

УДК 629.113

В.В. Буренин

канд. техн. наук, проф., МАДИ,

тел.: 8(499)155-01-45,

e-mail: madi.1965@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПОДВИЖНЫМ АГРЕГАТАМ МОДУЛЬНОГО ТИПА НА БАЗЕ САМОХОДНЫХ ПЛАТФОРМ, СОЧЛЕНЕННЫХ ПРИЦЕПОВ, МОНОПРИЦЕПОВ И ПОЛУПРИЦЕПОВ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ ДО 400 ТОНН

Аннотация. В настоящей статье приведены научно-методический подход и результаты обоснования технических требований к большегрузным транспортным средствам грузоподъемностью до 400 т модульного исполнения, результаты выбора конструктивно-компоновочных схем большегрузных транспортных средств, результаты оценки показателей проходимости и показателей энерговооруженности.

Ключевые слова: подвижные агрегаты, агрегат, оборудование, транспортно-перегрузочное оборудование, транспортно-установочное оборудование, РК, ракетный комплекс, модульность, модуль, модульный принцип, самоходная платформа, сочлененный прицеп, моноприцеп, полуприцеп, КГТ, крупногабаритный тяжеловесный груз, большегрузное транспортное средство, БТС, колесо, ход, дорога, транспорт, груз.

Введение

Обоснование технических требований к подвижным агрегатам транспортно-перегрузочного и транспортно-установочного оборудования ракетных комплексов с применением модульного принципа их создания на базе самоходных платформ, сочлененных прицепов, моноприцепов и

полуприцепов грузоподъемностью до 400 т выполнено на примере экспериментального образца автопоезда [2] модульного исполнения, предназначенного для перевозки крупногабаритного тяжеловесного груза (КТГ) массой 400 т, геометрические характеристики которого представлены на рис. 1.

Обоснование технических требований к большегрузному транспортному средству (БТС) грузоподъемностью 400 т модульного исполнения

Используя рисунок 3 определим, что груз заданной массы может транспортироваться 9-осной платформой, составленной из двух рядов модулей. Габаритные размеры платформы можно оценить, используя табл. 1. Длина платформы составит 15,3 м, ширина 6,6 м. Сравнение полученных размеров груза показывает, что для заданного крупногабаритного тяжеловесного груза (КТГ) требуется разнесение модулей, составляющих платформу, как по длине, так и по ширине. Следовательно, груз придется разместить на промежуточной раме.

Для оценки массы рамы воспользуемся коэффициентом использования массы для самоходных платформ. Масса груза вместе с промежуточной рамой определится с использованием формулы [1, 2]:

$$m'_r = \frac{K_m + 1}{K_m} m_r.$$

При $K_m = 4,8$ масса с рамой составит 485 т.

Из рисунка 3 следует, что для груза массой 485 т требуется уже 12-осная платформа. Следовательно, большегрузное транспортное средство (БТС) может быть собрано из четырех 6-осных модулей, разнесенных по длине и ширине. С целью уменьшения нагрузок, действующих на раму, целесообразно совместить середину опорной длины первой пары модулей с координатой передней опоры груза, а середину

второй пары модулей с координатой задней опоры. Полагая, что масса рамы делится поровну между передними и задними парами модулей, и, учитывая, что доля массы груза, приходящаяся на переднюю пару модулей составляет с учетом положения центра масс (см. рис. 1) около 160 т, а на заднюю пару модулей около 240 т, получим, что грузоподъемность передних модулей должна быть около 100 т, а задних около 140 т. Максимальная грузоподъемность шестиосного модуля с допустимой нагрузкой на колесную опору 288 кН (табл. 1), при коэффициенте использования массы $K_m = 4,8$, достигает 145 т.

Схема составной платформы с грузом приведена на рис. 2. Расположение модулей по ширине принято таким, какое получилось бы при непосредственной стыковке трех модулей, а по длине модули расположены на расстоянии, кратном расстоянию между соседними осями $l_o = 1,7$ м (см. табл. 1).

Отмеченные условия диктуются требованиями унификации рулевых приводов модулей. База и колеса составной платформы составят:

$$L = 44,2 \text{ м}, B_o = 9,1 \text{ м}.$$

Воспользовавшись формулой [1, 2]:

$$\delta_m = 3 \sqrt{2\pi K_h \left[\tau \left(1 - \frac{\tau}{T} \right) + b \right]}, \quad (1)$$

определим максимальный ход колеса составного БТС. Для этого примем $T = L$, $b = B_o$, а τ приравняем к базе 6-осного модуля:

$$L_1 = (N_1 - 1)l_o = 8,5 \text{ м}.$$

В результате получим $\delta_m = 0,52$ м, что обеспечивается принятым для данного типоразмера модуля ходом колеса 0,6 м.

