

Разработка технологической оснастки для смены элементов рессорного комплекта тележек грузовых вагонов

Е. А. Рожкова✉, И. В. Ковригина

Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Российская Федерация

✉ helenuys@mail.ru

Резюме

Укрупненный пробег между ремонтами обязан подтверждаться не только расчетами, но и опытным контролем эксплуатации тележек. Одним из главных параметров, по которому может быть определен пробег между плановыми видами ремонта, является износ в парах трения частей тележки. Для гашения колебаний вагона, возникающих под воздействием неровностей железнодорожного пути, в составе ходовых частей широко применяются клиновые гасители колебаний. Основным рабочим элементом их конструкции является фрикционный клин. Под воздействием возникающих нагрузок, в результате сил трения с надрессорной балкой и фрикционной планкой, кинетическая энергия колебаний преобразуется в тепловую энергию. Наиболее распространенной причиной отцепок вагонов в текущий ремонт является неисправность тележки по причине выхода из строя рессорного подвешивания. В данной работе выполнено определение наработки вагона до максимального износа фрикционных клиньев. Спроектировано новое приспособление для смены элементов рессорных комплектов грузовых вагонов в условиях ПРО. Вновь разработанное приспособление предназначено для смены фрикционных клиньев и планок, и пружин. Оно состоит из гидравлического домкрата, стоек и рычагов. Данное приспособление также может быть использовано для выполнения работ на ремонтных путях участков текущего отцепочного ремонта с целью создания дополнительных ремонтных позиций и сокращения простоя вагонов в ремонте. Выполнен расчет стоимости замены фрикционных клиньев за жизненный цикл грузового вагона.

Ключевые слова

рессорный комплект, фрикционный клин, фрикционная планка, грузовой вагон, надрессорная балка

Для цитирования

Рожкова Е. А. Разработка технологической оснастки для смены элементов рессорного комплекта тележек грузовых вагонов / Е. А. Рожкова, И. В. Ковригина // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 3 (71). – С. 158–164. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.3(71).158-164

Информация о статье

поступила в редакцию: 16.09.2021, поступила после рецензирования: 27.09.2021, принята к публикации: 07.10.2021

Development of technological equipment for changing components of freight car trolley sheet-spring set

Е. А. Rozhkova✉, I. V. Kovrigina

Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, the Russian Federation

✉ helenuys@mail.ru

Abstract

The enlarged mileage between repairs must be confirmed not only by calculations, but also by experimental control of the trolley operation. One of the main parameters by which the mileage between scheduled repairs can be determined is the wear in friction pairs of the trolley parts. To dampen the wagon vibrations resulting from irregularities of the railway track, wedge dampers of co-swans are widely used in the chassis. The main working element of their structure is a friction wedge. Under the emerging loads, and resulting from friction forces between an upper spring beam and a friction bar, the kinetic energy of oscillations is converted into thermal energy. The most common reason for car uncoupling and ongoing repairs is a failure of the trolley due to a spring suspension breakdown. In this work, car operating time is determined up to the maximum wear of friction wedges. A new device has been designed for replacing the elements of spring sets of freight cars under TMP conditions. The newly developed accessory is intended for replacement of friction wedges and slats, as well as springs. It consists of a hydraulic jack, struts and levers. It can also be used to carry out work on the repair tracks of the current disconnection repair sections in order to create additional repair positions and reduce the downtime of cars in repair. The cost of replacing the friction wedges for the life cycle of the freight car was calculated.

Keywords

spring set, friction wedge, friction bar, freight car, overstress beam

For citation

Rozhkova E.A., Kovrigina I.V. Razrabotka tekhnologicheskoi osnastki dlya smeny elementov ressnornogo komplekta telezhek gruzovykh vagonov [Development of technological equipment for changing components of freight car trolley sheet-spring set]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 3 (71), pp. 158–164.– DOI: 10.26731/1813-9108.2021.3(71).158-164

Article Info

Received: 16.09.2021, Revised: 27.09.2021, Accepted: 07.10.2021

Введение

Узел гашения колебаний грузового вагона расположен в боковой раме тележки и состоит из рессорного комплекта, фрикционных планок и клиньев. У тележки модели 18-100 рессорный комплект имеет линейную вертикальную силовую характеристику. Фрикционные клинья тележек модели 18-100 изготавливаются из чугуна марок СЧ-25, СЧ-35. Механические свойства данных чугунов определены ГОСТ 1412-85. В частности, временное сопротивление при растяжении у данных чугунов составляет 25 и 35 МПа соответственно. В настоящее время различают фрикционные клинья, выполненные из высокопрочного чугуна и фрикционные клинья для тележек моделей 18-9855, 18-9810 [1–3].

