

**Ю.В. Воронова, В.С. Бузунова, В.А. Иванова, В.В. Тюнков**

*Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация*

## **КРИТЕРИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА**

**Аннотация.** В связи с оптимизацией пропускной способности Восточного полигона ОАО РЖД рассматривается возможность реализации нового (третьего) варианта, выполненного в рамках технологического алгоритма и направленного на конструктивную адаптацию эксплуатируемого подвижного состава с последовательным увеличением грузоподъёмности и снижением коэффициента тары. Все изменения и дополнения предполагается осуществлять в пределах нормативных правил и регламентирующих ограничений, а также показателей безотказной работы железнодорожного подвижного состава. Выводы в части конструктивной адаптации подкреплены соответствующими патентами РФ на изобретения.

**Ключевые слова.** Оптимизация, технологический алгоритм, конструктивная адаптация, длиннобазовая вагон-платформа, грузоподъёмность, погонная нагрузка, надёжность.

**Yu.V. Voronova, V.S. Buzunova, V.A. Ivanova, V.V. Tyunkov**

*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation*

## **CRITERIA FOR INDICATORS OF RELEASE-FREE ROLLING STOCK OPERATION FOR EASTERN RANGE**

**Abstract.** In connection with the optimization of the throughput capacity of the Eastern range of Russian Railways JSC, the possibility of implementing a new (third) option, performed within the framework of the technological algorithm and aimed at constructive adaptation of the operating rolling stock with a sequential increase in carrying capacity and a decrease in the container ratio, is being considered. All changes and additions are supposed to be carried out within the limits of normative rules and regulatory restrictions, as well as indicators of failure-free operation of railway rolling stock. Conclusions in terms of constructive adaptation are supported by the corresponding patents of the Russian Federation for inventions.

**Keywords.** Optimization, technological algorithm, constructive adaptation, long-base flat car, carrying capacity, running load, reliability.

### **Введение**

В 2020 году выполнен первый этап комплексного развития Восточного полигона (БАМа и Транссиба), на Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорогах. «Второй этап модернизации предусматривает увеличение провозной способности Восточного полигона к 2023 году со 124,9 млн до 180 млн тонн. К 2025 году провозные способности Восточного полигона в направлении морских портов и пограничных переходов Дальнего Востока намечено увеличить до 200 млн тонн ежегодно» [1,9].

Такое развитие производительных сил предполагает интенсификацию процесса и связывается с быстрым исчерпанием ресурса как железнодорожной инфраструктуры, так и непосредственно подвижного состава, что увеличит число неплановых отцепок в ТОР (ТР-2).

Исходя из этого предложены варианты поддержания уровня ресурса, близкого к нормативному с соответствующими показателями безотказной работы всех составляющих системы.

### **Варианты формирования критерия**

Существующая методология оценки основывалась на «коэффициенте качества», который аппроксимируется для железнодорожного подвижного состава как отношение количества поступлений вагонов в ТР-2 по технологическим неисправностям к количеству отремонтированных плановыми видами ремонта (рис.1, табл.1). Таким образом, надёжность железнодорожного производственного комплекса должна быть поддержана на всех этапах

жизненного цикла. Большое число unplanned видов ремонта характерно для всех подразделений РЖД.

