

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОЛУВАГОНОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

**Фроленков А.В.<sup>1</sup>, Фроленкова А.А.<sup>2</sup>, Иванов А.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Фроленков Александр Владимирович – студент, группа ТПВ-541,  
Российский университет транспорта, г.Москва*

<sup>2</sup>*Фроленкова Алина Алексеевна – студент, группа ТПВ-541, Российский  
университет транспорта, г.Москва*

<sup>3</sup>*Иванов Александр Анатольевич – к.т.н., доцент, кафедра «Вагоны и  
вагонное хозяйство», Российский университет транспорта, г.Москва*

***Аннотация:** в связи с актуальной задачей повышения провозной способности железных дорог Восточного полигона в статье выполнено сравнение технико-экономических параметров различных полувагонов от старых конструкций до инновационных, отличающихся количеством осей, максимально допустимой осевой нагрузкой, объёмом кузова, грузоподъёмностью и тарой. На основе расчётов среди рассмотренных вариантов конструкций полувагонов определена конструкция, позволяющая повысить провозную способность железных дорог и оказывающая наименьшее влияние на путь.*

***Ключевые слова:** полувагон, технико-экономические параметры вагона, осевая нагрузка, погонная нагрузка, вес поезда нетто, провозная способность, эффективность.*

## **PROMISING DESIGNS OF GONDOLA CARS TO INCREASE THE CARRIAGE CAPACITY OF RAILWAYS**

**Frolenkov A.V.<sup>1</sup>, Frolenkova A.A.<sup>2</sup>, Ivanov A.A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Frolenkov Alexander Vladimirovich - student, TPV-541 group, Russian  
University of Transport, Moscow*

<sup>2</sup>*Frolenkova Alina Alekseevna - student, group TPV-541, Russian University of Transport, Moscow*

<sup>3</sup>*Ivanov Alexander Anatolyevich - PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Carriages and Carriage Facilities, Russian University of Transport, Moscow*

**Abstract:** *in connection with the urgent task of increasing the carrying capacity of the railways of the Eastern range, the article compares the technical and economic parameters of various gondola cars from old designs to innovative ones, differing in the number of axles, maximum permissible axial load, body volume, load capacity and packaging. On the basis of calculations, among the considered variants of gondola car designs, a design was determined that allows increasing the carrying capacity of railways and has the least impact on the track.*

**Keywords:** *gondola car, technical and economic parameters of the car, axial load, linear load, net weight of the train, carrying capacity, efficiency.*

**УДК 629.463.65**

В настоящее время перед железнодорожным транспортом стоит актуальная задача повышения провозной способности железных дорог особенно для Восточного полигона железных дорог. Правительством Российской Федерации принят план развития Восточного полигона и согласован с основными грузоотправителями – угледобывающими компаниями такими, как СУЭК, «Кузбассразрезуголь», «Евраз» и ТЭПК, работающими в Сибири. На их долю приходится 70–80 % всех грузов, отправляемых по БАМу и Транссибу на восток.

Традиционно считается, что увеличения провозной способности железных дорог можно достичь за счёт повышения допустимой осевой нагрузки до 245 – 294 кН (25 – 30 т) для новых и вновь проектируемых конструкций вагонов. Упомянутое выше условие учитывают заводы-

изготовители, предлагая собственникам новые и инновационные конструкции, в том числе полувагонов.

Так, на Алтайском вагоностроительном заводе с 2019 г. налажен серийный выпуск четырёхосных полувагонов модели 12-2159 с осевой нагрузкой 245 кН (25 т), основные характеристики которого приведены в табл. 1. Кроме того, несколько заводов ведут разработки в направлении создания конструкций сочленённых вагонов, имеющих 6 осей и рассчитанных также на осевую нагрузку 245 кН (25 т). К таким разработкам относятся полувагоны модели 12-6877 производства Тихвинского вагоностроительного завода, характеристики вагона см. табл. 1.

За рубежом существуют конструкции и с большей осевой нагрузкой. Так, например, на одном из участков железных дорог Норвегии, выполняющих перевозку угля в порты, эксплуатируют полувагоны, рассчитанные на нагрузку 392 кН (40 т). Для эксплуатации таких вагонов эти участки имеют соответствующую инфраструктуру. А отечественные заводы представляют вариант глуходонного полувагона с осевой нагрузкой 264,6 кН (27 т).

Однако как было показано в [3] подобное увеличение реализуемых осевых нагрузок на отечественных железных дорогах существенно увеличивает темпы износа самого фондёмкого элемента железнодорожной инфраструктуры – верхнего строения пути, кроме того, путевая инфраструктура, в том числе мосты, ограничивают эксплуатацию таких вагонов.

