

В.В. Тюнков¹, В.С. Бузунова¹, А.Е. Пашков²

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская федерация

²Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская федерация

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ В ПЕРСПЕКТИВНОМ КОНСТРУКТИВНОМ РАЗВИТИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ КОЛЕИ 1520 ММ

Аннотация. Цель – конструктивное и технологическое обеспечение оптимизационного сдвига в конфигурационном решении грузовых вагонов колеи 1520 мм. Многофакторное влияние препятствует интенсивному переформатированию конструктивных решений практически по всем сборочным узлам, а также внутренней кинематике в процессе скоростного движения, особенно в кривых малого радиуса и усложнённых горно-перевальных участках магистралей. Авторами предложено решение части проблемы и соответствующих ей задач, которое достигается тем, что согласно предполагаемой рационализации в вагоне-платформе, используемой преимущественно для контейнеров, вносятся изменения в технологический процесс изготовления и последующей эксплуатации, в том числе включающий силовую настройку деталей сборочных узлов напряжениями, противоположными по знаку эксплуатационным, а также некоторую перекomпозицию, включающую демонтаж (например, подсоединение посредством шкворня – адаптера) дополнительных промежуточных тележек в средней части несущей рамы вагона для увеличения числа колёсных пар вагон-платформы, находящихся под нагрузкой.

Ключевые слова: технологический алгоритм, конструкция, грузовые вагоны, железнодорожный подвижной состав, силовая настройка, промежуточные тележки, погонная нагрузка.

V.V. Tyunkov¹, V.S. Buzunova¹, A.E. Pashkov²

¹Irkutsk State University of Railway, Irkutsk, Russian Federation

²Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

TECHNOLOGICAL ALGORITHM IN THE PROSPECTIVE CONSTRUCTIVE DEVELOPMENT OF RAILWAY FREIGHT CARS OF 1520 MM GAUGE

Abstract. The goal is to provide constructive and technological support for the optimization shift in the configuration solution of freight cars with a gauge of 1520 mm. Multi-factorial influence prevents intensive reformatting of design solutions for almost all Assembly units, as well as internal kinematics in the process of high-speed traffic, especially in curves of small radius and complicated mountain-pass sections of highways. The authors propose the solution of the problem and the corresponding tasks, which is achieved by the fact that under the proposed rationalization in the car-the platform that is used primarily for containers, changes are made to the manufacturing process and subsequent operation, including the power setting of parts of subassemblies stresses are opposite in sign maintenance as well as some precomposition, including domantai (for example, connection via pin – adapter) additional intermediate trucks in the middle part of the supporting frame of the car with the aim of increasing the number of wheel pairs of the car-platform, under load.

Keywords: technological algorithm, design, freight cars, railway rolling stock, power adjustment, intermediate bogies, running load.

Перспективное развитие подвижного состава железнодорожного транспорта предполагает уже при среднесрочном прогнозировании значительное повышение технических параметров в условиях проходящей реструктуризации отрасли и активной внешней конкуренции. Выбирая технико-технологические предпосылки интенсификации тех или иных возможностей, учитываем жёсткость обратной связи с тем, чтобы минимизировать инерционность производственного процесса (рис. 1).

Если такая схема предусматривает в качестве ограничений минимизацию изменений в действующих технологических линиях, то это стабилизирует весь процесс в коридоре эффективности, близком к оптимальному. При этом положительная тенденция в развитии подвижного состава железнодорожного транспорта обусловлена необходимостью улучшения параметров, в том числе заметном снижении стоимости грузоперевозок. Перспективным направлением для видов вагонов являются обладающие наибольшей грузоподъёмностью и

грузовместимостью, в том числе длиннобазовые. Одним из очевидных недостатков большой группы этих вагонов, сдерживающих их применение, является пониженная погонная нагрузка, увеличенный прогиб рамы при перевозке тяжеловесных грузов, прежде всего у платформ, критичное воздействие на верхнее строение пути.

