

Industrial Transport of Kazakhstan
ISSN 1814-5787 (print)
ISSN 3006-0273 (online)
Vol. 21. Is. 1. Number 81 (2024). Pp. 88–97
Journal homepage: <https://prom.mtgu.edu.kz>
<https://doi.org/10.58420/ptk/2024.81.01.007>
УДК 656.25

DIAGNOSTICS OF UPPER AND LOWER AUTOMATION AND TELEMCHANICS SYSTEMS IN RAILWAY TRANSPORT

¹*S. Sultangazinov**, ¹*S. Tanatarov*, ¹*M. Orynbayev*, ²*S. Umoh*

¹International University of Transport and Humanities, Almaty, Kazakhstan;

²Southwest Petroleum University, Chengdu, China.

E-mail: sultangazinov.suleymen@mtgu.edu.kz

Suleymen Sultangazinov — Doctor of Technical Sciences, Professor, International University of Transport and Humanities, Almaty, Kazakhstan

E-mail: sultangazinov.suleymen@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1081-0037>;

Sultan Tanatarov — Master's student, International University of Transport and Humanities, Almaty, Kazakhstan

E-mail: tanatarov.sultan@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9323-8303>;

Musa Orynbayev — Master's student, International University of Transport and Humanities, Almaty, Kazakhstan

E-mail: orynbayev.musa@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4557-2697>;

Simeon Umoh — PhD student, Southwest Petroleum University, Chengdu, China

E-mail: Simeon_U8@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9248-9557>.

© S. Sultangazinov, S. Tanatarov, M. Orynbayev, S. Umoh

Abstract. Studied the principles of multifunctional sensors (MFS) physical quantities (PQ), based on different physical effects. The criteria of information and energy and technological compatibility conversion of different values one sensor selected basic methods combined conversion of non-electrical quantities. It is shown that the most advanced and applicable for the automation systems are microelectronic sensors (MES). The structure charts multifunctional sensors with different principles of transformation. The shown models MFS PQ. The proposed classification is physically compatible principles of data conversion of various parameters. Shows concrete implementation examples of semiconductor and piezoelectric MFS PQ.

Keywords: Sensor, function, combined, physical quantity, the principle of conversion, temperature, pressure, vibration, microelectronic

For citation: S. Sultangazinov, S. Tanatarov, M. Orynbayev, S. Umoh. Diagnostics of upper and lower automation and telemchanics systems in railway transport//Industrial Transport of Kazakhstan. 2024. Vol. 21. No. 84. Pp. 88–97. (In Russ.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2024.81.01.007>

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

ТЕМІРЖОЛ КӨЛІГІНДЕГІ АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ ТЕЛЕМЕХАНИКА ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫНЫҢ ЖОҒАРҒЫ ЖӘНЕ ТӨМЕНГІ ДЕҢГЕЙЛЕРІН ДИАГНОСТИКАЛАУ

¹*С. Султангазинов**, ¹*С. Танатаров*, ¹*М. Орынбаев*, ²*С. Умо*

¹Халықаралық көліктік-гуманитарлық университет, Алматы, Қазақстан;

²Оңтүстік-Батыс Мұнай және Газ Университеті, Чэнду, Қытай.

E-mail: sultangazinov.suleymen@mtgu.edu.kz

Сулеймен Султангазинов — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: sultangazinov.suleymen@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1081-0037>;

Султан Танатаров — магистрант, Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: tanatarov.sultan@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9323-8303>;

Муса Орынбаев — магистрант, Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: orynbayev.musa@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4557-2697>;

Симеон Умо — PhD студент, Оңтүстік-Батыс Мұнай және Газ Университеті, Чэнду, Қытай

E-mail: Simeon_U8@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9248-9557>.