Для отечественного железного транспорта были разработаны несколько принципиально новых для своего времени конструкций полувагонов [1]. Среди них шестиосный полувагон, серийно выпускавшийся на Уральском вагоностроительном заводе модели 12-П152. А в 1983 году предложена восьмиосная конструкция полувагона модели 12-124, которая имела для того времени наибольшую эффективность и

позволяла в 1,5 раза увеличить объём перевозимого груза (характеристики вагона см. табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики сравниваемых полувагонов

Характеристики	Модель вагона			
	12-2159	12-П152	12-6877	12-124
Год постройки	2019	1955	2019	1983
Завод-изготовитель	Алтайвагон	Уралвагон завод	Тихвинский вагоностроительный завод	Уралвагон завод
Габарит	1-ВМ	1-Т	1-ВМ	<u>Тпр</u>
Количество осей, $n$	4	6	6	8
Длина по осям сцепления, $L_{сц}$ , м	13,92	16,4	16,88	18,88
Осевая нагрузка, $q_0$ , кН (т)	245 (25)	208 (21,2)	245 (25)	227,9 (23,25)
Тара, $T$ , т	25	33,4	33	46
Грузоподъёмность, $P$ , т	75	94	117	142
Объём кузова, $V$ , м <sup>3</sup>	94	106	135	150

Сравнив приведённые конструкции, можно определить, какой вариант вагона четырёхосный инновационный с осевой нагрузкой 245 кН (25 т), шестиосный, шестиосный сочленённый с осевой нагрузкой 245 кН (25 т) или восьмиосный более предпочтителен для достижения вышеупомянутых целей.

Для этого сравним такие технико-экономические параметры вагонов как: средняя погонная нагрузка нетто, вес поезда нетто, число вагонов в поезде на заданной расчётной длине станционных путей. Основная методика расчета приведена в [2].

Средняя погонная нагрузка нетто рассчитывается по формуле:

$$\overline{q_{пн}} = \frac{\overline{P_{дин}}}{2L_{сц}}$$

где  $\overline{P_{дин}}$  – средняя динамическая нагрузка вагона, т;

$2L_{cu}$  – длина вагона по осям сцепления, м.

$$\overline{P}_{\text{дин}} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i \cdot l_i}{P_{ci}}}$$

где  $a_i$  – доля  $i$ -го груза в общем объёме грузооборота полувагонов;

$l_i$  – средняя дальность перевозок, км;

$P_{ci}$  – статическая нагрузка  $i$ -го груза, т;

$$P_{ci} = \min(P_i, P_{\max}),$$

где  $P_{\max}$  – максимальная грузоподъёмность вагона исходя из осевой нагрузки;

$P_i$  – грузоподъёмность вагона при полном заполнении объёма кузова  $i$ -м грузом.

В таблице 2 приведена структура перевозимых грузов и их характеристики.

Таблица 2 – Характеристики основных грузов, перевозимых в полувагонах

№ п/п, $i$	Груз	Средняя дальность перевозок $l_i$ , км	Доля перевозок в общем объёме $a_i$ , %	Удельный объём груза $v_i$ , м <sup>3</sup> /т
1	Каменный уголь	2457	32,2	0,83
2	Кокс	2312	1,3	1,67
3	Торф и торфяная продукция	291	0,1	2
4	Флюсы	643	1,8	0,71
5	Руда железная и марганцевая	916	12,8	0,5
6	Руда цветная и серное сырьё	1233	3,4	0,43
7	Чёрные металлы	2316	8,9	0,5
8	Метизы	2145	1	0,4
9	Лом чёрных металлов	925	3,3	0,5
10	Строительные грузы	642	27	1,43
11	Пром. сырьё и форм материалы	793	2,3	1,11
12	Лесные грузы	2317	5,8	1,43

Значения  $P_i$  – полученные для каждого типа вагона:

$$P_i = V / v_i$$

где  $v_i$  – удельный объём  $i$ -го груза (см. табл. 2);

$V$  – объём кузова вагона (см. табл. 1).

Выражение для вычисления максимальной грузоподъёмности конструкции вагона рассматриваемой длины:

$$P_{max} = q_0 \cdot m - T,$$

где  $q_0$  – максимальная допустимая осевая нагрузка, т;

$m$  – количество осей в вагоне;

$T$  – тара вагона.

Вес груза, перевозимого поездом, составленным из однотипных вагонов, или вес поезда нетто определяется:

$$Q_{пн} = l_{ст} \cdot q_{пн},$$

где  $l_{ст}$  – длина станционных путей, которую для существующих станций можно принять равной 1050 м [3].

