

УДК 621.825.63

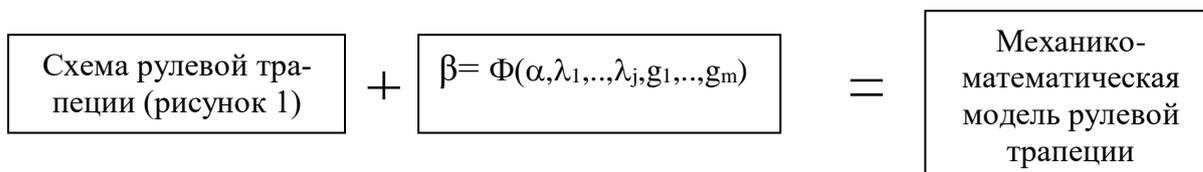
**БНТУ**

*Институт пограничной службы Республики Беларусь, Минск*

## МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШЕСТИЗВЕННОЙ РУЛЕВОЙ ТРАПЕЦИИ АВТОБУСА «МАЗ»

Поддевалин В.М., Витукевич С.С., Гурвич Ю. А.

Под механико-математической моделью понимается совокупность схемы рулевой трапеции и формализованной связи (математического описания  $\beta = \Phi(\alpha, \lambda_1, \dots, \lambda_j, g_1, \dots, g_m)$ , где  $\beta$  – угол поворота внешнего управляемого колеса машины;  $\alpha$  – угол поворота внутреннего колеса;  $\lambda_1, \dots, \lambda_j$  – управляемые параметры;  $j$  – количество управляемых параметров;  $g_1, \dots, g_m$  – неуправляемые параметры;  $m$  – количество неуправляемых параметров.



В литературе приведено большое число различных конструкций рулевых трапеций, которые используются в машинах на пневмоколесном ходу. Соответственно приведены схемы этих рулевых трапеций. Известна только одна механико-математическая модель – модель четырехзвенной неразрезной рулевой трапеции, впервые полученная академиком Е.А. Чудаковым [1]. Для всех остальных конструкций рулевых трапеций приведены только схемы, а математические описания  $\beta = \Phi(\alpha, \lambda_1, \dots, \lambda_j, g_1, \dots, g_m)$  отсутствуют. Причём для каждой новой конструкции рулевой трапеции будет свое число звеньев и своя совокупность конструктивных параметров.

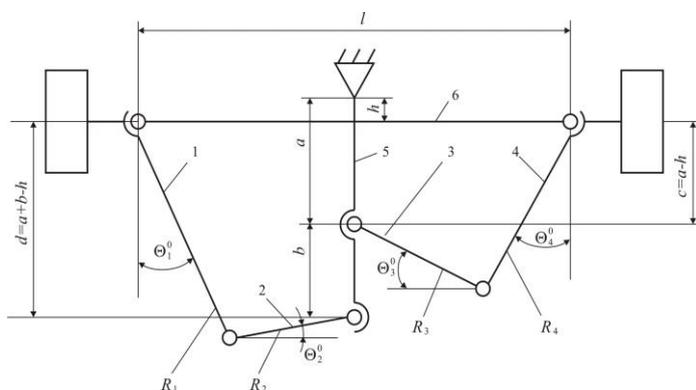


Рисунок 1 – Схема несимметричной шестизвенной рулевой трапеции автобуса «МАЗ», колеса которого находятся в нейтральном положении

*Постановка задачи.* Для расчета параметров шестизвенной рулевой трапеции изображенной на рисунке 1 необходимо формализовать связь угла поворота внешнего колеса  $\beta$  от угла поворота внутреннего колеса  $\alpha$  и других управляемых и неуправляемых (конструктивных) параметров  $\beta = \beta(\alpha, \lambda_1, \dots, \lambda_j, g_1, \dots, g_m)$ .

На рисунке 1 изображена новая шестизвенная рулевая трапеция автобуса «МАЗ» в исходном положении. На этом рисунке пронумерованы длины стержней 1 – 5 соответственно через  $R_1 - R_5$ ,  $R_5 = a + b$ ,  $L = 2l$ , а углы, определяющие направление стержней в начальном положении (до поворота рулевого колеса), обозначены индексом «0»:

На рисунке 1 изображена новая шестизвенная рулевая трапеция автобуса «МАЗ» в исходном положении. На этом рисунке пронумерованы длины стержней 1 – 5 соответственно через  $R_1 - R_5$ ,  $R_5 = a + b$ ,  $L = 2l$ , а углы, определяющие направление стержней в начальном положении (до поворота рулевого колеса), обозначены индексом «0»:

$\Theta_1^0, \Theta_2^0, \Theta_3^0, \Theta_4^0$ . При повороте рулевого колеса автобуса углы  $\Theta_1^0, \Theta_2^0, \Theta_3^0, \Theta_4^0$  станут другими, и появится угол наклона стержня 5 к вертикали. Обозначим угол, определяющий направления стержней 1 – 5 в ненулевом положении  $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3, \Theta_4, \Theta_5$  (рисунок 2).