Целью данной работы является определение наработки вагона до максимального износа фрикционных клиньев и разработки нового приспособления для смены элементов рессорного комплекта тележки грузового вагона, а также определение стоимости замены фрикционных клиньев за жизненный цикл грузового вагона.

Научная новизна работы заключается в проектировании технологической оснастки для смены элементов рессорного комплекта тележек грузовых вагонов.

Определение наработки вагона до максимального износа фрикционных клиньев

Максимальная величина износа фрикционного клина составляет 9 мм (рис. 1). Для определения наработки вагона до максимального износа фрикционных клиньев составим вспомогательную таблицу для расчета коэффициентов линейной функции методом наименьших квадратов (табл. 1).

Таблица 1. Вспомогательная таблица для расчета коэффициентов линейной функции методом наименьших квадратов (износ фрикционных клиньев)

Table 1. Auxiliary table for calculation of linear function by the least square method (friction wedge wear)

| k | x | x^2 | y | xy | \hat{y} |
|----------|-----|--------|-----|-------|-----------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,08 |
| 2 | 65 | 4 225 | 1 | 65 | 1,21 |
| 3 | 145 | 21 025 | 3 | 435 | 2,79 |
| 4 | 210 | 44 100 | 4 | 840 | 4,08 |
| Σ | 420 | 69 350 | 8 | 1 340 | 8,24 |

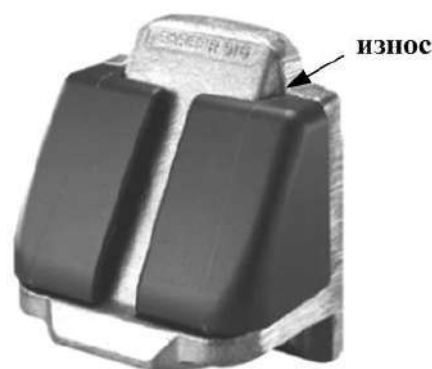


Рис. 1. Износ фрикционного клина
Fig. 1. Wear of a friction wedge

Произведем расчет коэффициентов линейной функции:

$$a = \frac{(4 \times 1320 - 420 \times 8)}{4} \times 69350 - 420^2 =$$

$$= 0,0198; b = 4 - a \times 420 = -0,0792.$$

Линейная функция, находящая величину износа, будет иметь вид:

$$y = 0,0198x - 0,0792.$$

График линейной функции в сочетании с размерами (данными замеров) поднадзорной эксплуатации грузовых вагонов на Забайкальской железной дороге показан на рис. 2. На графике видим, что уравнение описывает эмпирические данные примерно на 99 %.

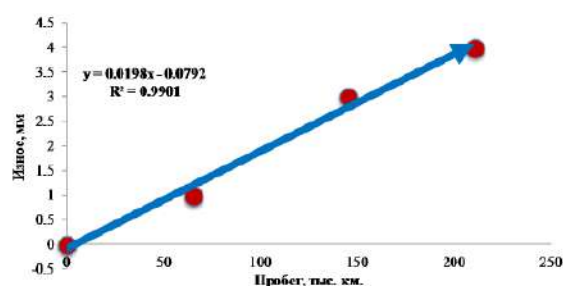


Рис. 2. График линейной функции в сочетании с размерами (данными замеров) поднадзорной эксплуатации (износ фрикционных клиньев)
Fig. 2. Linear function graph combined with dimensions (measuring data) of supervised operation (wear of friction wedges)

График функции, рассчитывающей пробег подвижного состава до максимального износа фрикционного клина, показан на рис. 3.

