

**Т. А. Булохова, К. П. Толмачёва**

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

## **ПРЕДИКТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКА НА ВОСТОЧНОМ ПОЛИГОНЕ**

**Аннотация.** Приоритетами развития холдинга ОАО «РЖД» является создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта, разработка инновационного подвижного состава, где одним из требований является наличие бортовой диагностики вспомогательных машин и вспомогательных цепей, нагруженных механических узлов, экипажной части, пожарно-охранной сигнализации и пожаротушения, а также диагностики тяговых электродвигателей, силовых электрических цепей локомотивов, дизель-генераторных установок и их систем с возможностью реализации функций автоматизированного прогнозирования наступления предотказного состояния оборудования на основе результатов обработки текущих значений и динамики изменения контролируемых параметров, а также формирования тревожных сообщений о наличии риска возникновения отказа [1].

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 предиктивном ремонте тягового подвижного состава. Предиктивный ремонт – это ремонт, выявленных предотказных состояний и прогнозирование их появления по наличию трендов параметров контроля и диагностирования [2-4].

**Ключевые слова:** безопасность движения поездов, качество технического обслуживания, предиктивный ремонт, надежность технических средств, микропроцессорная система управления.

**T. A. Bulokhova, K. P. Tolmacheva**

*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, 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.** The development priorities of the Russian Railways holding are the creation of systems for processing large amounts of data, machine learning and artificial intelligence, the development of innovative rolling stock, where one of the requirements is the availability of on-board diagnostics for auxiliary machines and auxiliary circuits, loaded mechanical units, undercarriage, fire - security alarm and fire extinguishing, as well as diagnostics of traction motors, power electrical circuits of locomotives, diesel generator sets and their systems with the possibility of implementing the functions of automated prediction of the onset of pre-failure state of equipment based on the results of processing the current values and the dynamics of changes in controlled parameters, as well as the formation of alarm messages about the risk of failure. [1]

The use of modern on-board diagnostic systems allows you to optimize the cost of maintenance and ongoing repairs, since any type of service or repair will be required only when the system detects the likelihood of failure and indicates the need for maintenance and repair. We are talking about the predictive repair of traction rolling stock. Predictive repair is the repair of identified pre-failure conditions and the prediction of their occurrence based on the presence of trends in monitoring and diagnostic parameters. [2-4]

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

### **Введение**

Повышение качества деятельности холдинга «РЖД» не может быть достигнуто без применения новых научных и технологических подходов, основанных на информационных технологиях. В «Стратегии научно-технического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года» определены основные принципы формирования и перспективные направления реализации проекта «Цифровая железная дорога ОАО «РЖД» [1].

Ежегодно на железнодорожном транспорте в России и мире происходят тысячи небольших поломок. Поезда отправляют в депо и чинят, но каждый лишний день ремонта поезда –

это не только прямой убыток, но еще и дополнительные расходы, связанные с простоем локомотива [5].

Локомотивный комплекс является вторым по затратам хозяйством ОАО «РЖД» после инфраструктуры. В значительной части, которая составляет вплоть до трети всех эксплуатационных расходов на тягу, это расходы на техническое обслуживание и ремонт подвижного состава. Проблемными вопросами здесь встают преобладание отстающих производственных технологий ремонтного комплекса и отсутствие необходимого и достаточного контроля фактического технического состояния локомотивного парка [2].

Повышение эффективности функционирования процессов технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава на основе использования новых информационных технологий и экспертных систем поддержки принятия решений позволит достичь требуемых показателей эксплуатационной надежности и производительности локомотивов, обеспечив при этом сокращение затрат на выполнение обслуживающих и ремонтных воздействий. Современным решением данной задачи является переход к перспективной системе предиктивного ремонта тягового подвижного состава [6-8].

### **Создание отделов расшифровки и анализ работы**

С момента передачи в 2013 году функции технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава в ООО «ЛокоТех-Сервис» на базе СЛД, с целью выявления нарушений режимов эксплуатации локомотивов, были созданы центры расшифровки файлов МСУД-Н. Работа которых, в основной массе, направлялась на поиск возможности передачи ответственности за порчу оборудования на заказчика, региональные дирекции тяги.