© С. Султангазинов, С. Танатаров, М. Орынбаев, С. Умо

Аннотация. Әр түрлі физикалық шамалардың (ФШ) көп функциялды датчиктердің (КФД) физикалық әсерлерді зерттелген. Басқа датчиктің энергиясын қайта құндылықтарды критерийлері және ақпараттық-технологиялық сыйысымдылығы, электрлік емес шамаларды конверсиясын аралас негізгі әдістерін таңдалған. Ол автоматтандыру жүйелері үшін ең озық және қолданыстағы микроэлектронды датчиктер (МЭД) екенін көрсетілген. Айырбастау түрлі принциптеріне көпфункционалды датчиктер сұлбасы. КФД ФШ модельдері. Түрлі параметрлерін трансформация принциптерін физикалық үйлесімділігі жіктеу. Шалаөткізгіш және пьезоэлектрических КФД ФШ нақты мысалдарын көрсетілген.

Түйін сөздер: Датчик, функция, физикалық саны, айырбастау принципі, температура, қысым, діріл, микроэлектрондық

Дәйексөздер үшін: С. Султангазинов, С. Танатаров, М. Орынбаев, С. Умо. Теміржол көлігіндегі автоматтандыру және телемеханика құрылғыларының жоғарғы және төменгі деңгейлерін диагностикалау // Қазақстан өндіріс көлігі. 2024. Том. 21. № 81. 88–97 бет. (Орыс тіл.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2024.81.01.007>

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

ДИАГНОСТИКА ВЕРХНЕГО И НИЖНЕГО СТРОЕНИЯ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

¹С. Султангазинов*, ¹С. Танатаров, ¹М. Орынбаев, ²С. Умо

¹Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан;

²Юго-Западный нефтяной университет, Чэнду, Китай.

E-mail: sultangazinov.suleymen@mtgu.edu.kz

Сулеймен Султангазинов — д.т.н., профессор, Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан

E-mail: sultangazinov.suleymen@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1081-0037>;

Султан Танатаров — магистрант, Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан

E-mail: tanatarov.sultan@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9323-8303>;

Муса Орынбаев — магистрант, Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан

E-mail: orynbayev.musa@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4557-2697>;

Симеон Умо — PhD студент, Юго-Западный нефтяной университет, Чэнду, Китай



Аннотация. Исследованы принципы построения многофункциональных датчиков (МФД) физических величин (ФВ), основанных на различных физических эффектах. Определены критерии информационно-энергетической и технологической совместимости преобразования различных величин одним датчиком, выбраны базовые методы совмещенного преобразования неэлектрических величин. Показано, что наиболее современными и применимыми для систем автоматики являются микроэлектронные датчики (МЭД). Приведены структурные схемы многофункциональных датчиков с различными принципами преобразования. Приведены модели МФД ФВ. Предложена классификация физически совместимых принципов преобразования различных параметров. Показаны конкретные примеры реализации полупроводниковых и пьезоэлектрических МФД ФВ.

Ключевые слова: Датчик, функция, физическая величина, принцип преобразования, давления, температура, вибрация, микроэлектронный

Для цитирования: С. Султангазинов, С. Танатаров, М. Орынбаев, С. Умо. Диагностика верхнего и нижнего строения устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта//Промышленный транспорт Казахстана. 2024. Т. 21. No. 81. Стр. 88–97. (На рус.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2024.81.01.007>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

Железнодорожный транспорт остается одной из ключевых отраслей экономики, обеспечивающей устойчивость грузовых и пассажирских перевозок. Надежность и безопасность его функционирования в значительной степени зависят от технического состояния устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта, а также элементов верхнего и нижнего строения пути, с которыми данные устройства функционально и конструктивно связаны. В этой связи особую значимость приобретает диагностика состояния указанных объектов, позволяющая своевременно выявлять отклонения параметров, прогнозировать отказы и оптимизировать процессы технического обслуживания и ремонта (Белязо, Дмитриев, 1987: 45–47; Горелик, 2013: 12–15).