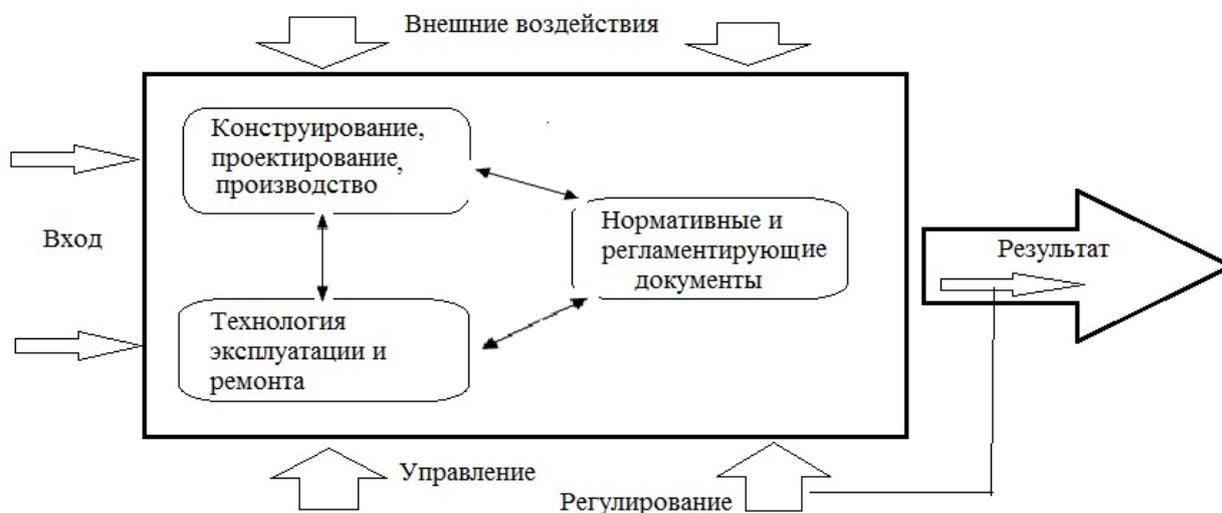


Рис. 1. Схема процесса с обратной связью

Если такая схема предусматривает в качестве ограничений минимизацию изменений в действующих технологических линиях, то это стабилизирует весь процесс в коридоре эффективности, близком к оптимальному. При этом положительная тенденция в развитии подвижного состава железнодорожного транспорта обусловлена необходимостью улучшения параметров, в том числе заметном снижении стоимости грузоперевозок. Перспективным направлением для видов вагонов являются обладающие наибольшей грузоподъемностью и грузовместимостью, в том числе длиннобазовые. Одним из очевидных недостатков большой группы этих вагонов, сдерживающих их применение, является пониженная погонная нагрузка, увеличенный прогиб рамы при перевозке тяжеловесных грузов, прежде всего у платформ, критичное воздействие на верхнее строение пути.

Рассмотрим одну из компонент. В настоящее время известны конструкции силовой рамы для грузовых платформ повышенной длины, выполненных на основе простого увеличения сечения (применяемого профиля), которые имеют существенные недостатки:

- ограничение по скорости движения, так как при превышении критического значения скорости появляются автоколебания, которые ведут к повышенному воздействию на путь, возникает опасность схода с рельсов;
- непропорциональное увеличение массы рамы и соответственно коэффициента тары вагона;
- повышенное воздействие на железнодорожный путь.

Оптимизационный выбор здесь качественно затруднён. Например, железнодорожная платформа (патент 2018-09-12 RU183177U1) [8]. В ней балка боковой рамы железнодорожной платформы, имеющая коробчатое сечение и отверстия в вертикальной стенке, выполнена из несимметричного двутавра и состоит из верхней полки, нижней полки, вертикальной стенки, каждая из которых имеет переменную толщину. Дополнительно в центральной части балки имеется вертикальная стенка с отверстиями, в совокупности с верхней и нижней полками, и вертикальной стенкой, образующими ее коробчатое сечение. При этом отверстия в вертикальной стенке и дополнительной вертикальной стенке расположены друг против друга и замкнуты между собой обечайками. Предлагаемое здесь решение повышает прочность стержневой конструкции за счет применения в балке верхнего, нижнего и вертикального листов переменной толщины, а также верхнего и нижнего листов неравной ширины.

