

И.В. Ковригина¹, Р.С. Большаков², Ю.С. Яковлева¹

¹Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Российская Федерация

²Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРОБЕГА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ФРИКЦИОННОГО КЛИНА

Аннотация. Одним из критериев для назначения ремонта грузовых вагонов является не только выполнение расчетов, но и проведение эксплуатационного опытного контроля. Для уменьшения динамических воздействий при движении вагона на его элементы и перевозимый груз в системе рессорного подвешивания применяют гасители колебаний. Такого рода гаситель называется фрикционным с переменной силой трения, зависящей от прогиба. Одним из рабочих элементов пары трения является фрикционный клин. Именно износ клина является причиной неисправностей тележек, когда вагон попадает в текущий отцепочный ремонт. В представленной работе проведен расчет наработки вагона до максимального износа фрикционных клиньев.

Ключевые слова: рессорный комплект, износ, фрикционный клин, метод наименьших квадратов.

I. V. Kovrigina¹, R. S. Bolshakov², Yu. S. Yakovleva¹

¹Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, the Russian Federation

²Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

DETERMINATION OF THE MILEAGE OF FREIGHT CARS DEPENDING ON THE DEGREE OF WEAR OF THE FRICTION WEDGE

Abstract. Determination of the mileage of freight cars depending on the degree of wear of the friction wedge. Annotation. One of the criteria for appointing the repair of freight cars is not only the performance of calculations, but also the conduct of operational experimental control. Friction dampers are used in the spring suspension system to reduce the dynamic impacts on the wagon's elements and the transported cargo during the movement of the car. This kind of damper is called a friction damper with a variable friction force depending on the deflection. One of the working elements of a friction pair is a friction wedge. It is the wear of the wedge that causes bogie malfunctions when the car gets into the current uncoupling repair. In the presented work, the calculation of the running time of the car to the maximum wear of the friction wedges is carried out.

Keywords: spring set, wear, friction wedge, least squares method.

Введение

Стратегические цели Холдинга ОАО «РЖД» независимо от внешних условий направлены на улучшение качества оказываемых компанией услуг [1], что подразумевает в том числе создание и развитие единой транспортной системы, гибко реагирующей на негативные факторы. Улучшение функционирования инфраструктуры перевозочных процессов связано, в том числе, с обеспечением стабильных режимов эксплуатации грузовых вагонов [2].

Повышение надежности и долговечности составляющих узлов и агрегатов эксплуатируемых вагонов связано с обеспечением приемлемых динамических характеристик их систем подвешивания [3, 4], что позволяет увеличить промежуток между ремонтами. Одной из проблем в данной области является неисправность фрикционного гасителя колебаний.

Долговечность рассматриваемого механизма зависит износа фрикционного клина, анализ надежности которого может быть использован в качестве фактора оценки значений пробега грузовых поездов различных категорий.

В предлагаемой статье оцениваются возможности оценки пробега грузовых поездов в зависимости от износа элементов фрикционного гасителя колебаний.

Общие положения

Рессорный комплект грузовой тележки модели 18-100 и ее аналогов (рис. 1) включает в себя два клиновых амортизатора 1 [5] и семи двухрядных пружин, каждая из которых состоит из наружной 2 и внутренней 3 пружин, имеющих разную навивку – правую и левую соответственно [6].



Рис. 1. Рессорный комплект грузовой тележки модели 18-100

Одним из основных узлов является фрикционный гаситель колебаний, составные части которого подвержены износу.

Анализ статических данных

По данным 2022 года в текущий отцепочный ремонт поступило 18 391 вагонов АО «ФГК» [7] (рис. 2), при этом гарантийный период безотказной эксплуатации фрикционного клина [8] и узла гашения колебания тележки, согласно всем нормативным документам не установлен до очередного планового вида ремонта, исходя из этого можно утверждать, что причиной появления неисправностей тележек является именно технологический характер [9].