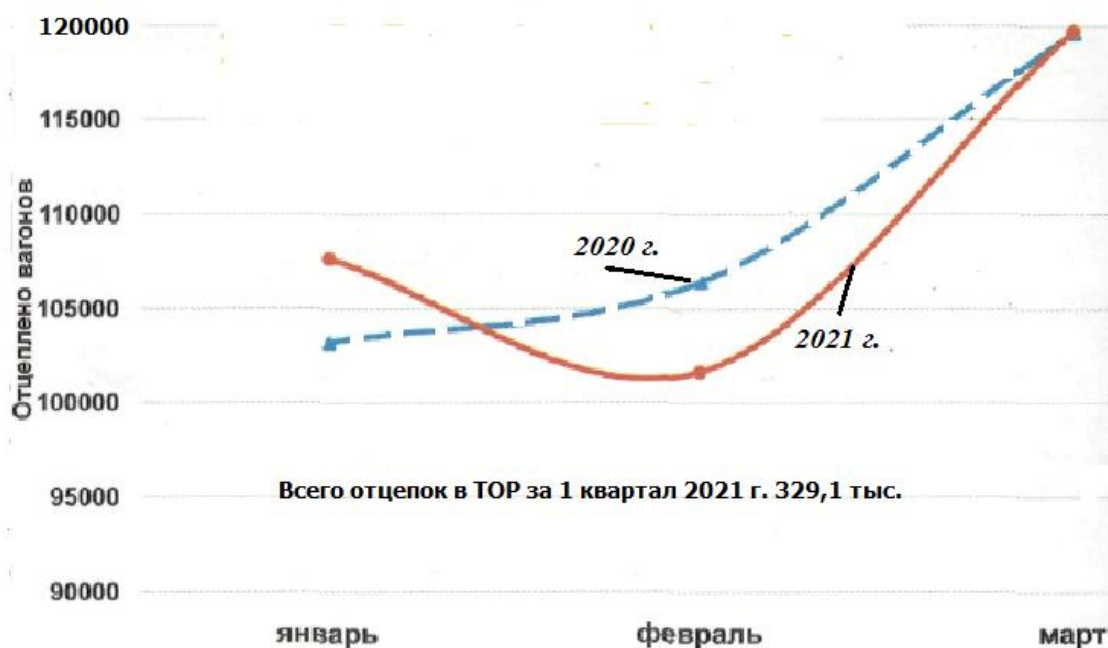


Рис. 1. Распределение отцепок вагонов парка России в ТОП по месяцам I кварталов 2020, 2021 гг.

Таблица 1 – Распределение отцепок в ТОП по железным дорогам Восточного полигона РФ за I квартал 2020 и 2021 гг.

Подразделение РЖД	2020 г. (тыс. отцепок)	2021 г. (тыс. отцепок)
Красноярская	10,54	11,52
Восточно-Сибирская	13,16	13,35
Забайкальская	8,32	7,45
Дальневосточная	14,78	13,28

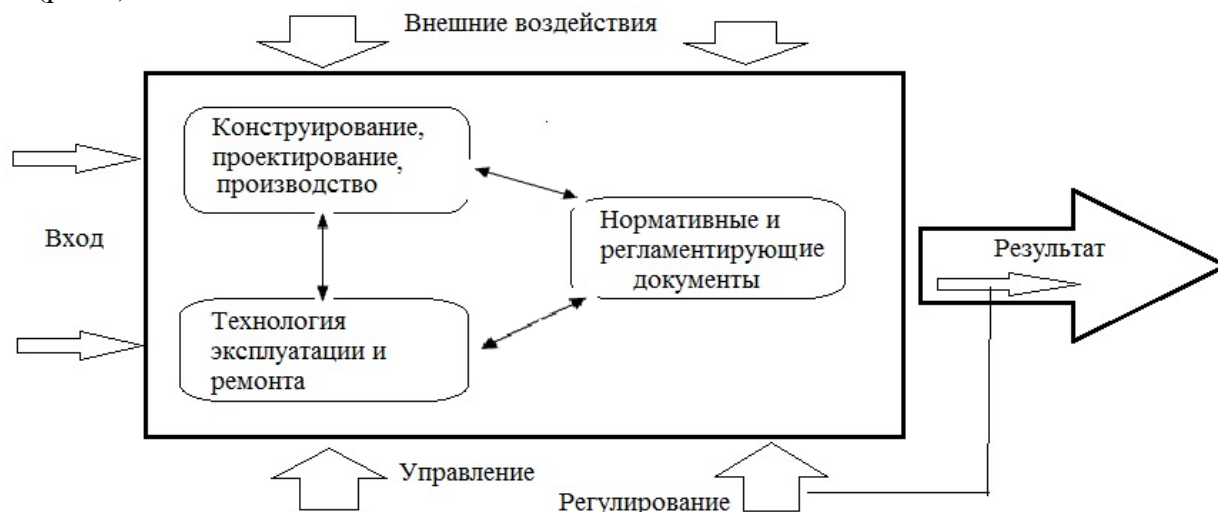
В 2019-2020 гг. профильными НИИ «аналитически прорабатывалось использование на Восточном полигоне инновационных полувагонов с нагрузкой на ось 27 тонн, для чего по всему полигону необходимо провести уширение земляного полотна в кривых малого радиуса. По оценке гендиректора «INFOLine-Аналитика» Михаила Бурмистрова, для увеличения грузоподъёмности вагонов необходимы инвестиции в реконструкцию и замену искусственных сооружений, изменение мощности балластной призмы, глубины слоёв щебня – в сумме более 1 трлн рублей. Согласно альтернативной точке зрения, возрастания пропускной способности на Восточном полигоне дешевле и проще достичь за счёт увеличения скорости грузовых составов с углём. Выбор оптимального варианта осложняется тем, что нигде в мире уголь не перевозится от месторождения к портам на расстояние 6500 км, как в России от Кузбасса до Тихого океана» [8,9]. Тем не менее, и для альтернативной точки зрения необходима соответствующая реконструкция верхнего строения пути.