Недостатком этого технического решения является высокая трудоёмкость элементов, выполненных из несимметричного двутавра с элементами переменной толщины, и как следствие усложнение технологии изготовления и восстановительных мер и ремонта повреждений в процессе эксплуатации.

Известна вагон-платформа сочлененного типа для перевозки крупнотоннажных контейнеров, модель 13-9851 [1, стр.399], где общая рама сочлененного вагона содержит отдельные секции, соединенные между собой шарнирным узлом, и установлена на две крайние и одну среднюю тележки. Каждая секция содержит боковые балки, хребтовые, передние и шкворневую балки. Хребтовая балка снабжена автосцепным устройством и соединена с боковыми балками раскосами. Хребтовые балки соединены с боковыми балками раскосами из профиля и установлены ниже их верхней поверхности. Такая конструкция предполагает меньшую высоту профилей, формирующих несущие балки рамы или уменьшение их прогиба.

Это конструктивное решение значительно уменьшает прогиб балок и смещает характеристики автоколебательного процесса. Недостатком этого технического решения является сложность конструкции узла соединения двух полурам, обладающего невысоким уровнем надёжности с повышенной трудоёмкостью его диагностики и ремонта. Усложняется процесс торможения и некоторые другие эксплуатационные характеристики.

Последовательно исследована конструкция платформы для крупнотоннажных контейнеров модели 13-470 [1, стр.326], содержащая ходовые тележки, удлиненную раму сварной конструкции с фитинговыми упорами под контейнеры (неподвижные одинарные по углам и откидные сдвоенные в средней части рамы), автосцепные устройства и тормозное оборудование. Рама платформы состоит из хребтовой балки коробчатого сечения, двух боковых балок двутаврового сечения с увеличением высоты в средней части, двух концевых балок швеллерного сечения, двух шкворневых балок коробчатого сечения, поперечных балок коробчатого и двутаврового сечения, а также раскосов по углам рамы [9]. Эта композиция – наиболее близкое техническое решение задачи и, в связи с этим может быть предложена в качестве стартовой для оптимизации. Отметим, что существенным недостатком этой платформы, ориентированной для крупнотоннажных контейнеров, является недостаточная прочность и жесткость рамы, и значительные прогибы продольных балок платформы, а также склонность к развитию автоколебательного процесса при достижении критического значения скорости движения или грузоподъемности. Это может привести к повышенному воздействию на верхнее строение пути, возникает опасность схода с рельсов. В этой связи предлагаемым решением задачи для платформы является изготовление несущих продольных балок (с настроенной силовой характеристикой) рамы с повышенным внутренним потенциалом сопротивления, обеспечивающим уменьшение прогиба боковых и хребтовой балок грузового вагона на предельных нагрузках [9].

Для решения этой задачи предложен способ изготовления продольных балок рамы платформ, в том числе длиннобазовых, отличающийся тем, что в процессе формирования балки производят дополнительную силовую настройку элементов дозированным предварительным напряжением с противоположным знаком напряжению рабочему (верхнего - растяжением, нижнего пояса – сжатием) в следующем порядке: помещают на стенд сборочные детали (для двутавра - полки и стенка), растягивают стенку и производят сварку с полкой; после этого растяжение со стенки снимают и производят дозированное растяжение верхней полки формируемого двутавра, не снимая натяжения верхнюю полку приваривают к стенке и после сварки снимают дозированное растяжение, после чего, в верхнем поясе остаётся напряжение растяжения, а в нижнем поясе балки – сжатия (табл.1).

В отдельных случаях будет достаточна силовая настройка предварительным напряжением поясов балки не по всей её длине, а по определенной топологии, например, на участке большего эксплуатационного напряжения. Таким образом, оптимизируем параметр прогиба изготовлением продольных балок рамы платформ, в том числе длиннобазовых.

