

Т.А. Булохова¹, К.П. Толмачёва²

¹ Иркутский государственный университет путей сообщений, г. Иркутск, Российская Федерация

² Восточно-Сибирская дирекция по ремонту тягового подвижного состава – структурное подразделение Дирекции по ремонту тягового подвижного состава – филиала ОАО «РЖД», г. Иркутск, Российская Федерация

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ПО МОНИТОРИНГУ И ДИАГНОСТИКИ ЛОКОМОТИВОВ НА БАЗЕ МСУД

Аннотация. Эффективная, безопасная работа железнодорожного транспорта безусловно зависит от надежности технических устройств, соответствия технологических процессов и технических средств требованиям правил технической эксплуатации и технического обслуживания, качества ремонта и восстановления работоспособности подвижного состава, устройств железнодорожного пути, автоматики, телемеханики, связи, систем энергообеспечения и других устройств.

Нарушения безопасности в транспортном процессе приводят к невозможным потерям пропускных и провозных способностей линий, наносят значительный материальный ущерб, а в некоторых случаях создают угрозу для жизни и здоровья людей, окружающей среды. К нарушению обеспечения безопасности движения поездов приводят отказы технических средств.

Современным решением задачи повышения эффективности функционирования процессов технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава на основе использования новых информационных технологий является переход к перспективной системе предиктивного ремонта локомотивов на базе микропроцессорных систем управления (МСУ) со встроенными подсистемами диагностики, контроля и мониторинга. МСУ имеют возможность осуществлять непрерывное или дискретное измерение, регистрацию, передачу и накопление значений достаточно большого пакета аналоговых и дискретных параметров работы всего перечня локомотивного оборудования. [1,5,8]

Ключевые слова: безопасность движения поездов, качество технического обслуживания, предиктивный ремонт, надежность технических средств, микропроцессорная система управления, затраты на обслуживание и ремонт.

Т.А. Bulokhova¹, К.П. Tolmacheva²

¹Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

²East Siberian Directorate for the Repair of Traction Rolling Stock - structural division of the Directorate for the Repair of Traction Rolling stock – branch of JSC «Russian Railways», Irkutsk, the Russian Federation

IMPROVING THE QUALITY OF OPERATION OF ELECTRIC LOCOMOTIVES BY IMPROVING THE ORGANIZATION OF WORK ON MONITORING AND DIAGNOSTICS OF LOCOMOTIVES BASED ON MSUD

Abstract. High discipline and responsibility of each participant of the transportation process is necessary for reliable and accurate operation of all links of railway transport. One of the main tasks of the transportation process is the safety of train traffic.

Low reliability of technical devices, non-compliance of technological processes and technical means with the requirements of the rules of technical operation and maintenance, repair and restoration of operability of rolling stock, railway track devices, automation, telemechanics, communications, power supply systems and other devices negatively affect the safety of train traffic.

Safety violations in the transport process lead to irreparable losses of throughput and carrying capacity of lines, cause significant material damage, and in some cases pose a threat to human life and health, the environment. Failures of technical means lead to a violation of the safety of train traffic.

A modern solution to the problem of increasing the efficiency of the functioning of the processes of maintenance and repair of traction rolling stock based on the use of new information technologies is the transition to a promising system of predictive repair of locomotives based on microprocessor control systems (MCUs) with built-in diagnostics, control and monitoring subsystems. MSUs have the ability to carry out continuous or discrete measurement, registration, transmission and accumulation of values of a sufficiently large package of analog and discrete parameters of the operation of the entire locomotive equipment. [1,5,8]

Keywords: *train safety, maintenance, predictive repair, reliability of technical means, microprocessor control system.*

