признают существование проблемы влияние выбросов от международной авиации на мировой климат и имеют намерения минимизировать это влияние, обеспечивая при этом устойчивый рост международной авиации.

Ключевые слова: экология, эмиссия, воздушный транспорт, компенсирующие выплаты, эксплуатант, авиационное топливо.

Среди существующих видов хозяйственной деятельности деятельность, связанная с созданием и эксплуатацией авиационного транспорта, характеризуется масштабным и экологически опасным для окружающей среды и здоровья воздействием: предприятия гражданской авиации влияют на экологию комплексно — то есть одновременно на различные составляющие окружающей среды: воздушные,

земельные и водные ресурсы страны. Вот почему анализу действия авиационного транспорта большое внимание уделяют международные организации, которые рассматривают безопасность гражданской авиации комплексно, то есть в том числе и безопасность воздействия на природную среду авиационной деятельности хозяйствующих субъектов. Так, основные международные стандарты и рекомендуемая практи-

ка Международной организации гражданской авиации (далее — ИКАО) в сфере экологической безопасности гражданской авиации содержатся как в Приложении 16 к Чикагской конвенции [1], так и в отдельных рекомендательных документах [2]. Соответственно в национальном законодательстве стран мира увеличилось количество норм, направленных на минимизацию экологических рисков деятельности авиационно-

го транспорта.

Исходя из данных законодательных положений, можно констатировать, что целью обеспечения экологической безопасности гражданской авиации по сути является минимизация вредных последствий ее деятельности путем соблюдения равновесия между нанесенным окружающей среде ущербом в результате осуществления авиационной деятельности и возможностями природной среды в самовосстановлении [6].

Республика Беларусь в ряду других государств мира приняла на себя международно-правовые обязательства в отношении создания национального действенного правового механизма, который бы надежно гарантировал приоритетность экологической безопасности, экологически безопасную среду для жизни и здоровья людей, осуществление мер по охране окружающей природной среды, безопасность широкого внедрения новейших технологий.

Стоит оценить с научной точки зрения тот законодательный материал по экологическим проблемам использования воздушного пространства авиационным транспортом, который нам дает на сегодня текст Воздушного кодекса Республики Беларуси от 16 мая 2006 г. №117-3. Со стороны статистики объем этого материала весьма незначителен, ведь в действующем Воздушном кодексе Беларуси [3] помещена всего одна специальная статья — статья 67 — «Защита граждан и охрана окружающей среды от вредного воздействия полетов воздушных судов», направленных на охрану природной среды и защиту граждан. Однако она несет значительную смысловую нагрузку в том смысле, что приведенные нормы осуществляют как правовую защиту окружающей природной среды от вредного влияния полетов гражданских воздушных судов, так и защиту населения от вредного воздействия выбросов (эмиссии) загрязняющих веществ, шума, электромагнитного излучения, риска авиационных событий при эксплуатации воздушных судов.

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды от полетов гражданской

авиации являются выбросы (эмиссия) загрязняющих веществ, в особенности CO₂. Сжигание основной части авиационного топлива происходит не в приземном слое вблизи аэропортов, а в более высоких слоях атмосферы. Специалисты полагают, что ежегодно возрастающая эмиссия углекислого газа, воды и метана двигателями коммерческих самолетов изменяет химический и радиационный баланс атмосферы, что наряду с эмиссией сажевых сульфатных аэрозолей может влиять на климат. Особое значение имеют такие компоненты, как двуокись углерода и оксиды азота.

В 2016 году в Монреале согласно пункту 5 Резолюции А39-3 Ассамблеи ИКАО было принято решение внедрить глобальную схему МВМ (Рыночно Ориентированные Меры) в форме CORSIA для учета любого ежегодного увеличения общих выбросов CO₂ от международной гражданской авиации выше уровня 2020 года [4].

CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) является одним из элементов «корзины мер» ИКАО по сокращению эмиссии углерода международной гражданской авиации. ИКАО и ее государства-члены осуществляют работу в этой области с 2010 года и уже достигли значительного прогресса по всем направлениям. Предпринимаемые меры охватывают четыре направления деятельности, а именно: новую и инновационную авиационную технику, совершенствование эксплуатационных приемов в целях уменьшения расхода авиационного топлива, разработку и расширение использования устойчиво производимых альтернативных видов топлива и глобальную систему рыночных мер, т. е. CORSIA.

Одобренная в ИКАО система CORSIA будет способствовать достижению прогресса в реализации целей ИКАО в части ежегодного повышения на 2% топливной эффективности и достижения, начиная с 2020 года, углеродно-нейтрального прироста.

В пункте 9 Резолюции А39-3 Ассамблеи CORSIA внедряется поэтапно, начиная с участия государств на добровольной основе, после чего участвуют все госу-

дарства, кроме государств, освобожденных от компенсационных требований, следующим образом:

- *экспериментальный этап (с 2021 по 2023 год) и первый этап (с 2024 по 2026 год) будут применяться к государствам, которые добровольно вызвались участвовать в этой схеме;*
- *второй этап (с 2027 по 2035 год) будет применяться ко всем государствам, которые имеют индивидуальную долю международной авиационной деятельности в RTK (Revenue Tonne Kilometers) (то же самое, что объем деятельности воздушного транспорта) в 2018 году, превышающую 0,5 процента от общего количества RTK. Исключение составляют наименее развитые страны, малые островные развивающиеся государства и развивающиеся страны, не имеющих выхода к морю, если они не добровольно участвуют в этом этапе.*

Государства, которые добровольно решают участвовать в CORSIA, могут присоединиться к этой схеме с начала определенного года, и им следует уведомить ИКАО о своем решении присоединиться к 30 июня предыдущего года.

В дополнение к пункту 9 об участии государств в CORSIA пункт 10 определяет охват схемы на основе маршрутов между государствами: маршрут будет охватываться схемой, если оба государства, соединяющие маршрут, участвуют в схеме; аналогично, маршрут не будет охватываться схемой, если одно или оба государства, соединяющие этот маршрут, не участвуют в схеме [4].