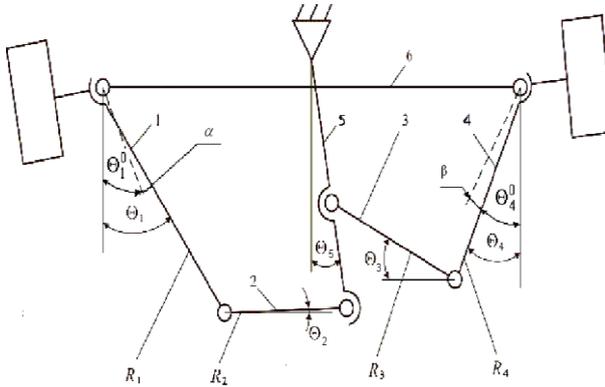


Рисунок 2 – Схема несимметричной шестизвенной рулевой трапеции автобуса «МАЗ»,

Штриховыми линиями на рисунке 2 показаны начальные положения стержней 1 и 5. При повороте управляемого внутреннего колеса автобуса влево на угол  $\alpha$  стержни 1, 4 и 5 будут вращаться против часовой стрелки, а углы  $\Theta_1$  и  $\Theta_4$  будут соответственно равны:

$$\Theta_1 = \Theta_1^0 + \alpha, \quad \Theta_4 = \Theta_4^0 - \beta, \quad \alpha = \Theta_1 - \Theta_1^0, \quad \beta = \Theta_4^0 - \Theta_4.$$

Для расчета параметров шестизвенной рулевой трапеции требуется определить зависимость угла поворота наружного колеса  $\beta$  от угла поворота внутреннего колеса  $\alpha = \beta(\alpha, \lambda_1, \dots, \lambda_j, g_1, \dots, g_m)$  и других конструктивных параметров, что эквивалентно определению  $\Theta_4 = \Theta_4(\Theta_1)$ .

В связи со сложностью и с большим объемом математических действий вывод зависимости  $\beta = \beta(\alpha, \lambda_1, \dots, \lambda_j, g_1, \dots, g_m)$  здесь не приводится. Запишем сразу конечный результат.

В итоге зависимость угла поворота наружного колеса  $\beta$  от угла поворота внутреннего колеса  $\alpha = \beta(\alpha, \lambda_1, \dots, \lambda_j, g_1, \dots, g_m)$  примет вид:

$$\beta = \Theta_4^0 - \arcsin \frac{l^2 + a^2 + R_4^2 + h^2 - R_3^2 - 2ah \cos \Theta_5 + 2al \sin \Theta_5}{2R_4 \sqrt{(a \cos \Theta_5 - h)^2 + (a \sin \Theta_5 + l)^2}} + \operatorname{arctg} \frac{a \cos \Theta_5 - h}{a \sin \Theta_5 + l},$$

где 
$$\Theta_4^0 = \operatorname{arctg} \frac{l^2 + R_4^2 + c^2 - R_3^2}{2R_4 \sqrt{l^2 + c^2}} - \operatorname{arctg} \frac{c}{l},$$

$$\Theta_5 = \operatorname{arctg} \frac{R_1 \cos(\Theta_1^0 + \alpha) + h}{l - R_1 \sin(\Theta_1^0 + \alpha)} - \arcsin \frac{l^2 + (a+b)^2 + R_1^2 + h^2 - R_2^2 - 2lR_1 \sin(\Theta_1^0 + \alpha) + 2hR_1 \cos(\Theta_1^0 + \alpha)}{2(a+b) \sqrt{(R_1 \cos(\Theta_1^0 + \alpha) + h)^2 + (l - R_1 \sin(\Theta_1^0 + \alpha))^2}},$$

$$\Theta_1^0 = \arcsin \frac{l^2 + R_1^2 + d^2 - R_2^2}{2R_1 \sqrt{l^2 + d^2}} - \operatorname{arctg} \frac{d}{l}.$$

### Выводы

Разработана новая механико-математическая модель шестизвенной несимметричной рулевой трапеции автобуса «МАЗ», которая может быть использована для одно- и многокритериальной оптимизации конструктивных параметров рулевой трапеции по критерию износа шин.

Эта рулевая трапеция содержит двенадцать конструктивных параметров:  $l, R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 = a + b, a, b, h, \Theta_1^0, \Theta_2^0, \Theta_3^0, \Theta_4^0$ , в том числе восемь независимых –  $(l, R_1, R_2, R_3, R_4, a, b, h)$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чудаков Е. А. Теория автомобиля. – М.: Изд. АН СССР, 1961.-462с.