Введение

Одна из главных задач железнодорожного транспорта – это максимальное удовлетворение потребностей страны в перевозка грузов и пассажиров с наименьшими затратами, при обеспечении безопасности движения и качества перевозок. Выполнение данной задачи невозможно без современного исправного тягового подвижного состава [2,3]. Рациональная эксплуатация и своевременный качественный ремонт локомотивов способствуют бесперебойной, надежной его работе, снижению времени простоя в ремонте и эксплуатационных расходов соответственно. На сегодняшний день, в условиях роста объемов перевозок, локомотив эксплуатируется при больших нагрузках, поэтому очень сложно предугадать, когда и как может произойти отказ какого-либо его узла [13]. В связи с этим разрабатываются и внедряются на практике бортовые измерительные системы диагностирования тягового подвижного состава в процессе эксплуатации, направленные на контроль технического состояния, своевременное выявление и предупреждение отказов. Эффект от внедрения бортовых измерительных систем заключается в сокращении затрат на обслуживание и ремонты. Одной из таких систем является микропроцессорные системы управления – МСУ, которыми оборудуются все серийно выпускаемые локомотивы. Бортовая МСУ фиксирует фактически выполненный локомотивом объем работ и нарушения режимов эксплуатации, а также определяет фактическое техническое состояние локомотива, правильность функционирования оборудования и его работоспособность. Важным моментом в работе МСУ является то, что система сохраняет данные, полученные в процессе мониторинга, позволяя тем самым контролировать техническое состояние локомотива. В зависимости от полученных результатов составляется прогноз технического состояния оборудования и формируются программы технического обслуживания и ремонта [6].

Таким образом, применение современных бортовых систем диагностирования позволяет оптимизировать расходы на проведение технического обслуживания и текущих видов ремонта, поскольку какой-либо вид обслуживания или ремонта будет требоваться только тогда, когда система выявит вероятность отказа и покажет необходимость проведения технического обслуживания и ремонта. Речь идет о переходе на предиктивный ремонт тягового подвижного состава. Предиктивный ремонт – это ремонт, выявленных предотказных состояний и прогнозирование их появления по наличию трендов параметров контроля и диагностирования. [9]

Создание отделов МСУД и анализ работы

С целью накопления и применения диагностической информации создан отдел обработки, консолидации и выдачи комплексного заключения о техническом состоянии локомотивов Восточного полигона железных дорог и режимов их эксплуатации.

Работа отдела МСУД осуществляется:

- на основании регламента взаимодействия мониторинга В-СИБ ТР с региональными ДТ, управлениями ООО «ЛокоТех-Сервис» в границах Восточного полигона;
- на основании заключенного наряд заказа с ЦТ от 10.12.2021г № 199 на расшифровку файлов МСУ с локомотивов, проследовавших Камышет-УК массой более 7000 тонн, локомотивов серии ЗЭС5К структурных подразделений ДТ-филиала ОАО «РЖД». [12]

Снятие информации с системы МСУД локомотивов производится во всех ТРПУ Региональных дирекций по ремонту тягового подвижного состава Восточного полигона, при заходе электровозов серии 4ЭС5К, 2ЭС5К, ЗЭС5К и ЭП в/и приписки ТЧЭ Восточного полигона во все сервисные локомотивные депо Восточного полигона для проведения технического обслуживания ТО-2 или текущего ремонта (ТР-1, ТР-2, ТР-3), а также при проведении непредвиденного обслуживания.

Считывание и расшифровка файлов проводится:

- 1) локомотивам, находящимся в группе риска, согласно перечню ДТ;
- 2) если в процессе поездки были отказы (замечания) в работе локомотива;

3) подконтрольной группе локомотивов 3ЭС5К согласно наряд-заказа на участке Камышет-Ук.

Силами отделения мониторинга В-СИБ ТР формируется база данных по каждому локомотиву, оборудованных системой МСУД приписки электровозов Восточного полигона с отслеживанием динамики изменения технического состояния локомотива и допущенных нарушений режимов эксплуатации. [4]

После расшифровки файла МСУД В-СИБ ТР передает информацию в В-СИБ Т.

Региональные дирекции тяги Восточного полигона выдают поручения сервисным локомотивным депо Восточного полигона на восстановление неисправных систем МСУ, с принятием запретных мер по выпуску локомотива с плановых видов ремонта ТР-1, ТР-2, ТР-3, СР, КР в соответствии с п.3.5.1. инструкции по эксплуатации ИМБД.421455.001РЭ2 (ЗТС.676.004РЭ2).

Руководителями ТЧЭ Восточного полигона на основании поступившей информации организуется работа совместно с сервисными компаниями по устранению выявленных несоответствий, проведению дополнительных ремонтов, проведению диагностических испытаний и т.д., с последующим контролем устранения несоответствий. [9]

Диагностируемый парк ВСЖД составляют 333 локомотива серии Э5К, 2ЭС5К, 3ЭС5К, ЭП-1, ЭП1П. За период с 01.07.2021 г. по 31.12.2021 г. выявлено 330 нарушений на 235 локомотивах Восточного полигона ж.д. Основные типы выявленных нарушений представлены в (табл.1.)

