

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

SAFETY IN EMERGENCY SITUATIONS

УДК 629.423

doi: 10.21685/2307-4205-2024-2-15

К ВОПРОСУ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

В. П. Перевертов¹, Н. А. Кузин²

¹ Самарский государственный университет путей сообщения, Самара, Россия

² Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Москва, Россия

¹ vpervertov@yandex.ru, ² sputnik1985nk3y@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Обоснована необходимость надежности крепления колесной техники на открытой железнодорожной платформе при возрастающих нагрузках и скоростях движения подвижного состава. *Материалы и методы.* Рассмотрены технические средства, применяемые для крепления колесной техники при ее перевозке, и новая конструкция устройства для ускоренного крепления техники на железнодорожной платформе. *Результаты и выводы.* Показана возможность повышения надежности ускоренного крепления колесной техники на открытом подвижном составе за счет использования для крепления упругих многооборотных цепных креплений в сочетании с талрепами, позволяющих использовать их для различных типоразмеров колес. Данный способ крепления удобный, экономически эффективный и надежный. Применение предлагаемой конструкции тормозной системы позволит уменьшить износ фрикционных поверхностей пар трения, увеличить ресурс работы в 1,2...1,3 раза, по сравнению с типовыми тормозами тележек вагона подвижного состава, а контроль и диагностика основных параметров железнодорожной техники (системы) с помощью датчиков и устройств контроля на основе использования современных бесконтактных методов измерения: лазерный, инфракрасный, ультразвуковой, волоконно-оптический и т.д. позволит повысить надежность подвижного состава. Использование бесконтактного способа регистрации профиля дисков с помощью лазерного датчика и сканирующего устройства позволит получать информацию о параметрах профиля рабочей поверхности тормозных дисков железнодорожного колеса, включая анализ полного профиля тормозных дисков и поддержка базы данных износа.

Ключевые слова: колесная техника, надежность, подвижной состав, платформа железнодорожная, крепление, конструкция, устройство, приспособление, средства и элементы крепления, растяжка, многооборотные средства крепления

Для цитирования: Перевертов В. П., Кузин Н. А. К вопросу безопасности движения транспортно-технологических систем и надежности технических средств // Надежность и качество сложных систем. 2024. № 2. С. 126–133. doi: 10.21685/2307-4205-2024-2-15

ON THE ISSUE OF TRAFFIC SAFETY TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS AND THE RELIABILITY OF TECHNICAL MEANS

V.P. Perevertov¹, N.A. Kuzin²

¹ Samara State University of Communications, Samara, Russia

² Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University, Moscow, Russia

¹ vpervertov@yandex.ru, ² sputnik1985nk3y@mail.ru

Abstract. *Background.* The article substantiates the need for reliable fastening of wheeled equipment on an open railway platform with increasing loads and rolling stock speeds. *Materials and methods.* The technical means used for

fastening wheeled vehicles during transportation and a new design of a device for accelerated fastening of equipment on a railway platform are considered. *Results and conclusions.* The possibility of increasing the reliability of accelerated fastening of wheeled vehicles on open rolling stock is shown by using elastic multi-turn chain fastenings in combination with lanyards for fastening, allowing them to be used for various wheel sizes. This fastening method is convenient, cost-effective and reliable. The use of the proposed design of the brake system will reduce the wear of the friction surfaces of friction pairs, increase the service life by 1.2...1.3 times, compared with standard brakes of bogies of a substation car, and monitoring and diagnostics of the main parameters of railway equipment (systems) using sensors and control devices based on the use of modern non-contact measurement methods: laser, infrared, ultrasonic, fiber optic, etc. will improve the reliability of the substation. The use of a non-contact method for recording the profile of discs using a laser sensor and a scanning device will make it possible to obtain information about the parameters of the profile of the working surface of the brake discs of a railway wheel, including analysis of the complete profile of the brake discs and support of a wear database.