Таблица 1. Последовательность технологии изготовления с дозированной силовой настройкой продольных балок рамы грузовой железнодорожной платформы

№	Индекс	Технологическая операция	Пояснение операции	Примеч.
1	а)		Установка элементов 3, 4, 5 боковой балки 1 на сборочном стенде	
2	б)		Производим дозированное растяжение стенки 4	
3	в)		Сварка нижней полки 5 со стенкой 4	
4	г)		Снимаем дозированное растяжение со стенки 4	
5	д)		Производим дозированное растяжение верхней полки 3	
6	е)		Сварка верхней полки 3 со стенкой 4	
7	ж)		Снимаем дозированное растяжение с верхней полки 3	
8	з)		Снимаем балку 1 со стенда	

Технической характеристикой способа изготовления продольных балок для повышения внутреннего потенциала сопротивления несущих продольных балок (настроенной силовой характеристикой) рамы грузового вагона является уменьшение

прогиба боковых и хребтовой балок на предельных нагрузках, а при сохранении прежних характеристик - снижение материалоемкости и коэффициента тары [9]. Кроме того, объективно создаются специально ориентированные поля напряжений (в сжатой и растянутой зонах противоположного знака), которые при нагружении конструкции первоначально компенсируют возникающие напряжения (при загрузке) противоположного знака, переходят через нулевое значение, и далее конструкция работает в обычном режиме.

Таким образом, представленное конструктивно-технологическое решение существенно уменьшает избыточный прогиб длиннобазовой железнодорожной вагон-платформы для актуальной перевозки крупнотоннажных контейнеров, но не решает сопутствующей проблемы, такой как невысокая погонная нагрузка и задачи улучшения коэффициента тары вагона. Одним из ограничений, усложняющих решения являются условия прохода железнодорожных кривых малого радиуса, в том числе на горно-перевальных участках.

Исходя из этой предпосылки, исследуем возможность в границах действующих регламентов рационализировать эти дополнительные параметры. Известна, например, конструкция фитинг - платформы для большегрузных контейнеров, модель 13-7024 [1, стр.379], которая состоит из рамы, упоров фиксирующих для крепления контейнеров, тормоза автоматического, тормоза стояночного, автосцепных устройств, ходовой части, состоящей из двух 2-осных тележек. При базе вагона 18500 мм, погонная нагрузка 36,0 кН/м. Повышенная грузоподъемность достигнута использованием в основных элементах несущей конструкции вагона стали с повышенным классом прочности. Недостатком модели является невозможность перевозить одновременно четыре 20-футовых контейнеров, загруженных до максимальной массы брутто 24 т. Это ограничение обусловлено максимально допустимой нагрузкой от колёсной пары на рельс.

Кардинальным решением проблемы может стать увеличение числа осей.

В пределах этой тенденции известна конструкция платформы модели 13-3066 [1, стр.359], изначально предназначенная для перевозки рельсов длиной 25 м без крепления и увязки рельсов, содержащая 4-осные ходовые тележки, удлиненную раму сварной конструкции, автосцепные устройства и тормозное оборудование. 4-осные ходовые тележки, скомпонованные каждая из двух 2-осных тележек, объединенных соединительной балкой. Сверху, в средней части соединительной балки расположены подпятник увеличенного диаметра (450 мм), на который опирается пятник рамы кузова, и скользуны, воспринимающие нагрузку при действии боковых сил. Снизу по концам соединительная балка имеет пятники и скользуны, которыми она опирается на наддрессорные балки двухосных тележек. Рама платформы состоит из хребтовой балки, двух боковых балок, двух концевых, двух шкворневых балок, поперечных балок, а также раскосов по углам рамы.

Существенным недостатком этой платформы является пониженная надёжность узла сопряжения рамы вагона с тележками посредством соединительной балки, на которой в концевой зоне при эксплуатации появляются трещины [11 стр. 258], а также общая сложность конструктивного решения узла.

Известны вагон-платформы сочлененного типа для перевозки крупнотоннажных контейнеров, (модель 13-9851 [1, стр.399], US 5207161, B61F 5/14, 04.05.1993; US 5564341, B61F 3/12, 15.10.1996; RU 2 457 968 C2, B61D3/20), где общая рама сочлененного вагона содержит отдельные секции, соединенные между собой шарнирным узлом, и установлена на две крайние и одну среднюю тележки. Каждая секция содержит боковые балки, хребтовые, передние и шкворневую балки. Хребтовая балка снабжена автосцепным устройством и соединена с боковыми балками раскосами.