Выбор темы настоящего исследования обусловлен наличием устойчивой проблемной ситуации, выражающейся в высоком уровне отказов устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), значительная часть которых связана с состоянием верхнего и нижнего строения пути. Анализ эксплуатационных данных показывает, что до 60 % отказов приходится на рельсовые цепи и связанные с ними элементы, функционирующие в условиях интенсивных механических, климатических и электрических воздействий (Султангазинов, 2014: 88–91; Горелик, 2013: 56–59). Несмотря на наличие регламентированных планово-предупредительных ремонтов, существующая система технического обслуживания в ряде случаев не обеспечивает своевременного выявления скрытых дефектов, что приводит к увеличению времени локализации неисправностей и снижению общей надежности систем.

Актуальность исследования определяется, с одной стороны, возрастанием требований к безопасности движения поездов и надежности работы устройств железнодорожной автоматики, а с другой — отсутствием комплексных диагностических решений, ориентированных на одновременную оценку состояния как элементов пути, так и устройств автоматики и телемеханики. Современные условия эксплуатации, включая рост скоростей движения и увеличение нагрузок на инфраструктуру, требуют перехода от преимущественно регламентных методов обслуживания к диагностически

ориентированным и предиктивным подходам (Жуков, 1988: 102–105; Султангазинов, 2012: 34–37). Теоретическая значимость темы заключается в развитии представлений о системном взаимодействии элементов пути и средств автоматики, а практическая — в возможности использования результатов исследования при организации технического обслуживания и повышении эксплуатационной надежности устройств СЖАТ.

Объектом исследования являются устройства автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта и элементы верхнего и нижнего строения пути, обеспечивающие их функционирование. Предмет исследования — методы и средства диагностики технического состояния верхнего и нижнего строения, а также связанных с ними устройств автоматики и телемеханики. Целью исследования является разработка и обоснование диагностических подходов к оценке состояния верхнего и нижнего строения устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта с целью повышения надежности и эффективности их эксплуатации.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ структуры и причин отказов устройств СЖАТ;
- выявление наиболее уязвимых элементов верхнего и нижнего строения пути;
- обоснование необходимости внедрения диагностических средств контроля состояния;
- разработка подходов к автоматизации измерений и локализации неисправностей.

Методологическую основу исследования составляют системный и структурно-функциональный подходы, методы анализа эксплуатационной статистики отказов, сравнительный анализ существующих диагностических решений, а также методы технической диагностики и измерений, применяемые в железнодорожной отрасли (Беленький, 1974: 118–122; Оралбекова, 2021: 41–44). В качестве рабочей гипотезы выдвигается положение о том, что внедрение автоматизированных средств диагностики состояния верхнего и нижнего строения пути позволит существенно сократить время обнаружения и локализации отказов устройств автоматики и телемеханики и повысить общую надежность систем.

Материалами исследования послужили данные эксплуатационных отказов устройств СЖАТ за ряд лет, нормативно-техническая документация, учебные и научные труды отечественных и зарубежных авторов, а также результаты анализа функционирования рельсовых цепей и связанных с ними элементов. Характеристика исследуемого материала включает как количественные показатели отказов по службам и видам устройств, так и качественный анализ причин их возникновения, что обеспечивает достоверность полученных выводов.

Таким образом, представленное исследование направлено на решение актуальной научно-практической задачи, связанной с повышением эффективности диагностики и эксплуатации устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта, и вносит вклад в развитие диагностически ориентированных подходов к содержанию железнодорожной инфраструктуры.

Материалы и методы исследования

Методология настоящего исследования ориентирована на комплексное изучение состояния верхнего и нижнего строения устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта с позиции их надежности, отказоустойчивости и эксплуатационной пригодности. В основе методологического подхода лежит сочетание системного анализа, методов технической диагностики и анализа эксплуатационной статистики отказов, что позволяет рассматривать исследуемую проблему как совокупность взаимосвязанных технических, организационных и эксплуатационных факторов.