Табл.1. – Основные типы выявленных нарушений

Тип нарушения	Общее	Устранено	Не устранено
Буксование локомотива	23	23	0
Срабатывание защиты ВБ	6	4	2
Срабатывание защиты ГВ	16	13	3
Неисправность датчиков ДПС-У	65	38	27
Нет сбора схемы рекуперации	13	13	0
Отсутствует отключение МВ (постоянно вкл.)	2	2	0
Отсутствует включения МВ	5	5	0
Нарушение режима эксплуатации	6	6	0
Некорректные показания I ТЭД	13	8	5
Некорректные показания U ТЭД	60	35	25
Некорректные показания U контактной сети	16	12	4
Нет запуска МК	3	3	0
Отключение ТЭД	9	8	1
Срабатывание защиты РКЗ	1	1	0
Неисправен ДД масла трансформатора SP-10	1	1	0
Отсутствуют показания работы KV22	1	1	0
Неисправность МСУД	90	67	23
ИТОГО:	330	240	90

Как видим из таблицы, наибольшее количество выявленных системой МСУД отказов приходится на: неисправность МСУД – 90 случаев, неисправность ДПС-У 65 случаев, некорректные показания U ТЭД – 60 случаев. Для наглядности построим диаграмму Парето (рис.1.).

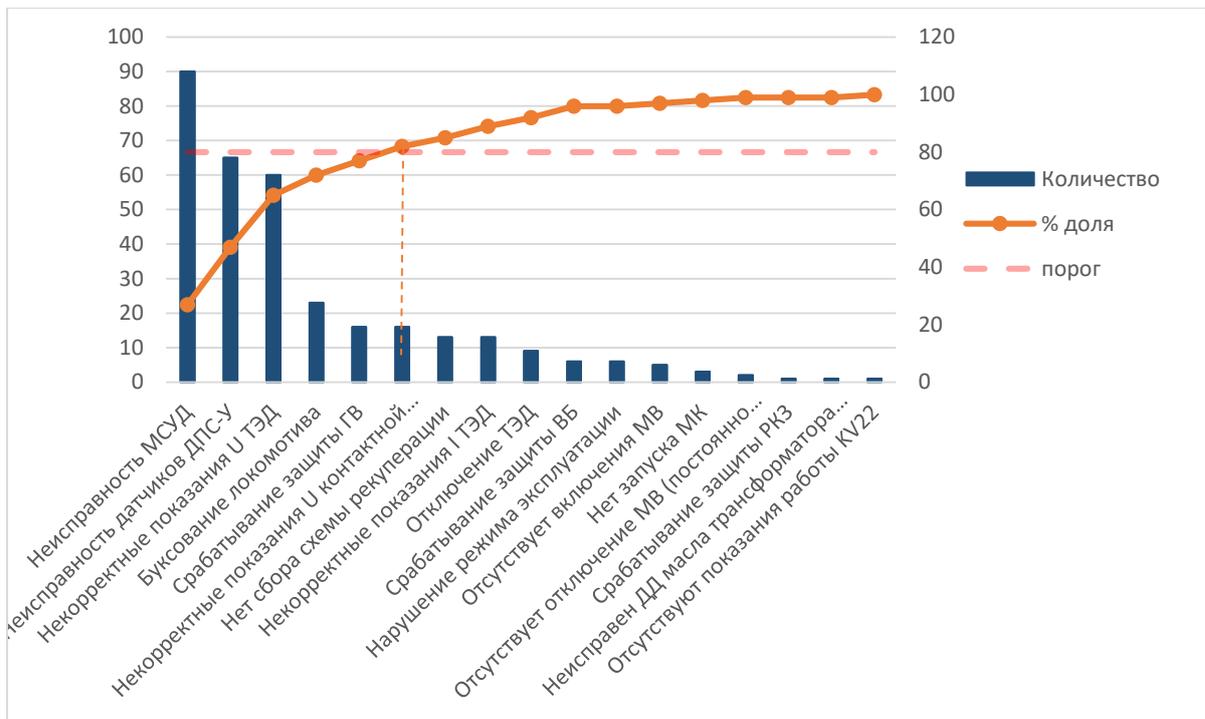


Рис.1. – Распределение выявленных отказов локомотивов

После каждой расшифровки и выдачи заключения, специалист отдела обработки, консолидации и выдачи комплексного заключения о техническом состоянии локомотивов В-СИБ ТР отправляет в адрес балансодержателя пакет документов, с указанным видом неисправности.