Немаловажным параметром геометрической проходимости является минимальный просвет между промежуточной рамой и поверхностью дороги, который также оценивается с помощью формулы (1) подстановкой $\tau = \frac{L_1}{2}$ и составляет 0,58 м.

Таблица 1

Массогабаритные характеристики модулей на шинах 12,00

Наименование параметров	Количество колес в опоре		
	2	4	
Нагрузка на ось, кН	288	520	
Высота платформы, мм	1600±300	1700±300	
Габаритная ширина модуля, мм	3000	4500	
Расстояние между осями, м	1,7	2,3	
Колея модуля, м	1,9	2,6	
Ширина колесной опоры, м	1,1	1,9	
Ход подвески, м	0,6	0,6	
Количество модулей по ширине	1	2	1
Габаритная ширина БТС, мм	3000	6600	4500
Колея БТС, м	1,9	5,5	2,6
Максимальное число осей для дорог:			
1 категория	45	21	39
2 категория	45	21	39
3 категория	45	15	30
4 категория	30	–	15
5 категория	15	–	–

Для профилирования дороги важно также оценить минимальный допустимый радиус вертикальных кривых, который можно определить, воспользовавшись рис. 4, из которого следует очевидное соотношение:

$$R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2} - \left[R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2} - L_1\right)^2} \right] = \delta.$$

Выполнив необходимые преобразования, получим выражение:

$$R = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left[\frac{L_1}{2\delta}(L - L_1) - \frac{\delta}{2}\right]^2}.$$

В качестве δ следует подставить ту часть максимального хода колеса, которая определяется только продольными неровностями, для чего в формулу (1) следует подставить $b = 0$. В этом случае $\delta = 0,34$ м, а минимальный продольный радиус составит $R = 450$ м.

Внешний радиус полосы движения оказывается равным 38 м, а ширина полосы движения при этом 13,5 м. Необходимая

энерговооруженность БТС оценивается по графику рис. 3, из которого следует, что суммарная мощность энергоустановок должна составлять 480 кВт, что обеспечивается применением двух энергомодулей с номинальной мощностью 320 и 160 кВт. При грузоподъёмности модуля 145 т его собственная масса ожидается около 30 т, а полная масса составного БТС будет достигать 600 т.