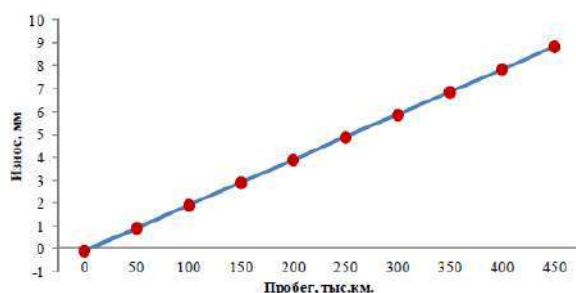


Рис. 3. График функции, рассчитывающей пробег подвижного состава до максимального износа фрикционного клина

Fig. 3. Function graph calculating rolling stock mileage up to maximum wear of friction wedge

Отсюда следует, что максимальный износ фрикционного клина происходит при наработке подвижного состава 450 тыс. км.

После выявления неисправностей вагон, требующий текущего отцепочного ремонта, подают на ремонтные пути. Замена элементов рессорного подвешивания тележек грузовых вагонов происходит на специальных ремонтных путях с применением специализированного технологического оборудования, при этом процесс отцепки и подачи вагона для устранения неисправностей по замене элементов рессорного подвешивания занимает длительное время и приводит к увеличению времени простоя вагонов на станции [4, 5]. Внедрение приспособления для смены элементов рессорного комплекта грузовых вагонов способствует сокращению времени простоя, снижению затрат на обслуживание техно-

логического оборудования, а также уменьшению времени оборота вагона.

Техническое описание вновь разработанного приспособления для смены элементов рессорного комплекта грузовых вагонов

Разработанное приспособление предназначено для смены элементов рессорных комплектов грузовых вагонов: внутренних и наружных пружин, фрикционных клиньев, фрикционных планок в условиях пункта технического обслуживания.

Данное приспособление также может быть использовано для выполнения работ на ремонтных путях участков текущего отцепочного ремонта с целью создания дополнительных ремонтных позиций и сокращения простоя вагонов в ремонте [6–8]. Для обеспечения оперативной доставки составных частей приспособления к месту ремонта используются две транспортировочные тележки. При необходимости применения разработанного приспособления для технического обслуживания порожних вагонов достаточно оборудования, размещенного в одной транспортировочной тележке. Работа по смене элементов рессорных комплектов выполняется двумя работниками. Тележки транспортировочные с оборудованием доставляются к месту ремонта вдоль поезда по междупутьям. Схема установки оборудования представлена на рис. 4, техническая характеристика приспособления приведена в табл. 2.

Напротив надрессорной балки с обоих концов на балластный слой горизонтально выставляются настилы. На настилы устанавливаются гидравлические домкраты с закрепленными на головках домкратов насадками. В гнезда насадок устанавливаются стойки винтовые и шарнирные и выкручиваются винты головки шарнирные выставляются на уровень внутренних нижних плоскостей зева надрессорной балки.

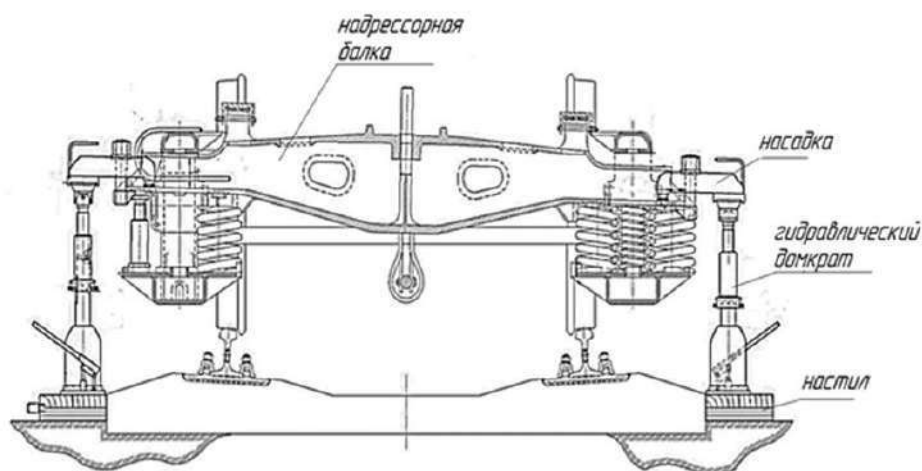


Рис. 4. Разработанное устройство для смены элементов рессорных комплектов грузовых вагонов

