

Л.В. Мартыненко, И.А. Инкеева

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

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ОТКАЗОВ В РАБОТЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ (КАСАНТ)

Аннотация. В статье рассматривается автоматизированная система обеспечения безопасности движения подвижного состава, предназначенная для инфраструктуры ОАО «РЖД» в общем процессе технической эксплуатации. Важное место в работе приобретает системный анализ для которого необходима система, включающая в себя мониторинг объектов инфраструктуры и железнодорожного подвижного состава в целом.

Данная система представляет собой не только единство порядка технических систем, но и расследование случаев отказов технических средств на всех дорогах ОАО «РЖД», а также увеличение достоверности и оперативности сбора информации за счет электронной технологии процесса. Отличительной особенностью системы КАСАНТ от локальных информационных разработок, действующих на сети железных дорог, стала автоматическая фиксация факта отказа технических средств. Для того чтобы, корректно произведен учет факта отказа в системе реализован специализированный механизм проверки поступающих данных на предмет дублирования с возможностью последующего объединения данных пользователя. Перспективой развития данной системы является разработка подсистемы определения показателей надёжности по основным видам оборудования. Задача оценки надежности технических средств является актуальной для инфраструктуры железнодорожного транспорта. Система КАСАНТ, реализует задачи по оценке экономических потерь от отказов, позволяющие определять направление инвестиций в развитие материально-технической базы компании. При этом изменяется система оценки качества работы видов оборудования от количественных показателей. Данная оценка является более объективной и приемлемой с экономической точки зрения.

Ключевые слова: системный анализ, обеспечение безопасности движения, мониторинг объектов инфраструктуры и железнодорожного подвижного состава, фиксация факта отказа технических средств, система КАСАНТ.

L.V. Martynenko, I.A. Inkeeva

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

AUTOMATED SYSTEM FOR ACCOUNTING AND CONTROL OF FAILURES IN THE OPERATION OF TECHNICAL FACILITIES (KASANT)

Abstract. The article discusses an automated system for ensuring the safety of rolling stock traffic, designed for the infrastructure of Russian Railways in the general process of technical operation. An important place in the work is acquired by system analysis, which requires a system that includes monitoring of infrastructure facilities and railway rolling stock as a whole.

This system represents not only the unity of the order of technical systems, but also the investigation of cases of failures of technical means on all roads of Russian Railways, as well as an increase in the reliability and efficiency of collecting information due to the electronic technology of the process. A distinctive feature of the KASANT system from local information developments operating on the railway network was the automatic fixation of the fact of failure of technical means. In order to correctly take into account, the fact of failure, the system implements a specialized mechanism for checking incoming data for duplication with the possibility of subsequent merging of user data. The development prospect of this system is the development of a subsystem for determining reliability indicators for the main types of equipment. The task of assessing the reliability of technical means is relevant for the infrastructure of railway transport. The KASANT system implements the tasks of assessing the economic losses from failures, allowing you to determine the direction of investment in the development of the material and technical base of the company. At the same time, the system for assessing the quality of work of types of equipment changes from quantitative indicators. This assessment is more objective and acceptable from an economic point of view.

Keywords: system analysis, traffic safety, monitoring of infrastructure facilities and railway rolling stock, fixing the fact of failure of technical means, KASANT system.

