

УДК 629.113

Л.Н. Бритвин

д-р техн. наук, проф., МАДИ,

тел.: 8(499)155-01-45,

e-mail: brt-tgm@mail.ru

**РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И
ОЦЕНКИ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ И СЦЕПНЫХ КАЧЕСТВ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПОДВИЖНОГО АГРЕГАТА
ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕГРУЗОЧНОГО И ТРАНСПОРТНО-
УСТАНОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА**

Аннотация. В данной статье приводятся расчетные соотношения и результаты оценки достижимых тягово-скоростных и сцепных качеств при создании экспериментальных образцов большегрузных транспортных средств: полуприцепов, прицепов, самоходных платформ.

Ключевые слова: расчёт, эксперимент, результаты, математическое, сцепные качества, агрегат, оборудование, моделирование, оценка, транспорт, скоростные качества, подвижный агрегат, РК, ракетный комплекс, транспортно-перегрузочное оборудование, транспортно-установочное оборудование, большегрузное транспортное средство, полуприцеп, прицеп, самоходная платформа.

Введение

На сегодняшний день наблюдается активное развитие ракетно-космической и боевой ракетной техники. Участие государств международной космической деятельности свидетельствует о его высоком научном и промышленном уровне. Огромное значение в развитии данных направлений играет разработка актуальных и инновационных технических

решений, подкреплённых теоретическими и практическими экспериментальными исследованиями и разработками. В статье приведены результаты математического моделирования и оценки тягово-скоростных и сцепных качеств экспериментального подвижного агрегата транспортно-перегрузочного и транспортно-установочного оборудования ракетного комплекса, которые легли в основу разработки экспериментального образца.

Тягово-скоростные и сцепные качества БТС

Исходным соотношением для определения тягово-скоростных качеств является уравнение мощностного баланса большегрузного транспортного средства (далее БТС), которое в простейшем виде вводится к выражению [4]:

$$gm\psi V = N_{em}K_c\eta, \quad (1)$$

где m – полная масса БТС; ψ – суммарный коэффициент сопротивления движению; V – скорость движения БТС; N_{em} – суммарная номинальная мощность энергоустановок; K_c – коэффициент свободной мощности ДВС (обычно 0,8–0,9); η – общий КПД трансмиссии (около 0,6).

Коэффициент сопротивления движению определяется по формуле [4]:

$$\psi = f + i, \quad (2)$$

где f – коэффициент сопротивления качению; i – продольный уклон дороги.

Для определения сцепных качеств используется уравнение силового баланса, которое может быть представлено в виде соотношения [4]:

$$gm\psi = \varphi G_a, \quad (3)$$

где φ – коэффициент сцепления; G_a – вертикальная нагрузка (суммарная) на активные колеса БТС.

Связь между грузоподъёмностью БТС и его полной массой может быть установлена с помощью коэффициента использования массы:

$$K_m = \frac{m_r}{m_o}, \quad (4)$$

где m_r – грузоподъемность; m_o – собственная масса полуприцепа, прицепа или самоходной платформы.

Очевидно соотношение:

$$m_r = \frac{K_m}{K_m + 1} m_n, \quad (5)$$

где m_n – полная масса полуприцепа, прицепа или платформы.

При использовании выражения (3) следует иметь в виду, что полная масса m_n отличается от полной массы БТС m на величину полной массы тягача (или тягачей) входящего в состав БТС.

Величину вертикальной нагрузки на колесо удобно представить в виде соотношения [4]:

$$G_k = g_v G_{kN}, \quad (6)$$

где G_{kN} – номинальная нагрузка на шину; g_v – коэффициент, учитывающий влияние скорости движения БТС на величину допустимой колесной нагрузки.

Характер зависимости g_v от скорости движения иллюстрируется рис. 1, количественные характеристики зависимости определяются соответствующими нормативными документами на шину (например, ГОСТ 8430-85). Возможно представление зависимости $g_v(V_m)$ в аналитической форме выражением [1]:

$$g_v = \max(b(1, a_1 - b_1 \cdot V_m, a_2 - b_2 \cdot V_m), \quad (7)$$

значения констант a_1, b_1, a_2, b_2 подбираются из условия обеспечения кусочно-линейной аппроксимации характеристики $g_v(V_m)b$ (штриховые прямые на рис. 1).