#### Обоснование рационализации вариантов

Использование инновационных разработок позволяет значительно улучшить показатели, оставаясь в области допустимого уровня надёжности эксплуатации подвижного состава. Например, «четырёхбуксовая колёсная пара с осевой стабилизацией для железнодорожного подвижного состава», которая позволяет повысить передаваемую нагрузку за счет двух буксовой симметричной схемы передачи ее на каждое колесо, уменьшить износ узлов и деталей ходовой части вагонов при вписывании в кривые, снизить энергозатраты на движение подвижного состава за счет уменьшения виляния (рыскания) тележек и уменьшить боковые силы, возникающие при взаимодействии подвижного состава и пути [2]; «Тележка грузового вагона», которая обладает уменьшенным боковым воздействием на рельс [4].

Существенное укрепление верхнего строения пути позволяет осуществить «Балластная призма для скоростных грузонапряжённых участков бесстыкового железнодорожного пути» [3].

Перспективное развитие подвижного состава железнодорожного транспорта предполагает уже к 2027 году значительное повышение технических параметров в условиях проходящей реструктуризации отрасли и активной внешней конкуренции. Выбирая технико-технологические предпосылки интенсификации тех или иных возможностей, учитываем жёсткость мониторинга, с тем чтобы минимизировать инерционность производственного процесса (рис.2).



**Рис.2. Схема участников мониторинга процесса обеспечения параметра безотказности при интенсификации пропускной способности Восточного полигона РЖД с учётом конструктивного совершенствования подвижного состава**

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 грузоместимостью, в том числе длиннобазовые. Этот вывод подтверждается перенаправлением угольного грузопотока с западного направления на восточное. При этом вероятна частичная замена полувагонов на контейнеры (опыт Забайкальской дороги). Перевозка их эффективна на длиннобазовых платформах, которые имеют очевидные недостатки, сдерживающие их применение: это и пониженная погонная нагрузка, увеличенный прогиб рамы при перевозке тяжеловесных грузов, 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. Решением задачи является изготовление несущих продольных балок (с настроенной силовой характеристикой), т.е. рамы грузового вагона с повышенным внутренним потенциалом сопротивления, который

обеспечивает уменьшение прогиба боковых и хребтовой балок на предельных нагрузках, а также повышенную жёсткость и сдвиг спектра автоколебаний.

Это достигается тем, что в процессе формирования балки на стенде производят дополнительную силовую настройку поясов дозированным предварительным напряжением с противоположным знаком напряжению рабочему (верхнего – растяжением, нижнего пояса – сжатием) [5].