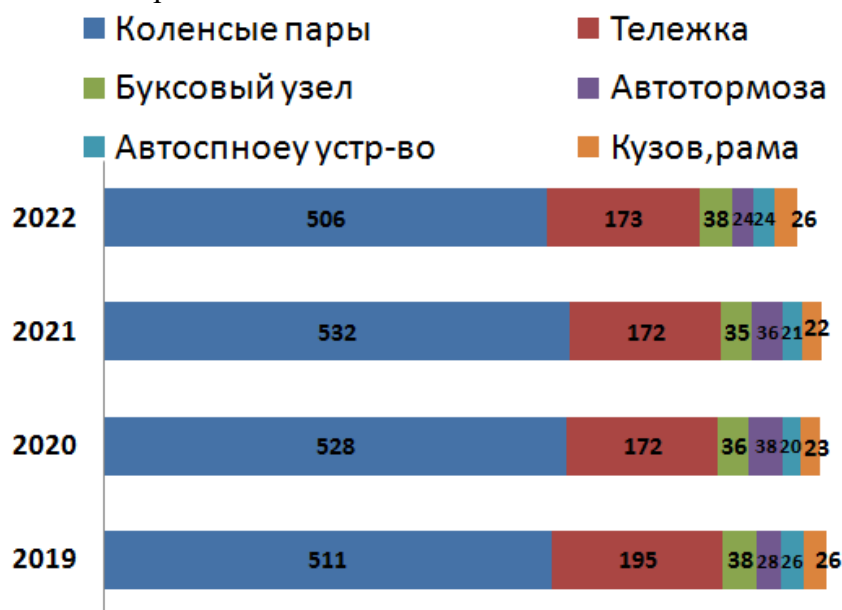


Рис. 2. Диаграмма распределения отказов грузовых вагонов, поступающих в текущий отцепочный ремонт за 2022 год

Согласно проведенного представителями расследования АО «ФГК» совместно с управлением вагонного хозяйства Центральной дирекции инфраструктуры, была инициирована работа по определению причин массовых отцепок вагонов с неисправными тележками из-за износа фрикционного клина. На рисунке 3 представлено место расположения износа фрикционного клина тележек. Проведенное расследование показало, что при плановом ремонте осуществляется установка фрикционных клиньев, которые уже были в употреблении [7], либо происходят нарушения при отступлении от требований руководящих документов на плановые виды ремонта, например, такие как, неправильная механическая обработка

наклонных плоскостей надрессорных балок после наплавки, не соблюдение размеров боковых рам по базе, неверный подбор пружин по высоте в рессорный комплект.

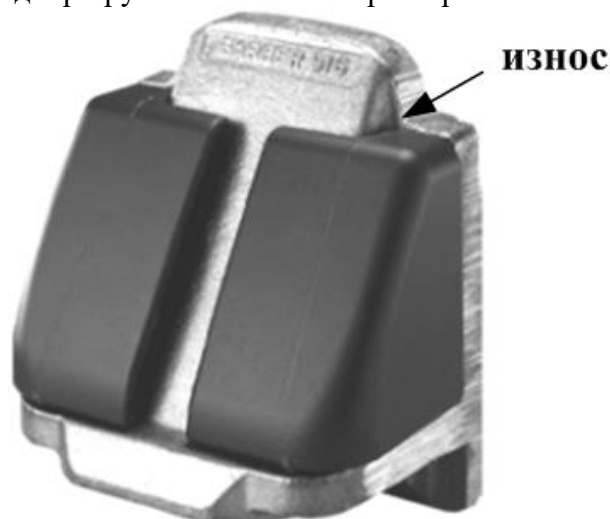


Рис. 3. Место расположения износа фрикционного клина тележек

Для расчета пробега грузовых вагонов [9, 10] до появления максимального износа фрикционного клина [11], воспользуемся методом наименьших квадратов [12]. Для определения коэффициентов линейной функции методом наименьших квадратов, составим вспомогательную таблицу 1, с целью определения коэффициентов линейной функции [13].

Таблица 1

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

k	x	x^2	y	xy	\hat{y}
1	0	0	0	0	-0.08
2	65	4225	1	65	1.21
3	145	21025	3	435	2.79
4	210	44100	4	840	4.08
Σ	420	69350	8	1340	8.24

Построение линейных зависимостей

Далее, произведём расчет коэффициентов линейной функции [4]:

$$a = \frac{(4 \times 1320 - 420 \times 8)}{4} \times 69350 - 420^2 = 0,0198; b = 4 - a \times 420 = -0,0792$$

С учетом полученных значений коэффициентов линейной функции, получим:

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

Ниже приведено построение графика (рис. 4) линейной функции в соответствии с данными замеров поднадзорной эксплуатации грузовых вагонов с износом фрикционных клиньев рессорного комплекта тележек, которые эксплуатировались на Забайкальской железной дороге [14]. На графике видим, что данное уравнение описывает эмпирические данные [15] на 99%.

Прогнозирование максимального износа фрикционного клинья до предельного состояния, показано с помощью графической зависимости на рисунке 5.

Построение функции, рассчитывающей пробег подвижного состава до максимального износа фрикционного клина, показывает, что максимальный износ фрикционного клина происходит при наработке подвижного состава 450 тысяч километров.

