

Л.В. Мартыненко¹, Д.О. Емельянов¹

¹*Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация*

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В КОЛЕСНЫХ ПАРАХ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ КРИВЫХ УЧАСТКОВ ПУТИ

Аннотация. Современная наука насчитывает множество разнообразных способов и методов исследования актуальных проблем в области железнодорожного транспорта, требующих технических решений. Одним из подобных способов является экспериментальный метод, базирующийся на проведении лабораторных и практических исследований. Данный метод широко распространен и является передовым при проведении оценки динамических параметров, возникающих в колесных парах тележки грузового вагона при прохождении кривых участков пути. Внедрение в эту отрасль инновационного лабораторного оборудования, позволяющего производить более качественную и полную оценку динамических параметров, является одной из фундаментальных задач, требующих решения на пути к получению полной и четкой картины взаимодействий в кривых участках пути. Решение данной задачи заключается в расширении возможностей уже существующих лабораторных стендов и установок, и их модернизации. И ведь на самом деле, приближение таких экспериментальных условий как: профиль пути, кривизна пути, возвышение наружного рельса над внутренним, подуклонка рельсов, наличие дефектов рельсового пути, скорость движения, к реальным эксплуатационным параметрам позволит объективно оценивать динамику движения грузовой тележки в кривых участках пути, учитывая всевозможные особенности рельсового полотна.

Ключевые слова: экспериментальный метод, оценка динамических параметров, кривые участки пути, лабораторный стенд, дефект рельсового пути, скорость движения, инновационное лабораторное оборудование.

L.V. Martynenko¹, D.O. Emelyanov¹

¹*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation*

ESTIMATION OF DYNAMIC PARAMETERS THAT OCCUR IN THE WHEEL PAIRS OF A FREIGHT CAR BOGIE DURING THE PASSAGE OF CURVED SECTIONS OF THE TRACK

Abstract. Modern science has a wide variety of ways and methods of studying current problems in the field of railway transport that require technical solutions. One of these methods is an experimental method based on laboratory and practical research. This method is widely used and is advanced in assessing the dynamic parameters that occur in the wheel pairs of a freight car bogie when passing curved sections of the track. The introduction of innovative laboratory equipment in this industry, which allows for a better and more complete assessment of dynamic parameters, is one of the fundamental tasks that need to be solved on the way to obtaining a complete and clear picture of the interactions in the curved sections of the path. The solution to this problem is to expand the capabilities of existing laboratory stands and installations, and to modernize them. And in fact, the approximation of such experimental conditions as: the profile of the track, the curvature of the track, the elevation of the outer rail above the inner rail, the sub-slope of the rails, the presence of defects in the rail track, the speed of movement, to the real operational parameters will allow you to objectively assess the dynamics of the movement of the truck in the curved sections of the track, taking into account all possible features of the railed.

Keywords: experimental method, estimation of dynamic parameters, curved sections of track, laboratory stand, rail track defect, speed of movement, innovative laboratory equipment

Введение

В настоящее время остро стоит вопрос качества эксплуатируемого подвижного состава, которое связано с ростом количества отцепок вагонов, неудовлетворительного состояние пути и подвижного состава, в частности ходовых частей вагона.[16] Оснащение современным оборудованием по выявлению неисправностей в системе "колесо-рельс", позволяет провести анализ развития дефектов на поверхности катания.[4] В результате детального рассмотрения данных снятых со специализированного оборудования, можно

проводить углубленный анализ взаимодействия между колесом и рельсом в пути следования.[12] Многочисленные исследования и последующая обработка результатов значительно ускорят поиск возможных решений данной проблемы.

Разработка стенда для оценки динамических параметров колесных пар

Предлагаемое устройство, стенд для определения динамических нагрузок, возникающих в колесных парах тележки грузового вагона при прохождении кривых участков пути, относится к области контроля и диагностики параметров ходовых частей грузового вагона по ходу движения в кривых участках пути [19]. Предлагаемое устройство предназначено для проведения лабораторных исследований по определению динамических нагрузок, возникающих в колесных парах тележек грузового вагона при прохождении кривых участков. В ходе движения грузового вагона в кривых участках пути различного радиуса на ходовые части вагона, в частности колесные пары, действуют различного рода нагрузки.[1] Эти нагрузки определяются рядом факторов: величина возвышения наружного рельса над внутренним, боковой износ рельса и колеса, угол набегания колеса на рельс, наличие дефектов на поверхности катания и рельсовом пути, скорость движения, радиус кривизны пути и многое другое.[17] Данный стенд дает возможность воспроизводить 3 скоростных режима для проведения испытаний, задавать и регулировать высоту возвышения наружного рельса над внутренним посредством подъемного устройства, учитывать наличие дефектов поверхности катания и рельсового полотна, а также создавать необходимую нагрузку, действующую на тележку грузового вагона под весом перевозимого груза. В результате обеспечивается возможность углубленного исследования и вариативности при проведении лабораторных испытаний, что позволяет получать данные, необходимые для произведения поиска оптимальных технических решений и последующего сокращения числа возможных сходов железнодорожного подвижного состава.[8]