Введение

Одним из главных и востребованных видов транспорта являются железные дороги, они объединяют в одно целое все области. За последние годы произошли существенные изменения в методах эксплуатации подвижного состава. Объемы железнодорожных перевозок с каждым годом возрастают, что способствует увеличению нагрузки на путь и подвижной состав в целом. Так как увеличивается нагрузка на путь и детали вагона, увеличивается и количество их отказов в процессе эксплуатации, а также негативно сказывается на количества сходов вагонов в горно-перевальных и кривых участках пути. Основной задачей вагонного хозяйства, как отдельного самостоятельного подразделения железнодорожного транспорта, является содержание парка вагонов и контейнеров в работоспособном, исправном состоянии и постоянной готовности для обеспечения грузовых и пассажирских перевозок. Эффективность работы вагонного парка во многом определяется высокой надежностью его технических средств. Постоянно совершенствуется его структура, он пополняется более совершенными по конструкции и надежности вагонами, увеличивается доля специализированного подвижного состава. С повышением объемов перевозок повышается интенсификация эксплуатации вагонов в перевозочном процессе, вместе с тем появляется необходимость увеличивать нагрузку на ось вагона. Все это ведет к ускоренному старению вагонного парка и необходимости совершенствования системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов. Характеристики общего парка Российской Федерации в конце 2021 года, включал 1209,2 тыс. грузовых вагонов, в структуре которого вагоны типовой конструкции составляли 84,2 %, а инновационные вагоны с осевой нагрузкой 25 тс – 15,8 %. Доля закупок инновационного подвижного состава в последние годы регулярно увеличивается. Прогнозируя выбытие грузового подвижного состава из парка Российской Федерации до 2030 года, ожидается исключение по сроку службы 295,2 тыс. ед., или 24,5 вагонов типовой конструкции. В 2021 году было учтено 1184 нарушения безопасности движения (в 2019 году – 1307), которые распределились по организациям и предприятиям следующим образом:

- ВРК -1; -2; -3 – 43 %;
- частные ВЧД – 34 %;
- ВСЗ, ВРЗ – 14 %;
- изготовителей узлов и деталей – 3 %;
- операторов подвижного состава – 1%.

Эффективность деятельности сети железных дорог может быть обеспечена за счет бесперебойной работы технических средств и, в первую очередь, объектов инфраструктуры и подвижного состава, обеспечивающих выполнение перевозочного процесса. Одним из показателей, характеризующих с практической стороны качество работы технических средств, является количество случаев нарушения их нормальной работы. Важное место в работе приобретает системный анализ на базе получения объективной информации из различных источников (в том числе средств диагностики). Для сбора информации об отказах технических средств на основе данных графиков исполненного движения, используемых в перевозочном процессе, разработана комплексная автоматизированная система учета, контроля, устранения отказов технических средств и анализа их надежности КАСАНТ. Сочетания различных способов контроля и идентификации позволяет обеспечить необходимую достоверность и полноту исходной информации о подвижном составе, что качественно повышает эффективность информационно-управляющих систем за счет уменьшения негативного влияния «человеческого фактора» и позволяет перейти к прогнозным методам. КАСАНТ внедрена в промышленную эксплуатацию на всех 16-ти железных дорогах ОАО «РЖД».