Keywords: wheeled equipment, reliability, rolling stock, railway platform, fastening, structure, device, appliance, means and elements of fastening, stretching, multi-turn fastening means

For citation: Perevertov V.P., Kuzin N.A. On the issue of traffic safety transport and technological systems and the reliability of technical means. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem = Reliability and quality of complex systems.* 2024;(2):126–133. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-4205-2024-2-15

Введение

В современных условиях конкурентоспособность ОАО «РЖД» зависит от качества основных видов ее деятельности:

- 1) перевозка грузов и пассажиров;
- 2) обслуживание и ремонт подвижного состава (ПС), наземных транспортно-технологических средств (НТТС), инфраструктуры железнодорожной отрасли;
- 3) образовательные услуги и научная деятельность¹ [1–7].

Качество – комплексное понятие, характеризующее эффективность всех сторон деятельности: разработка стратегии и тактики, организация и управление производством, маркетинг и менеджмент. Назначение любой продукции, включая продаваемые услуги – удовлетворить определенную потребность людей (заказчика), называют потребительским качеством продукции (изделия)² [1, 2, 4–9]. Свойства продукции, отвечающие потребностям людей, изучаются, обобщаются и закладываются в различные нормативно-технические документы: в законы РФ; в госстандарты; в технические условия на продукцию; в технологическую документацию. Успех любого производства продукции и предоставления услуг определяется качеством, а также сроками изготовления и ценой. Метрология, стандартизация и сертификация (МСС) – это инструменты обеспечения качества продукции и услуг. Триада методов обеспечения качества выглядит следующим образом (рис. 1).

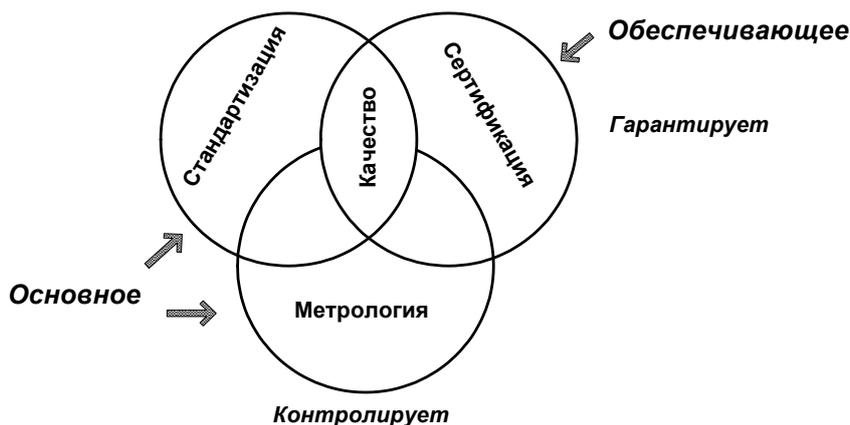


Рис. 1. Инструменты обеспечения качества продукции и услуг

¹ ГОСТ Р 51901.16-2005. Менеджмент риска. Повышение надежности, статистические критерии и методы оценки ; ГОСТ Р 59276-2020. Системы искусственного интеллекта.

² ГОСТ Р 51901.16-2005. Менеджмент риска. Повышение надежности, статистические критерии и методы оценки ; ГОСТ Р 59276-2020. Системы искусственного интеллекта ; ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения ; ГОСТ Р 57194.1-2016. Трансфер технологий. Общие положения ; ГОСТ Р ИСО 9000. Системы менеджмента качества. Основные положения ; ГОСТ Р 57558. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения.

Анализируя триаду, можно сделать следующие выводы:

1. **Метрология** методами контроля гарантирует, что изготовленная продукция соответствует стандарту (технологии), техническим условиям, документации.

2. **Стандарт** устанавливает основные потребительские свойства товара. Требования к качеству в РФ и международном пространстве определены стандартами: ГОСТ и ИСО серии 9000, которые установили требования к системам обеспечения качества и положили начало сертификации систем.