Вертикальная нагрузка на двухколесную опору определяется по формуле:

$$G_{ko} = 2G_k. \quad (8)$$

Для четырёхколесной опоры следует учитывать требование ГОСТ 12715-83 о снижении на 10% нагрузки на каждую шину при монтаже шин на сдвоенный обод. В этом случае следует пользоваться соотношением:

$$G_{ko} = 3,6G_k. \quad (9)$$

Осевая нагрузка определяется очевидным соотношением:

$$G_o = M \cdot G_{ko}, \quad (10)$$

где M – количество колесных опор на оси.

В качестве базовой характеристики дорожных условий можно принять номер категории дороги по СНиП [1], который регламентирует также максимальный продольный уклон автомобильных дорог.

Таблица 1

Характеристики дорожных условий

Наименование параметра	Категория дороги				
	1	2	3	4	5
Среднегодовой коэффициент сопротивления качению	0,016	0,019	0,028	0,040	0,046
Максимальный уклон	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09
Коэффициент сопротивления движению	0,056	0,069	0,088	0,110	0,136

Значения коэффициентов сопротивления качению для дорог различных технических категорий приведены в отчёте [1–3].

Характеристики дорожных условий сведены в табл. 1.

Полуприцепы

Для БТС в составе седельного тягача и полуприцепа следует учитывать следующие соотношения [5]:

$$m_T = m_{TO} + \frac{G_c}{g}, \quad (11)$$

$$m = m_{TO} + m_n, \quad (12)$$

где m_t, m_n – полная масса соответственно тягача и полуприцепа; $m_{то}$ – собственная масса тягача; G_c – вертикальная нагрузка на ОСУ тягача.

Максимальная скорость БТС получается из уравнения (1):

$$V_m = \frac{N_{em} K_c \eta}{g f_{\min} (m_{то} + m_n)}, \quad (13)$$

где f_{\min} – минимальный коэффициент сопротивления качению (можно принимать для шин высокого давления = 0,015).

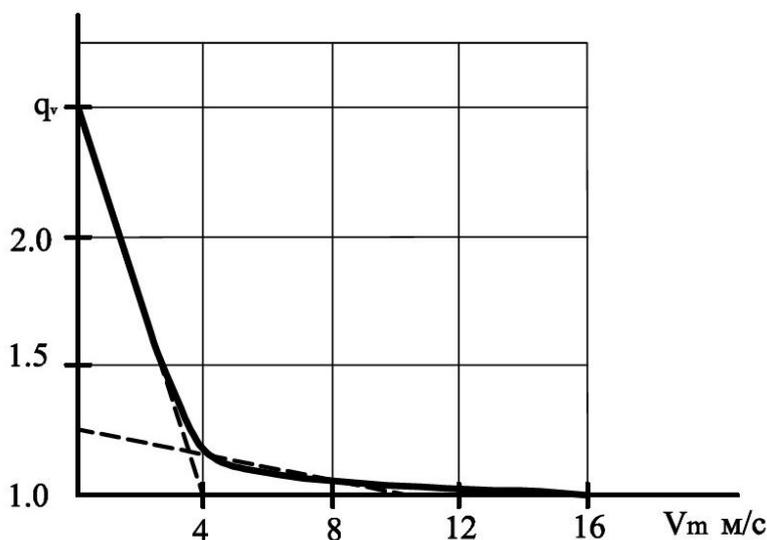


Рис. 1. Влияние максимальной скорости движения на грузоподъемность шин (ГОСТ 8430-85)

Допустимая полная масса полуприцепа, при которой обеспечиваются необходимые сцепные качества, может быть получена из соотношения (3):

$$m_n = \frac{\varphi_{\min}}{\varphi_m} \left(m_{то} + \frac{G_c}{g} \right) - m_{то}, \quad (14)$$

где φ_{\min} – минимальный коэффициент сцепления (обычно $\varphi_{\min} = 0,2$); φ_m – максимальный коэффициент сопротивления движению, определяемый по табл. 1.

Предельные тяговые качества определяются максимальным динамическим фактором БТС, который может быть получен из уравнения (1):

$$D_m = \frac{N_{em} K_c \eta}{g(m_{то} + m_n) V_{\min}}, \quad (15)$$

где V_{\min} – минимальная длительно допустимая скорость движения.

При использовании тягачей КЗКТ-7428 величину V_{\min} можно оценить по формуле:

$$V_{\min} = i_{г\min} \frac{i_{г\min}}{i_{г\max}} V_m, \quad (16)$$

где $i_{г\min}$ – минимальное допустимое по условию нагрева передаточное отношение гидротрансформатора; $i_{г\min}$, $i_{г\max}$ – соответственно минимальное и максимальное передаточное число механической трансмиссии тягача.