Успех внедрения CORSIA зависит от создания надежной и прозрачной системы мониторинга, отчетности и верификации (MRV), которая включает процедуры по контролю за использованием топлива, сбора данных и расчета выбросов CO₂, предоставления данных о выбросах CO₂ и их проверки.

MRV (Monitoring, Reporting and Verification) — это термин, используемый для описания всех мер, которые страны принимают для сбора данных об авиационных

выбросах и мерах по смягчению последствий этих выбросов.

Мониторинг означает прямые измерения или расчеты выбросов в соответствии со строгими инструкциями и протоколами. Отчетность начинается со стандартизированных шаблонов, протоколов и процедур. Проверка означает специальные процедуры или экспертные проверки, используемые для проверки качества данных и оценок.

Реализация MRV включает следующие шаги:

1. разработка плана мониторинга эмиссии. План должен быть утвержден соответствующим полномочным государственным органом;
2. на основе плана мониторинга эмиссии каждый год эксплуатант должен систематизировать данные о CO₂ и представлять эти данные аккредитованному органу по верификации;
3. прошедшие верификацию данные передаются государству;
4. государство проверяет эти отчеты и представляет соответствующие сводные данные в систему центрального реестра ИКАО по CORSIA;
5. ИКАО обобщает данные, рассчитывает годовой коэффициент роста выбросов в секторе и информирует об этом государство;
6. государство определяет компенсационные обязательства эксплуатантов воздушного транспорта за текущий год;
7. эта информация затем используется государством для определения компенсационных обязательств их эксплуатантов за текущий год.

Компенсация — это процесс, посредством которого компания или организация компенсирует свою эмиссию углерода за счет приобретения на углеродном рынке кредитов, которые генерируются проектами, направленными на сокращение эмиссии углерода из разных источников [7].

После разработки правил MRV CORSIA в качестве следующего шага ИКАО определяет отвечающие критериям единицы эмиссии, которые авиакомпания смогут приобретать для выполнения своих компенсационных обязательств.

Реализация CORSIA подразумевает наличие «пакета» SARPs (Стандарты и Рекомендуемая практика ИКАО), состоящего из трех отдельных, но взаимосвязанных компонентов:

- Приложение 16, том IV, в котором прописаны действия государств и эксплуатантов самолетов («что» и «когда» внедрять в CORSIA);
- Техническое руководство по окружающей среде (Doc 9501), Том IV, в котором содержатся рекомендации по процессу присоединения к CORSIA («как» внедрять);
- Пять элементов реализации CORSIA, которые отражены в 14 документах ИКАО и одобрены Советом, а именно:
 1. CORSIA States for Chapter 3 State Pairs (список государств, участвующих в CORSIA, и маршрутное покрытие выбросов);
 2. ИКАО CORSIA CO₂ Estimation and Reporting Tool (CERT) (инструмент оценки и отчетности о выбросах);
 3. CORSIA Eligible Fuels (подходящие виды топлива);
 4. CORSIA Eligible Emissions Units (гонимые единицы выбросов);
 5. CORSIA Central Registry (CCR) (система хранения и управления информацией о выбросах) [5].

Для реализации программы CORSIA в Республике Беларусь разработаны требования к эксплуатантам гражданских воздушных судов по ежегодному мониторингу, отчетности и верификации эмиссии воздушных судов при выполнении международных полетов.

Расчет эмиссии потребления топлива воздушным судном в соответствии с CORSIA осуществляется на основе потребления им топлива. Эксплуатант воздушного судна осуществляет мониторинг эмиссии и документально оформляет потребление топлива при международных полетах в соответствии с используемым планом мониторинга эмиссии, согласованным со специально уполномоченным органом в области гражданской авиации.

Для определения приемлемого метода мониторинга потребления

топлива эксплуатант воздушного судна рассчитывает объем эмиссии от выполнения международных полетов за предыдущий год.

Эксплуатант воздушного судна использует значение плотности топлива для расчета массы топлива в том случае, когда количество заправленного топлива определяется в единицах объема.

Расчет эмиссии от международных полетов осуществляется эксплуатантом воздушного судна, используя один из методов мониторинга потребления топлива по формуле:

$$CO_2 = \sum_f M_f * FCF_f$$

где:

CO₂ — эмиссия CO₂ (в тоннах);
 M_f — масса потребленного топлива f (в тоннах);
 FCF_f — коэффициент преобразования определенного топлива f, равный 3,16 (в кг CO₂ / кг топлива) для топлива Jet-A/Jet-A1 и 3,10 (в кг CO₂ / кг топлива) для топлива AvGas или Jet-B.

Эксплуатант воздушного судна, чей годовой объем эмиссии от выполнения международных полетов меньше 10 000 тонн, освобождается от осуществления мониторинга эмиссии до момента, пока годовой объем эмиссии от выполнения международных полетов не достигнет уровня 10 000 тонн диоксида углерода.

Эксплуатант воздушного судна выбирает один из следующих методов мониторинга потребления топлива:

- метод A;
- метод B;
- уборка/установки колодок;
- заправленное топливо;
- распределение топлива согласно полетному времени.

При использовании метода A эксплуатант воздушного судна рассчитывает потребление топлива по следующей формуле:

$$F_N = T_N - T_{N+1} + U_{N+1}$$

где:

F_N — расход топлива за рассматриваемый полет (полет N), определенный методом A (в тоннах);
 T_N — количество топлива, содержащегося в баках воздушного судна по завершении заправки

для рассматриваемого полета (т. е. полета N) (в тоннах);

T_{N+1} — количество топлива, содержащегося в баках воздушного судна по завершению заправки для следующего полета (т. е. полета N_i) (в тоннах);

U_{N+1} — суммарное количество заправленного топлива для следующего полета (т. е. полета N+1), измеренное в единицах объема и умноженное на значение плотности (в тоннах).