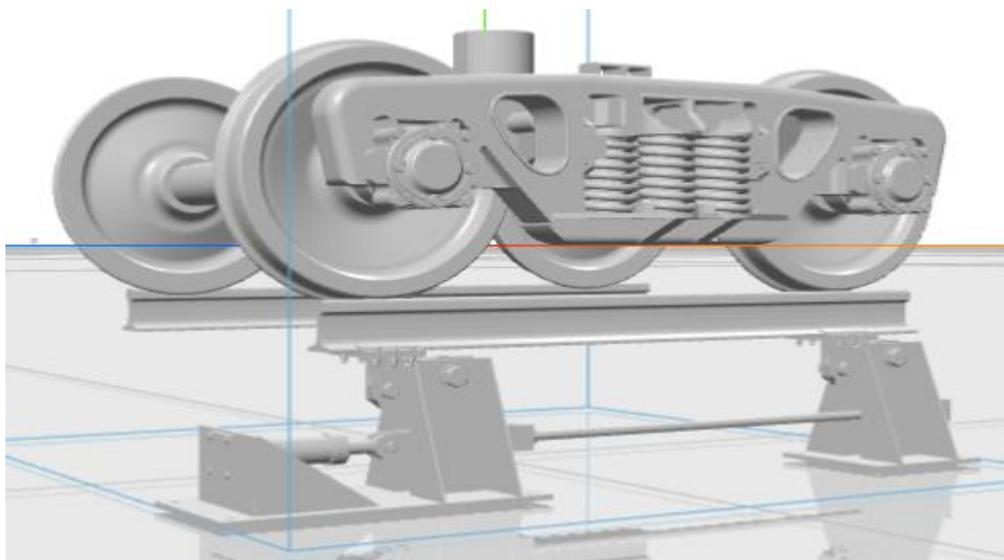


Рис. 1. Стенд лабораторный для оценки динамических параметров, возникающих в колесных парах тележки грузового вагона при прохождении кривых участков пути с тележкой типа 18-100

Разработана и сконструирована динамическая часть стенда. К колесной паре посредством клиноременной передачи подведен асинхронный двигатель, осуществляющий ее вращение в трех скоростных режимах, диапазон, скоростей составляет от 30 до 80 км/ч. Нагрузочная часть стенда, роль которой выполняет нагрузочный портал, также обчислена, сконструирована и исправно осуществляет свои функции по искусственному созданию дополнительных вертикальных нагрузок в полном объеме. К стенду подключен компьютер с необходимым измерительным тензометрическим оборудованием, при помощи которого происходит считывание необходимых параметров, получаемых в ходе эксперимента. На стадии разработки находится подъемный механизм стенда. К данному моменту выполнены чертежи в трех проекциях, создана 3D модель, произведены прочностные расчеты

стандартными методами сопромата, а также методами конечных элементов с использованием математических моделей, как узлов, так и отдельных ответственных деталей. Изготовлена часть изделия и уже находится в эксплуатации.