С целью повышения уровня надежности тягового подвижного состава решением научно-технического совета под председательством заместителя генерального директора ОАО «РЖД» - начальника Дирекции тяги О.С. Валинского, прошедшего 4-5 марта 2021 года, было принято решение реализовать на базе Восточно-Сибирской Дирекции по ремонту тягового подвижного состава пилотный проект по расшифровке файлов МСУД-Н электровозов серии 2(3)ЭС5К, Э5К, ЭП1 в/и эксплуатируемых в границах Восточного Полигона.

Таким образом целью пилотного проекта ВС ТР в 2021 году являлась независимая оценка причин повреждения оборудования, отказов технических средств на основе расшифровки и анализа файлов поездки.

В диагностируемую группу электровозов, в границах Восточного полигона, входит 1871 локомотив.

Основные направления работы отделения мониторинга ВС ТР, в период с 15 июня по 31 августа 2022 года распределились на:

- расшифровку файлов регистрации МСУД-Н, на электровозах входящих в «группу риска», по запросу региональной дирекции тяги;
- выявление причин отказов и неплановых видов ремонта;
- проведение предиктивной диагностики (броски, провалы тока и напряжения на ТЭД; отсутствие вкл/откл мотор-вентиляторов; неисправности датчиков; прочие неисправности оборудования на электровозе);
- фиксацию нарушений условий эксплуатации на электровозах.

Основные неисправности выявленные в процессе расшифровки (табл.1), распределились следующим образом:

- неисправность системы МСУД – 90 случаев;
- неисправность датчиков угла поворота ДПС-У системы МСУД-Н – 74 случая;
- некорректные показания напряжения тяговых электродвигателей – 60 случаев;
- боксование колесных пар локомотива – 27 случаев.

**Таблица 1 - Выявленные нарушения в работе локомотивов Восточного полигона при расшифровке файлов МСУД**

<b>Тип нарушения</b>	<b>Общее количество</b>	<b>Устранено</b>	<b>Не устранено</b>
Неисправность МСУД	90	67	23
Неисправность датчика ДПС-У	74	38	36

Некорректные показания U ТЭД	60	35	25
Боксование локомотива	27	27	0
Срабатывание защиты ГВ	17	14	3
Нет сбора схемы рекуперации	13	13	0
Отсутствует отключение МВ (постоянно вкл.)	2	2	0
Отсутствует включение МВ	5	5	0
Нарушение режима эксплуатации	6	6	0
Некорректные показания I ТЭД	13	8	5
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
ИТОГО:	347	248	99

Как видно из таблицы, в период организации работы было выявлено, что техническая неисправность накопителей информации, отсутствие возможности скачать файл, является массовой неисправностью мониторов МСУД. Такое положение сложилось из-за систематического не выполнения Сервисными локомотивными депо требований пункта 3.5.2 руководства по эксплуатации МСУД - ИДМБ.421455.001.РЭ2. Совместно с региональными дирекциями тяги, Центральной дирекцией тяги, сервисной компанией была проведена работа по восстановлению работоспособности.

Вторым этапом работы отделения мониторинга по расшифровке и аналитике файлов поездки МСУД-Н, является анализ файлов поездки на перегоне Камышет-Ук Восточно-Сибирской ЖД (табл.2), согласно подписанному наряд-заказу № ЦТР-199 от 10.12.2021 г. [8].

**Таблица 2 - Исполнение требований соглашения №ЦТР-199 от 10.12.2021 г.**

Тип нарушения	Количество
Превышение времени проследования перегона	118
Нарушение режимов эксплуатации	72
Боксование	64
Отказы технических средств	39
Перегрев ТЭД	32
Неисправность оборудования	15
Ответственность инфраструктуры (состояние пути, график движения поездов)	11
Ответственность Рослокомотив	9

За период с 1 января по 31 мая 2022 года в соответствии с техническим заданием Центральной дирекции тяги «Расшифровка и анализа файлов регистрации МСУД, локомотивов серии ЗЭС5К с поездами массой более 7000 тонн», проанализировано 587 поездок и выявлено 360 замечаний. Наибольшее количество выявленных нарушений распределились по следующим причинам:

- Превышение времени проследования перегона – 118 замечаний;
- Нарушение режима эксплуатации – 72 замечаний;
- Боксование колесных пар локомотива – 64 замечания;
- Отказы технических средств – 39 замечаний;
- Перегрев ТЭД – 32 замечания;

Обращаю ваше внимание, что за анализируемый период на данном перегоне с локомотивами подконтрольной группы допущено 39 отказов технических средств. Повлекшие за собой 314 поездочасов потерь и 785 тыс. руб. в денежном эквиваленте.