Количество заправленного топлива (U_{N+1}) определяется по количеству, указанному поставщиком топлива в расчетных документах на поставку топлива для каждого международного полета.

Эксплуатант воздушного судна, выполняющий на разовой основе полеты, отнесенные к другому эксплуатанту воздушных судов, предоставляет последнему информацию о количестве топлива, полученную методом «уборка/установка колодок».

При использовании метода В эксплуатант воздушного судна рассчитывает потребление топлива по следующей формуле:

$$F_N = R_{N-1} - R_N + U_N$$

где:

F_N — расход топлива за рассматриваемый полет (то есть полет N) определенный методом В (в тоннах);

R_{N-1} — количество топлива, которое остается в баках воздушного судна в конце предыдущего полета (т. е. полета N-1) в момент установки колодок перед рассматриваемым полетом (в тоннах);

R_N — количество топлива, которое остается в баках воздушного судна в конце рассматриваемого полета (то есть полета N-1) в момент установки колодок после полета (в тоннах);

U_N — количество заправленного топлива для рассматриваемого полета, измеренное в единицах объема и умноженное на значение плотности (в тоннах).

В случае, когда воздушное судно не выполняет полет перед полетом, к которому применяется мониторинг потребления топлива (например, когда этот полет следует за масштабной проверкой или работами по техническому обслуживанию), эксплуатант воздуш-

ного судна может заменить количество R_{N-1} на количество топлива, зарегистрированного в технических журналах, оставшегося в баках воздушного судна в момент окончания предыдущей операции с воздушным судном.

Эксплуатант воздушного судна, выполняющий на разовой основе полеты, отнесенные к другому эксплуатанту воздушных судов, предоставляет последнему информацию о количестве топлива, полученную методом «уборка/установка колодок».

При использовании метода «уборки/установки колодок» эксплуатант воздушного судна рассчитывает потребление топлива по следующей формуле:

$$F_N = T_N - R_N$$

где:

F_N — расход топлива за рассматриваемый полет (т. е. полет N), определенный методом «уборки/установки колодок» (в тоннах);

T_N — количество топлива, содержащееся в баках воздушного судна в момент уборки колодок для рассматриваемого полета (т. е. полета N) (в тоннах);

R_N — количество топлива, которое остается в баках воздушного судна в момент установки колодок для рассматриваемого полета, (т. е. полета N) (в тоннах).

При использовании метода «заправленное топливо» эксплуатант воздушного судна рассчитывает потребление топлива методом «заправленное топливо» (кроме случаев, когда заправка топлива для следующего полета не осуществляется) по следующей формуле:

$$F_N = U_N$$

где:

F_N — расход топлива за рассматриваемый полет (т. е. полет N), определенный методом «заправленное топливо» (в тоннах);

U_N — количество заправленного топлива для рассматриваемого полета, измеренное в единицах объема и умноженное на значение плотности (в тоннах).

Применительно к полету (ам) без заправки топлива (т. е. полет N+1, ..., полет N+1) эксплуатант воздушного судна использует сле-

дующую формулу для распределения потребления топлива от предыдущей заправки (т. е. от полета N+1) пропорционально полному полетному времени:

$$F_N = U_N * \left[\frac{BH_N}{BH_N + BH_{N+1} + \dots + BH_{N+n}} \right],$$

$$F_{N+1} = U_N * \left[\frac{BH_{N+1}}{BH_N + BH_{N+1} + \dots + BH_{N+n}} \right],$$

$$F_{N+n} = U_N * \left[\frac{BH_{N+n}}{BH_N + BH_{N+1} + \dots + BH_{N+n}} \right]$$

где:

F_N — расход топлива за рассматриваемый полет (т. е. полет N), определенный методом «заправленное топливо» (в тоннах);

F_{N+1} — расход топлива за следующий полет (т. е. полет N+1), определенный методом «заправленное топливо» (в тоннах);

F_{N+n} — расход топлива за один из последующих полетов (т. е. полет N+n), определенный методом «заправленное топливо» (в тоннах);

U_N — количество заправленного топлива для рассматриваемого полета (т. е. полета N) (в тоннах);

BH_N — полное полетное время рассматриваемого полета (т. е. полета N) (в часах);

BH_{N+1} — полное полетное время следующего полета (т. е. полета N+1) (в часах);

BH_{N+n} — полное полетное время последующего полета (т. е. полета N+n) (в часах).

При использовании метода «распределение топлива согласно полному полетному времени» эксплуатант воздушного судна рассчитывает для каждого типа воздушного судна среднюю норму расхода топлива по следующей формуле:

$$AFBR_{AO,AT} = \frac{\sum_N U_{AO,AT,N}}{\sum_N BH_{AO,AT,N}}$$

где:

$AFBR_{AO,AT}$ — средние нормы расхода топлива для эксплуатанта воздушного судна (АО) и типа воздушного судна (АТ) (в тоннах в час);

$U_{AO,AT,N}$ — количество заправленного топлива для международного полета N для эксплуатанта воздушного судна (АО) и типа воз-

душного судна (АТ), определенное методом мониторинга заправленного топлива (в тоннах);

$VH_{AO,AT,N}$ — полное полетное время международного полета N для эксплуатанта воздушного судна (АО) и типа воздушного судна (АТ) (в часах).

Средние нормы расхода топлива для конкретного эксплуатанта воздушного судна рассчитываются на ежегодной основе с использованием годовых данных за рассматриваемый отчетный год. Средние нормы расхода топлива для каждого типа самолетов представляются в отчете об эмиссии эксплуатанта воздушного судна.