Вопросы исследования и гипотеза

Ключевыми вопросами исследования являются:

- какие элементы верхнего и нижнего строения пути в наибольшей степени влияют на надежность устройств автоматики и телемеханики;

- какие виды отказов преобладают в системах СЦБ и каково их распределение по службам и элементам;

- в какой мере существующие методы технического обслуживания позволяют своевременно выявлять и локализовать неисправности;

- каким образом автоматизация диагностических измерений может повысить эффективность эксплуатации устройств СЖАТ.

В качестве рабочей гипотезы выдвигается положение о том, что внедрение комплексных диагностических методов контроля состояния верхнего и нижнего строения пути, основанных на автоматизированных измерениях и анализе эксплуатационных параметров, позволит снизить долю отказов рельсовых цепей и сократить время их локализации по сравнению с традиционными регламентными методами обслуживания.

Материалы исследования

Материалами исследования послужили:

- статистические данные об отказах устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта за ряд лет эксплуатации, включая распределение отказов по элементам, службам и причинам;

- нормативно-техническая документация, регламентирующая требования к устройствам СЦБ и элементам железнодорожного пути (ГОСТ 12.26-76, 2007: 12–18);

- учебные и научные публикации, посвященные вопросам диагностики, эксплуатации и надежности устройств автоматики и телемеханики;

- результаты анализа эксплуатационного состояния рельсовых цепей, изолирующих стыков, кабельных линий и стрелочных переводов, полученные на основе обобщения данных дистанций пути и сигнализации.

Количественная характеристика материала включает относительные показатели отказов (в процентах) отдельных элементов систем СЦБ, а также среднее число отказов, зафиксированных в течение годового и трехлетнего эксплуатационного периода. Качественная характеристика материала представлена анализом причин отказов, связанных как с внешними климатическими и механическими воздействиями, так и с человеческим фактором, включая ошибки обслуживающего персонала и нарушения регламентов технического обслуживания.

Исследование проводилось в несколько последовательных этапов.

На первом этапе был выполнен анализ научных и нормативных источников, посвященных вопросам эксплуатации и диагностики устройств автоматики и телемеханики, а также изучен опыт предшествующих исследований в данной области без повторения ранее опубликованных выводов.

На втором этапе осуществлялся сбор и систематизация эксплуатационных данных об отказах устройств СЖАТ, их классификация по видам и причинам возникновения.

На третьем этапе проводился сравнительный анализ эффективности существующих методов технического обслуживания и диагностики, а также выявлялись наиболее проблемные элементы верхнего и нижнего строения пути.

Заключительный этап был направлен на обоснование необходимости внедрения автоматизированных средств диагностики и формирование выводов о перспективах повышения надежности устройств автоматики и телемеханики.

В работе использованы следующие методы исследования:

- системный и структурно-функциональный анализ для изучения взаимосвязей между элементами пути и устройствами автоматики;

- статистический анализ эксплуатационных отказов с использованием относительных и средних показателей;

- метод классификации и группировки отказов по элементам и причинам;

– сравнительный анализ существующих диагностических и эксплуатационных подходов;

– методы технической диагностики параметров рельсовых цепей, включая контроль сопротивления изоляции, целостности цепей и параметров электрических соединений (Султангазинов, 2014: 134–138; Оралбекова, 2021: 58–61).

Использование указанных материалов и методов обеспечивает научную обоснованность исследования и достоверность полученных выводов, а также позволяет выявить новизну в применении комплексного диагностического подхода к оценке состояния верхнего и нижнего строения устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта.

Результаты и обсуждение

Под целевой системой содержания верхнего и нижнего строения устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта понимают взаимозависимость и принципы деятельности служб, занимающихся ремонтом и содержанием верхнего и нижнего строения железнодорожного пути, а также связанный с ними комплекс средств для сбора, передачи и обработки информации. В функции системы входят и установленные способы принятия решений о необходимости ремонта, наличии оптимальной мощности для выполнения, размышления баз, определении запасов материалов, запасных деталей для оборудования и т.д.