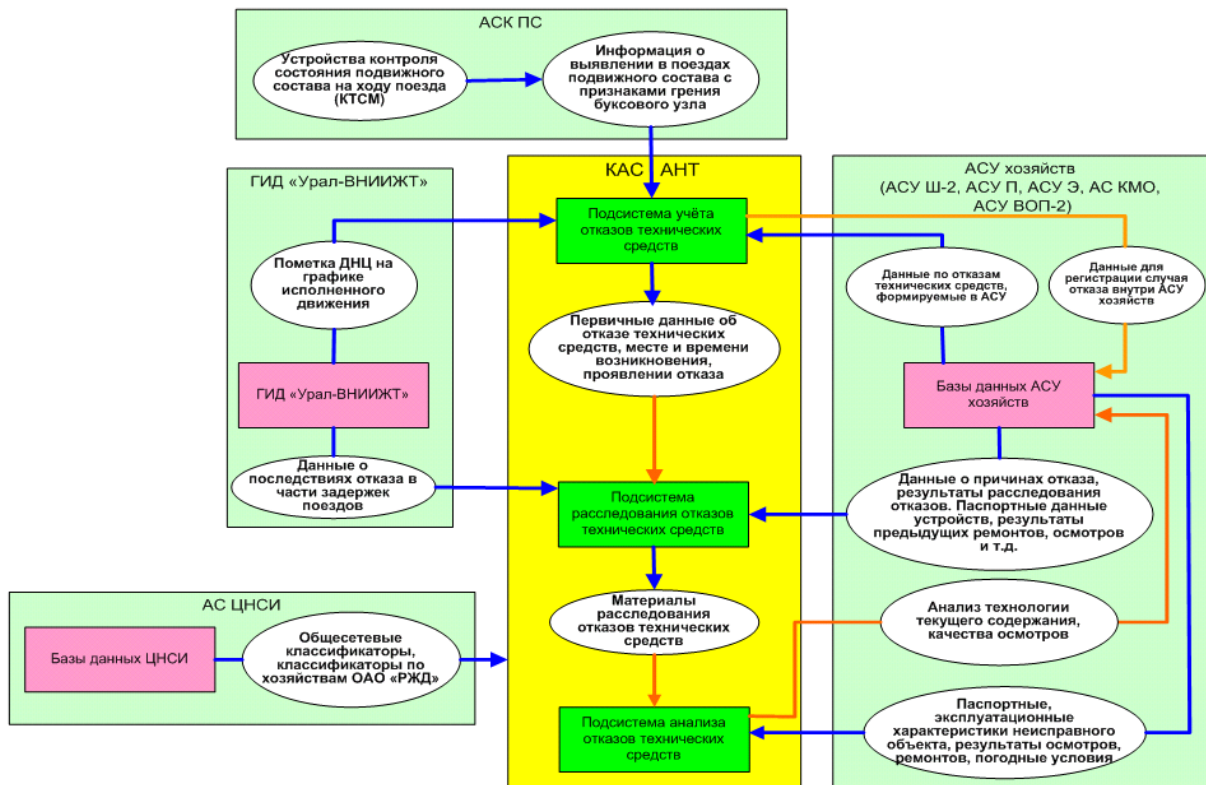


Рис.1. Схема информационного взаимодействия системы КАСАНТ

Анализ динамики важнейших параметров вагонного комплекса за период 2015-2022 гг. показал их существенное улучшение, в том числе сократилось количество событий (на 82,6%), отцепок грузовых вагонов в пути следования (на 60%), технологических нарушений (на 87,7%).

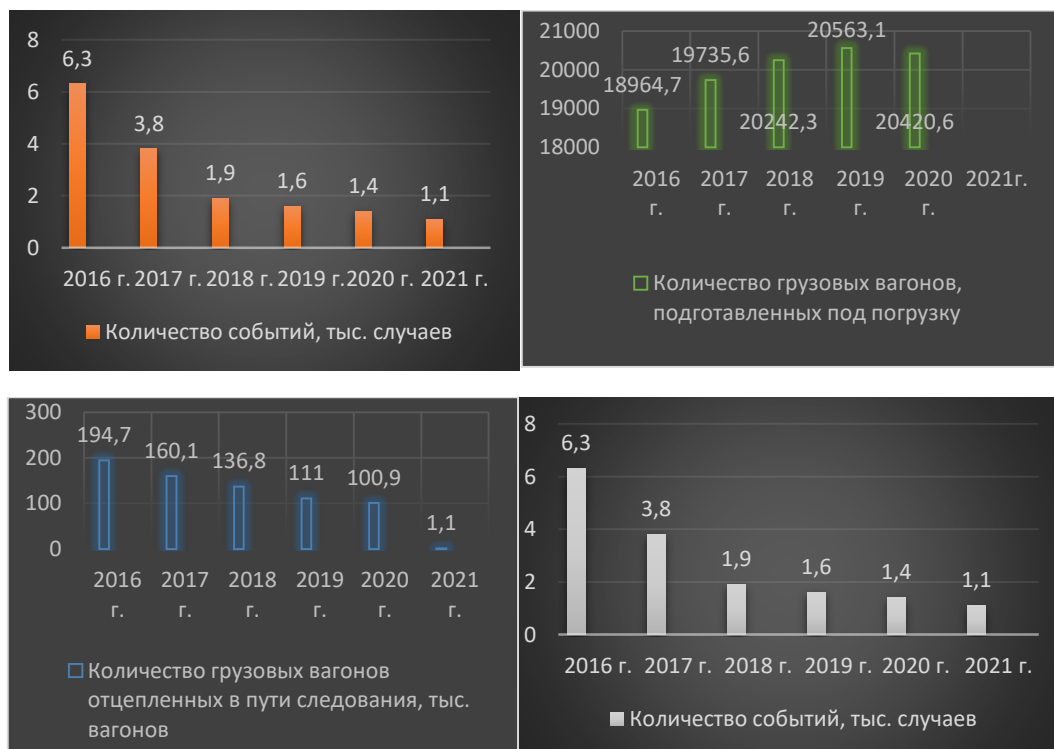


Рис.2. Динамика показателей по вагонному комплексу за период 2016- 2021 гг.