Расчет потребления топлива для каждого отдельного международного полета методом «распределение топлива согласно полному полетному времени» осуществляется по следующей формуле:

$$F_N = AFBR_{AO,AT} \cdot VH_{AO,AT,N}$$

где:

F_N — количество топлива, которое распределено на рассматриваемый международный полет (т. е. полет N) методом «распределение топлива согласно полному полетному времени» (в тоннах);

$AFBR_{AO,AT}$ — средние нормы расхода топлива для эксплуатанта воздушного судна (АО) и типа воздушного судна (АТ) (в тоннах в час);

$VH_{AO,AT,N}$ — полное полетное время рассматриваемого международного полета (полета N) для эксплуатанта воздушного судна (АО) и типа воздушного судна (АТ) (в часах).

Выбранный метод мониторинга потребления топлива отмечается в плане мониторинга эмиссии и утверждается Департаментом по авиации Республики Беларусь до начала периода мониторинга. Выбранный метод мониторинга потребления топлива используется на постоянной основе. В случае изменения метода мониторинга потребления топлива, эксплуатант воздушного судна представляет в потребления топлива воздушным судном в соответствии с CORSIA в специально уполномоченный орган в области гражданской авиации на утверждение обновленный план мониторинга эмиссии.

Эксплуатант воздушного судна, который планирует сократить эмиссию за счет использования топлива, соответствующего требованиям CORSIA, в случае заправки топлива на территории другой страны должен использовать топливо, соответствующее критериям устойчивости для топлива, соответствующего требованиям CORSIA. Производитель такого типа топлива должен быть сертифицированным уполномоченным органом другой страны в рамках утвержденных систем сертификации устойчивости [8].

Решение проблемы изменения климата требует сотрудничества между всеми государствами, чтобы уменьшить воздействие выбросов парниковых газов на мировой климат. Международный гражданский авиационный сектор играет ключевую роль в глобальных усилиях по решению проблемы изменения климата. Хотя в настоящее время выбросы, производимые гражданской авиацией, составляют около 1,3% мировых выбросов CO_2 , прогнозируется увеличение данного показателя в ближайшие десятилетия, так как мир становится более мобильным благодаря постоянно развивающемуся авиасообщению. ИКАО и ее страны-участники признают существование проблемы влияние выбросов от международной авиации на мировой климат и имеют намерения минимизировать это влияние, обеспечивая при этом устойчивый рост международной авиации [9].

Целью реализации CORSIA является оказание помощи ИКАО в достижении желательной цели по нейтральному выбросу углерода с 2020 года. CORSIA полагается на использование единиц выбросов с рынка углерода для компенсации количества выбросов CO_2 , которое не может быть уменьшено за счет использования технологических, эксплуатационных усовершенствований и экологически чистого авиационного топлива [10].

Для присоединения Республики Беларусь к CORSIA и ее реализации необходимо решить следующие задачи:

1. подготовка кадров, прохождение обучения, перенимание опыта по внедрению CORSIA в других странах-участни-

ках ICAO (в декабре 2019 года Республика Беларусь прошла обучение в рамках Фазы 2 CORSIA Buddy Partnerships с Германией);

2. утверждение «рабочей группы» по реализации CORSIA в Республике Беларусь;
3. разработка государственного плана действия по мероприятиям по сокращению выбросов CO_2 для представления в ICAO;
4. разработка плана мониторинга эмиссии, производимой эксплуатантами в воздушном пространстве Республики Беларусь;
5. создание системы хранения данных о выбросах CO_2 ;
6. создание верификационного органа, осуществляющего проверку предоставляемых о выбросах данных;
7. определение соответствующими органами Республики Беларусь компенсационных обязательств для эксплуатантов воздушного транспорта.

После присоединения Республики Беларусь к CORSIA и реализации ее основных положений планируется достичь следующих целей:

1. поддержание углеродно-нейтрального прироста;
2. поддержание устойчивого развития привлекательности гражданской авиации Республики Беларусь;
3. реализация компенсационных обязательств Республики Беларусь перед ИКАО;
4. создание целостной экологической системы в Республике Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Environmental Protection: Annex 16 to the Convention on international civil aviation / ICAO. – Montreal. – 2001. – 123 с.
2. Proceedings of the 2nd meeting of the ICAO environmental protection Committee. – Montreal. – 1991. – 98 с.
3. Воздушный кодекс Республики Беларусь : 16 мая 2006 г. № 117-З : принят Палатой представителей 3 апр. 2006 г. : одобр. Советом Респ. 24 апр. 2006 г. – Минск : Амалфея, 2014. – 129 с.
4. Proceedings of the Assembly of the 39th session of the ICAO. – Montreal. – 2016. – 28 p.
5. CORSIA Implementation Elements [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/implementation-elements.aspx>. – Дата доступа: 10.02.2020.
6. Stepanovskikh, A. S. General ecology / A. S. Stepanovskikh. – Moscow : Unity-Dana, 2014. – 325 p.
7. Pavlova, E. I. transport Ecology / E. I. Pavlova. – Moscow : Higher school, 2016. – 428 p.
8. Akimov, T. A. Ecology: Textbook for universities / T. A. Akimov, V. V. Haskin. – Moscow : UNITY-DANA, 2002. – 566 p.
9. Vlasov, A. B. Transport and its impact on the environment / A. B. Vlasov, A. M. Kolesov, E. G. Spiridonov // Improving ground support for aviation: interuniversity collection of scientific and methodological works. Part II. – Voronezh : VVAIII, 2002. – P. 165–169.
10. Israel, Yu. A. Ecology and control of the state of the natural environment / Yu. A. Israel. – M. : Hydrometeoizdat, 1984. – 297 p.