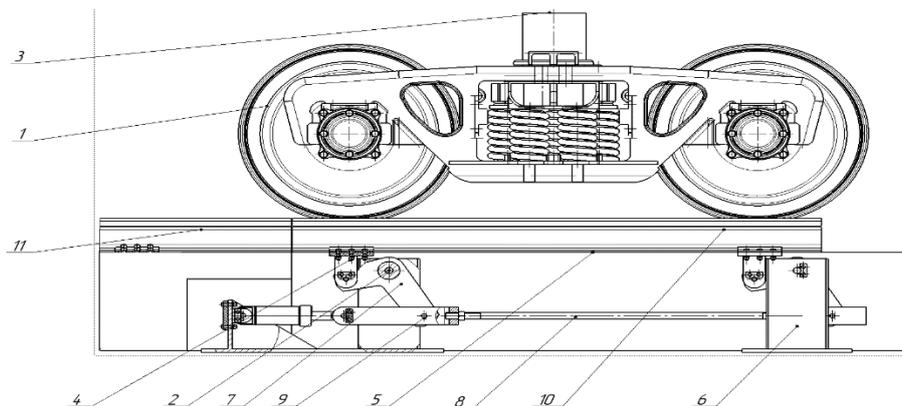


Рис. 2. Общий вид стенда с узлом для регулирования высоты подъема рельса

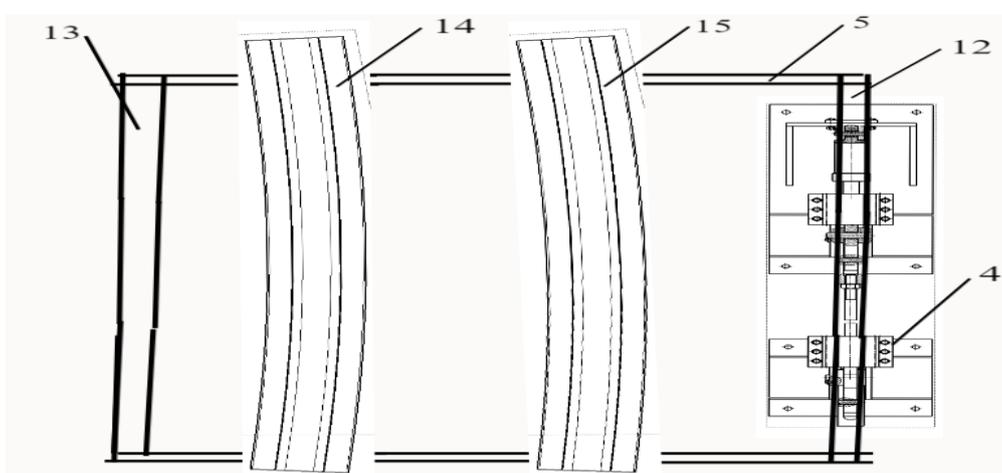


Рис. 3. Общий вид стенда сверху с размещением на основании рельсового блока

Работа стенда

Предполагаемая стандартная схема проведения цикла испытаний выглядит следующим образом:

- 1) При испытании тележка устанавливается с неподвижного участка рельсового пути 11 на рельсовый блок из прямых рельсов 10;
- 2) Искусственно задается нагрузка на тележку при помощи нагрузочного портала 3
- 3) Колесная пара грузовой тележки 1 приводится во вращение. Узел, обеспечивающий вращение колесной пары на фигурах не показан.
- 4) Производятся замеры динамических параметров при разных скоростях и динамических нагрузках;
- 5) Устанавливается тележка на рельсовый блок с большим радиусом кривизны;
- 6) Искусственно задаётся возвышение наружного рельса над внутренним с помощью подъемного механизма 4, содержащего продольную тягу 8, которая перемещает наклонные рычаги 7 рычажного узла 2 под действием гидравлического цилиндра 9, тем самым осуществляет подъём наружной балки 12 с наружным рельсом 15;
- 7) Производятся замеры с учётом возвышения наружного рельса при разных скоростях и нагрузке.
- 8) Устанавливается тележка на рельсовый блок со средним радиусом кривизны;
- 9) Искусственно задаётся возвышение наружного рельса над внутренним с помощью подъемного механизма 4, содержащего продольную тягу 8, которая перемещает наклонные

рычаги 7 рычажного узла 2 под действием гидравлического цилиндра 9, тем самым осуществляет подъем наружной балки 12 с передвижным рельсом 15;

10) Производятся замеры с учётом возвышения наружного рельса при разных скоростях и нагрузке.

11) Устанавливается тележка на рельсовый блок с малым радиусом кривизны;

12) Искусственно задаётся возвышение наружного рельса над внутренним с помощью подъемного механизма 4, содержащего продольную тягу 8, которая перемещает наклонные рычаги 7 рычажного узла 2 под действием гидравлического цилиндра 9, тем самым осуществляет подъем наружной балки 12 с наружным рельсом 15;

13) Производятся замеры с учётом возвышения наружного рельса при разных скоростях и нагрузке.

На рисунке 2 показывается узел станда, связанный с регулированием высоты подъема рельса.

На рисунке 3 показан узел станда, связанный с регулированием высоты подъема рельса, с торца.

На рисунке 2 обозначено: 1 грузовая тележка типа 18-100, 2 - асинхронный двигатель, 3 –нагрузочный портал, 4 –подъемный механизм, 5 – балки, 6 - опоры, 7 – рычажные узлы, 8- продольная тяга, 9 – гидравлический цилиндр, 9- передвижной рельс, 10 – передвижной рельс, 11- неподвижный участок рельсового пути.