Это конструктивное решение значительно уменьшает прогиб балок и смещает характеристики автоколебательного процесса, кроме того, добавление третьей тележки увеличивает число осей платформы, что увеличивает грузоподъемность и погонную нагрузку [7,8,10]. Недостатком известного технического решения является сложность конструкции узла соединения двух полурам, обладающего невысоким уровнем надёжности с

повышенной трудоёмкостью его изготовления, диагностики и ремонта. Усложняется процесс торможения и некоторые другие эксплуатационные характеристики.

Исследована конструкция платформы для крупнотоннажных контейнеров модели 13-470 [1, стр.326], содержащая ходовые тележки, удлиненную раму сварной конструкции с фитинговыми упорами под контейнеры (неподвижные одинарные по углам и откидные сдвоенные в средней части рамы), автосцепные устройства и тормозное потележечное оборудование. Рама платформы состоит из хребтовой балки коробчатого сечения, двух боковых балок двутаврового сечения с увеличением высоты в средней части, двух концевых балок швеллерного сечения, двух шкворневых балок коробчатого сечения, поперечных балок коробчатого и двутаврового сечения, а также раскосов по углам рамы [7 стр.190]. При базе вагона 14720 мм погонная нагрузка 4,18 тс/м.

Однако существенным недостатком известной платформы для крупнотоннажных контейнеров является недостаточная прочность и жесткость рамы, и значительные прогибы продольных балок платформы, а также склонность к развитию автоколебательного процесса при достижении критического значения скорости движения или грузоподъемности. Это может привести к повышенному динамическому воздействию на верхнее строение пути, возникает опасность схода с рельсов на кривых малого радиуса.

Тем не менее, эта композиция – наиболее близкое техническое решение задачи.

Основным результатом предполагаемого комбинированного усовершенствования выделим увеличение грузоподъемности и погонной нагрузки вагон-платформы, используемой для перевозки большегрузных контейнеров, уменьшение коэффициента тары при стандартном уровне допусков и ограничений, более экономичной при изготовлении и эксплуатации в усложнённых условиях.

Поставленная задача решается тем, что согласно предполагаемой рационализации в вагоне-платформе, используемой преимущественно для контейнеров, содержащей ходовые части с установленной на них рамой, на которой размещены автосцепные устройства, тормозное оборудование с отдельным приводом; устанавливаются промежуточные тележки. Представленное композиционное предложение включает домонтаж (например, соединение посредством шкворня – адаптера) дополнительных промежуточных тележек в средней части несущей рамы вагона с целью увеличения числа колёсных пар вагон-платформы, находящихся под нагрузкой.