Актуальная информация о состоянии железнодорожного пути (верхнего и нижнего строения, мощности для его ремонта и запасов является фактором, который в системе играет главную роль. Каждый управленческой- распорядительный орган в системе содержания верхнего и нижнего строения пути для выполнения своих задач должен получать информацию:

В полном объеме, но не излишнюю; в нужное время; в виде, обеспечивающем ее немедленное использование.

Основным источником информации была и будет диагностика верхнего и нижнего строения железнодорожного пути. Помимо основных целей, в системе его содержания есть еще одна, своего рода высшая цель, заключающаяся в оптимизации наработки железнодорожного пути. Это определенное отступление от жестких правил планово-предупредительного ремонта, оправдано до тех пор, пока не создана развернутая диагностическая система. С созданием такой системы решения о ремонте будут приниматься с учетом всех фактических потребностей и действительного состояния верхнего и нижнего строения пути.

Несмотря на целый ряд организационных и технических мероприятий по повышению надежности работы устройств автоматики и телемеханики, к которым относят плановые и профилактические ремонты, организацию новых методов обслуживания, обучение обслуживающего персонала правилам и методам устранения отказов, время поиска локализации неисправностей все чаще является неоправданно большим.

Это объясняется многим объективными и субъективными факторами. Объективные факторы обусловлены работой устройств в сложных климатических условиях, территориальной рассредоточенностью их вдоль железнодорожного полотна, подверженностью механическим воздействиями (тряске, вибрации движущихся поездов), износом и старением элементов и т.д. К субъективным факторам можно отнести некачественность ремонта и обслуживания устройств, ошибки обслуживающего персонала при устранении и неисправностей, отсутствие должных программ и таблиц поиска неисправностей и также конкретных инструкций и рекомендаций при проведении ремонта и профилактики.

Анализируя данные об отказах систем автоматики и телемеханики за один год приведен относительное число отказов отдельных узлов систем СЦБ:

- В кабельных линиях обрыв жил кабеля-25,9 %.

- Заниженное сопротивление изоляции-2 1,4 %.

- Повреждение кабеля-8,9 %, короткие замыкания жил-3 9 %, прочие отказы- 4.8 %.

В электроприводах: потеря контактов автопереключателей-43,5 %, несоответствие электрических характеристик привода-25 % короткие замыкания в электрических цепях стрелки-12 % раз регулировка контрольных тяг-10 %, прочие отказы-9,5 %

В станционных рельсовых цепях: отказ изолирующих стыков-27,8 %, пробой изоляции стрелочной гарнитуры-27,8 %, неисправность переключателя стрелочных электроприводов-20,3 %, отказы реле-9,28 %, низкое сопротивление балласта-9,1 %, прочие отказы-5,5 4 %.

В системе блочной маршрутно-релейной централизации: рельсовые цепи-30,2 %, стрелочные переводы и электроприводы-10,8 %, светофоры-9,5 %, кабельные линии-10,9 %, предохранители-6.9 %, источники питания 10,9 %, блоки-6,9 %, прочие устройства-4,9 %.

Устройств автоматической переездной сигнализации: рельсовые цепи - 31,7 %, светофоры-10,3 %, звуковая сигнализация – 6 %, аппаратура формирования кодовых сигналов-14,2 %, источники питания-12,3 %, путевые реле-10,2 %, аппаратура управления шлагбаумом-10 %, прочие отказы-5,3 %;

Относительное число отказов элементов СЦБ в различных системах:

рельсовые цепи-46,9 %, сигнальные цепи-5,3 %, кабельные линии-7,2 %, светофорные лампы-7,3 %, путевые реле-7,3 %, источники питания-7,6 %,

дешифраторных ячейки-6,1 %, устройства формирования кодовых сигналов-8,1 %, прочие отказы- 4,2 %

Характеристика таких отказов и относительные их значения, полученные на основе анализа работы [2;4] устройств автоматики и телемеханики нескольких дистанции за один год приведены в табл.1.