В соответствии с бизнес-моделью мониторинга технического состояния локомотивов из регламента взаимодействия, представленного на (рис.2.) по каждому выявленному нарушению балансодержатель должен отчитаться об устранении неисправности.

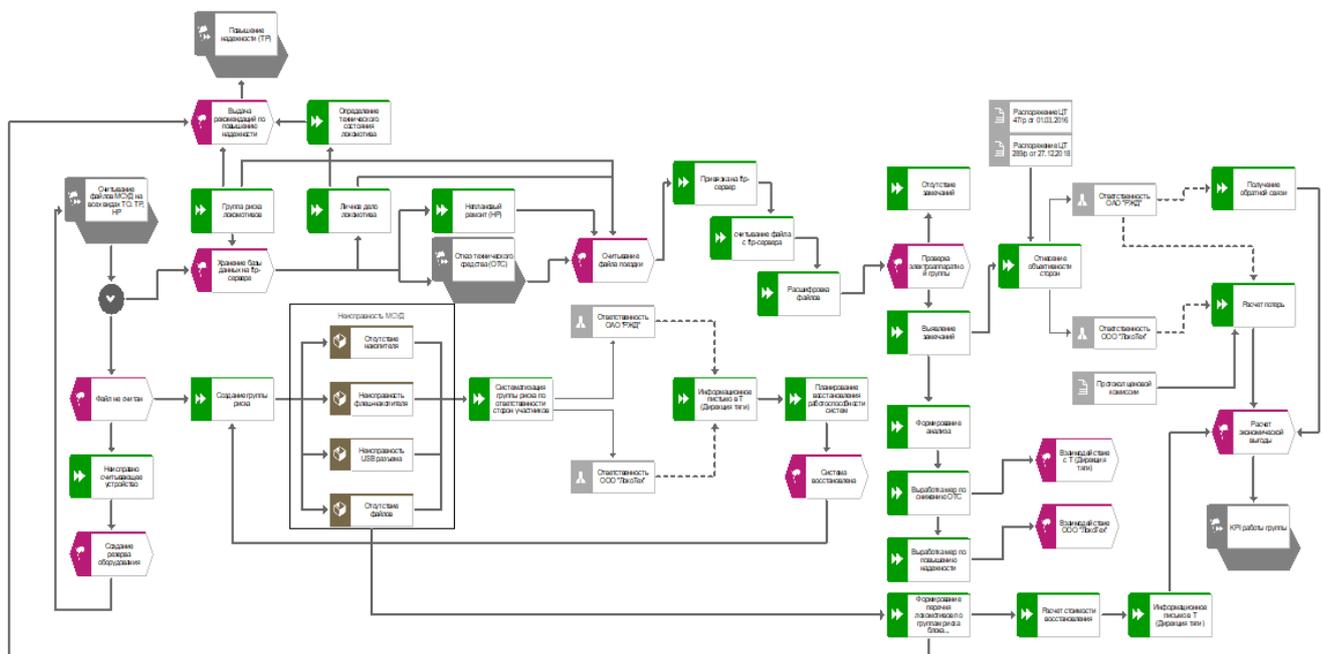


Рис.2. – Бизнес-модель мониторинга технического состояния локомотивов

Однако, на практике, обратной связи не происходит, то есть балансодержатель в ответ на телеграмму о выявленном нарушении не отчитывается об его устранении, что доказывает поведенный анализ статистики отправленных уведомлений и полученных ответов. Видим, что за исследуемый период – из 112 уведомлений получено 14 (12,5%) (табл.2.).