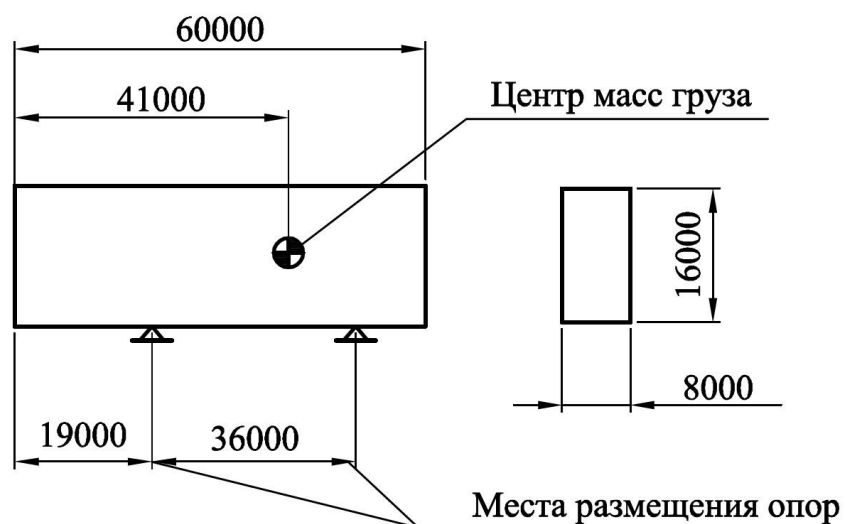


Рис. 1. Геометрические характеристики груза массой 400 т

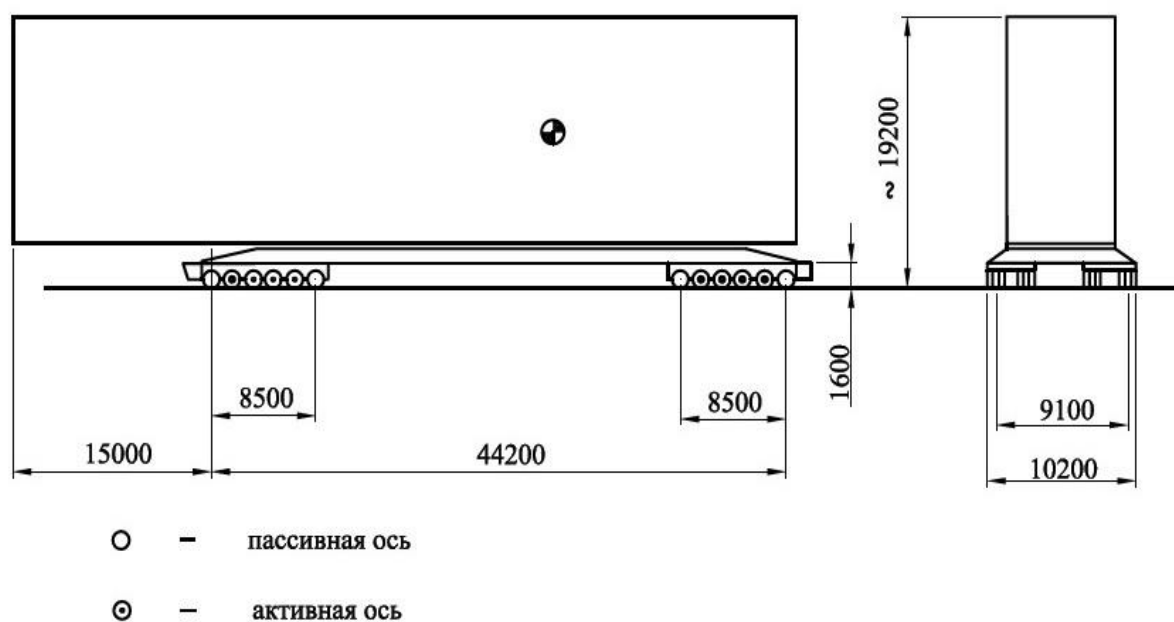


Рис. 2. Схема транспортировки КТГ массой 400 т

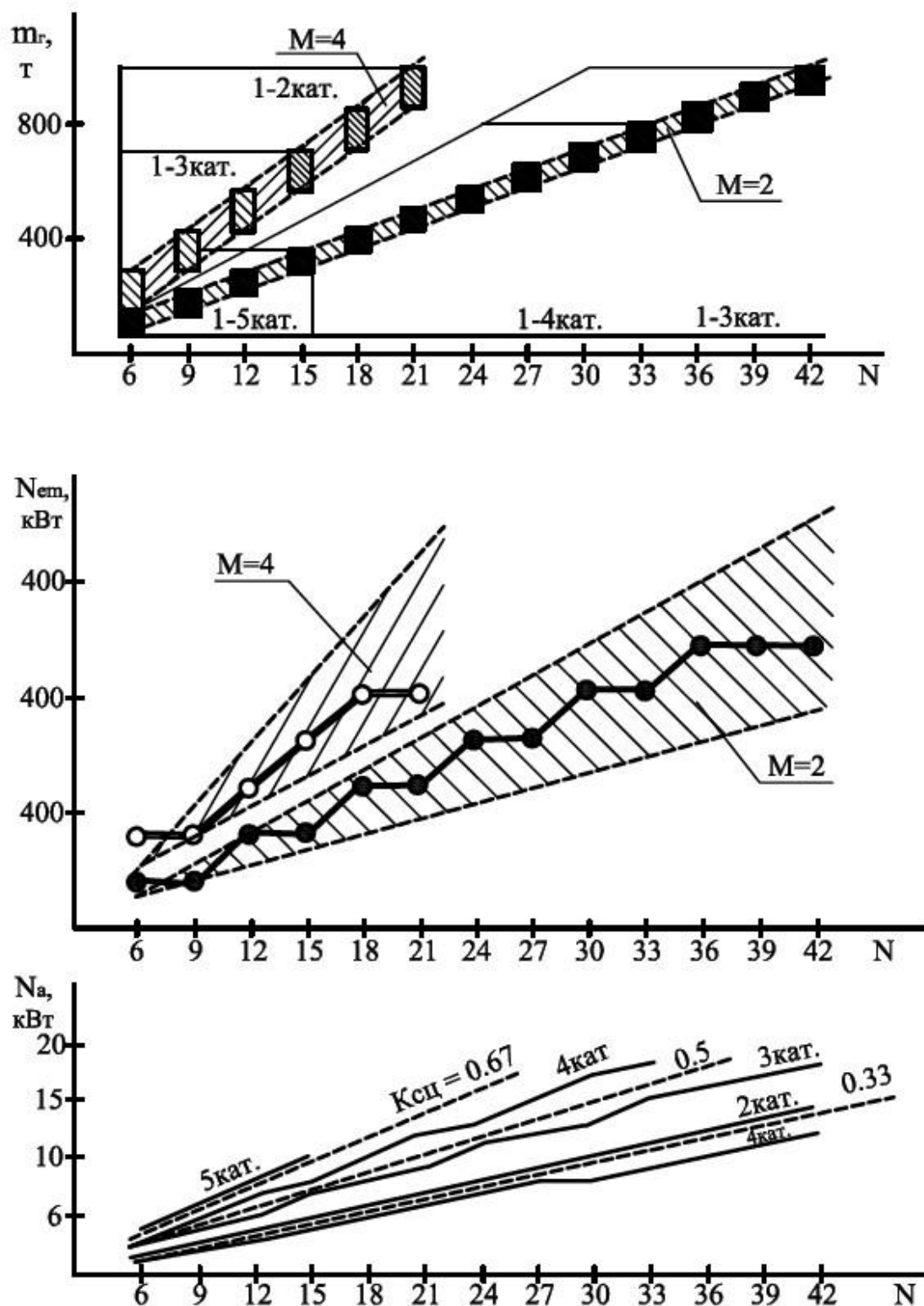


Рис. 3. Основные параметры модульного БТС

В результате удельная мощность получается равной 0,8 кВт/т.