Кроме повышения нагрузки на ось до 27 тонн для длиннобазовых платформ, ориентированных на перевозку большегрузных контейнеров, предлагается увеличение количества осей у тележек грузовых вагонов (3-х, 4-х осные) и как альтернативу – установку дополнительных 2-х осных тележек с адаптивным шкворнем, позволяющим свободно проходить кривые, в том числе малого радиуса [10]. В этом случае мы находимся полностью в прежнем поле ограничений и не требуется дополнительных жёстких реконструкций как верхнего строения пути, так и подвижного состава, т.е. параметры от нагрузок и воздействий на элементы, формирующие вероятность отказов, находятся в исходном виде.

### **Заключение**

При решении задачи сохранения параметров безотказности, при интенсификации режима эксплуатации, учитывая существующую методологию для рационализации процесса предлагается оценки формирования реальных вариантов в модернизации отраслевых кондиций полезно как увеличение их числа (вариантов), при одном и том же критерии оптимальности, так и повышение в них инновационной составляющей. Основа которых находит своё отражение в патентах на изобретения, особенно выполняемых в рамках технологического алгоритма. Здесь приемлемым результатом может быть повышение уровня безотказности железнодорожного подвижного состава при эволюции эксплуатационной напряжённости в сложных условиях внешних воздействий, в том числе экстремально региональных.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Агафонов М.С. Отцепки грузовых вагонов в непланный ремонт в I квартале 2021 г. // Вагоны и вагонное хозяйство. 2021. №2 (66). С. 12-13.
2. Патент № 2379189 Российская Федерация, МПК В41F 19/02 (2006.01). Четырёхбуксовая колесная пара с осевой стабилизацией для железнодорожного подвижного состава : № 2008103609/11 : заявл. 29.01.2008 : опубл. 20.01.2010 / Пашков Н.Н., Тюньков В.В., Швыдкий В.В. ; заявитель ИрГУПС.
3. Патент № 2475580 Российская Федерация, МПК E01B 1/00 (2006.01), E02D 3/12 (2006.01). Балластная призма для скоростных грузонапряжённых участков бесстыкового железнодорожного пути : № 2011114322/11 : заявл. 12.04.2011 : опубл. 20.02.2013 / Тюньков В.В., Бочерова О.А., Воронова Ю.В. ; заявитель ИрГУПС.
4. Патент № 2440907 Российская Федерация, МПК В61F 5/06 (2006.01), В61F 5/16 (2006.01), В61F 5/38 (2006.01), В61F 3/16 (2006.01). Тележка грузового вагона : № 2010103237/11 : заявл. 01.02.2010 : опубл. 10.08.2011 / Пашков Н.Н., Тюньков В.В., Бочерова О.А., Воронова Ю.В., Кулешов А.В., Греков П.С., Пуляевский П.В. ; заявитель ИрГУПС.
5. Патент № 2714984 Российская Федерация, МПК В61F 1/08 (2006.01), E04C 3/10 (2006.01). СПК В61F 1/08 (2019.08), E04C 3/10 (2019.08). Способ изготовления продольных балок рамы грузовой железнодорожной платформы с настроенной силовой характеристикой : № 2019115324 : заявл. 20.05.2019 : опубл. 21.02.2020 / Тюньков В.В., Железняк В.Н., Воронова Ю.В., Рычков Н.П., Мартыненко Л.В., Ермоленко И.Ю., Соснов Н.Ю. ; заявитель ИрГУПС.
6. Патент № 2754932 Российская Федерация, МПК В61D 3/20 (2006.01), В61F 1/00 (2006.01), В61F 5/18 (2006.01), В61F 5/44 (2006.01). СПК В61D 3/20 (2021.05), В61F 1/00 (2021.05), В61F 5/18 (2021.05), В61F 5/44 (2021.05). Длиннобазовая железнодорожная вагон-платформа для перевозки крупнотоннажных контейнеров : № 2020131535 : заявл. 24.09.2020 :

опубл. 08.09.2021 / Тюньков В.В., Железняк В.Н., Воронова Ю.В., Мартыненко Л.В., Ромашов А.В., Кушков М.Г., Лебедев И.Н. ; заявитель ИрГУПС.

7. 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.