Табл.2. – Статистика работы отделения мониторинга ВС ТР с балансодержателями и предприятиями ООО «ЛокоТех-Сервис» за 7 месяцев 2021 года

Месяц	06	07	08	09	10	11	12	Итого
К-во отправленных указаний	6	7	19	21	23	23	13	112
К-во полученных ответов	0	0	2	2	6	1	3	14

Отсутствие обратной связи об устраненных нарушениях является одной из проблем на текущий момент, что впоследствии может негативно повлиять на безотказность работы технических средств. Уместно вспомнить управленческий цикл Шухарта – Деминга «PDCA». Согласно которому любое управленческое решение должно последовательно проходить следующие стадии: «Plan (планируй) – Do (делай) – Check (проверяй) – Act (действуй)». В нашем случае происходит разрыв управленческого цикла на этапе «Check» – «контроль адекватности мер» [14].

Каждый отказ несет для компании ОАО «РЖД» убытки. Для оценки чаще всего берется только время задержки поезда, а при авариях и крушениях дополнительно рассчитываются затраты на устранение аварийных последствий. Как показывает практика, чем раньше обнаружен дефект и своевременно устранен, тем меньше потерь несет организация. Затраты на корректировку при переходе дефекта от одного этапа жизненного цикла продукции к последующему изменяются на порядок. Это изменение затрат получило название «правило 10-кратных затрат». Данное утверждение проверено нами на примере сравнения затрат на устранения выявленного предотказного состояния с уже произошедшим отказом.

Так, при считывании файлов МСУД на ЭП-1П была выявлена неисправность датчика температуры масла SP-15. Рассмотрим 2 пути решения:

- а) неисправность устранена своевременно;
- б) неисправность не устранена, что впоследствии привело к отказу.

Для устранения текущей неисправности необходима замена датчика на новый. Стоимость такого датчика составляет 183,98 коп. следовательно:

$$P_a = y + N + R + (T * t) + C ,$$

где y – стоимость датчика давления масла, руб.;

N – НДС 20%;

R – рентабельность 7%;

T – часовая ставка слесаря 7 разряда, руб.;

t – время замены датчика, ч.;

C – отчисления на социальные нужды, руб.

$$P = 183,98 + 20\% + 7\% + (155,80 * 0,5) = 183,98 + 36,8 + 25,75 + 77,9 + 23,68 = 348,11 \text{ руб.}$$

Таким образом, затраты на своевременное устранение текущей неисправности составили всего 348, 11 руб. В том случае, если неисправность своевременно не произошла, то это может повлечь за собой отказ в процессе эксплуатации. Рассмотрим случай из практики.

Произошел отказ на 37 часов, что привело к задержке 27 поездов, в т.ч. 2 пассажирских на 1 час 57 мин., 2 пригородных на 1 час 50 мин., 23 грузовых на 33 часа 13 мин. Час задержки грузового поезда составляет – 2025,32 руб., пассажирского – 377,29 руб.

$$P_6 = t_{\text{пасс}} * p_{\text{пасс}} + t_{\text{приг}} * p_{\text{приг}} + t_{\text{гр}} * p_{\text{гр}} + P_a$$

где $t_{\text{пасс}}$ – время задержки пассажирских поездов, ч.;

$p_{\text{пасс}}$ – стоимость часа задержки пассажирского поезда, руб. [11];

$t_{\text{приг}}$ – время задержки пригородных поездов, ч.;

$p_{\text{приг}}$ – стоимость часа задержки пригородного поезда, руб. [11];

$t_{\text{гр}}$ – время задержки грузовых поездов, ч.;

$p_{\text{гр}}$ – стоимость часа задержки грузового поезда, руб. [11];

$P_6 = 1,57 \cdot 377,29 + 1,50 \cdot 325,67 + 33,13 \cdot 2025,32 + 348,11 = 592,35 + 488,51 + 67098,85 + 348,11 = 68527,82$ руб.

Убыток по задержке поездов составляет:

Убыток = $68527,82 - 348,11 = 68179,71$ руб.

Как видим, на данном примере, очевидна экономическая целесообразность обеспечения предупредительного контроля качества процессов на каждой производственной стадии.