Третьим этапом работы отделения мониторинга по расшифровке файлов МСУД-Н, является поручение Центральной Дирекции Тяги согласно программе и методики ПКБ ЦТ 06.0160 (анализ 20 экспериментальных электровозов серии ЗЭС5К).

Работа по расшифровке и анализу файлов поездки, в части выявления коренных причин неисправности локомотива является актуальной работой, в подтверждение тому Центральная дирекция тяги дала поручение отделению мониторинга ежедневно фиксировать фактические значения различных параметров 20 локомотивов серии ЗЭС5К, согласно программы и методики подконтрольной эксплуатации электровозов с поосным регулированием силы тяги ПКБ ЦТ 06.0160. По результатам расшифровки, еженедельно, под председательством ЦТ, с участием представителей НЭВЗ, ПКБ ЦТ и ТМХ проводились селекторные совещания, где рассматривались причины нарушения графического проследования поездов по анализируемому перегону. В ходе реализации данного проекта были выработаны конкретные технические решения, внесенные как изменение программного обеспечения системы МСУД версии 2.9 [9-11].

Благодаря данному программному обеспечению удалось значительно улучшить результаты работы локомотивов поосного регулирования силы тяги с весом 7000 тонн и выше, снижено количество отказов на участке Камышет -Ук до 90 % по вине локомотивных бригад и произведена опытная обкатка данной версии. На сегодняшний день отказы, превышение времени проследования перегона и боксование имеет разовый характер при плохих погодных условиях.

В период с 31.05-31.12.22 анализ технического состояния локомотивов производился только по запросу дирекции тяги с целью определить причины отказов, заявки носили не регулярный характер. С начала 2023 г. в связи с отсутствием перечня работ и наряд-заказов, данные работы не проводятся.

С января 2023 г. расшифровку файлов МСУД производят машинисты-инструктора дирекции тяги и только при возникновении задержки времени проследования локомотива или после того, как произошел отказ. Если проводить диагностику и расшифровку после того, как произошел отказ весь смысл предиктивной диагностики теряется. Так как 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 [13-15].

### **Заключение**

Учитывая вышесказанное, а также существующую политику развития локомотивного комплекса Восточного Полигона, работа по выявлению нарушений технологии ремонта, режимов эксплуатации безусловно является актуальной. Поэтому предлагаю развивать отдел расшифровки ВС ТР, с целью реализации программы предиктивной диагностики тягового подвижного состава. Для этого необходимо реализовать ряд вопросов:

1. Увеличить штатную численности ТРПУ
2. Увеличить штат сотрудников отдела расшифровки до 6 человек для охвата 100% парка локомотивов Восточного полигона (1871 локомотив)
3. Организовать работу взаимодействия Т и ТЧЭ в части оперативного реагирования на выявленные замечания
4. Наделить отдел функцией запрета выдачи локомотивов в эксплуатацию до устранения замечания

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. 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». – Москва, 2021 – С. 1-6.

2. 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.
3. Губарев П. В. Применение дистанционной диагностики на тяговом подвижном составе / П. В. Губарев, Н. Р. Тептиков, А. С. Шапшал // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: Материалы междунар. науч.-практ. конф. / Российский университет транспорта (МИИТ). – М., 2018. – С. 160–163.
4. 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
5. Цифровая трансформация РЖД «Умный локомотив». – URL: <https://rzddigital.ru/projects/umnyy-lokomotiv-sokratil-vremya-diagnostiki-poezdov-do-5-minut/> (дата обращения: 23.05.2023).
6. 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.
7. 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 YUBSLR.
8. 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.
9. 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» ЦТР-199 от 10.12.2021 г.
10. Регламент внесения изменений в программное обеспечение систем управления МСУД-Н, МСУД-001 и МСУД-015 производства АО «ЛЭС» – 4 с.
11. Карта опыта 230-КО-46-2022 от 27.06.2022 г.
12. Предварительное извещение АРКИ.014-2022 ПИ «Об изменении программного обеспечения RU.АРКИ.00068-01 микропроцессорной системы управления и диагностики электровозов переменного тока МСУД-015 для электровозов 2ЭС5К, 3ЭС5К, 4ЭС5К» от 29.06.2022 г. – 4 с.
13. 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.
14. 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.
15. 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. Predictive diagnostics of locomotive equipment based on data mining /M.V. Fedotov // JSC Research and Design Institute of Informatization, Automation and Communications in Railway Transport, Moscow. - 2021 - S. 1-6.
2. Abolmasov, A. A. Prospects for predictive repair / A. A. Abolmasov, I. I. Lakin, A. I. Baranov // Prospects for the development of service maintenance of locomotives: Materials of the Intern. scientific-practical. conf. / Russian University of Transport (МИИТ). - М., 2018. - S. 87–93.