Fig. 4. Designed device for replacement of elements of freight car string sets

При установке в зев рычагов насадки обезруживающей предварительно определяют потребность в установке под рычагами регулировочных прокладок. При опирании на нижнюю плоскость зева горизонтально выставленной насадки зазор между верхними плоскостями рычагов и верхней плоскостью зева надрессорной балки должен быть не более 5 мм (проверяется приложением прокладки толщиной 5 мм). Корпус насадки устанавливается цилиндрической поверхностью диаметром 120 мм на опорную поверхность шарнирной головки. При недостаточности хода винта винтовой шарнирной стойки производится подъем штока гидравлического домкрата до установки рычагов насадки в горизонтальное положение. Винтовой зацеп плотно подводится под нижнюю стенку зева, резьбовая часть его заводится между рычагами насадки, на нее одевается пластина, проточки пластины ориентируются параллельно рычагам. Гайка накручивается вручную до упора. Установку насадок и винтовых зацепов можно проводить поочередно совместными усилиями обоих участников процесса. В зазор между верхними плоскостями рычагов насадки и верхней стенкой зева устанавливаются регулировочные прокладки толщиной 2 и 3 мм. Зазор уменьшается до величины не более 2 мм. Наличие минимального зазора обеспечивает дополнительную меру безопасности. В случае излома винтового зацепа или ненадежной его установки происходит зависание надрессорной балки на рычагах насадки. Начальный этап подъема производится с обоих концов балки одновременно. После того, как фрикционные клинья с обезгруживаемого конца балки поднимутся до уровня, соответствующего порожнему состоянию вагона, подъем продолжается только с той стороны, где будут

выполняться ремонтные работы. После смыкания верхней стенки зева с верхним поясом боковой рамы можно приступить к замене неисправных элементов рессорных комплектов. Из рессорного проема извлекается исправный пружинный комплект и на его место устанавливается страховочный упор. Винт упора выкручивается до касания с бонкой надрессорной балки и обеспечивает безопасное производство работ. При необходимости замены пружинного комплекта замеряется высота пружин извлеченного пружинного комплекта [9–11].

При снятии и установке подклинового пружинного комплекта для фиксации фрикционного клина в верхнем положении применяется скоба поддержки клина. Все работы по замене элементов выполняются согласно технологическому процессу.

Расчет стоимости замены фрикционных клиньев за жизненный цикл грузового вагона

В работах [12, 13] представлено вычисление эксплуатационного положения фрикционного клина на основании интенсивности износа трущихся пар узла гашения колебаний с целью определения величины межремонтного пробега вагона. Определим среднюю наработку деталей до предельного износа на основе экспериментальных данных по отцепкам грузовых вагонов по завышению фрикционных клиньев. Выравнивание экспериментальных данных строилось на гипотезе о нормальном распределении интенсивности износа фрикционных клиньев [14] (табл. 3). Диаграмма плотности вероятностей представлена на рис. 5.

Таблица 2. Технические характеристики устройства

Table 2. Technical characteristics of the device

| Наименование параметра | Значение |
|---|--------------------|
| Грузоподъемность домкратов гидравлических, тн | 30 |
| Суммарная расчетная вертикальная нагрузка на приспособление, кН (тн) | 387 (38,7) |
| Максимальная вертикальная нагрузка на насадку обезгруживающую, кН (тн) | 213,5 (21,35) |
| Допустимый исходной уровень расположения нижней горизонтальной поверхности зева надрессорной балки от уровня балластного слоя, мм | 585–835 |
| Вес транспортировочной тележки: в снаряженном состоянии, кг в порожнем состоянии, кг | 98,3 25,2 |
| Тяговое усилие при перемещении снаряженной транспортировочной тележки: по щебеночному покрытию, кг по асфальтобетонному покрытию, кг по укатанному снегу, кг | 2,5 до 1 14 |
| Угол наклона вперед тележки транспортировочной при перемещении, ° | 15–20 |
| Угол отклонения головки винтовой шарнирной стойки от вертикальной оси, ° | до 8 |
| Замер высоты пружин рессорного комплекта – на рабочем месте с использованием приспособления для измерения высоты пружин: диапазон высот измеряемых пружин, мм диапазон диаметров средней линии пружин, мм | 220–300 100–230 |

