

*Шермухамедов А.А., Давлятов У.Р., Омуров Ж.М.*

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ АВТОПОЕЗДА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЖИДКИХ ГРУЗОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*A.A. Shermukhamedov, U.R. Davlyatov, G.M. Omurov*

**DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL FOR JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF A MODE OF MOVEMENT OF THE ROAD TRAIN IN TRANSIT LIQUID FREIGHTS IN MOUNTAIN SERVICE CONDITIONS**

УДК: 34.06.: 656.826:656.136

Таблица 1

*В статье приведены особенности горных условий эксплуатации, зависимости от приведенных сил, т.е. суммарных сил, способствующих и препятствующих опрокидыванию, а также суммарных сил способствующих и препятствующих заносу, с учетом и без учета динамического воздействия жидкого груза на стенки цистерны и примеры результатов решения уравнения разработанной математической модели.*

*Features of mountain service conditions, dependences by calculation of change of critical speed from specified forces, the total forces promoting and interfering capsizing, and also total forces promoting and interfering drift, taking into account and without dynamic impact of liquid freight on walls of the tank and examples of results of the decision the equation of the developed mathematical model are given in article.*

подавляющая часть перевозок грузов и пассажиров в Кыргызстане осуществляется автомобильным транспортом. Автомобильные дороги проходят по горной местности.

По мере увеличения высоты над уровнем моря в связи с понижением атмосферного давления падает мощность двигателя (примерно на 10% на каждые 1000 м высоты), жидкость в системе охлаждения закипает при более низкой температуре, снижается надёжность работы пневматического привода тормозов, у водителей ощущается затруднённое дыхание, головная боль, резь в глазах, закладывает уши, «кроме того, по мере увеличения высоты над уровнем моря всё более сложным становится рельеф горной местности, увеличиваются продольные уклоны, крутизна склонов хребтов, уменьшаются радиусы кривых в плане (при одновременном увеличении величин углов поворота), видимость на дорогах и т.д. В исследованиях, приводятся следующие значения геометрических параметров трассы в зависимости от местоположения дороги [1,2]:

**Значения геометрических параметров трассы в зависимости от местоположения дороги**

Типовая группа участков дорог	Средние значения геометрических параметров			
	Кол-во кривых в плане на 1 км	средний радиус кривых в плане, м	средне-взвеш. величина продольного уклона, ‰	средняя величина угла поворота, град.
Равнинные	1,8	2230	8	17,5
Предгорные	4,1	225	32	26,3
Горные:				
– долинные	5,5	170	14	34,4
– перевальные	8,7	105	56	45,4

Результаты многочисленных исследований подтверждают, что на горных дорогах средние скорости движения автомобилей значительно ниже, чем на равнинных. По данным исследований В.А.Лиханова и Ю.А.Фортуны, проведенных на горных дорогах Кыргызстана, средняя скорость движения автомобилей на перевальных участках меньше, чем на равнинных, на 40% (на равнине - 36,5 км/ч, на перевальных участках - 22,0 км/ч) [2].

Одним из главных факторов, влияющих на уменьшение скорости автомобилей, является падение мощности двигателей из-за снижения плотности воздуха по высоте. По данным М.С.Замахаева [3] снижение мощности карбюраторных двигателей по высоте составляет:

- на высоте 1000 м - 11,3%;
- на высоте 2000 м - 21,5%;
- на высоте 3000 м - 30,8%;
- на высоте 4000 м - 39,2%;
- на высоте 5000 м - 46,7%.

В данной статье приведена математическая модель, позволяющая определить безопасный и эффективный диапазон изменения основных параметров седельных автопоездов и обосновать

параметры режима движения при перевозке жидких грузов в горных условиях эксплуатации.

Расчет изменения критической скорости от приведенных сил, т.е. суммарных сил, способствующих и препятствующих опрокидыванию, а также суммарных сил способствующих и препятствующих заносу, с учетом и без учета динамического воздействия жидкого груза на стенки цистерны, описываются следующими уравнениями:

для полуприцепа

$$F_{\text{итд}} = \left( m_i g \frac{B}{2} \cos \beta + m_i g \sin \beta \cdot h_g - \frac{m_i \vartheta^2}{2} h_g - N_k h_c - R_k \frac{B}{2} - P_i h_g \right) / B$$

$$F_{\text{онр}} \geq 0 \quad (1)$$

$$F_{\varphi} = \frac{m_i \vartheta^2}{r} + P_i - N_{\varepsilon} - m_i g \sin \beta - \sum R \cdot \varphi_2. \quad F_{\varphi} \geq 0 \quad (2)$$

для тягача

$$F_{\text{итд}} = \left( m_0 g \frac{B}{2} \cos \beta + m_0 g \sin \beta \cdot h_g - \frac{m_0 \vartheta^2}{2} h_g + N_k h_c - R_k \frac{B}{2} \right) / B$$

$$F_{\text{онр}} \geq 0 \quad (3)$$

$$F_{\varphi} = \frac{m_0 \vartheta^2}{r} + N_{\varepsilon} - m_0 g \sin \beta - \sum R \cdot \varphi_2. \quad F_{\varphi} \geq 0 \quad (4)$$