Обращая внимание на причины отцепок грузовых вагонов в непланные виды ремонта (ТР-1, ТР-2), отмечается рост поступлений вагонов в ремонт на 3,4 %. При этом погружено дорог на сети составляло на 2,7 % меньше, чем в предыдущий год. Отцепки грузовых вагонов в ТР-1 (520,3 тыс.) выросли в сравнении с 2020 г. на 0,2 %, а в ТР-2 (848,7 тыс.) – на 5,4 %. Отцепки вагонов в ТР-1 были связаны с неисправностями следующих узлов: кузов, тележек, рам вагона, автосцепного устройства, прочие.

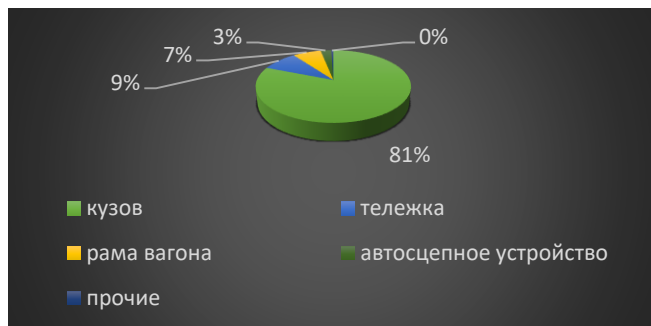


Рис.3. Статистика отцепок вагонов в ТР-1 на 2021 год

По основным узлам вагонов отцепки в ТР-2 распределились следующим образом колесные пары, тележки, автотормоза, автосцепное устройства, кузов, прочие.



Рис.4. Статистика отцепок вагонов в ТР-2 на 2021 год

Конструкция ходовой части грузового вагона включает в себя множество элементов, однако наиболее ответственными является колесная пара. В целях реализации программы, направленной на повышение безопасности движения, ОАО «РЖД» осуществляет меры по модернизации и внедрению технических средств диагностики подвижного состава и пути в целом. Один из вариантов по внедрению и модернизации является применение тензометрических колесных пар, позволяющих в непрерывном движении проводить измерения вертикальных и боковых сил в зоне, близкой к зоне контакта колеса с рельсом.

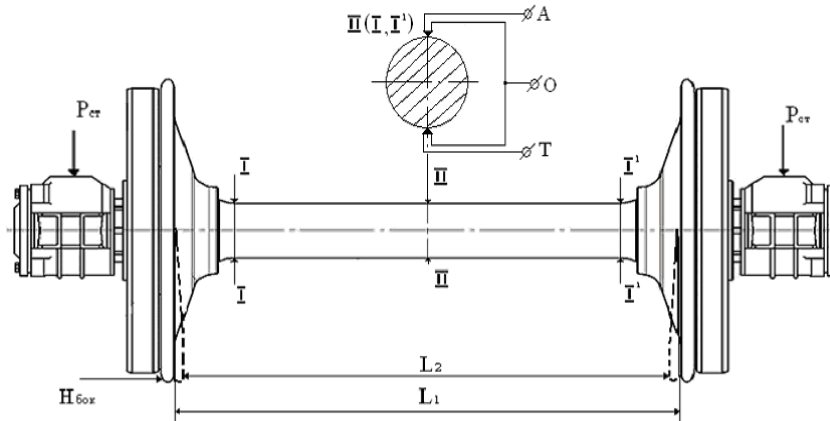


Рис.5. Схема приложения испытательных нагрузок при стендовых испытаниях

Для определения зон минимального взаимного влияния вертикальных и боковых сил применялась конечно-элементная модель колесной пары с использованием программного комплекса Nastran. В узлах конечно-элементной сетки расположенных в радиальном сечении колеса, с помощью специальной опции MSC. Fatigue размещены виртуальные датчики с базой 10*5 мм для оптимизации обработки информации. Общее количество тензорезисторов в модели – 54. Виртуальные датчики деформаций позволяли определять напряженно-деформированное состояние диска колеса при приложении вертикальных и боковых сил.