На рисунке 3 обозначено: 1 - грузовая тележка типа 18-100, 2 - асинхронный двигатель, 3 –нагрузочный портал, 4 –подъемный механизм, 5 – балки, 6 – опоры.

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по прочности		5.48363	10

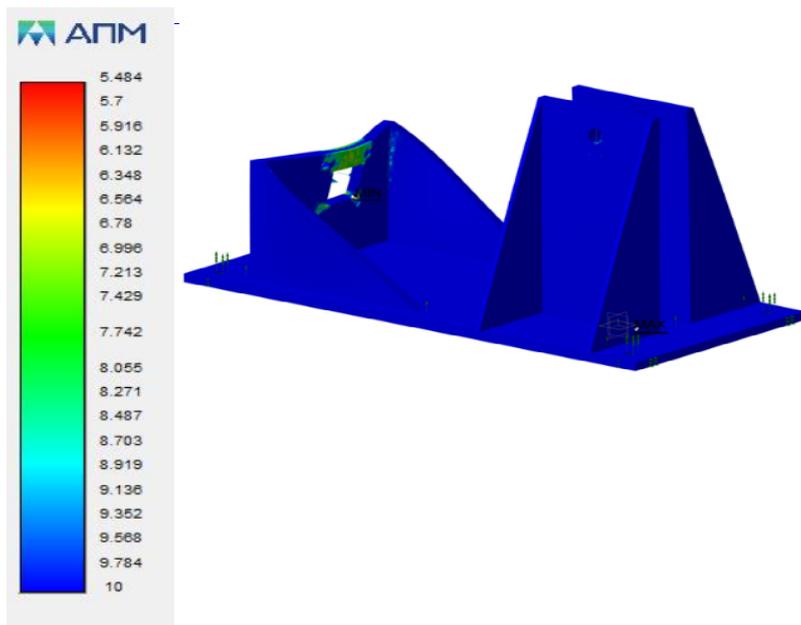


Рис. 4. Результат прочностного расчета методом конечных элементов по коэффициенту запаса прочности

Скорость вращения колесной пары задается вручную, в одном из трех установленных скоростных режимов. Нагружение тележки осуществляется с помощью гидравлического домкрата 3, который создает дополнительные условия для испытаний, повышающие точность замеров и расширенные технические возможности для проведения анализа. Стенд содержит подъемный механизм 4, который содержит: основание 5, узлы, обеспечивающие вращение колесных пар, нагрузку на тележку, а также кран-балку. Отличие заключается в том, что основание 5, на которое устанавливается передвижной рельсовый блок с различными радиусами кривизны 10, представляет собою две продольно установленные

балки, наружную 12 и внутреннюю 13, жестко связанные между собою. Одна балка опирается концами на опоры 6, другая балка концами опирается на подъемный механизм 4, содержащий два рычажных узла 2, связанные продольной тягой 8, которая при продольном перемещении, под усилием штока гидравлического цилиндра 9, меняет положение наклонных рычагов 7 рычажных узлов, шарнирно связанных с нею, тем самым обеспечивается подъем наружной балки 12, опирающейся на рычажные узлы, и передвигного рельса 10. Подъемный механизм позволяет имитировать возвышение наружного рельса над внутренним на необходимую для проведения испытаний величину. Снятие динамических характеристик осуществляется известными в науке методами тензометрии. [5] Возможности стенда позволяют задаваться как стандартным прямым участком рельсового пути, так и заменять его на кривой или же дефектный участок пути. Осуществляется это путем смены соответствующих блоков рельсов – прямых и с различной кривизной для кривых участков пути, для этого тележка временно откатывается на жестко закрепленный участок рельсового пути 11 и заменяется блоками передвигных рельсов. Данная замена осуществляется механически с помощью – кран-балки. Возвышение рельса производят от 10 до 400 мм, что позволяет рассчитать динамическую нагрузку при разном возвышении рельсового пути не только в прямых, но и в кривых участках. Снятие параметров происходит при различных скоростях и меняющихся вертикальных нагрузках в зависимости от типа вагона, а также учитывается техническое состояние пути и вагона, которое влияет на изменение динамики в целом.