Заключение

Своевременное устранение неисправностей, обнаруженных при предиктивной диагностике, позволяет максимально минимизировать аварийные ситуации, неплановые ремонты, избежать незапланированных простоев и отказов подвижного состава, а также сократить затраты на устранение таких ситуаций. Для надежной и четкой работы всех звеньев железнодорожного транспорта необходима высокая дисциплина и ответственность каждого участника перевозочного процесса [3]. Создание отдела обработки, консолидации и выдачи комплексного заключения о техническом состоянии локомотивов на Восточном полигоне может дать положительную динамику снижения отказов и сбоев в работе локомотивов при условии своевременного устранения выявленных замечаний и оперативной обратной связи от Дирекции тяги и ООО «ЛокоТех-Сервис».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аболмасов, А. А. Перспективы предиктивного ремонта / А. А. Аболмасов, И. И. Лакин, А. И. Баранов // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: Материалы междунар. науч.-практ. конф. / Российский университет транспорта (МИИТ). – М., 2018. – С. 87–93.
2. Булохова Т.А., Гуд Ю.О., Оленцевич В.А. Оптимизация эксплуатационной работы объекта транспортной инфраструктуры Восточного полигона с целью повышения его пропускной способности // Молодая наука Сибири. 2020. № 4 (10). С. 113-121.
3. Булохова Т.А. Пути повышения прибыльности транзитных перевозок на Восточном полигоне Транссибирской магистрали / Т.А. Булохова, Н.Н. Григорьева, В.А. Олинцевич. — DOI 10.17150/2411-6262.2021.12(2).21 // Baikal Research Journal. — 2021. — Т. 12, № 2.
4. Газета «Гудок», выпуск №231 (26840) 16.12.2019
5. Губарев, П. В. Применение дистанционной диагностики на тяговом подвижном составе / П. В. Губарев, Н. Р. Тептиков, А. С. Шашпал // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: Материалы междунар. науч.-практ. конф. / Российский университет транспорта (МИИТ). – М., 2018. – С. 160–163.
6. Михеев, В. А. Оперативная оценка технического состояния топливной системы энергетической установки тепловоза/ В. А. Михеев, П. Б. Сергеев // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. - Омск. - 2016. - № 1(25). - С. 41–48.
7. Предиктивная диагностика оборудования тепловоза на основе интеллектуального анализа данных /М.В. Федотов // АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», г. Москва. - 2021 – С. 1-6.
8. Предиктивный ремонт тягового подвижного состава на базе бортовых микропроцессорных систем управления/ В.А. Михеев, О.С. Томилова, А.В. Бородин, // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. - Омск. – 2019 - № 2 (38) – С. 8-15
9. Регламент Взаимодействия отделения мониторинга Восточно-Сибирской дирекции по ремонту тягового подвижного состава с региональными дирекциями тяги, управлениями

ООО «ЛокоТех-Сервис» в границах Восточного полигона, АО «Рослокомотив» №ИСХ-1946/В-СИБ ТР от 31.08.2021 г.

10. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. — М.: РИА «Стандарты и качество», 2008. — 408 с. — ISBN 978-5-94938-063-5.

11. Расходные ставки, определяемые на основе зависящих от объемов работы расходов ОАО «РЖД» по перевозочным видам деятельности / Распоряжение ОАО «РЖД» №127 Р от 26.01.2021 г.

12. Соглашение о взаимном оказании услуг (выполнении работ) в перевозочном процессе на 2021–2022 год между Дирекцией тяги – филиалом ОАО «РЖД» и Дирекцией по ремонту тягового подвижного состава – филиалом ОАО «РЖД».

13. Худояров, Д. Л. Развитие систем бортовой диагностики локомотивов / Д. Л. Худояров, И. А. Тюшев // Инновационный транспорт. – 2018. – № 4(30). – С. 43-48. – DOI 10.20291/2311-164X-2018-4-43-48. – EDN YYBSLR.

14. Automation of the procedure for assessing the quality of transport service for the population in the conditions of digitalization of the railway transportation system / Т. А. Bulokhova, V. A. Olentsevich, V. Y. Konyukhov, D. A. Lysenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Novosibirsk, 17 сентября 2020 года. – Novosibirsk, 2021. – P. 012006. – DOI 10.1088/1757-899X/1064/1/012006. – EDN BFXBBO.

REFERENCES

1. Abolmasov A.A. Prospects of predictive repair / A.A. Abolmasov, I.I. Lakin, A.I. Baranov // Prospects for the development of service maintenance of locomotives: Materials of the International Scientific and Practical Conference / Russian University of Transport (МИИТ). – М., 2018. С. 87-93.

2. Bulokhova, T. A. Optimization of the operational work of the transport infrastructure facility of the Eastern polygon in order to increase its capacity / Т. А. Bulokhova, Yu. O. Gud, V. A. Olentsevich // Molodaya nauka Sibiri. – 2020. – № 4(10). – Pp. 113-121. – EDN MPPVVW.