Таблица 3. Выравнивание данных по наработке фрикционных клиньев

Table 3. Data alignment for wearing out of friction wedges

| Середина интервала | Частота | Относительная частота | Выборочное среднее | Значение аргумента | Значение функции | Теоретическая частота | Значение χ^2 |
|--------------------|---------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------|-----------------------|-------------------|
| 25 | 4 | 0,04 | 1,00 | -1,94 | 0,0790 | 3,76 | 0,01 |
| 40 | 8 | 0,08 | 3,20 | -1,46 | 0,1647 | 7,85 | 0,00 |
| 55 | 12 | 0,12 | 6,60 | -0,99 | 0,2756 | 13,13 | 0,10 |
| 70 | 16 | 0,16 | 11,20 | -0,51 | 0,3697 | 17,61 | 0,15 |
| 85 | 19 | 0,19 | 16,15 | -0,03 | 0,3977 | 18,95 | 0,00 |
| 100 | 16 | 0,16 | 16,00 | 0,44 | 0,3448 | 16,43 | 0,01 |
| 115 | 12 | 0,12 | 13,80 | 0,92 | 0,2396 | 11,42 | 0,03 |
| 130 | 7 | 0,07 | 9,10 | 1,40 | 0,1334 | 6,36 | 0,07 |
| 145 | 4 | 0,04 | 5,80 | 1,87 | 0,0596 | 2,84 | 0,47 |
| 160 | 2 | 0,02 | 3,20 | 2,35 | 0,0213 | 1,01 | 0,96 |
| Σ | 100 | 1,00 | 86,05 | - | - | 99,36 | 1,80 |

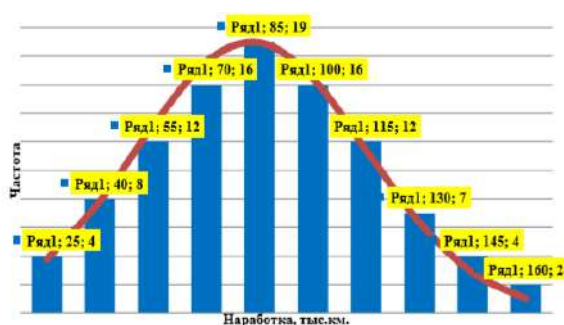


Рис. 5. Распределение наработки фрикционных клиньев до предельного износа

Fig. 5. Friction wedge wearing off distribution until ultimate wear

Таким образом, средняя наработка фрикционного клина до предельного износа составляет 86 тыс. км. Соответственно, зная интенсивность износа фрикционного клина, можно определить количество замен деталей за жизненный цикл грузового вагона [15–18]. Определим суммарный пробег вагона за назначенный срок службы, учитывая, что за месяц средний пробег полувагона составляет 10 000 км. Тогда для стандартных полувагонов со

сроком службы 22 года пробег будет равен 2 млн 640 тыс. км.

Соответственно количество замен комплектов фрикционных клиньев для стандартных полувагонов будет составлять 30.

Определим суммарные расходы, связанные с заменами фрикционных клиньев по предельному износу за назначенный срок службы вагона. В расчете будем использовать следующие уточнения:

1. Базовая стоимость одного фрикционного клина 2 тыс. руб.
2. Замены фрикционных клиньев производятся комплектами (один комплект включает 8 фрикционных клиньев).
3. Для определения стоимости фрикционных клиньев в произвольный момент времени рассчитывается по следующей формуле:

$$P_t = P \cdot (1 + i)^t,$$

где P – базовая стоимость одного фрикционного клина; i – коэффициент дисконтирования [10, 11].

Коэффициент дисконтирования базовой стоимости фрикционного клина 5 %.