3. **Сертификация** – это процедура, посредством которой **независимая** третья сторона документально удостоверяет, что продукция или **услуга** соответствует установленным нормам, подтверждает соответствие продукта требованиям всех нормативных документов [3–9].

Трендом развития железнодорожного транспорта является повышение скоростей пассажирских, грузовых поездов, при обеспечении безопасности их движения и надежности верхнего строения пути (ВСП) для бесперебойного функционирования скоростных железных дорог. Увеличение объема перевозок на железных дорогах РФ требует развития нового подвижного состава (ПС) и способности ВСП воспринимать увеличивающиеся режимы динамического нагружения колесных пар ПС: возросла осевая нагрузка, увеличились скорости движения поездов и грузонапряженность высокоскоростных транспортных магистралей. Изменение эксплуатационных условий оказывает влияние на надежность железнодорожного пути.

Анализ причин отказов элементов ВСП и контактной сети показывает, что большую часть составляют дефекты, приводящие к отказам из-за недостаточной контактно-усталостной прочности их материала, антикоррозионной стойкости, что требует применения новых материалов и сплавов, включая композитные и наноматериалы. Внедрение новых методов контроля и диагностики указанных параметров позволит количественно оценить эксплуатационную стойкость и надежность работы элементов ВСП и контактной сети, подверженных контактно-усталостным разрушениям при циклическом динамическом нагружении¹ [1, 3–5, 7–9].

Повышение надежности транспортных услуг ОАО «РЖД» требует обеспечить стабильную перевозку грузов и пассажиров и соответствующие виды безопасности: экологическую, пожарную, информационную, радиационную и т.д. (рис. 2) на основе инструментов качества: нормативной технической документации (НТД) на изделия, отраслевых стандартах предприятия (ОСТ), а также специальных технических регламентов и т.д. [1–10].