3. Bulokhova T.A., Grigorieva N.N., Olintsevich V.A. Ways to Increase the Profitability of Transit Traffic on the Eastern Polygon of the Trans-Siberian Railway. *Baikal Research Journal*, 2021, vol. 12, no. 2. DOI: 10.17150/2411-6262.2021.12(2).21. (In Russian).

4. Gazeta «Gudok», выпуск [Newspaper "Gudok", issue] №231 (26840) 16.12.2019

5. Gubarev P.V. Application of remote diagnostics on traction rolling stock / P.V. Gubarev, N.R. Teptikov, A.S. Shapshal // Prospects for the development of service maintenance of locomotives: Materials of the International Scientific and Practical Conference / Russian University of Transport (МИИТ). – М., 2018. – pp. 160-163.

6. Mikheev V.A. Operational assessment of the technical condition of the fuel system of the locomotive power plant / V.A. Mikheev, P.B. Sergeev // *Izvestiya Transsib Omsk State University of Railways*. – Omsk – 2016 - № 1(25). – pp. 41-48.

7. Fedotov M. V. Predictive diagnostics of locomotive equipment based on data mining, JSC "Research and Design Institute of Informatization, Automation and Communication in Railway Transport", Moscow. - 2021 – pp. 1-6.

8. Mikheev V.A., Tomilova O.S., Borodin A.V. Predictive repair of traction rolling stock based on onboard microprocessor control systems, *Izvestiya Transsib / Omsk State University of Railways*. - Omsk. – 2019 - № 2 (38) – Pp. 8-15

9. Regulations of Interaction of the monitoring department of the East Siberian Directorate for the repair of traction rolling stock with regional traction directorates, management of LLC «Lo-coTech-Service» within the boundaries of the Eastern polygon, JSC «Roslokomotiv» № ISH-1946/V-SIB TR, 31.08.2021.

10. Repin V. V., Eliferov V. G. Process approach to management // Business process modeling. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2008. – 408 с. – ISBN 978-5-94935-063-5.

11. Expenditure rates determined on the basis of the volumes of work of JSC "Russian Railways" for transportation activities / Order of JSC "Russian Railways" No. 127 R dated 26.01.2021.

12. Agreement on mutual provision of services (performance of works) in the transportation process for 2021-2022 between the Traction Directorate – a branch of JSC «Russian Railways» and the Directorate for the repair of traction rolling stock – a branch of JSC «Russian Railways».

13. Khudoyarov, D. L. Development of systems of onboard diagnostics of locomotives / D. L. Khudoyarov, I. A. Tyushev // Innovative transport. – 2018. – № 4(30). – Pp. 43-48. – DOI 10.20291/2311-164X-2018-4-43-48. – EDN YYBSLR.

14. Automation of the procedure for assessing the quality of transport service for the population in the conditions of digitalization of the railway transportation system / T. A. Bulokhova, V. A. Olentsevich, V. Y. Konyukhov, D. A. Lysenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Novosibirsk, 17 сентября 2020 года. – Novosibirsk, 2021. – P. 012006. – DOI 10.1088/1757-899X/1064/1/012006. – EDN BFXBBO.

Информация об авторах

Булочова Татьяна Александровна – кандидат экономических наук, доцент, кафедра экономики и управления на железнодорожном транспорте, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: 677623@mail.ru

Толмачёва Ксения Павловна – ведущий экономист Производственного участка Иркутской Восточно-Сибирской дирекции по ремонту тягового подвижного состава – структурного подразделения Дирекции по ремонту тягового подвижного состава – филиала ОАО «РЖД», г. Иркутск, e-mail: ks_pavlovna@mail.ru

Information about the authors

Bulokhova Tatiana Alexandrovna – PhD in Economics, Associate Professor, Department of Economy and Management of Railway Transport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: 677623@mail.ru.

Tolmacheva Ksenia Pavlovna – Leading Economist of the Irkutsk Production Site of the East Siberian Directorate for the Repair of Traction Rolling Stock - structural division of the Directorate for the Repair of Traction Rolling stock – branch of JSC «Russian Railways», Irkutsk, e-mail: ks_pavlovna@mail.ru