По результатам моделирования тензометрическая колесная пара на стенде определены зоны минимального взаимного влияния от вертикальных сил на боковые, и наоборот. В качестве основной схемы соединения тензорезисторов на входе измерительных каналов выбран полумост из двух активных тензорезисторов, размещенных на измерительных диаметрах, которые при вращении колеса поочередно входят в зону контактирования и воспринимают деформацию поверхности диска колеса, пропорциональную действующим силам. При такой схеме включения тензорезисторов обеспечивается максимальная чувствительность при минимальных погрешностях измерений, связанных с необходимостью температурной компенсации. Кроме того, выбранный способ соединения тензорезисторов, который обеспечивает самый простой контроль балансировки (контроль нулей) измерительных каналов. Места размещения тензорезисторов на дисках колес ТКП выбраны на основании расчетных данных о напряженном состоянии диска колеса под действием внешних нагрузок различных направлений и результатов экспериментальной проверки напряженного состояния диска на специальном стенде, где колесные пары нагружали внешними силами различных уровней и направлений. Подготовка тензорезисторов к наклейке, их наклейка в предварительно выбранных местах, соединение в измерительные полумосты, изоляция от влаги и механических повреждений были выполнены по специализированной технологии, обеспечивающей возможность длительной и надежной работы измерительных схем без замены и ремонта в условиях работы колесных пар под вагонами – объектами измерений.

Основные требования к качеству выполнения работ на этом этапе оборудования ТКП: высокая степень изоляции тензорезисторов и их соединений от влаги (не менее 50 МОм), прочность приклеивания и надежность восприятия деформации металла под действием внешних сил, обеспечение относительно небольшой (до 0,1 Ом) разницы сопротивлений в плечах измерительных полумостов при подборе и подготовке тензорезисторов. Все ТКП оборудованы тензорезисторами типа LY11-10/350 с базой 10 мм и сопротивлением 350 Ом фирмы НВМ (Германия). Для измерения вертикальных и боковых сил, тензорезисторы наклеиваются с внутренних сторон дисков колес и включаются в схему полумоста. Для определения вертикальных и боковых сил, находящихся в одном створе, используются две группы схем; каждый створ расположен под углом 90° друг к другу. Группы схем обеспечивают точечные измерения вертикальных и боковых сил. Усиление сигнала, его предварительная обработка, передача с вращающейся оси на стационарно установленное приемное устройство на оси колесной пары выполняются с помощью набора модулей, включающего коммутирующие коробки (2 шт.), тензометрические усилители (2 шт.), программируемый логический контроллер (1 шт.), аккумулятор, рассчитанный на 8-10 ч непрерывной работы системы, передатчик сигналов (1 шт.). Оборудование располагается на оси в специально разработанном защитном корпусе.

Тензометрические схемы, расположенные на дисках колесной пары, соединены с измерительными приборами кабелем типа витая пара для исключения искажения сигналов от воздействия электромагнитных полей. Приемник сигналов установлен на главной раме вагона, так что антенна направлена в сторону оси ТКП. Сигналы систем бесконтактной передачи данных направляются в компьютер, находящийся в вагоне-лаборатории. На стационарном компьютере установлена специализированная программа для автоматической обработки информации. Разработанные ТКП могут быть использованы для сравнительной силовой оценки воздействия на железнодорожный путь от грузовых вагонов 25, 27 и 30 тс/ось в