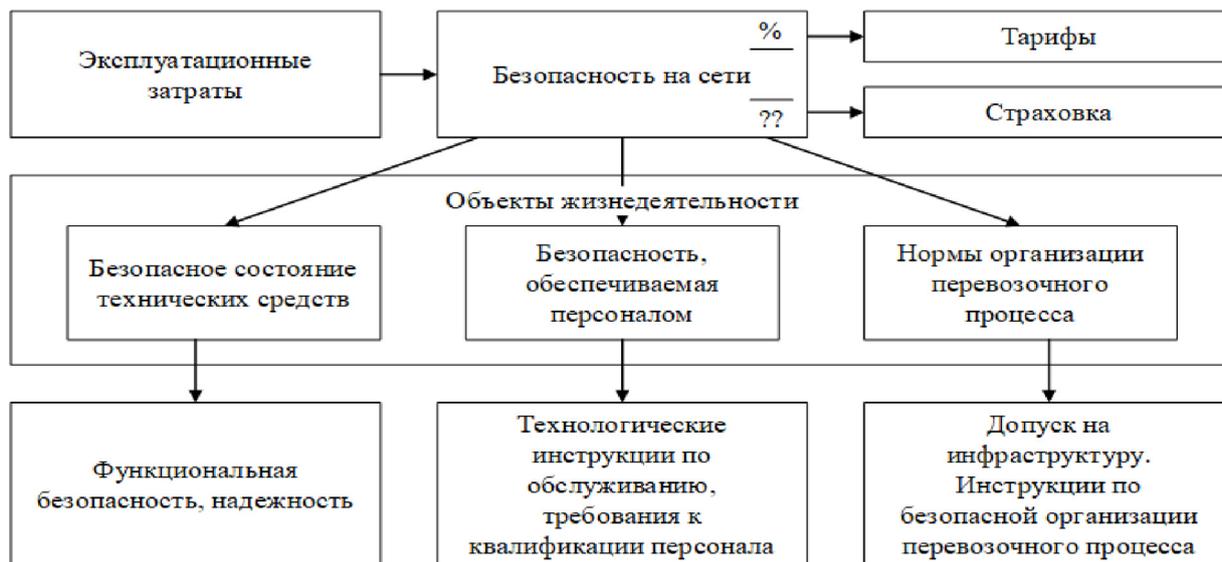


Рис. 2. Система обеспечения безопасности движения высокоскоростных поездов

Высокие показатели качества надежности и безопасности ПС определяются действующей нормативной базой стандартизации (рис. 3) и требуют анализа стандартов (ИСО 9000, ГОСТ, ОСТ, технических условий ТУ) и т.д. и выявления технологических процессов и операций, которые оказывают влияние на надежность технических средств и безопасность движения поездов [1–5, 7–10].

¹ ГОСТ Р 57194.1-2016. Трансфер технологий. Общие положения.



Рис. 3. Алгоритм анализа стандартов и параметров технологических процессов, влияющих на надежность и безопасность

Алгоритм технологий, связанных с надежными перевозками (рис. 4), раскрывает влияние опасных отказов системы организации безопасности движения и защитных отказов, т.е. когда нарушение перевозочного процесса фиксируется, но оно не связано с безопасностью. Структура данных показателей качества услуг в зависимости от видов транспортных производств может изменяться, но основные показатели можно отнести к классам безотказности, долговечности, сохраняемости, ремонтпригодности, а также к комплексным показателям, которые определяют комбинацию [2–5].

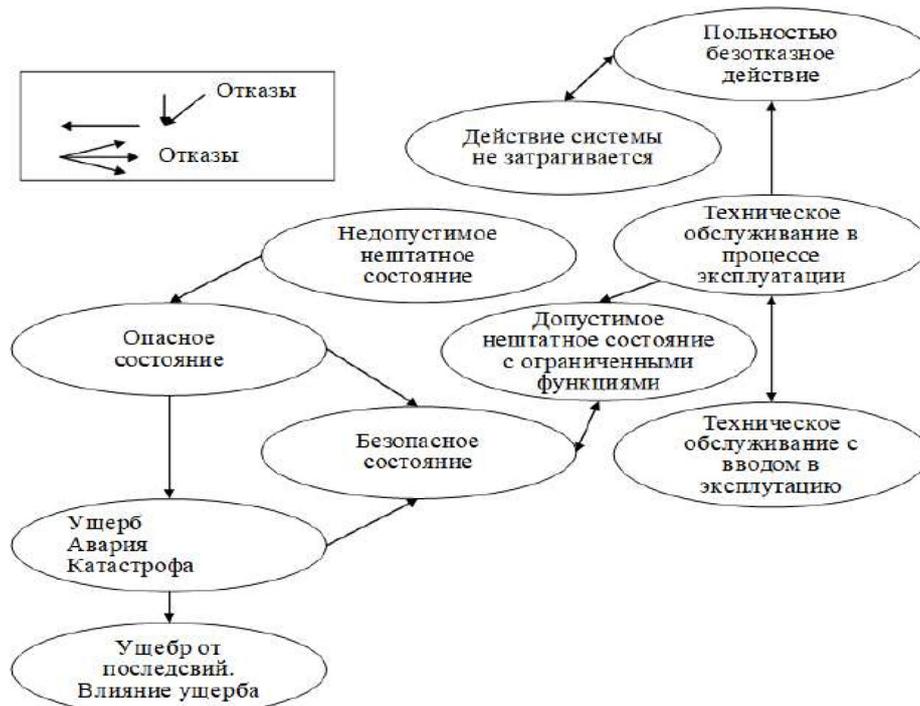


Рис. 4. Техническое состояние системы, связанное с ее надежностью

Среди комплексных показателей, обеспечивающих выработку конкретных мероприятий взаимодействия, предлагается установить набор показателей в виде: вероятностей безотказной работы технических средств, коэффициента готовности, а также наработки на отказ с учетом жизненного цикла системы, который определяется на этапе разработки технических требований, т.е. с описания технологического процесса, создания системных требований, переноса всех этих элементов на этапе разработки, производства, изготовления, приема в эксплуатацию. Определив все элементы жизненного цикла, мы можем гарантировать, что заданные требования будут выполнены и подлежат контролю и диагностики для управления данным процессом. Необходимо планировать затраты на начальной стадии организации перевозочного процесса с учетом международных стандартов ИСО (табл. 1), для достижения новых показателей качества мы стремимся перейти к качеству управления [1–10].