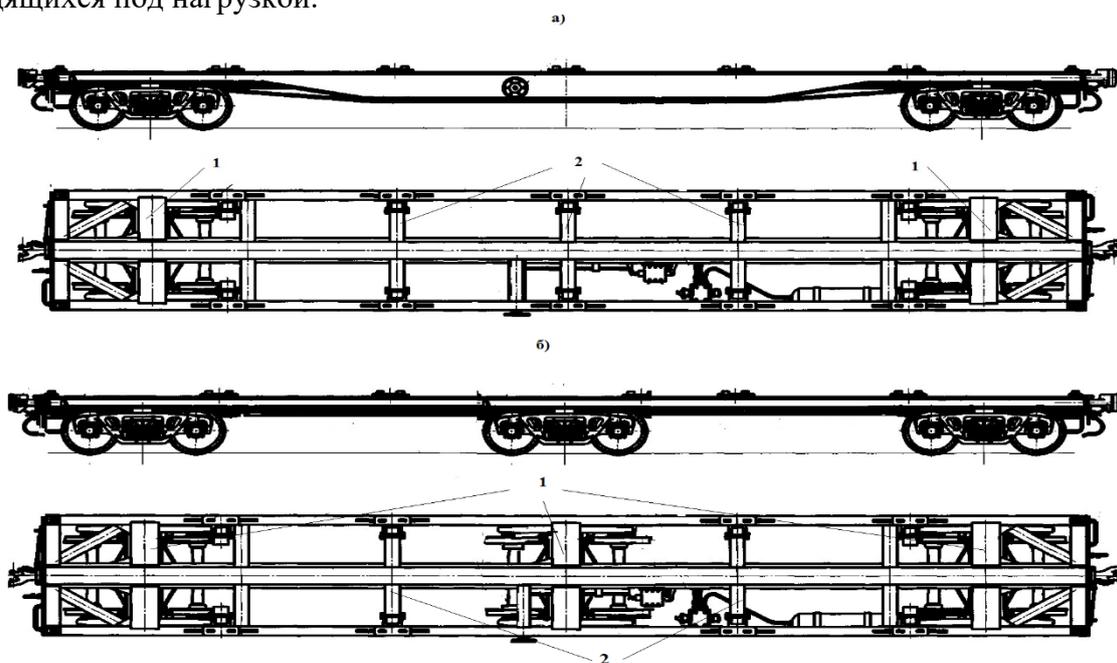


Рис. 2. Установка промежуточной грузовой тележки

- а) схема длиннобазовой платформы для крупнотоннажных контейнеров 13-470,
б) схема длиннобазовой платформы для крупнотоннажных контейнеров с установленной дополнительно промежуточной тележкой

Технический результат заключается в повышении грузоподъёмности платформы, её погонной нагрузки и уменьшении коэффициента тары за счет увеличения числа колёсных пар, воспринимающих нагрузку. Сущность конструктивного изменения стартовой композиции заключается в том, что в средней части длиннобазовой железнодорожной вагон-платформы, предназначенной для перевозки крупнотоннажных контейнеров, устанавливается дополнительно промежуточная тележка (рис.2)

Такое композиционное решение (рис.2(б)) требует дополнительное обоснование внутренней кинематики длиннобазовой платформы при установке промежуточной тележки для прохода кривых, в том числе малого радиуса. Цель – соблюдение принятого ограничения «не выхода за пределы установленного габарита» (рис.3).

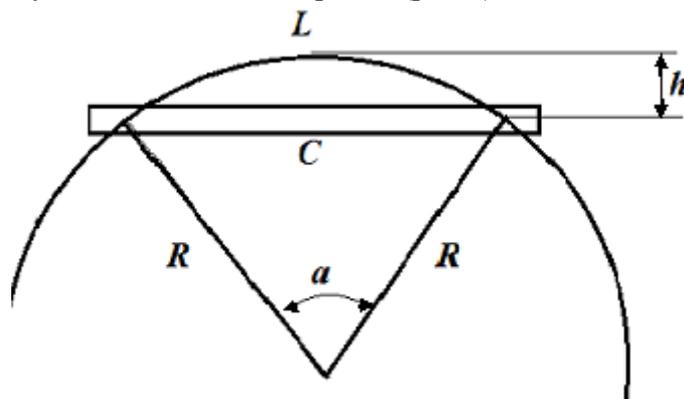


Рис. 3. Геометрический смысл определения выноса центральной части вагона при проходе кривых
 L – длина дуги сегмента, c – хорда (база вагона), R – радиус, a – угол сегмента, h – высота (вынос центра вагона)

$$h = R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right). \quad (1)$$

Таблица 2. Расчётная величина выноса центра вагона на кривой, (пример)

Радиус кривой, R , м	База вагона, C , м	Вынос центра, h , м	Угол сегмента, град.
650	10	0,02	0,88
	15	0,04	1,32
	20	0,08	1,76
300	10	0,04	1,91
	15	0,09	2,87
	20	0,17	3,82
200	10	0,06	2,87
	15	0,14	4,30
	20	0,25	5,73

Исходя из этого нормируем конструктивный размер h для узла сопряжения рамы вагона с тележкой (адаптационный размер шкворня, позволяющий смещение пятника и подпятника при проходе кривых на величину, не менее h [12]. В некоторых случаях может быть установлено более одной промежуточной грузовой тележки, при этом для каждой из них конструктивное отклонение пятника от оси колеи будет менее расчётной h (величины отклонения центра рамы вагона от оси колеи).