Аппроксимация интенсивности износа фрикционного клина

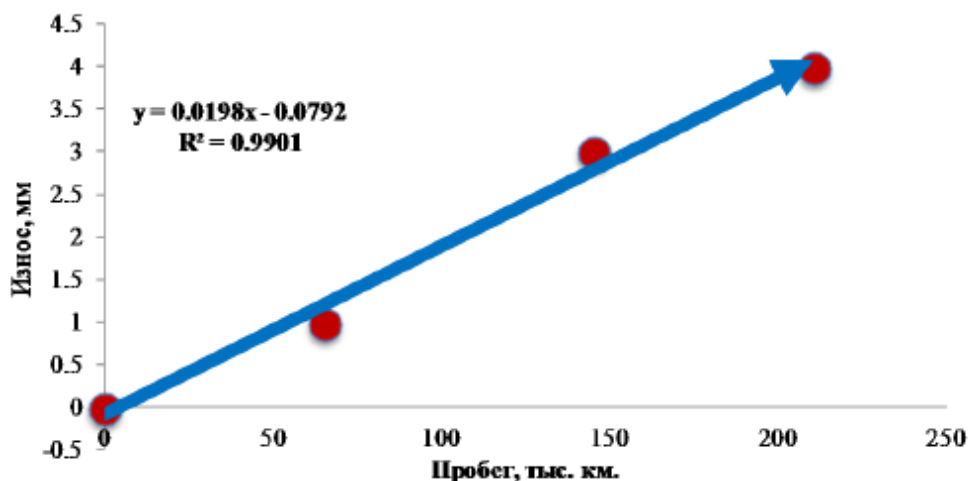


Рис.4. График линейной функции в сочетании в соответствии с данными замеров поднадзорной эксплуатации грузовых вагонов с износом фрикционных клиньев рессорного комплекта тележек

Прогнозирование износа фрикционного клина до предельного состояния

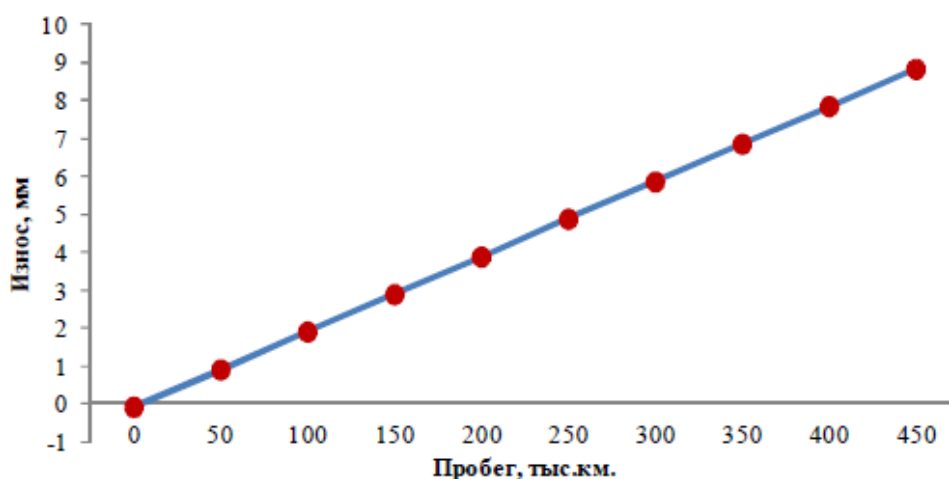


Рис. 5. График функции, рассчитывающей пробег подвижного состава до максимального износа фрикционного клина

Заключение

Таким образом, анализ эксплуатации гасителя колебаний показывает на примере линейных зависимостей связность между параметрами пробега грузовых вагонов и долговечностью фрикционного клина рассматриваемого гасителя. Проведенное исследование дает возможность прогнозировать максимальный износ фрикционного клина в зависимости от величины пробега подвижного состава, что может служить основанием для формирования комплекса рекомендаций для дальнейшей корректировки руководящих документов по ремонту грузовых вагонов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р.
2. Ермоленко, И. Ю. Влияние продольных нагрузок на безопасность движения при эксплуатации на горно-перевальных участках пути / И. Ю. Ермоленко, Д. В. Морозов, Н. П.

Асташков // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 2(82). – С. 104-111. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_2_104.

3. Синтез конструктивных решений на основе демпфирования в пределах внутренней кинематики грузовых вагонов / В. В. Тюньков, Н. П. Рычков, В. С. Бузунова, А. В. Ромашов // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2021. – № 3(11). – С. 9-16. – DOI 10.26731/2658-3704.2021.3(11).9-16.

4. 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.

5. ГОСТ 34503-2018 Клинья фрикционные тележек грузовых вагонов. Общие технические условия

6. 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.

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

8. Справочные материалы причин поступления грузовых вагонов в текущий отцепочный ремонт за 2022 год / Центральная дирекция инфраструктуры управления вагонного хозяйства, проектно-конструкторское бюро вагонного хозяйства. – Москва, 2022. – 153 с.