Результаты расчета по стоимости замен фрикционных клиньев за назначенный срок службы

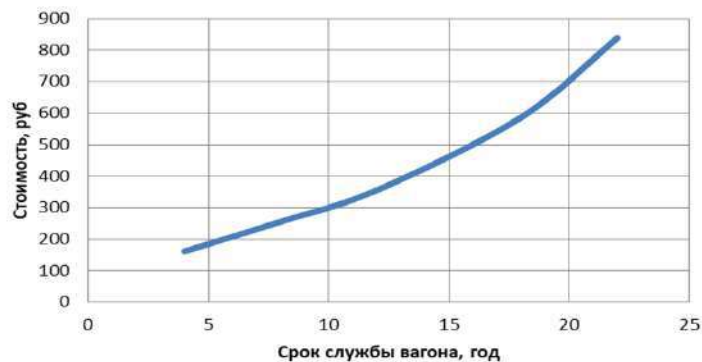


Рис. 6. Стоимость замены фрикционных клиньев за назначенный срок службы стандартного полувагона

Fig. 6. Friction wedge replacement cost for estimated service time of a standard semi-car

стандартного полувагона представлены на рис. 6.

Таким образом, стоимость замены фрикционных клиньев за назначенный срок службы стандартного полувагона составляет 838,36 тыс. руб.

Заключение

В данной работе выполнено определение наработки вагона до максимального износа фрикционных клиньев. Максимальный износ фрикционного клина достигнет при наработке подвижного состава 450 тыс. км. Спроектировано новое приспособление для смены элементов рессорных комплектов грузовых вагонов в условиях ПТО. Вновь разработанное приспособление предназначено для смены фрикци-

онных клиньев и планок, и пружин. Выполнен расчет стоимости замен фрикционных клиньев за жизненный цикл грузового вагона. Для этого на первоначальном этапе была определена средняя наработка клиньев до предельного износа, которая составила 86 тыс. км и распределена по нормальному закону. Расчеты показали, что у стандартных полувагонов за назначенный срок службы 22 года будет выполнено порядка 30 замен комплектов фрикционных клиньев, что в денежном эквиваленте с учетом дисконтирования их стоимости составит более 800 тыс. руб.

Список литературы

1. Грабец А.В. Оценка износа фрикционного клина узла гашения колебаний тележки грузового вагона / А.В. Грабец, И.В. Лёвкин, М.В. Сапетов, А.В. Семёнов // Ползуновский вестник. 2015. № 4. С. 16–18.
2. ГОСТ 34503-2018 Клинья фрикционные тележек грузовых вагонов. Общие технические условия.
3. Письменный Е.А. Разработка и расчет на прочность новой конструкции фрикционного клина узла гашения колебания тележки грузового вагона / Е.А. Письменный, А.В. Грабец, А.М. Марков, Д.А. Грабец // Инженерный вестник дона. 2020. № 5. С. 22.
4. Ковригина И.В. Определение межремонтного ресурса грузового вагона / И.В. Ковригина // Наука и образование транспорту. 2017. № 1. С. 45–48.
5. Гордиенко И.А. Статистическая оценка наработки до отказа полувагонов в межремонтном периоде / И.А. Гордиенко, Т.В. Иванова, Д.Г. Налабордин // Вагоны и вагонное хозяйство. 2014. № 4. С. 44–46.
6. Справочные материалы причин поступления грузовых вагонов в текущий отцепочный ремонт за 2019 год / Центральная дирекция инфраструктуры управления вагонного хозяйства, проектно-конструкторское бюро вагонного хозяйства. М., 2019. 153 с.
7. Статистические методы обработки эмпирических данных. Рекомендации / ВНИИММШ. М.: Изд-во стандартов, 1978. 232 с.
8. Володарский В.А. О надежности подвижного состава прошедшего ремонт / В.А. Володарский, А.И. Орленко // Надежность. 2015 № 1. С. 25–28.
9. Рожкова Е.А. Анализ устойчивости вагона от опрокидывания при движении в кривых участках пути различного радиуса / Е.А. Рожкова, А.Н. Астафьева, Т.А. Баранова // Молодая наука Сибири. 2020. № 2. С. 62–67.
10. Халафян А.А. Статистический анализ данных: 3-е изд., учебник / А.А. Халафян. М.: Бинوم-Пресс, 2007. 512 с.
11. Ковригина И.В., Рожкова Е.А. Влияние на безопасность движения качества ремонта вагонов // Образование – Наука – Производство: материалы III Всерос. науч.-практ. конф., 20 декабря 2019 г. Чита: ЗаБИЖТ ИрГУПС, 2019. 360 с.
12. Налабордин Д.Г. Оценка взаимосвязи наработки грузовых вагонов на отказ и причин отказов // Естественные и технические науки, 2011. № 1. С. 268–270.
13. Орлова А.М., Лесничий В.С., Артамонов Е.И. Исследование влияния состояния тележек грузовых вагонов на боковой износ гребней колес по результатам математического моделирования и обследования вагонов в эксплуатации // Наука и прогресс транспорта. Вестник днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2008. С. 69–75.
14. Малашкевич Э.А. Прогнозирование отказов грузовых вагонов на основе анализа статистической информации / Э.А. Малашкевич, В.А. Петровых, Д.Г. Налабордин // Вагоны и вагонное хозяйство. 2013. № 1. С. 34–37.
15. Рожкова Е.А. Совершенствование процесса технологии смены элементов лопаточного подвешивания пассажирских вагонов / Е.А. Рожкова, И.В. Ковригина // Вестник РГУПС. 2020. № 4 (80). С. 45–54. DOI: 10.46973/0201-727X_2020_4_45.
16. Шадур Л.А. Расчет вагонов на прочность / С.В. Вершинский, Е.Н. Никольский, Л.Н. Никольский, А.А. Попов, Л.А. Шадур // М.: Машиностроение, 1971. 432 с.
17. Нормы для расчета и проектирования вагонов, железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» – ГосНИИВ – ВНИИЖТ. М., 1996. 319 с.
18. Железняк В.Н., Кушков М.Г., Мартыненко Л.В. Анализ выявления причин неисправностей буксовых узлов грузовых вагонов на восточном полигоне // Молодая наука Сибири. 2020. № 2 (8). С. 1–8.