*Статья поступила в редакцию
16.04.2020*

СИСТЕМА ИСТОЧНИКОВ И УРОВНИ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АВИАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Виктор Сергеевич Каменков – доктор юридических наук, профессор, профессор кафедры финансового права и правового регулирования хозяйственной деятельности Белорусского государственного университета, директор Международного научно-образовательного центра медиации, примирения и третейских процедур, национальный корреспондент Беларуси в ЮНСИТРАЛ, заслуженный юрист Республики Беларусь, Республика Беларусь v.kamenkov@gmail.com

Аннотация: несмотря на сделанные усилия по правовому регулированию самой авиации, авиационной отрасли и авиационной деятельности, эти институты еще далеки от совершенства, что не способствует их эффективному использованию населением и субъектами предпринимательства. Сделанный в статье критический анализ нормативных правовых актов, иного законодательства, регулирующих общественные отношения в сфере авиации, демонстрирует наличие в них упущений и коллизий. Высказаны предложения по совершенствованию организации правового регулирования авиации. Для анализа нормативных правовых актов, регулирующих вопросы авиации, в настоящей статье употреблялся системный подход. Предложенные результаты могут активизировать научную дискуссию по обсуждаемой проблеме.

Ключевые слова: авиация, право, регулирование, летательный аппарат, авиационная промышленность, авиационная организация, институт, стандарт, методика, общественные отношения.

Все, что связано с авиацией, ее правовым регулированием, вызывает ассоциацию со специальными и специфическими познаниями. Поэтому может показаться, что знать об этом могут и должны только узкие специалисты. На самом деле с вопросами авиационной деятельности сталкивается огромное количество руководителей организаций, юристов, предпринимателей и обычных людей, а не только специалисты. Например, авиационная перевозка пассажиров и грузов, предоставление авиацией иных услуг, наличие и достаточность системы правовых источников. Другое дело, что осведомленность по этим вопросам нуждается в совершенствовании. Настоящая статья позволяет оценить

комплексный характер авиационной деятельности, ее значимость для экономики страны, для отдельных отраслей, для обычных людей и предпринимателей.

Как и любая иная деятельность, авиационная деятельность регулируется правом. Одним из важнейших источников права является нормативный правовой акт.

В Республике Беларусь весь существующий комплекс законодательства об авиации собран в правовых актах различного уровня и статуса, в которых одновременно сосуществуют нормы общего материального права и процессуального права, специальные правовые нормы, нормы национального права и международного права.

Для системы правового обес-

печения вопросов авиации характерной особенностью является их высокая степень регулирования нормами кодифицированных нормативных правовых актов.

Правовые источники об авиации выступают в форме выражения и закрепления соответствующих правовых норм. При этом под легальными источниками об авиации принято понимать официально признаваемые правовые формы, содержащие правовые предписания, в совокупности, образующие систему источников правового регулирования авиации (кодексы, законы, международные договоры, иные нормативные правовые акты).

Все источники об авиации можно подразделить на следующие

щие крупные и важные группы нормативных правовых актов.

Конституция Республики Беларусь

На первый взгляд, Основной Закон Республики Беларусь не содержит правовые нормы, посвященные авиации. И это достаточно легко объяснить. Не каждая деятельность человека находит отражение в конституционных нормах.

Но внимательное прочтение и исследование Конституции Республики Беларусь показывает, что в ней содержится определенное количество опосредованных правовых норм, применяемых и распространяющих свое действие, в том числе на авиацию.

Во-первых, в соответствии с ч. 1 ст. 1 Конституции Республики Беларусь Республика Беларусь не только унитарное демократическое, но и социальное правовое государство. Социальная направленность конституционных норм означает, в том числе правовое регулирование механизмов по созданию благоприятных социальных отношений между группами, индивидуумами по поводу их положения, места и роли в обществе, образа и уклада жизни. Авиационная деятельность, являясь совокупностью организационной, производственной, научной и иной деятельности различных субъектов, направлена на удовлетворение потребностей экономики и населения в воздушных перевозках, авиационных работах и услугах, имеет большое воздействие на экономику, оборону, социальную политику, культуру и иные сферы.

Во-вторых, человек, его права, свободы и гарантии их реализации являются высшей ценностью и целью общества и государства. Государство ответственно перед гражданином за создание условий для свободного и достойного развития личности. Гражданин ответственен перед государством за неукоснительное исполнение обязанностей, возложенных на него Конституцией Республики Беларусь. Эти прямые конституционные нормы непосредственно распространяются и на отношения: государство — авиация — человек.

В-третьих, Республика Беларусь признает приоритет

общепризнанных принципов международного права и обеспечивает соответствие им законодательства. Наше государство согласно нормам международного права может на добровольной основе входить в межгосударственные образования и выходить из них. Данные конституционные нормы имеют непосредственное отношение к международным договорам Республики Беларусь в сфере авиации.

Кодифицированные нормативные правовые акты — кодексы

В национальной правовой системе-иерархии нормативных правовых актов, установленной Законом [1], кодексы, как законы, занимают третье место после Конституции Республики Беларусь и решений, принятых на республиканском референдуме. Кодекс Республики Беларусь является системообразующим нормативным правовым актом, закрепляющим принципы и нормы правового регулирования наиболее важных общественных отношений и обеспечивающим наиболее полное правовое регулирование определенной сферы общественных отношений (п. 2 ст. 14 указанного Закона). Как правило, кодексы имеют большую юридическую силу по отношению к другим законам (п. 3 ст. 23 указанного Закона).

У авиации имеется такой отдельный кодекс, который системно регулирует общественные отношения в исследуемой сфере. Это Воздушный кодекс [2], который, кстати, является единственным законом, непосредственно регулирующим общественные отношения в сфере авиации.

Он [2, ст. 3] регулирует:

- отношения в области использования воздушного пространства Республики Беларусь,
- отношения, связанные с осуществлением деятельности в области авиации на территории Республики Беларусь, нахождением воздушных судов Республики Беларусь за пределами ее территории, если иное не предусмотрено законодательством страны пребывания или международными договорами Республики Беларусь,

- а также отношения, связанные с выполнением полетов воздушных судов иностранных государств в воздушном пространстве Республики Беларусь.