Таким образом, развитием перспективного направления для видов подвижного состава железнодорожного транспорта, осуществляемое в рамках технологического алгоритма, «с полным учётом действующих регламентов и ограничений», являются длиннобазовые вагоны, потенциально обладающие наибольшей грузоподъёмностью и грузовместимостью. Одними из очевидных недостатков этих вагонов, сдерживающих их применение, является пониженная погонная нагрузка, увеличенный прогиб рамы при

перевозке тяжеловесных грузов, ограничение грузоподъемности из-за предельной нагрузки на ось и других технических и технологических параметров. Последовательное решение этих задач, часть которых предлагается авторами, позволит повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта, в том числе при интермодальных перевозках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альбом-справочник 002И-2009 ПКБ ЦВ «Грузовые вагоны железных дорог колеи 1520 мм», издание ПКБ ЦВ ОАО «РЖД», 2009 г., стр. 326,359, 367, 379, 399.
2. Инновационное решение – 120-футовая платформа сочлененного типа для перевозки трех 40-футовых крупнотоннажных контейнеров / Ю. П. Бороненко, Т. М. Белгородцева, С. Г. Васильев, Н. В. Смирнов // Транспортные средства и техника. – 2009. – № 5. – С. 56–59.
3. Кравчук В.А. Напряжённое состояние балок, предварительно напряжённых вытяжкой стенки. // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. Новосибирск, 1988. - № 4. - С. 9-11.
4. Лашенко М.Н. Регулирование напряжений в металлических конструкциях. Москва: Ленинград, 1966. - 191 с.
5. Методические указания по применению статических и кинематических габаритов подвижного состава на железных дорогах-членах ОСЖД колеи 1435 и 1520 мм./ Р 500/4.- Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 18-21 октября 2016 г. Дата вступления в силу: 21 октября 2016 г. – 86 с.
6. Особенности динамического поведения сочлененных вагонов / А. М. Орлова, Н. В. Смирнов, П. В. Козлов // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2010. – № 4. – С. 32–34.
7. Пастухов И.Ф., Лукин В.В., Жуков Н.И. Вагоны. - М.: «Транспорт», 1988 г., стр.190.
8. Пат. № 183177. Рос. Федерация. Балка боковая рамы железнодорожной платформы / А.В. Маненков, А.В. Григорьев, И.А. Водяков, И.Н. Минеев, О.Е. Ковшов. Бюл. № 6.
9. Пат. № 2714984. Рос. Федерация. Способ изготовления продольных балок рамы грузовой железнодорожной платформы / В.В. Тюньков, В.Н. Железняк, Ю.В. Воронова, Н.П. Рычков, Л.В. Мартыненко, И.Ю. Ермоленко, Н.Ю. Соснов. Бюл. № 26.
10. Сравнительный анализ конструкции рам длиннобазных платформ / Д. А. Василенко // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2007. – Вып. 4 (13). – С. 48–56
11. Технология производства и ремонта вагонов: Учебник для вузов ж.-д. трансп./ К.В. Мотовилов, В.С. Лукашук, В.Ф. Криворудченко, А.А. Петров; Под ред. К.В. Мотовилова.- М.: Маршрут, 2003., стр.258.
12. Длиннобазовая железнодорожная вагон-платформа для перевозки крупнотоннажных контейнеров/заявка на предполагаемое изобретение: ИрГУПС, 2020.