Подстановкой $\varphi = D_m$ в соотношение (3) получим выражение:

$$\varphi_m = D_m \frac{m_{то} + m_n}{m_{то} + \frac{G_c}{g}}, \quad (17)$$

которое позволяет оценить максимальный коэффициент сцепления, при котором возможно движение БТС с полной реализацией сцепных качеств. Рабочий диапазон значений коэффициента сцепления лежит в пределах от φ_{\min} до φ_m .

Прицепы

Выражение для определения максимальной скорости БТС, состоящих из тягача (или нескольких тягачей) и прицепа, получается из уравнения (1) [5]:

$$V_m = \frac{v \cdot N_{em} K_c \eta}{g f_{\min} (v \cdot m_T + m_n)}, \quad (18)$$

где v – количество тягачей в составе БТС.

Наибольшая допустимая по условиям сцепления полная масса прицепа определяется из выражения (3):

$$m_n = v \left(\frac{\varphi_{\min}}{\varphi_m} - 1 \right) m_T. \quad (19)$$

Максимальный динамический фактор получим из уравнения (1):

$$D_m = \frac{v \cdot N_{em} K_c \eta}{g(v \cdot m_T + m_n) V_{\min}}, \quad (20)$$

а максимальный коэффициент сцепления из соотношения (3):

$$\varphi_m = D_m \frac{v \cdot m_T + m_n}{v \cdot m_T}. \quad (21)$$

Самоходные платформы

Используя уравнение (1), получим выражение для оценки максимальной скорости самоходной платформы:

$$V_m = \frac{N_{уд} \cdot K_c \eta}{g \cdot f_{\min}}, \quad (22)$$

где

$$N_{уд} = \frac{N_{em}}{m}. \quad (23)$$

Из соотношения (3) следует, что:

$$N_a = \frac{\Psi_m}{\varphi_{\min}} N, \quad (24)$$

где N_a – количество активных осей платформы; N – полное количество осей.

Заключение

В статье приведены результаты математического моделирования и оценки тягово-скоростных и сцепных качеств большегрузных транспортных средств на базе полуприцепа, прицепа и самоходной платформы. Данные результаты могут быть использованы в разработке экспериментального подвижного агрегата транспортно-перегрузочного и транспортно-установочного оборудования.

Литература

1. Итоговый отчет по теме НИР 405-68-06. КБ «Мотор», 1975.

2. 454.252016. Расчет предельных нагрузочных режимов систем и узлов большегрузных транспортных средств – RTGIMP. Спецификация. Описание программы. Текст программы. КБ «Мотор», 1989.

3. 3Ф-30-9.00P05.1 Расчет тяговой характеристики автопоезда.

4. Аксёнов П.В. Многоосные автомобили. 2-е изд. М.: Машиностроение, 1989. 280 с.

5. Высоцкий М.С., Мартыненко Г.В., Херсонский С.Г., Шишло В.П. Прицепы и полуприцепы МАЗ. Устройство, техническое обслуживание, ремонт. М.: Транспорт, 1978. 340 с.

References

1. Itogovyy otchet po teme NIR 405-68-06. КБ «Motor», 1975.

2. 454.252016. Raschet predel'nyh nagruzochnyh rezhimov system i uzlov bol'shegruznyh transportnyh sredstv – RTGIMP. Specifikacija. Opisanie programmy. Teks tprogrammy. КБ «Motor», 1989.

3. 3F-30-9.00R05.1 Raschet tjagovoj harakteristiki avtopoezda.

4. Aksjonov P.V. *Mnogoosnye avtomobili* (Multi-axle vehicles), 2 izd., Moscow, Mashinostroenie, 1989, 280 p.

5. Vysockij M.S., Martynenko G.V., Hersonskij S.G., Shishlo V.P. *Pricepy i polupricepy MAZ. Ustrojstvo, tehlichesкое obsluzhivanie, remont* (Trailers and semitrailers MAZ. The device, maintenance, repair), Moscow, Transport, 1978, 340 p.

L. Britvin

Results of mathematical modelling and assessment of traction and high-speed and coupling qualities of the experimental mobile unit of the transport and reloading and transport and adjusting equipment of the missile system

Abstract. This article presents the calculated ratios and evaluation results achievable speed and trailer coupling characteristics when creating experimental models of heavy vehicles: semi-trailers, self-propelled platforms.

Key words: calculation, experiment, results, mathematical, coupling qualities, unit, equipment, modeling, assessment, transport, high-speed qualities, mobile unit, RK, missile system, transport and reloading equipment, transport and adjusting equipment, heavy-load vehicle, semi-trailer, trailer, self-propelled platform.