Кроме того, ряд иных наших кодексов содержит правовые нормы об авиации. Это:

- Кодекс об образовании [3], который определил, что учреждения образования, осуществляющие подготовку кадров по специальностям для гражданской авиации, могут быть только государственными (ст. 19) и иные вопросы;
- Кодекс об административных правонарушениях [4], установивший административную ответственность за самовольные проход или проезд по территории аэропорта, аэродрома, иных объектов гражданской авиации (ст. 18.5);
- Налоговый кодекс Республики Беларусь [5], относящий к объектам налогообложения государственную регистрацию гражданского воздушного судна, аэродрома и сертификацию в гражданской и экспериментальной авиации (ст. 284), а также регулирующий иные вопросы налогообложения;
- Лесной кодекс [6], содержащий правовые нормы об авиационной охране лесов.

Законы Республики Беларусь, опосредованно регулирующие общественные отношения, связанные с авиацией

К их числу относятся следующие:

- Закон о пенсионном обеспечении [7], предусматривающий условия назначения пенсий отдельным категориям работников авиации и летно-испытательного состава (ст. 47);
- Закон о гидрометеорологической деятельности [8], подразделяющий метеорологические наблюдения на разные виды, в том числе авиационные (ст. 14), а также порядок обеспечения гидрометеорологической информацией гражданской авиации (ст. 25);
- Закон о спорте [9], регулирующий порядок развития авиационных видов спорта (ст. 22) и проведения спортивно-массовых мероприятий, а также соревно-

ваний и судейства по ним (ст. ст. 35, 41 – 44, 47), иные вопросы;

- Закон об электросвязи [10], предусматривающий порядок присвоения (назначения), радиочастот или радиочастотных каналов для радиоэлектронных средств, используемых для обеспечения безопасности полетов воздушных судов гражданской авиации (ст. 30), приостановления и прекращения права на пользование ими (ст. 32);
- Закон Республики Беларусь о профессиональном пенсионном страховании [11], установивший, что профессиональному пенсионному страхованию подлежат:
 1. работники летного и летно-испытательного состава гражданской авиации (по перечню должностей);
 2. работники, осуществляющие непосредственное управление полетами воздушных судов гражданской авиации (по перечню должностей);
 3. работники инженерно-технического состава гражданской авиации (по перечню должностей и работ);
 4. бортоператоры и бортпроводники воздушных судов гражданской авиации (ст. 5).

Имеются и другие законы, которые содержат те или иные правовые нормы, затрагивающие регулирование общественных отношений в области авиации (оборона, награды, воинская обязанность, охранная деятельность и иные).

Указы Президента Республики Беларусь, непосредственно регулирующие отношения в сфере авиации

В частности, к числу действующих указов Главы государства, непосредственно регулирующих вопросы авиации можно отнести следующие:

- Указ N 103 о мерах по развитию гражданской авиации [12], освобождающий по 31 декабря 2030 г. от налога на добавленную стоимость ввозимые (ввезенные) в целях использования для воздушных перевозок или выполнения авиационных работ авиационными организациями – резидентами Республики Беларусь на терри-

торию Республики Беларусь воздушные суда, комплектующие изделия, запасные части, наземное оборудование и иные товары, необходимые для использования при эксплуатации воздушных судов.

- Указ N 53 о республиканском фонде гражданской авиации [13], установивший, что:
 - с 1 января 2020 г. в составе республиканского бюджета создается республиканский фонд гражданской авиации, который является государственным целевым бюджетным фондом, а также утвердившим Положение о порядке формирования и использования средств этого республиканского фонда;
- Указ N 328 о создании учреждения [14], обязавший Министерство транспорта и коммуникаций создать государственное учреждение «Авиационная инспекция»;
- Указ N 67 о мерах по совершенствованию авиационной охраны лесов [15], реорганизовавший государственное авиационное аварийно-спасательное учреждение «АВИАЦИЯ» Министерства по чрезвычайным ситуациям и некоторые другие.

Постановления Правительства Республики Беларусь, непосредственно регулирующие отношения в сфере авиации

Например:

- Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 31.07.2006 N 985 [16], утвердившее Положение о Министерстве транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и Положение о Департаменте по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь;
- Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28.04.2016 N 345 об утверждении Государственной программы развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016 – 2020 годы [7], включая и подпрограмму «Развитие гражданской авиации Республики Беларусь» и многие другие постановления нашего Правительства.

Постановления Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, непосредственно регулирующие отношения в сфере авиации

В частности:

- постановление от 25.04.2016 N 22 об утверждении авиационных правил [18],
- постановление от 29.03.2012 N 24 об утверждении Авиационных правил регулирования коммерческих условий воздушных перевозок [19],
- постановление от 12.08.2009 N 70 об утверждении Авиационных правил воздушных перевозок пассажиров, багажа, грузов [20], а также иные постановления данного министерства.

Постановления иных государственных органов, непосредственно или опосредованно регулирующие отношения в сфере авиации

Так, например:

- постановление Комитета государственной безопасности Республики Беларусь от N 5 об утверждении Инструкции о порядке конвоирования, изоляции, охраны лиц, содержащихся под стражей, и надзора за ними [21], установившее особенности обеспечения конвоирования лиц, содержащихся под стражей, воздушным судом;
 - постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь N 25 о тарифах на услуги аэропортов и аэронавигационные услуги [22], которая определяет порядок установления и применения тарифов на услуги аэропортов и аэронавигационные услуги;
 - постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, Министерства внутренних дел Республики Беларусь N 4/54 об утверждении Инструкции о порядке осуществления досмотра в целях обеспечения авиационной безопасности [23] и многие другие.
- Заканчивая, по своей сути, обзор основных источников правового регулирования общественных отношений в области авиации и авиа-

ционной деятельности, необходимо подчеркнуть, что он не представляет исчерпывающий их перечень. Он дает только первичное представление об авиации, о ее комплексном и системном характере, о перспективах развития и некоторых его особенностях. Ведь авиация в прямом и переносном смысле сокращает не только расстояния, но и время для их преодоления, способствует ускорению развития экономического хозяйствования.