References

1. Grabets A.V., Levkin I.V., Sapetov M.V., Semenov A.V. Otsenka iznosa friktsionnogo klina uzla gasheniya kolebaniya telezhki gruzovogo vagona [Assessment of wear of the friction wedge of the vibration damping unit of the freight car trolley]. *Polzunovskiy vestnik [Polzunovsky bulletin]*, 2015, No. 4, pp. 16–18.
2. GOST 34503-2018 Klin'ya friktsionnyye telezhki gruzovykh vagonov. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya [Friction wedges of freight car bogies. General specifications].

3. Pis'mennyy E.A., Grabets A.V., Markov A.M., Grabets D.A. Razrabotka i raschet na prochnost' novoy konstruksii friksionnogo klina uzla gasheniya kolebaniya telezhki gruzovogo vagona [Development and calculation of the strength of the new design of the friction wedge of the freight car trolley vibration quenching unit]. *Inzhenernyy vestnik dona [Engineering Bulletin Don]*, 2020, No. 5, p. 22.
4. Kovrigina, I.V. Opredeleniye mezhremontnogo resursa gruzovogo vagona [Definition of the overhaul resource of a freight car]. *Nauka i obrazovaniye transportu [Science and Education in Transport]*, 2017, No. 1, pp. 45–48.
5. Gordienko I.A., Ivanova T.V., Nalabordin D.G. Statisticheskaya otsenka narabotki do otkaza poluvagonov v mezhremontnom periode [Statistical assessment of the operating time before the failure of gondola cars in the inter-repair period]. *Vagony i vagonnoye khozyaystvo [Wagons and car farming]*, 2014, No. 4, pp. 44–46.
6. Spravochnyye materialy prichin postupleniya gruzovykh vagonov v tekushchiy ottsepochnyy remont za 2019 god [Reference materials for the reasons for the arrival of freight cars in the current uncoupling repair for 2019]. Tsentral'naya direktsiya infrastruktury upravleniya vagonnogo khozyaystva, proyektno-konstruktorskoye byuro vagonnogo khozyaystva [Central Directorate of Wagon Management Infrastructure, Design Bureau of Wagon Management]. Moscow, 2019. 153 p.
7. Statisticheskiye metody obrabotki empiricheskikh dannykh [Statistical methods of empirical data processing]. Recommendations / VNIINMASH. Moscow: Publishing House of Standards, 1978. 232 p.
8. Volodarsky V.A., Orlenko A.I. O nadezhnosti podvizhnogo sostava proshedshego remont [On the reliability of rolling stock repaired]. *Nadezhnost' [Reliability]*, 2015, No. 1, pp. 25–28.
9. Rozhkova E.A., Astafiev A.N., Baranova T.A. Analiz ustoychivosti vagona ot oprokidyvaniya pri dvizhenii v krivykh uchastkakh puti razlichnogo radiusa [Analysis of the stability of the car against overturning when moving in curved sections of the track of various radii]. *Molodaya nauka Sibiri [Young Science of Siberia]*, 2020, No. 2, pp. 62–67.
10. Khalafyan A.A. Statisticheskiy analiz dannykh: 3-ye izd., uchebnik [Statistical data analysis: 3rd ed., textbook]. Moscow: Binom-Press Publ., 2007. 512 p.
11. Kovrigina I.V., Rozhkova E.A. Vliyaniye na bezopasnost' dvizheniya kachestva remonta vagonov [Impact on the safety of car repair quality]. *Obrazovaniye – Nauka – Proizvodstvo: materialy III Vseros. nauch.-prakt. konf., 20 dekabrya 2019 g [Education - Science - Production: Materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference, December 20, 2019]*. Chita: ZabIZHT IrGUPS, 2019. 360 p.