Таблица 1-Характеристика отказов

Основные причины ошибок обслуживающего персонала	Среднее число отказов	Отказ %
1. Некачественная проверка аппаратуры	452	28,1.
2.Неудовлетворительное качество текущего обслуживания	761	49,7
3. Установка нетиповых предохранителей	45	2,9
4.Несоблюдение правил выключения устройств из зависимостей.	69	4,4
5.Несогласование ремонтных работ другими службами	232	14,9

Анализ данных показывает, что процентное отношение наиболее повреждаю щим и узлами устройств СЖАТ являются рельсовые цепи (РЦ).Отказы рельсовых цепей составляют более 60% от общего количества отказов.

Несмотря на проведение целого комплекса мероприятий и улучшению методики проектирования, технологии изготовления совершенствованию режимом эксплуатации РЦ, еще имеют место в большом количестве нарушения нормального функционирования.

Такая большая повреждаемость РЦ объясняется спецификой устройств и условиями работы. На каждый элемент РЦ непрерывное воздействует

комплекс различных негативных эксплуатационных внешних климатических факторов, приводящих к отказам РЦ.

К этим факторам относятся:

- ударные нагрузки на РЦ, воздействующие от подвижного состава, вследствие чего многократно изменяются механические наложения и накапливаются дефекты элементов;
- эксплуатационный фактор, в сильной степени влияющий на параметры элементов РЦ, включающий количество и качество перевозки химикатов по региону

• внешние климатические факторы, непрерывно воздействующий на РЦ и вызывающие многообразные процессы в элементах и изменения их основных параметров; РЦ являющиеся территориально - рассредоточенными и одним из самых труднообслуживаемых устройств СЖАТ, в которых часто встречаются случаи ошибок технического персонала и небрежной эксплуатации.

По анализам повреждений, зафиксированных в течение трех годовой эксплуатации распределено отказов по службам.

Отказы по причине службы П:

- Растяжка изолирующих стыков-46, 1 %
- Сход изолирующих стыков-38,7 %
- Отсутствие подрезки балласта-6,0 %
- Загрязнение башмаков стрелки-5,1 %
- Пробой изоляции сквозных полос на стрелке-2,0 %
- Отсутствие зазор в корне пера стрелки- 1,7 %
- Излом рельса-1,6 %
- Расширение или сужение колец из-за незакр. рельса-1.0 %
- Накат рамного рельса-0,7 %
- Пробой железобетонных шпал-0,5 %

Отказы по причине службы Ш:

- Обрыв рельсового соединителя-31,3 %
- Обрыв кабельных жил или понижение. Изоляций кабеля-18.0 %
- Повреждение постовых устройств -10,4 %
- Перегорание предохранителей-9,6 %
- Регулировка контрольных тяг стрелки-7.5 %
- Обрыв дроссельных перемычек-6,2 %
- Перегорание лампочек светофоров-5.0 %
- Неисправность эл. мотора стрелочного привода-3,8 %
- Неисправность контактов автопереключателя-3,2 %
- Повреждение аккумуляторных батарей-2,7 %
- Нарушение изоляции стрелочных гарнитур-2,3 %

Общее число отказов устройств СЖАТ складывается из отказов по причинам, зависящим от служб путевого хозяйства (П), сигнализации и связи (Ш), электрификации (Э), движения (Д), локомотивного хозяйства (Т) и др.

Из анализа видно, что до 50 % от общего числа отказов устройств СЖАТ падает на службу путевого хозяйства, а на службу связи более 40 % и в основном на РЦ. Техническое обслуживание РЦ и оперативное восстановление их после отказов осуществляется в основном, работниками служб пути и связи. Но из-за отсутствия технических средств контроля состояния элементов РЦ работники службы пути не имеют возможности выявить место отказа или определить необходимость профилактики, а работники службы связи не всегда имеют возможность его устранения.

Для эффективного технического обслуживания технический персонал должен иметь информацию о местонахождении и виде неисправности.