Изготовлению деталей, узлов и устройств в целом производится в соответствии с технологиями, обеспечивающими требуемое качество продукции. [10]

Материалы, применяемые для изготовления деталей, должны соответствовать требованиям чертежей и требованиям действующих государственных и отраслевых стандартов и нормативов тяжёлого машиностроения или техническим требованиям, утверждённым в установленном порядке. [2] Соответствие материалов требованиям должно быть подтверждено сертификатами завода-поставщика материалов. Покупные изделия должны быть обязательно снабжены сертификатами производителя.

Все соединения необходимые для изготовления установки должны соответствовать существующим отраслевым и государственным стандартам, ответственные соединения должны подвергаться неразрушающему контролю.

Заключение

Внедрение нового оборудования, модернизация экспериментальной базы и максимальное приближение опытных условий к эксплуатационным наряду с использованием современных технологий являются перспективными направлениями в области анализа и оценки динамических параметров, возникающих в ходе эксплуатации железнодорожного транспорта. [13] Объемы и глубина получаемых данных в ходе описываемых в статье экспериментальных исследований, несомненно, будут являться фундаментальной основой оценки динамических параметров, возникающих в колесных парах тележки грузового вагона при прохождении кривых участков пути.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Быков Б.В. Конструкция тележек грузовых и пассажирских вагонов: Иллюстрированное учебное пособие.: Маршрут, 2004. — 36 с.
2. Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. М.: Транспорт, 1986. 560 с
3. Вершинский С.В., Данилов В.Н., Хусидов В.Д. Динамика вагона изд.3 1991. С. 360
4. Грачева Л.О., Певзнер В.О., Анисимов П.С. Показатели динамики и воздействия на путь грузовых четырехосных вагонов при различных износах тележек и отступлениях от норм содержания в прямых участках пути // Сб. науч. тр. ВНИИЖТ. Вып. 549. М.: Транспорт, 1976. С. 4-25.

5. Доронин И.С. Расчет шейки оси колесной пары на продольную нагрузку // Вестник ВНИИЖТ, 1978. С. 33-34.
6. Ершков О.П. Расчет рельса на действие боковых сил в кривых // Тр. ЦНИИ МПС. Вып. 192. М.: Трансжелдориздат, 1960. С. 5-58.
7. Иванова, В.Ю. МДК 02.01 Организация работы и управление подразделением организации (вагоны) (раздел 3) (тема 3.3): фонд оценочных средств / В.Ю. Иванова. – Москва: УМЦ ЖДТ, 2020. – 40 с.
8. Инструкция по техническому обслуживанию вагонов в эксплуатации (инструкция осмотрику вагонов) № 808-2017-ПКБ-ЦТ.
9. Карпущенко Н.И., Величко Д.В., Бобовникова Н.А. Текст научной статьи по специальности «Механика и машиностроение» Влияние ширины колеи и состояния ходовых частей подвижного состава на интенсивность износов.
10. Кудрявцева Н.Н. Динамические нагрузки ходовых частей грузовых вагонов // Тр. ВНИИЖТ. Вып. 572. М.: Транспорт, 1977. 144 с.
11. Лукин В.В. Анисимов П.С. Федосеев Ю.П. Вагоны. Общий курс. М: Маршрут, 2004. 424 с.
12. Пухов И.В. Между колесом и рельсом. Гудок. Выпуск № 207 (26346), 22.11.2013. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1393921> .(дата обращения 30.04.2020)
13. Ромен Ю.С. Динамика железнодорожного экипажа в рельсовой колее: методы расчета и испытаний. Москва: ВМГ-Принт., 2014. 208 с.
14. Ромен Ю.С., Мугинштейн Л.А., Неверова Л.И. Текст научной статьи по специальности «Механика и машиностроение» Влияние продольных сил в поездах на опасность схода вагона в зависимости от их загрузки.
15. Ромен Ю.С. Певзнер В.О. Основы разработки нормативов содержания пути и установления скоростей движения. Москва: Интекст, 2013. 224 с
16. Рудановский В.М. Методика определения причин сходов подвижного состава в условиях неопределённости // Вестник ВНИИЖТ, 2011. № 4. 10–15 с.
17. Шадур Л.А.(ред.) Вагоны. Конструкция, теория и расчет. 3-е изд., переработано и доп. М.: Транспорт, 1980. С. 439.
18. Шахуняц Г.М. Железнодорожный путь. Москва: Транспорт, 1987. 479 с.
19. Мартыненко Л.В., Емельянов Д.О Заявка на патент “Стенд для определения динамических нагрузок, возникающих в колесных парах тележки грузового вагона при прохождении кривых участков пути”, 2021 г.