Таблица 1

Стандарты по функциональной безопасности и оценкам рисков нарушения безопасности на железнодорожном транспорте

МЭК 61508	Функциональная безопасность электрических (электронных) программируемых систем безопасности
EN 50126	Спецификация надежности и безопасности
EN 50126-2	Согласованность для управляющих транспортных систем – часть 2. Безопасность
EN 50128	Программное обеспечение для систем контроля, диагностики, управления и обеспечения безопасности
EN 50129	Электронные системы железнодорожного управления и защиты, связанные с безопасностью
ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99	Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств
ГОСТ Р 51901	Управление надежностью. Анализ риска технологических систем
Межгосударственный стандарт ГОСТ 27.310	Анализ видов, последствий и критичности отказов
ГОСТ Р МЭК 60950-2	Безопасность оборудования информационных технологий

Особенность этих стандартов – задание требований к создаваемой системе путем организации перевозочного процесса на основе рисков, требований программного обеспечения как к самостоятельному компоненту системы, так и регламент жесткого контроля для всего жизненного цикла.

Элементом международных стандартов ИСО 9000 является комплексный показатель RAMS : где R – надежность, A – коэффициент готовности, M – пригодность к обслуживанию, S – безопасность.

Комплексность показателя, а также влияющие на него факторы применительно к железной дороге, изображены на рис. 5. Многообразие данных факторов показывает, что учет их во всем взаимодействии представляет собой сложный процесс, и он должен быть заложен как в нормативную документацию для анализа влияния каждого из этих элементов на комплексные показатели RAMS¹ [5–10].

Выделены такие комплексные показатели, как вероятность безотказной работы, наработка на отказ, коэффициент готовности.

Показатели надежности перевозочного процесса, а также взаимодействия различных хозяйств (вагонное хозяйство и наземные транспортные комплексы и т.д.) сложной системы ОАО «РЖД» отображает **коэффициент готовности**, который определяет время готовности к эксплуатации системы, к времени его неготовности. Под понятием «неготовность» подразумевается время, когда устраняется дефект, приводящий к отказу, ведется диагностика и плановые виды ремонта. Поскольку коэффициент готовности состоит из показателя времени наработки на отказ или среднего времени наработки на отказ, определим мероприятия, повышающие коэффициент готовности (зависящий от качества разработки при повышении среднего времени наработки на отказ).

¹ ГОСТ Р 51901.16-2005. Менеджмент риска. Повышение надежности, статистические критерии и методы оценки ; ГОСТ Р 59276-2020. Системы искусственного интеллекта ; ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения ; ГОСТ Р 57194.1-2016. Трансфер технологий. Общие положения ; ГОСТ Р ИСО 9000. Системы менеджмента качества. Основные положения ; ГОСТ Р 57558. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения.