При этом число вагонов в поезде на расчётной длине станционных путей составит:

$$N_B = l_{ст} / 2L_{сц}$$

Полученные расчётные значения приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчётов технико-экономических параметров

Параметры	Модель вагона			
	12-2159	12-П152	12-6877	12-124
$P_{дин}, \text{т}$	72,5	88,5	110,9	130,0
$q_{пн}, \text{т/м}$	5,2	5,4	6,6	6,9
$Q_{пн}, \text{т}$	5471,5	5668,8	6895,9	7232,3
$N_B, (-)$	75	64	62	55

Для сравнения приведённых вариантов конструкций полувагонов воспользуемся относительными значениями расчётных параметров, в соотношении с параметрами инновационного вагона модели 12-2159.

Относительная погонная нагрузка нетто:

$$q_j = \frac{q_{пнj}}{q_{пн0}},$$

где  $q_{пнj}$  – погонная нагрузка  $j$ -го варианта вагона;

$q_{пн0}$  – погонная нагрузка вагона 12-2159 (базового варианта).

Относительный вес поезда нетто:

$$Q_j = \frac{Q_{пнj}}{Q_{пн0}},$$

где  $Q_{пнj}$  – вес поезда нетто  $j$ -го варианта вагона;

$Q_{пн0}$  – погонная нагрузка вагона 12-2159 (базового варианта).

Относительное количество вагонов в поезде:

$$N_j = N_{Bj} / N_{B0},$$

где  $N_{Bj}$  – количество вагонов в поезде для  $j$ -го варианта вагона;

$N_{B0}$  – количество вагонов в поезде для вагона 12-2159.

Результаты сравнительной оценки приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Относительные показатели полувагонов

Параметр	Модель вагона			
	12-2159	12-П152	12-6877	12-124
$q_j$ , т/м	1	1,03	1,26	1,32
$Q_j$ , т	1	1,03	1,26	1,32
$N_j$ , (-)	1	1,17	1,21	1,35

Как видно из табл. 4, поезд, составленный из полувагонов модели 12-6877 будет перевозить в 1,26 раза больше груза, чем поезд, составленный из инновационных четырёхосных вагона модели 12-2159. Конструкция шестиосного вагона 12-П152 существенно уступает сочленённому полувагону из-за меньшей средней погонной и допустимой осевой нагрузок, а также почти не изменит провозную способность железных дорог по сравнению с инновационным вагоном. Однако более предпочтительной конструкцией, позволяющей увеличить провозную способность даже при меньшей допустимой осевой нагрузке, будет вариант восьмиосного полувагона аналогичного модели 12-124. Так, состав из восьмиосных

полувагонов модели 12-124 будет перевозить в 1,3 раза больше груза, чем состав из существующих инновационных четырёхосных вагонов модели 12-2159 с осевой нагрузкой 245 кН (25 т). При этом требуемое количество вагонов в поезде для перевозки заданного объёма груза будет на 35% меньше.

Таким образом, как показали результаты сравнения технико-экономических параметров полувагонов, современные четырёхосные конструкции с осевыми нагрузками 245 кН (25 т) менее производительные и перевозят меньше груза по сравнению с восьмиосными вагонами, имеющими к тому же меньшую допустимую осевую нагрузку.

Тем самым можно сказать, что для повышения провозной способности железных дорог в современных условиях восьмиосные полувагоны имеют больший потенциал по сравнению с инновационными конструкциями четырёхосных вагонов, рассчитанными на осевую нагрузку 245 кН (25 т). Поэтому использование вагонов модели 12-2159 не позволят существенно повысить провозную способность железных дорог и Восточного полигона. Шестиосные сочленённые полувагоны модели 12-6877 также имеют меньшую погонную нагрузку нетто и уступают восьмиосным конструкциям. Кроме того, повышение осевых нагрузок неминуемо увеличит расходы на содержание пути.

Таким образом расходы на перевозку грузов в инновационных четырёхосных вагонах и затраты на ремонт верхнего строения пути будут существенно выше по сравнению с восьмиосными конструкциями.

### *Список литературы/ References*

1. Вагоны. Под ред. Шадура Л.А. М.: Транспорт, 1980. 440 с.
2. Котуранов В.Н., Козлов М.П. Технологическая последовательность экспертных оценок рабочих качеств универсального грузового вагона (на

примере цистерны модели 15-1443): Учебное пособие. М.: МИИТ, 2013. 147с.

3. Методология гармонизации основных положений императива рынка транспортных услуг. Иванов А.А. Устич П.А., Садчиков П.И., Устич Д.П., Шикина Д.И. // Железнодорожный транспорт. 2010. №8. С 64-68.