Эту статью можно назвать только прелюдией для начала серьезных научных исследований (причем на уровне дипломных и магистерских работ студентов, кандидатских и докторских диссертаций) о роли права в указанной сфере. Ведь отдельного внимания заслуживают такие темы, как международное право об авиации, военная авиация, безопасность полетов, коммерциализация воздушных перевозок, статус организаций воздушного транспорта, расследование авиационных происшествий и многие другие.

Такие исследования позволяют более полно раскрыть потенциал Белорусской государственной академии авиации и учрежденно-го ею научно-практического журнала «Авиационный вестник».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- О нормативных правовых актах [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 17 июля 2018 г., № 130-3 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=H11800130>.
- Воздушный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] : 19 мая 2006 г., № 117-3 : принят Палатой представителей 3 апр. 2006 г. : одобр. Советом Респ. 24 апр. 2006г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3961&p0=HK0600117>.
- Кодекс Республики Беларусь об образовании [Электронный ресурс] : 13 янв. 2011 г., № 243-3 : принят Палатой представителей 2 дек. 2010 г. : одобр. Советом Респ. 22 дек. 2010 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk1100243>.
- Кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях [Электронный ресурс] : 21 апр. 2003 г., № 194-3 : принят Палатой представителей 17 дек. 2002 г. / одобр. Советом Респ. 2 апр. 2003 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=HK0300194>.
- Налоговый кодекс Республики Беларусь (Особенная часть) [Электронный ресурс] : 29 дек. 2009 г., № 71-3 : принят Палатой представителей 11 дек. 2009 г. / одобр. Советом Респ. 18 дек. 2009 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=HK0900071>.
- Лесной кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] : 24 дек. 2015 г., №332-3 : принят Палатой представителей 3 дек. 2015 г. / одобр. Советом Респ. 9 дек. 2015 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=HK1500332>.
- О пенсионном обеспечении [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 17 апр. 1992 г., № 1596-XII : ред. от 08.01.2018 г. с изм. от 16.12.2019 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3961&p0=V19201596>.
- О гидрометеорологической деятельности [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 9 янв. 2006 г., № 93-3 : ред. от 09.01.2018 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3941&p0=2019104001>.
- О физической культуре и спорте [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 4 янв. 2014 г., № 125-3 : ред. от 09.01.2018 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=h11400125>.
- Об электросвязи [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 19 июля 2005 г., № 45-3 : ред. от 17.07.2018 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=H10500045>.
- О профессиональном пенсионном страховании [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 5 янв. 2008 г., № 322-3 : ред. от 09.01.2017 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [http://www.pravo.by/pdf/2008-16/2008-16\(006-024\).pdf](http://www.pravo.by/pdf/2008-16/2008-16(006-024).pdf).
- О мерах по развитию гражданской авиации [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 19 марта 2020 г., № 103 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.pravo.by/upload/docs/op/P32000103_1584651600.pdf.
- О республиканском фонде гражданской авиации [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 17 февр. 2020 г., № 53 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.pravo.by/upload/docs/op/P32000053_1582059600.pdf.
- О создании учреждения [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 5 окт. 2017 г., № 328 : ред. от 17.02.2020 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=12551&p0=P31700361&p1=1&p5=0>.
- О мерах по совершенствованию авиационной охраны лесов [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь от 16 февр. 2015 г., № 67 : ред. от 18.10.2019 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.pravo.by/upload/docs/op/P31500067_1424293200.pdf.
- Вопросы Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 июля 2006 г., № 985 : ред. от 31.12.2019 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=c20600985>.
- Об утверждении Государственной программы развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 апр. 2016 г., № 345 : ред. от 31.12.2019 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21600345>.
- Об утверждении авиационных правил «Организация работы транспортных средств на аэродромах гражданской авиации Республики Беларусь» [Электронный ресурс] : постановление Министерства транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 25 апр. 2016 г., № 22 : ред. от 23.03.2018 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21630871p_1463778000.pdf.
- Об утверждении Авиационных правил регулирования коммерческих условий воздушных перевозок [Электронный ресурс] : постановление Министерства транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 29 марта 2012 г., № 24 : ред. от 01.08.2017 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.pravo.by/pdf/2012-56/2012_56_8_25371.pdf.
- Об утверждении Авиационных правил воздушных перевозок пассажиров, багажа, грузов [Электронный ресурс] : постановление Министерства транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 12 авг. 2009 г., № 70 : ред. от 16.07.2014 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21428283p_1395435600.pdf.
- Об утверждении Инструкции о порядке конвоирования, изоляции, охраны лиц, содержащихся под стражей, и надзора за ними [Электронный ресурс] : постановление Комитета государственной безопасности Респ. Беларусь, 19 янв. 2017 г., № 5 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21731751_1486414800.pdf.
- О тарифах на услуги аэропортов и авиационные услуги [Электронный ресурс] : постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Респ. Беларусь, 15 мая 2017 г., №25 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=W21732080>.
- Об утверждении Инструкции о порядке осуществления досмотра в целях обеспечения авиационной безопасности [Электронный ресурс] : постановление Министерства транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 1 марта 2017 г., №4/54 : ред. от 26.07.2019 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21732041_1495573200.pdf.

Статья поступила в редакцию
13.04.2020

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТАТЬЯМ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ

К публикации в журнале принимаются оригинальные, достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной.

Объем текста статьи должен составлять не менее 14 тыс. печатных знаков, но не превышать 30 тыс. печатных знаков (8–14 стр.).