3. 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-practical. conf. / Russian University of Transport (MIIT). - M., 2018. - S. 160-163.
4. Predictive repair of traction rolling stock based on onboard microprocessor control systems / V.A. Mikheev, O.S. Tomilova, A.V. Borodin, // News of the Transsib / Omsk State. University of Communications. - Omsk. – 2019 - No. 2 (38) – P. 8-15
5. Digital transformation of Russian Railways "Smart locomotive" [Electronic resource] URL: <https://rzddigital.ru/projects/umnyy-lokomotiv-sokratil-vremya-diagnostiki-poezdov-do-5-minut/>
6. Predictive repair of traction rolling stock based on onboard microprocessor control systems / V.A. Mikheev, O.S. Tomilova, A.V. Borodin, // News of the Transsib / Omsk State. University of Communications. - Omsk. – 2019 - No. 2 (38) – P. 8-15
7. Khudoyarov, D. L. Development of on-board diagnostic systems for locomotives / D. L. Khudoyarov, I. A. Tyushev // Innovative transport. - 2018. - No. 4 (30). - S. 43-48. – DOI 10.20291/2311-164X-2018-4-43-48. – EDN YYBSLR.
8. Mikheev, V. A. Operational assessment of the technical condition of the fuel system of the diesel locomotive power plant / V. A. Mikheev, P. B. Sergeev // Izvestiya Transsib / Omsk State University. University of Communications. - Omsk. - 2016. - No. 1 (25). - pp. 41–48.
9. Agreement on the mutual provision of services (performance of work) in the transportation process for 2021-2022 between the Directorate of Traction - a branch of Russian Railways and the Directorate for the Repair of Traction Rolling Stock - a branch of Russian Railways TsTR-199 dated 10.12.2021 G.
10. Regulations for making changes to the software of control systems MSUD-N, MSUD-001 and MSUD-015 manufactured by LES JSC - 4 p.
11. Experience card 230-KO-46-2022 dated 06/27/2022
12. Preliminary notice ARKI.014-2022 PI "On changing the software RU.ARKI.00068-01 of the microprocessor control and diagnostic system for AC electric locomotives MSUD-015 for electric locomotives 2ES5K, 3ES5K, 4ES5K" dated June 29, 2022 - 4 s .
13. Bulokhova T.A. Ways to increase the profitability of transit traffic on the Eastern range of the Trans-Siberian Railway / T.A. Bulokhova, N.N. Grigorieva, V.A. Olintsevich. — DOI 10.17150/2411-6262.2021.12(2).21 // Baikal Research Journal. - 2021. - V. 12, No. 2.
14. Bulokhova T.A., Gud Yu.O., Olentsevich V.A. Optimization of the operational work of the transport infrastructure facility of the Eastern polygon in order to increase its throughput capacity // Young Science of Siberia. 2020. No. 4 (10). pp. 113-121.
15. 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, September 17, 2020. - Novosibirsk, 2021. - P. 012006. - DOI 10.1088/1757-899X/1064/1/012006. – EDN BFXBBO.
16. Khudoyarov, D. L. Development of on-board diagnostic systems for locomotives / D. L. Khudoyarov, I. A. Tyushev // Innovative transport. - 2018. - No. 4 (30). - S. 43-48. – DOI 10.20291/2311-164X-2018-4-43-48. – EDN YYBSLR.

### **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 Иркутский 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](mailto:ks_pavlovna@mail.ru)

#### **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