9. Статистические методы обработки эмпирических данных. Рекомендации / ВНИИНМАШ. – Москва: Изд-во стандартов, 1978. – 232 с.

10. Володарский, В.А. О надежности подвижного состава прошедшего ремонт / В.А. Володарский, А.И. Орленко // Надежность. – 2015 – №1. – С. 25-28.

11. Халафян, А.А. Статистический анализ данных: 3-е изд., учебник / А.А. Халафян. – Москва: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 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. 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.

14. 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.

15. Нормы для расчета и проектирования вагонов, железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» – ГосНИИВ – ВНИИЖТ. – М., 1996. – 319 с

REFERENCES

1. The strategy for the development of railway transport in the Russian Federation until 2030 was approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated June 17, 2008 No. 877-r.

2. Ermolenko, I. Yu., Morozov, D. V., Astashkov, N. P. Influence of longitudinal loads on traffic safety during operation on mountain pass sections of the track. Bulletin of the Rostov State Transport University. - 2021. - No. 2 (82). - pp. 104-111. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_2_104.

3. Tyunkov V. V., Rychkov N. P., Buzunova V. S., Romashov A. V. Synthesis of constructive solutions based on damping within the limits of the internal kinematics of freight cars // Information technologies and mathematical modeling in the management of complex systems. - 2021. - No. 3(11). - P. 9-16. – DOI 10.26731/2658-3704.2021.3(11).9-16.

4. Grabets, A.V. Evaluation of wear of the friction wedge of the vibration damping unit of a freight car bogie / A.V. Grabets, I.V. Levkin, M.V. Sapetov, A.V. Semyonov // Polzunovskiy Bulletin. - 2015. - No. 4. - P. 16-18.

5. GOST 34503-2018 Friction wedges for freight car bogies. General specifications

6. Gordienko I.A. Statistical assessment of the time to failure of gondola cars in the overhaul period / I.A. Gordienko, T.V. Ivanova, D.G. Nalabordin // Wagons and wagon facilities. - 2014. - No. 4. - S. 44-46.
7. Rozhkova E. A., Kovrigina I. V. Development of technological equipment for changing the elements of the spring set of freight car bogies // Modern technologies. System analysis. Modeling. 2021. No. 3 (71). pp. 158-164.
8. Reference materials of the reasons for the receipt of freight cars in the current uncoupling repair for 2022 / Central Directorate of Infrastructure of the Carriage Management Department, Design Bureau of the Carriage Economy. - Moscow, 2022. - 153 p.
9. Statistical methods for processing empirical data. Recommendations / VNIINMASH. - Moscow: Publishing House of Standards, 1978. - 232 p.
10. Volodarsky, V.A. On the reliability of the rolling stock that has undergone repairs / V.A. Volodarsky, A.I. Orlenko // Reliability. - 2015 - No. 1. – P. 25-28.
11. Khalafyan, A.A. Statistical data analysis: 3rd ed., textbook / A.A. Khalafyan. - Moscow: Binom-Press LLC, 2007. - 512 p.
12. Nalabordin D.G. Evaluation of the relationship between the time to failure of freight cars and the causes of failures // Natural and technical sciences, 2011 - No. 1. – S. 268-270
13. Malashkevich, E.A. Forecasting failures of freight cars based on the analysis of statistical information / E.A. Malashkevich, V.A. Petrovs, D.G. Nalabordin // Wagons and wagon facilities. - 2013 - No. 1. - S. 34-37.
14. Shadur L.A., / Calculation of cars for strength / S.V. Vershinsky, E.N. Nikolsky, L.N. Nikolsky, A.A. Popov, L.A. Shadur // M.: Mashinostroenie, 1971. - 432 p.
15. Norms for the calculation and design of cars, railways of the Ministry of Railways of 1520 mm gauge (non-self-propelled) ”- GosNIIV - VNIIZhT. - M., 1996. - 319 p.

Информация об авторах

Ковригина Инна Владимировна - к.т.н., доцент, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: innabella84@mail.ru

Большаков Роман Сергеевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Bolshakov_rs@mail.ru

Яковлева Юлия Сергеевна – студент специальности Подвижной состав железных дорог, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: ulia22783@gmail.ru

Information about the authors

Kovrigina Inna Vladimirovna – candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Rolling stock of railways, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: innabella84@mail.ru

Bolshakov Roman Sergeevich – candidate of technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Operational Work Management", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Bolshakov_rs@mail.ru

Yakovleva Yulia Sergeevna – student speciality of Rolling stock of railways, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: ulia22783@gmail.ru