Статьи должны быть выполнены в текстовом редакторе MS Word и отредактированы строго по следующим параметрам: ориентация листа — книжная, формат А4, поля по 2 см по периметру страницы, шрифт Times New Roman, размер шрифта для всей статьи, кроме аннотации, ключевых слов и таблиц — 14 пт, размер шрифта для таблиц — 12 пт, размер шрифта для аннотации и ключевых слов — 10 пт, междустрочный интервал — 1,0, выравнивание по ширине страницы, абзацный отступ — 1,25 см (без использования клавиш «Tab» или «Пробел»). Выделения в тексте возможны только полужирным шрифтом и (или) курсивом. Внутренние подзаголовки необходимо центрировать.

В структуру статьи входит:

1. **УДК** (номер тематической рубрики). Располагается отдельной строкой слева.

2. **Название статьи.** Должно содержать до 12 слов. Не допускается использовать в названии аббревиатуры и формулы. (Располагается по центру, начертание — полужирное, прямое).

3. **Инициалы и фамилия автора** (авторов).

4. **Аннотация.** Рекомендуемый средний объем аннотации составляет 500 печатных знаков, но не более 900, которая должна кратко отражать структуру статьи и быть

информативной.

5. **Ключевые слова** должны содержать 5–10 слов или 3–5 словосочетаний, которые отделяются друг от друга запятой.

6. Далее в той же последовательности идет **блок информации** (пункты 2–5) на *английском языке*. Если статья англоязычная — вышеуказанные данные приводятся на русском языке.

7. **Текст статьи**, в который также могут входить рисунки и таблицы.

Таблицы набираются в редакторе MS Word. Таблицы должны иметь номера и названия, которые должны быть указаны над таблицами. Единственная таблица в публикации не нумеруется. Используемые в таблице сокращения подлежат расшифровке в конце таблицы.

Графический материал (рисунки, чертежи, схемы, фотографии) должны представлять собой обобщенные материалы исследований. Графический материал должен размещаться сразу же после ее первого упоминания в тексте, а также должен быть предоставлен в хорошем качестве в отдельных файлах в формате .jpg/ .png/ .cdr/ или .psd (Adobe Photoshop, без склеивания слоев) с разрешением не ниже 300 dpi. Названия и номера графического материала должны быть указаны под изображением. Элементы рисунков и кривые нумеруются курсивными арабскими цифрами, которые расшифровываются в подрисуночных подписях. Единственный рисунок в статье не нумеруется.

Формулы и математические символы. Простые формулы и буквенные обозначения величин нужно вставлять, используя меню

«Вставка. Символ». Сложные формулы набираются с помощью встроенного в MS Word редактора формул MathType. Нумеруются только те формулы, на которые автор ссылается по тексту.

Иллюстрации, формулы и сноски следует пронумеровать в соответствии с порядком цитирования в тексте.

Аббревиатуры. В тексте следует использовать только общепринятые сокращения (аббревиатуры). Полный термин, вместо которого вводится сокращение, следует расшифровывать при первом упоминании его в тексте.

Приводимые статистические данные, факты, цитаты, имена собственные и другие сведения должны быть обеспечены ссылками на источники. В тексте пишутся в квадратных скобках (например, [1, с. 25]).

8. **Список использованных источников** должен включать в себя все работы, использованные автором в тексте и оформлен в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь. Каждый источник должен иметь свой порядковый номер в списке. Количество литературных источников — 10–15.

9. **Информация об авторах предоставляется на двух языках — английский и русский/белорусский:**

- фамилия, имя, отчество авторов (без сокращений);
- ученая степень, ученое звание (полное/сокращенное);
- должность, наименование учреждений, где работают авторы (полное/сокращенное) с указанием города и страны;
- контактные данные каждого автора (телефон, e-mail).

К печати принимаются статьи, отвечающие профилю журнала, не публиковавшиеся ранее в других отраслевых изданиях.

Материалы, оформленные с нарушением требований или не прошедшие рецензирование (отклонены рецензентом) не публикуются.

РУБРИКИ ЖУРНАЛА

- **Технические науки**
(проектирование и эксплуатация авиационной техники, навигация и управление воздушным транспортом, авиационная безопасность и безопасность полетов);
- **Педагогические науки**
(профессиональная подготовка авиационных специалистов, развитие профессионального образования);
- **Юридические науки**
(правовое регулирование в области гражданской авиации)

УСЛОВИЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В ЖУРНАЛЕ

Для опубликования статьи в журнале необходимо представить:

1. Экспертное заключение о возможности опубликования в открытых источниках печати в электронном виде в формате pdf (оригинальные экспертные заключения необходимо обязательно предоставить в оргкомитет).
2. Статьи о результатах работ, проведенных в научных учреждениях, должны иметь разрешение на опубликование (сопроводительное письмо ректората или дирекции, либо выписку из протокола заседания ученого совета, отдела или кафедры).
3. Анкету автора (форму можно посмотреть на сайте академии в разделе НАУКА → Журнал «Авиационный вестник»).
4. Материалы статьи и сопроводительные документы представляются в электронном и письменном виде согласно установленным требованиям.
 - Электронную версию материалов присылать по адресу: avia.vestnik@bgaa.by. В названии файла указывать фамилию автора (либо соавторов через запятую) в именительном падеже, а также первые два-три слова из названия статьи.
 - Бумажный вариант статьи, подписанный всеми авторами (подписи должны быть заверены) направлять по адресу редакционной коллегии с пометкой «Научно-практический журнал «Авиационный вестник».

Языки материала статьи: белорусский, русский, английский.

Плата за публикацию не взимается.

Электронная версия журнала будет опубликована на сайте учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации»:

www.bgaa.by

АДРЕС РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

220096, г. Минск, ул. Уборевича, 77

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

Телефон: +375 (17) 345-32-34

e-mail: avia.vestnik@bgaa.by

Подписано в печать 26.12.2019. Формат 60x90/8. Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 4,65. Тираж 100 экз. Заказ №3127.

Издатель и полиграфическое исполнение:

«ГРАДИЕНТ»®. ООО «НАВИТЕХ». ЛП № 02330/482 от 21.02.2017. Ул. Бабушкина, 6А, 220024, г. Минск.