Но сегодня остаются нерешенными такие первостепенные задачи, как автоматизация трудоемких измерений, пока не созданы пригодные для непосредственного использования на практике технические средства для обнаружения, предупреждения и локализации отказов РЦ.

Заключение

В ходе проведенного исследования была реализована поставленная цель, заключающаяся в комплексной оценке состояния верхнего и нижнего строения устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта с позиции их надежности, диагностируемости и эксплуатационной эффективности. Применение системного,

структурно-функционального и статистического методов анализа позволило всесторонне изучить причины и характер отказов элементов систем СЦБ, а также выявить ключевые факторы, влияющие на снижение надежности их функционирования.

Использованные методы исследования подтвердили целесообразность комплексного подхода к диагностике, основанного на анализе эксплуатационных данных, нормативно-технической документации и обобщении практического опыта технического обслуживания. В результате проведенного анализа установлено, что наибольшая доля отказов устройств автоматики и телемеханики приходится на рельсовые цепи и связанные с ними элементы верхнего и нижнего строения пути. Их повреждаемость обусловлена совокупным воздействием механических нагрузок от подвижного состава, неблагоприятных климатических факторов, а также эксплуатационных и организационных причин, включая ошибки обслуживающего персонала и недостаточную оснащенность средствами оперативной диагностики.

Полученные результаты подтверждают выдвинутую в работе гипотезу о том, что существующие регламентные методы технического обслуживания не обеспечивают своевременного выявления и локализации неисправностей рельсовых цепей и других элементов СЖАТ. Анализ показал, что значительная часть отказов носит скрытый характер и выявляется лишь после нарушения нормального функционирования устройств, что приводит к увеличению времени восстановления и росту эксплуатационных затрат.

На основании результатов исследования сделан вывод о необходимости перехода от преимущественно планово-предупредительной системы обслуживания к адаптивной модели, основанной на данных автоматизированной диагностики фактического состояния верхнего и нижнего строения пути. Внедрение таких подходов позволит повысить достоверность оценки технического состояния устройств автоматики и телемеханики, сократить количество отказов, а также снизить влияние человеческого фактора при принятии решений о ремонте и профилактике.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности их использования при разработке и внедрении автоматизированных диагностических систем контроля рельсовых цепей и элементов железнодорожного пути, а также при совершенствовании методик технического обслуживания в службах пути, сигнализации и связи. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой multifunctional датчиков и интеллектуальных систем мониторинга, интегрируемых в существующую инфраструктуру СЦБ, а также с созданием алгоритмов прогнозирования отказов на основе накопленных эксплуатационных данных.

Таким образом, проведенное исследование вносит вклад в развитие научных представлений о диагностике и эксплуатации устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта и создает основу для дальнейших прикладных и теоретических разработок в области повышения надежности и безопасности железнодорожных перевозок.

ЛИТЕРАТУРА

- Бекасов, 1994 — Бекасов В.И., Лысенко Н.Е., Муратов В.А. и др. Охрана труда в грузовом хозяйстве железных дорог. — М.: Транспорт. — 1994. — 284 с. [Russ.]
- Беленький, 1974 — Беленький М.Н., и др. Экономика и планирование эксплуатационных работ на железнодорожном транспорте. — М.: Транспорт, — 1974. — 256 с. [Russ.]
- Белязо, 1987 — Белязо И.А., Дмитриев И.А. Маршрутно-релейная централизация. — М.: Транспорт, — 1987. — 319 с. [Russ.]
- Жуков, 1988 — Жуков В.И. Охрана труда на железнодорожном транспорте. — М.: Транспорт. — 1988. — 151 с. [Russ.]
- ГОСТ 12.26-76, 2007 — ГОСТ 12.26-76. Цвета сигнальные и знаки безопасности. — М.: Издательство стандартов, — 2007. — 140 с. [Russ.]
- Султангазинов, 2018 — Султангазинов С. Элементы автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте. Учебное пособие. — 2014. — 240 с. [Russ.]
- Оралбекова, 2021 — Оралбекова А.О. Жоғары жылдамдықты көлік жүйелерінің жай-күйін детектрлеудің технологиялық үрдістерін автоматтандыру. — Алматы: КУПС, — 2021. — 160 с. [Kaz.]