Выше изложенные параметры определены в зависимости от угла подъема и радиуса поворота. При расчетах приняты следующие параметры:  $m_i=8950$  кг;  $a_1=1.71$  м;  $a_2=1.89$  м;  $l_0=0.26$  м;  $h=0.975$  м;  $B=2.032$  м;  $m_p=30500$  кг;  $g=9.8$  м/с<sup>2</sup>;  $L=6.30$  м;  $h_g=1.97$  м;  $h_c=1.4$  м;  $l_2=2.65$  м;  $l_1=3.65$  м;  $\beta=0.03$  рад;  $B=2.095$  м;  $f_{i1}=0.35$ ;  $f_{i2}=0.7$ ;  $dv/dt=1$  м/с<sup>2</sup>.

Рассмотрев комплексное влияние таких параметров как угол подъема, радиус поворота, ускорение (замедление) груза по предложенной модели можно определить критическую скорость движения автопоезда при любых дорожных условиях.

На рисунках (рис. 1, 2 и 3) представлены примеры результатов решения уравнений разработанной математической модели.

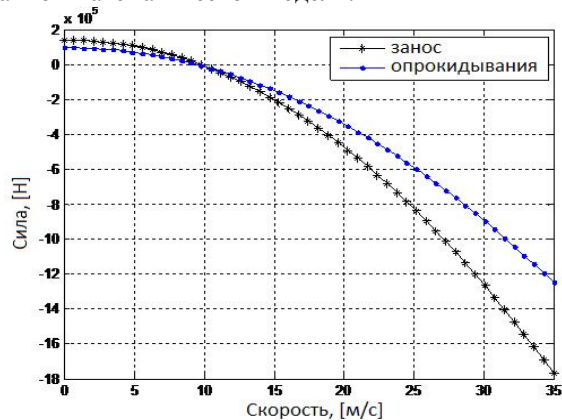


Рисунок 1- Суммарное воздействие способствующих и препятствующих сил опрокидыванию и заносу от скорости

движения седельного автопоезда при радиусе поворота R=40м, продольном уклоне 3% и учете динамического воздействия жидкого груза

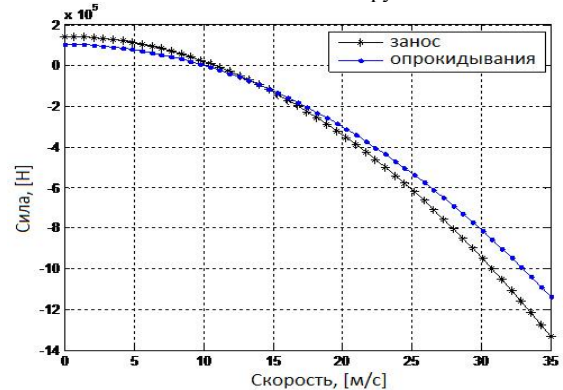


Рисунок 2 - Суммарное воздействие способствующих и препятствующих сил опрокидыванию и заносу от скорости движения седельного автопоезда при радиусе поворота R=40 м, продольном уклоне 3%, без учета динамического воздействия жидкого груза.

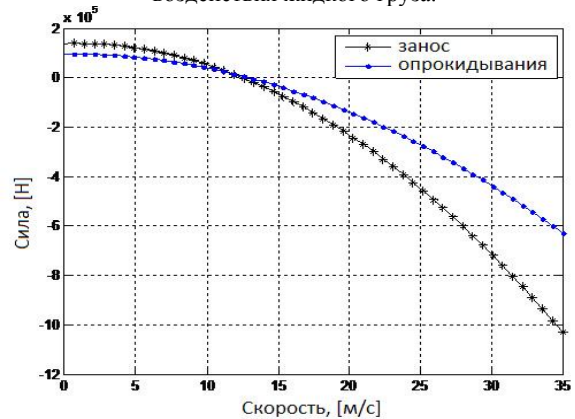


Рисунок 3 - Соотношение способствующих и препятствующих сил опрокидыванию и заносу от скорости движения седельного автопоезда при радиусе повороте R=80 м, продольном уклоне 7%, с учетом динамического воздействия жидкого груза

Представленные графики показывают характер изменения суммарных сил, способствующих и препятствующих опрокидыванию, а также суммарных сил способствующих и препятствующих заносу. По этим графикам можно определить критическую скорость (в точке пересечения с осью ординат при значении ноль), при которой начинается неустойчивое движение седельного автопоезда.

#### Литература:

1. Магомедов М.М. Горные дороги. Особенности проектирования, строительства и эксплуатации на примере Дагестана. - М.: Техно - полиграфцентр, 2006. -247с.
2. Лиханов В.А. Фортуна Ю.А. Исследование средних скоростей движения автомобилей на горных дорогах // Труды Фрунзенского политехнического института. Вып.78.
3. Замахаев М.С. Снижение продольных уклонов на кривых малых радиусов автомобильных дорог. - М.: Автотрансиздат, 1962.

Рецензент: д.т.н., профессор Нусупов Э.С.