Используя соотношения [1, 2]:

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

где $N_{уд} = \frac{N_{em}}{m}$ – удельная мощность самоходных платформ.

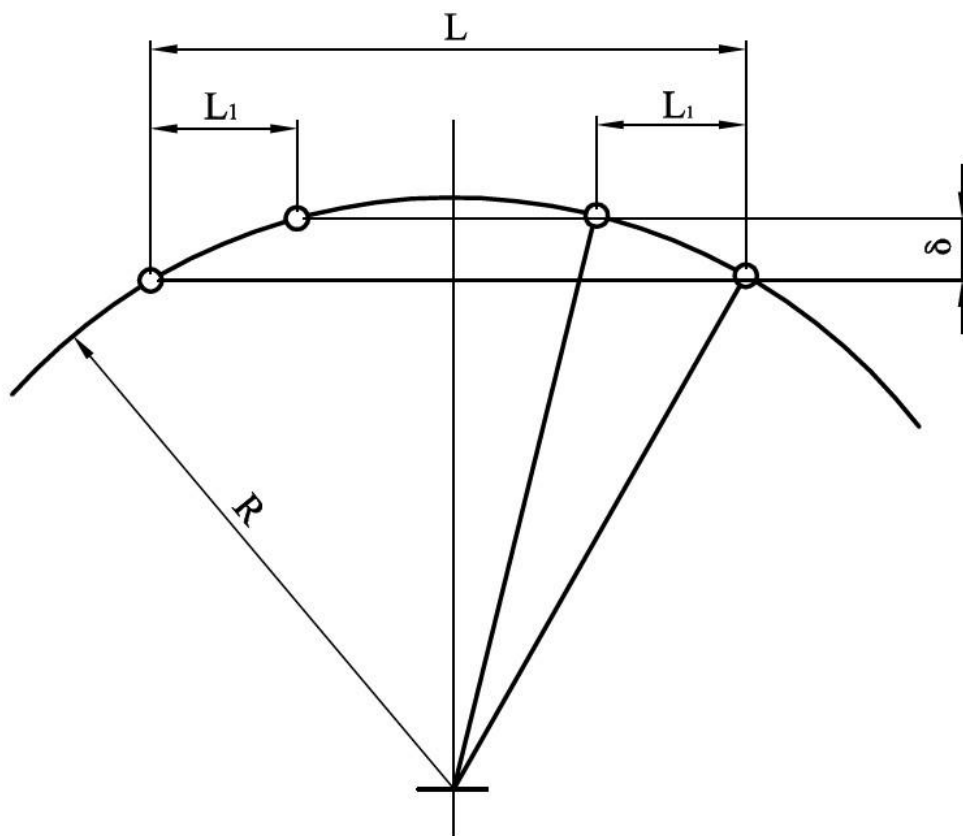


Рис. 4. Схема для определения минимального радиуса вертикальных кривых дороги

Определим максимальную скорость БТС, которая составит 2,77 м/с (10 км/ч).