REFERENCES

1. Vykov B. V. Design of trucks and passenger cars: an Illustrated textbook.: Route, 2004. - 36 p.
2. Verigo M. F., Kogan A. Ya. Interaction of the track and rolling stock. Moscow: Transport, 1986. 560 p.
3. Vershinsky S. V., Danilov V. N., Khusidov V. D. Dynamics of the car ed. 3 1991. P. 360.
4. Gracheva L. A., Pevzner V. O., Anisimov P. C. performance Indicators and impact on the way cargo four-axle cars with different wears trucks and derogations from norms in the straight sections of the path // Proc. scientific. Tr. VNIIZHT. Vol. 549. М.: Transport, 1976. P. 4-25.
5. Doronin I. S. Calculation of the wheel pair axle neck for longitudinal load // Vestnik VNIIZHT, 1978. P. 33-34
6. Yershkov O. P. Calculation of the rail on the action of side forces in curves / / Tr. TSNIИ MPs. Issue 192. Moscow: Transzheldorizdat, 1960. Pp. 5-58
7. Ivanova, V. Yu. MDK 02.01 Organization of work and management of the organization's division (wagons) (section 3) (topic 3.3): Fund of evaluation funds / V. Yu.Ivanova. - Moscow: UMTS ZHDT, 2020. - 40 p
8. Instructions for maintenance of cars in operation (instructions to the car inspector) No. 808-2017-ПКБ-СТ.

9. Karpushchenko N. I., Velichko D. V., Bobovnikova N. A. Text of a scientific article on the specialty "Mechanics and mechanical engineering" Influence of track width and condition of running parts of rolling stock on the intensity of wear
10. Kudryavtseva N. N. Dynamic loads of running parts of freight cars // Tr. VNIIZHT. Issue 572. M.: Transport, 1977. 144 p.
11. Lukin V. V. Anisimov P. S. Fedoseev Yu. P. Wagons. General course. M: Route, 2004. 424 p.
12. Pukhov I. V. Between the wheel and the rail. Beep. Issue # 207 (26346), 22.11.2013. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1393921> .(accessed 30.04.2020)
13. Romen Yu. S. Dynamics of the railway crew in the rail track: methods of calculation and testing. Moscow: VMG-Print., 2014. 208 p.
14. Romen Yu. S., Muginshtein L. A., Neverova L. I. Text of a scientific article on the specialty "Mechanics and mechanical engineering" Influence of longitudinal forces in trains on the danger of car derailment depending on their loading.
15. Romen Yu. S. Pevzner V. O. Bases of development of standards of the way maintenance and setting of traffic speeds. Moscow: Intext, 2013. 224 p.
16. Rudanovsky V. M. Method for determining the causes of rolling stock gatherings in conditions of uncertainty// Vestnik VNIIZHT, 2011. no. 4. 10-15 p
17. Shadur L. A. (ed.) Vans. Construction, theory and calculation. 3-e ed., revised and additional. M.: Transport, 1980. P. 439
18. Shakhunyats G. M. Railway track. Moscow: Transport, 1987. 479 p
19. Martynenko L. V., Emelyanov D. O. Patent application " Stand for determining the dynamic loads that occur in the wheel pairs of a freight car bogie during the passage of curved sections of the track", 2021

Информация об авторах

Мартыненко Любовь Викторовна – старший преподаватель кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск e-mail: liuba.martinenko@yandex.ru

Емельянов Денис Олегович – студент группы ПСЖ.2-16-1, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: emelyanovdenis1995@mail.ru

Authors

Lyubov Viktorovna Martynenko – senior lecturer of the Department "Wagons and wagon economy", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: liuba.martinenko@yandex.ru

Denis Olegovich Emelyanov – student of the PSZH group 2-16-1, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: emelyanovdenis1995@mail.ru

Для цитирования

Мартыненко Л.В. Оценка динамических параметров, возникающих в колесных парах тележки грузового вагона при прохождении кривых участков пути [Электронный ресурс] / Л.В. Мартыненко, Д.О. Емельянов // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2021. – №1 (11). – Режим доступа: <http://mnv.irkgups.ru/toma/111-2021>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

For citation

Martynenko L.V., Emelyanov D.V. *Otsenka dinamicheskikh parametrov, voznikayushchikh v kolesnykh parakh telezhki gruzovogo vagona pri prokhozhenii krivykh uchastkov puti* [Estimation of dynamic parameters that occur in the wheel pairs of a freight car bogie during the passage of curved sections of the track]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2021, no. 1 (11).