сравнении с грузовыми вагонами 23,5 тс/ось на маршрутах большой протяженности с учетом геометрических параметров рельсовой колеи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Амелин С.В., Андреев Г.Е. Устройство и эксплуатация пути, 1986. С. 55-59.
2. Мельниченко О.В., Цыбульский В.С., Чикиркин О.В. Повышение качества электрической энергии в контактной сети с целью снижения отказов электронного и силового оборудования электровоза // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2008. №3(19). С.58-66/
3. Мельниченко О.В. Протокол эксплуатационных тягово-энергетических испытаний электровоза переменного тока ВЛ80Р № 1829 по Договору ИрГУПС с ОАО «РЖД» № 726/493 от 08.06.2010 г.
4. Ершков О.П. Расчет рельса на действие боковых сил в кривых // Тр. ЦНИИ МПС. Вып. 192. М.: Трансжелдориздат, 1960. С. 5-58
5. Гребенюк П.Т., Долганов А.Н., Некрасов О.А., Лисицын А.Л., Стромский П.П., Боровиков А.П., Чукова Т.С., Григоренко В.Г., Первушина В.М. Правила тяговых расчетов для поездной работы // М.: Транспорт, 1985. 287 с.
6. Комиссаров А.Ф. Итоги работы проектно-конструкторского бюро вагонного хозяйства за 2018 г. // Вагоны и вагонное хозяйство. Приложение к журналу «Локомотив», М.: 2019. №1(49). С. 5-6.
7. Черняк Ю.В, Матвиенко А.С. Определение силы тяги локомотива при производстве тягово-энергетических испытаний. Сборник научных трудов. Дон I ЗТ №12 2007 С.116-126.
8. Жуков И.В. Автономное устройство регистрации расширяет возможности испытательных поездов (Вагон тормозоиспытательный) // Вагоны и вагонное хозяйство. Приложение к журналу «Локомотив», М.: 2019. №1(49). С. 40-41.
9. Доронин И.С. Расчет шейки оси колесной пары на продольную нагрузку // Вестник ВНИИЖТ, 1978. С. 33-34.
10. Филлипов В. Н., Смольянинов А. В., Козлов И. В., Подлесников Я. Д. Инновационные вагоны и проблемы их взаимодействия с элементами инфраструктуры. Безопасность движения поездов // Труды Семнадцатой научно-практической конференции. - М.: МГУПС (МИИТ), 2016. С 68-73.
11. Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года // Распоряжение Правительства РФ от 17 июня 2008 г. №877-р.
12. Мотовилов К. В., Лукашук В. С., Криворудченко В. Ф., Петров А. А.; под ред. Мотовилова К. В. // Технология производства и ремонта вагонов. - М.: Маршрут, 2013.
13. Романова О.В., Боботкова В.Н. Взаимодействие пути и подвижного состава // Материалы X Международной студенческой научной конференции, Студенческий научный форум URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018005669>.
14. Байбаков А. Н., Гуренко В. М., Патерикин В. И., Юношев С. П., Плотников С. В., Сотников В. В., Чугуй Ю. В. Автоматический контроль геометрических параметров колесных пар во время движения поезда // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lazernyy-diagnosticheskiy-kompleks-dlya-kontrolya-kolesnyh-par-vagonov-na-hodu-poezda>.
15. Hauschild G. Автоматическая диагностика колесных пар с помощью системы ARGUSÄ// Glasers Annalen, 2001, № 12, S. 615-625.
16. Morgan R. Оценка систем измерения колес // Railway Track & Structures, 2002, № 7, S 13-15.
17. Венедиктов А. З., Демкин В. Н., Доков Д. С. Измерение параметров колесных пар подвижного состава в движении // ЖДМ, 2003, № 9.
18. Инструменты и принадлежности осмотрщика-ремонтника вагонов. URL: http://www.xn--80adeukqag.xn--p1ai/2016/01/blog-post_42.html.