REFERENCES

1. Reference book 002I-2009 PKB TSV "Freight cars of Railways of 1520 mm gauge", PKB TSV edition of JSC "Russian Railways", 2009, p.326,359, 367, 379, 399.
2. Innovative solution-a 120-foot articulated platform for transporting three 40-foot large-capacity containers / Y. P. Boronenko, Belgorodtsev T. M., S. G. Vasil'ev, N. Smirnov // Transport vehicles and equipment, 2009, no. 5, Pp. 56-59.
3. Kravchuk V. A. Strenuous state of beams prestressed by wall extraction //Izvestia of higher educational institutions. Construction and architecture. Novosibirsk, 1988, No. 4, Pp. 9-11.
4. Laschenko M. N. Regulation of stresses in metal structures. Moscow: Leningrad, 1966, 191 p. (in Russian).
5. Guidelines for the use of static and kinematic dimensions of rolling stock on OSJD member Railways of 1435 and 1520 mm gauge / P 500/4. Approved by the meeting of the OSJD Commission for infrastructure and rolling stock from 18 to 21 October 2016. Date of entry into force: 21 October 2016 – 86 C.

6. Features of dynamic behavior of articulated wagons / A.M. Orlova, N. V. Smirnov, P. V. Kozlov // Wagons and wagon economy, 2010, no. 4, Pp. 32-34.
7. Pastukhov I. F., Lukin V. V., Zhukov N. I. Vagony [Wagons]. Moscow: "Transport", 1988, p. 190.
8. A.V. Manenkov, A.V. Grigoriev, I.A. Vodyakov, I.N. Mineev, O.E. Kovshov. Balka bokovaya ramy zheleznodorozhnoy platformy [Side frame beam of a railway platform]. Patent RF no. 183177, Bulletin no. 6.
9. V.V. Tyunkov, V.N. Zheleznyak, Yu.V. Voronova, N.P. Rychkov, L.V. Martynenko, I. Yu. Ermolenko, N.Yu. Sosnov. Sposob izgotovleniya prodol'nykh balok ramy gruzovoy zheleznodorozhnoy platformy [Method of manufacturing longitudinal beams of a cargo railway platform frame]. Patent RF no. 2714984, Bulletin no. 26.
10. Comparative analysis of the frame design of long-wheelbase platforms / D. A. Vasilenko // Izvestia of St. Petersburg University of means of communication. – SPb.: St. Petersburg state University. UNT-t of ways of communication, 2007, Vol. 4 (13), Pp. 48-56
11. The technology of production and repair of cars: the Textbook for vuzov Zh.-D. transp./V. K. Motovilov, V. S. Lukashuk, V. F. Krivoruchenko, A. A. Petrov; Under the editorship of K. V. A. Motovilov. Moscow: Route publ., 2003, p. 258.
12. Long-Tank railway car-platform for the transportation of large-capacity containers/application for a proposed invention: Irgups, 2020.

Информация об авторах

Тюньков Владислав Владимирович – д.т.н., профессор кафедры Вагоны и вагонное хозяйство, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: tunkov@bk.ru

Бузунова Виктория Сергеевна – магистрант кафедры Вагоны и вагонное хозяйство, Иркутский государственный университет путей сообщения.

Пашков Андрей Евгеньевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технологии и оборудования машиностроительных производств», Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, e-mail: pashkov@ex.istu.edu

Authors

Tyunkov Vladislav Vladimirovich – doctor of technical Sciences, Professor of the Department of Wagons and wagon economy, Irkutsk state University of railway transport, Irkutsk, e-mail: tunkov@bk.ru

Buzunova Victoria Sergeevna – master's student of the Department of Wagons and wagon economy, Irkutsk state University of railway transport, Irkutsk.

Pashkov Andrey Evgenyevich – doctor of technical Sciences, Professor, head of the Department of technology and equipment of machine-building productions, Irkutsk national research technical University, Irkutsk, e-mail: pashkov@ex.istu.edu

Для цитирования

Тюньков В.В. Технологический алгоритм в перспективном конструктивном развитии железнодорожных грузовых вагонов колеи 1520 мм [Электронный ресурс] / В.В. Тюньков, В.С. Бузунова, А.Е. Пашков // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2020. – №4(10). – Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/410-20>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

For citation

Tyunkov V.V. Technological algorithm in the prospective constructive development of railway freight cars of 1520 mm gauge [Electronic resource] / V.V. Tyunkov, V.S. Buzunova, A.E. Pashkov // "Young science of Siberia": electron. scientific journal, 2020. no. 4.