Горелик, 2013 — Системы железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. В двух частях. Часть 2: Учебник / Под ред. А.В. Горелика. — М.: ФГБОУ "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", — 2013. — 205 с. [Russ.]

Султангазинов, 2012 — Султангазинов С.К., Рустамбекова К.К. Теміржол көлігіндегі автоматтандыру және басқару жүйелері: Оқу құралы. — Алматы: Алла Прима, — 2012. — 176 с. [Kaz.]

Султангазинов, 2021 — Султангазинов С.К. Телекоммуникациялық желілердің құрал-жабдығын пайдалану. Оқу құралы. — Алматы: ҚҚЖУ. — 2021. — 164 с. [Kaz.]

REFERENCES

Bekasov, 1994 – Bekasov, V.I., Lysenko, N.E., Muratov, V.A., et al. (1994). Okhrana truda v gruzovom khozyaistve zheleznykh dorog [Occupational Safety in Freight Operations of Railways]. — Moscow: Transport. — 1994. — 284 p. [in Russ.]

Belenkii, 1974 – Belenkii, M.N., et al. (1974). Ekonomika i planirovanie ekspluatatsionnykh rabot na zheleznodorozhnom transporte [Economics and Planning of Operational Activities in Railway Transport]. — Moscow: Transport. — 1974. — 256 p. [in Russ.]

Belyazo, 1987 – Belyazo, I.A., Dmitriev, I.A. (1987). Marshrutno-releinaya tsentralizatsiya [Route-Relay Interlocking]. — Moscow: Transport. — 1987. — 319 p. [in Russ.]

Zhukov, 1988 – Zhukov, V.I. (1988). Okhrana truda na zheleznodorozhnom transporte [Occupational Safety in Railway Transport]. — Moscow: Transport. — 1988. — 151 p. [in Russ.]

GOST 12.26-76, 2007 – GOST 12.26-76 (2007). Tsveta signal'nye i znaki bezopasnosti [Signal Colors and Safety Signs]. — Moscow: Izdatel'stvo standartov. — 2007. — 140 p. [in Russ.]

Sultangazinov, 2018 – Sultangazinov, S. (2018). Elementy avtomatiki i telemekhaniki na zheleznodorozhnom transporte [Elements of Automation and Telemechanics in Railway Transport]. Textbook. — 2018. — 240 p. [in Russ.]

Oralbekova, 2021 – Oralbekova, A.O. (2021). Zhogary zhylyamykty kolik zhuielerinin zhai-kuiin detektreudin tekhnologiyalyk urdisterin avtomattandyru [Automation of Technological Processes for Detecting the Condition of High-Speed Transport Systems]. — Almaty: KUPS. — 2021. — 160 p. [in Kaz.]

Gorelik, 2013 – Gorelik, A.V. (Ed.). (2013). Sistemy zheleznodorozhnoi avtomatiki, telemekhaniki i svyazi. Part 2 [Railway Automation, Telemechanics and Communication Systems. Part 2]. Textbook. — Moscow: Educational and Methodological Center for Railway Transport Education. — 2013. — 205 p. [in Russ.]

Sultangazinov, 2012 – Sultangazinov, S.K., Rustambekova, K.K. (2012). Temirzhol koligindegi avtomattandyru zhane baskaru zhuieleri [Automation and Control Systems in Railway Transport]. — Almaty: Alla Prima. — 2012. — 176 p. [in Kaz.]

Sultangazinov, 2021 – Sultangazinov, S.K. (2021). Telekommunikatsiyalyk zhelilerdin kural-zhabdygyn paidalanu [Operation of Telecommunications Network Equipment]. — Almaty: QQJU. — 2021. — 164 p. [in Kaz.]