8. Документ: «Перечень приоритетных участков и объектов развития Восточного полигона и целевые сроки их реализации»

9. Холдинг «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»). Википедия.

10. Технологический алгоритм в перспективном конструктивном развитии железнодорожных грузовых вагонов колеи 1520 мм.[Электронный ресурс] /Тюньков В.В., Бузунова В.С., Пашков А.Е.//Молодая наука Сибири. 2020. № 4 (10). С. 18-26.

## REFERENCES

1. Agafonov M.S. Ottsepki gruzovykh vagonov v neplanovyy remont v I kvartale 2021 g. [Uncoupling of freight cars for unscheduled repairs in Q1 2021]. Vagony i vagonnoe hozyajstvo [Cars and carriage facilities], 2021, No. 2 (66), pp. 12-13.

2. Pashkov N.N., e.a. Chetyrekhbuksovaya kolesnaya para s osevoy stabilizatsiey dlya zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava [Four-axle wheelset with axial stabilization for railway rolling stock]. Patent RF, no 2379189, 2010.

3. Tyunkov V.V., e.a. Ballastnaya prizma dlya skorostnykh gruzonapryazhennykh uchastkov besстыkovого zheleznodorozhnogo puti [Ballast prism for high-speed cargo-stressed sections of continuous-welded railway track]. Patent RF 2475580, 2013.

4. Pashkov N.N., e.a. Telezhka gruzovogo vagona [Freight wagon bogie]. Patent RF 2440907, 2010.

5. Tyunkov V.V., e.a. Sposob izgotovleniya prodol'nykh balok ramy gruzovoy zheleznodorozhnoy platformy s nastroennoy silovoy kharakteristikoy [A method of manufacturing longitudinal beams of a cargo railway platform frame with a tuned force characteristic]. Patent RF 2714984, 2020.

6. Tyunkov V.V., e.a. Dlinnobazovaya zheleznodorozhnaya vagon-platforma dlya perevozki krupnotonnazhnykh konteynerov [Long-base railway flat car for transportation of large-capacity containers]. Patent RF 2754932, 2021.

7. Guidelines for the application of static and kinematic dimensions of rolling stock on OSJD member railways with gauge 1435 and 1520 mm. / R 500 / 4.- Approved by the meeting of the OSJD Commission on Infrastructure and Rolling Stock on October 18-21, 2016 Date Effective: October 21, 2016 - 86 p.

8. Document: "List of priority areas and development objects of the Eastern polygon and target dates for their implementation"

9. Holding "Russian Railways" (JSC "Russian Railways"). Wikipedia.

10. Technological algorithm in the perspective constructive development of railway freight cars of 1520 mm gauge [Electronic resource] / Tyunkov V.V., Buzunova V.S., Pashkov A.E.// Young Science of Siberia. 2020. No. 4 (10). pp. 18-26.

## Информация об авторах

*Воронова Юлия Владиславовна* – к.т.н., доцент, кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [voronova\\_yuv@irgups.ru](mailto:voronova_yuv@irgups.ru)

*Бузунова Виктория Сергеевна* – студент ЭТТм.1-20-1, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [ivanova-veronika-98@mail.ru](mailto:ivanova-veronika-98@mail.ru)

*Иванова Вероника Андреевна* – студент ЭТТм.1-20-1, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [ivanova-veronika-98@mail.ru](mailto:ivanova-veronika-98@mail.ru)

*Тюньков Владислав Владимирович* – д.т.н., профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [tunkov@bk.ru](mailto:tunkov@bk.ru)

#### **Information about the author**

*Voronova Yulia Vladislavovna* – Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Cars and Carriage Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: voronova\_yuv@irgups.ru

*Buzunova Victoria Sergeevna* – student ETTm. 1-20-1, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: ivanova-veronika-98@mail.ru

*Ivanova Veronika Andreevna* – student ETTm.1-20-1, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: ivanova-veronika-98@mail.ru.

*Tyunkov Vladislav Vladimirovich* – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Cars and Carriage Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: tunkov@bk.ru