12. Nalabordin D.G. Otsenka vzaimosvyazi narabotki gruzovykh vagonov na otkaz i prichin otkazov [Assessment of the relationship between the MTBF of freight cars for failure and the failure rank]. *Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki [Natural and technical sciences]*, 2011, No. 1, pp. 268–270.
13. Orlova A.M., Lesnichy V.S., Artamonov E.I. Issledovaniye vliyaniya sostoyaniya telezhok gruzovykh vagonov na bokovoy iznos grebney koles po rezul'tatam matematicheskogo modelirovaniya i obsledovaniya vagonov v ekspluatatsii [Study of the effect of the state of freight car bogies on lateral wear of wheel ridges based on the results of mathematical modelineation and examination of cars in operation]. *Nauka i progress transporta. Vestnik dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta [Science and transport progress. Bulletin of the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport]*, 2008, pp. 69–75.
14. Malashkevich E.A., Petrovykh V.A., Nalabordin D.G. Prognozirovaniye otkazov gruzovykh vagonov na osnove analiza statisticheskoy informatsii [Forecasting of freight car failures on the basis of statistical information analysis]. *Vagony i vagonnoye khozyaystvo [Wagons and car farming]*, 2013, No. 1, pp. 34–37.
15. Rozhkova E.A., Kovrigina I.V. Sovershenstvovaniye protsessa tekhnologii smeny elementov lyulechnogo podveshivaniya passazhirsikh vagonov [Improvement of the process of changing the elements of the cradle suspension of passenger cars]. *Vestnik RGUPS [Bulletin of the RSTU]*, 2020, No. 4(80), pp. 45–54. DOI: 10.46973/0201-727X_2020_4_45.
16. Shadur L.A., Vershinsky S.V., Nikolsky E.N., Nikolsky L.N., Popov A.A. Raschet vagonov na prochnost' [Calculation of wagons for strength]. Moscow: Mashinostroyeniye Publ., 1971. 432 p.
17. Normy dlya rascheta i proyektirovaniya vagonov, zheleznnykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh) [Norms for the calculation and design of wagons, railways MPS gauge 1520 mm (non-self-propelled)]. GosNIIV – VNIIZHT. Moscow, 1996. 319 p.
18. Zheleznyak V.N., Kushkov M.G., Martynenko L.V. Analiz vyyavleniya prichin neispravnostey buksovykh uzlov gruzovykh vagonov na vostochnom poligone [Analysis of identifying the causes of malfunctions of freight car axle units]. *Molodaya nauka Sibiri [Young science of Siberia]*, 2020, No. 2(8), pp. 1–8.

Информация об авторах

Рожкова Елена Александровна – канд. техн. наук, доцент, кафедра подвижного состава железных дорог, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: helenuys@mail.ru

Ковригина Инна Владимировна – канд. техн. наук, доцент, кафедра подвижного состава железных дорог, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: innabella84@mail.ru

Information about the authors

Elena A. Rozhkova – Ph.D. in Engineering Science, associate professor, Subdepartment of Railway Rolling Stock, Zabaykalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: helenuys@mail.ru

Inna V. Kovrigina – Ph.D. in Engineering Science, associate professor, Subdepartment of Railway Rolling Stock, Zabaykalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: innabella84@mail.ru