Область применения БТС ограничивается его габаритной шириной, которая достигает 10,2 м, что значительно превышает ширину проезжей части автомобильных дорог, регламентируемую документом [1, 2].

Поэтому для движения БТС необходимо строительство специальной дороги увеличенной ширины. Из соображений снижения стоимости строительства спецдороги целесообразно ориентироваться на нормальные требования, предъявляемые к дорогам 5 технической категории. Для

обеспечения достаточных сцепных качеств в этом случае согласно рис. 3 целесообразно использовать модули с четырьмя активными осями, что позволяет получить $K_{\text{сц}} = 0,67$. Реализация необходимых тяговых сил на колесах активной колесной опоры обеспечивается при мощности приводного двигателя колесной опоры 11,2 кВт.

Основные технические характеристики БТС представлены в табл. 3, а требования к спецдороге для транспортировки КТГ – в табл. 4.

Таблица 3

Технические характеристики БТС модульного исполнения
грузоподъемностью 400 т

Наименование параметра	Значение
Грузоподъемность, т	400
Собственная масса (с учетом промежуточной рамы), т	200
Суммарная мощность энергоустановок, кВт	480
Минимальная скорость, м/с	2,77
Максимальная нагрузка на колесную опору, кН	288
Мощность приводного двигателя колесной опоры, приведенная к колесу, кВт	11,2
Количество колесных опор	48
Количество осей	12
Количество активных осей	8
Минимальный внешний радиус полосы движения при повороте, м	38
Ширина полосы движения при повороте с минимальным радиусом, м	13,5

Таблица 4

Технические требования к дороге для транспортировки КТГ массой 400 т

Наименование параметра	Значение
Наибольший продольный уклон, 0/00	90
Ширина проезжей части, м: на прямых участках	12
на поворотах наименьшего радиуса	15
Наименьший радиус кривых в плане, м	32
Наименьший радиус вертикальных кривых, м	450

Примечание. Остальные технические требования принимать по СНиП для дорог 5 технической категории.

Заключение

Для передачи мощности двигателей энергоустановок к колесам в многоопорных БТС используются преимущественно гидрообъемные передачи. В связи с отсутствием отечественных транспортных гидропередач в качестве ближайшей перспективы целесообразно применение тягового электропривода (ТЭП). Ближайшим аналогом является ТЭП переменного тока подвижного транспортно-перегрузочного агрегата, в состав которого входит энергоблок, использующий дизель мощностью 478 кВт. Конструкция привода колес содержит вентильный тяговый электродвигатель (ТЭД), питающийся от индивидуального преобразователя энергоблока и приводящий два колеса, аналогично колесам колесной опоры модульного БТС.

Литература

1. Белоусов Б.Н., Попов С.Д. Колесные транспортные средства особо большой грузоподъемности. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 727 с.
2. Кошарный Н.Ф. Техничко-эксплуатационные свойства автомобилей высокой проходимости. Киев: Вища школа, 1981. 208 с.

References

1. Belousov B.N., Popov S.D. *Kolesnye transportnye sredstva osobo bol'shoj gruzopodemnosti* (Wheeled vehicles especially heavy-duty), Moscow, Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman, 2006, 727 p.
2. Kosharnyj N.F. *Tehniko-jekspluatacionnye svojstva avtomobilej vysokoj prohodimosti* (Technical and operational characteristics of all-terrain vehicles), Kiev: Vishha shkola, 1981, 208 p.

V. Burenin

*Technical requirements for justification mobile units modular based automatic platforms, articulated trailers, and semitrailers
monotrailers capacity up to 400 tons*

Abstract. This article presents the scientific and methodical approach and the results of studies of technical requirements for heavy-duty vehicles with carrying capacity of up to 400 tons of modular design, the results of the selection design-layout schemes of heavy vehicles, the results of evaluation of performance indicators and cross-available power.

Key words: mobile units, unit, equipment, transportation and handling equipment, transport and installation equipment, RK, missile system, modularity, module, modular, self-propelled platform, dump trailer, monoprice, semi-trailer, heavy, heavy burden, heavy vehicle, wheel, speed, road, transport, cargo.