REFERENCES

1. Amelin S.V., Andreev G.E. Device and operation of the track, 1986. S. 55-59.
2. Melnichenko O.V., Tsybulsky V.S., Chikirkin O.V. Improving the quality of electrical energy in the contact network in order to reduce failures of electronic and power equipment of an electric locomotive // Modern technologies. System analysis. Modeling. 2008. No. 3 (19). pp.58-66
3. Melnichenko O.V. Protocol of operational traction and energy tests of the AC electric locomotive VL80R No. 1829 under the Contract between IrGUPS and Russian Railways JSC No. 726/493 dated 08.06.2010
4. Ershkov O.P. Calculation of a rail on the action of lateral forces in curves // Tr. Central Research Institute of MPS. Issue. 192. M.: Transzheldorizdat, 1960. S. 5-58
5. Grebenyuk P.T., Dolganov A.N., Nekrasov O.A., Lisitsyn A.L., Stromsky P.P., Borovikov A.P., Chukova T.S., Grigorenko V.G., Pervushina V.M. Rules of traction calculations for train work // M.: Transport, 1985. 287 p.
6. Komissarov A.F. The results of the work of the design bureau of the wagon economy for 2018 // Wagons and wagon economy. Supplement to the journal Lokomotiv, Moscow: 2019. No. 1(49). pp. 5-6.
7. Chernyak Yu.V., Matvienko A.S. Determination of the locomotive traction force in the production of traction and energy tests. Collection of scientific papers. Don I 3T No. 12 2007 S.116-126.
8. Zhukov I.V. Autonomous registration device expands the capabilities of test trains (brake test car) // Wagons and wagon economy. Supplement to the journal Lokomotiv, Moscow: 2019. No. 1(49). pp. 40-41.
9. Doronin I.S. Calculation of the axle neck of the wheelset for the longitudinal load // Vestnik VNIIZhT, 1978. P. 33-34.
10. Fillipov V. N., Smolyaninov A. V., Kozlov I. V., Podlesnikov Ya. D. Innovative cars and problems of their interaction with infrastructure elements. Train Traffic Safety // Proceedings of the Seventeenth Scientific and Practical Conference. - M.: MGUPS (MIIT), 2016. P. 68-73.
11. Strategy for the development of railway transport in the Russian Federation until 2030 // Decree of the Government of the Russian Federation of June 17, 2008 No. 877-r.
12. K. V. Motovilov, V. S. Lukashuk, V. F. Krivorudchenko, and A. A. Petrov; ed. Motovilova KV // Technology of production and repair of cars. - M.: Route, 2013.
13. Romanova O.V., Bobotkova V.N. Interaction of track and rolling stock // Proceedings of the X International Student Scientific Conference, Student Scientific Forum URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018005669>.
14. A. N. Baibakov, V. M. Gurenko, V. I. Paterikin, S. P. Yunoshev, S. V. Plotnikov, V. V. Sotnikov, and Yu. train time // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lazernyy-diagnosticheskiy-kompleks-dlya-kontrolya-kolesnyh-par-vagonov-na-hodu-poezda>.
15. Hauschild G. Automatic wheel set diagnostics using the ARGUSÄ system// Glasers Annalen, 2001, No. 12, S. 615-625.
16. Morgan R. Evaluation of wheel measurement systems // Railway Track & Structures, 2002, No. 7, S 13-15.
17. Venediktov A. Z., Demkin V. N., Dokov D. S. Measurement of parameters of wheelsets of rolling stock in motion // ZhDM, 2003, No. 9.
18. Tools and accessories of the wagon inspector-repairer. URL: http://www.xn--80adeukqag.xn--p1ai/2016/01/blog-post_42.html.

Информация об авторах

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

Инкеева Ирина Алексеевна – студентка 5 курса Иркутского государственного университета путей сообщения, специальности подвижной состав железных дорог, специализации вагоны и вагонное хозяйство, г. Иркутск, e-mail irinka_1999ink@mail.ru

Information about the author

Martynenko Lyubov Victorovna – senior lecturer of the department Wagons and Wagon Economy, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail liuba.martinenko@yandex.ru.

Inkeeva Irina Alekseevna – 5th year student of the Irkutsk State Transport University, majoring in rolling stock of railways, specializing in wagons and wagon facilities, Irkutsk, e-mail irinka_1999ink@mail.ru