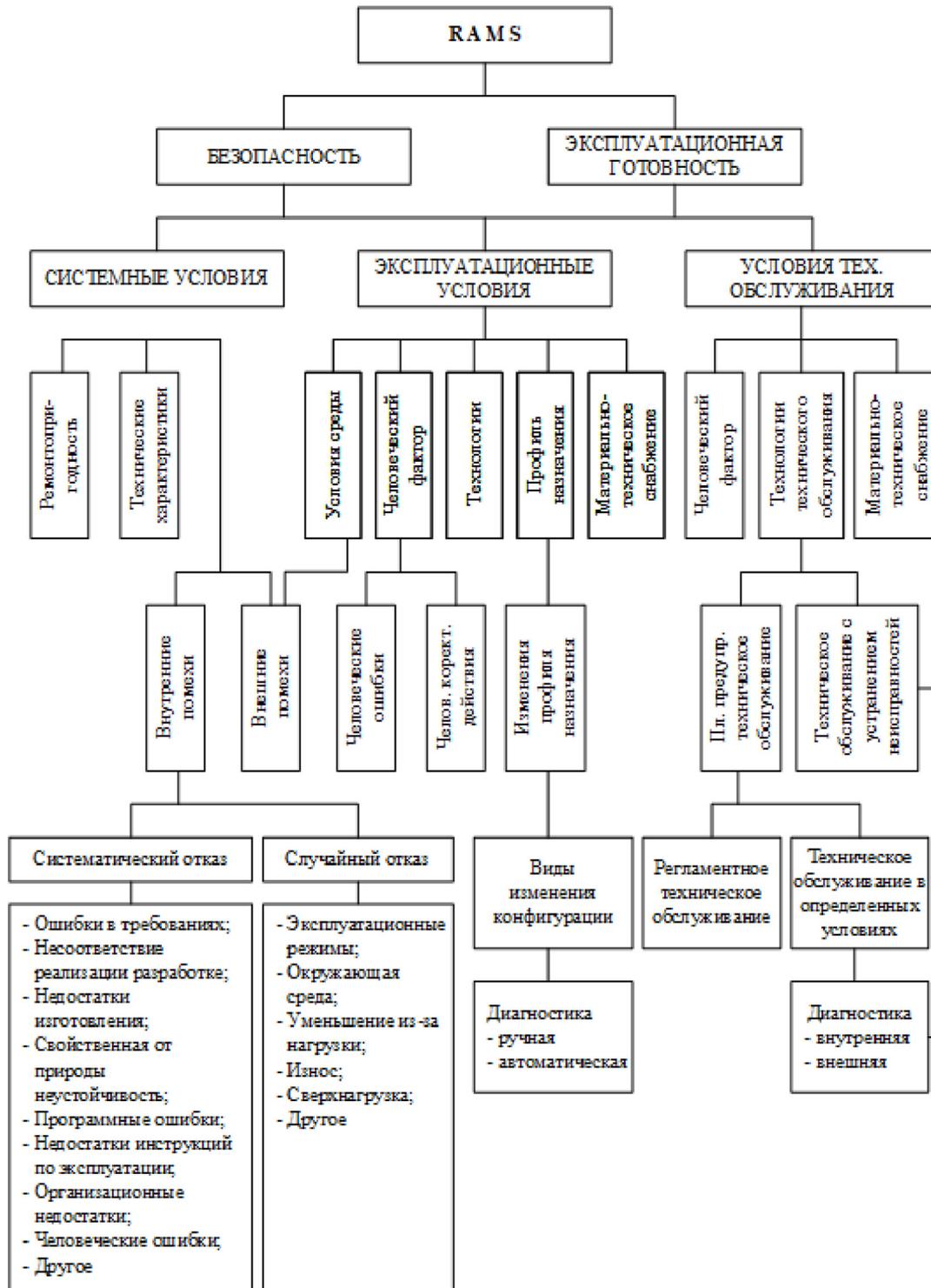


Рис. 5. Факторы, влияющие на RAMS для железнодорожного транспорта

Технологии, повышающие коэффициент готовности:

- 1) повышение надежности – среднего времени наработки на отказ за счет надежности комплектовующих системы и выполнения при ремонте технических средств всех технологических операций;
- 2) повышение к среднему времени наработки на отказ в нормативной технической документации на технические средства;
- 3) обеспечение контроля за сроком наработки на отказ конкретного изделия и диагностика причин дефектов и исключения их повторения;
- 4) увеличение гарантийного срока ремонта изделий и уменьшения срока замены неисправных деталей (изделий);

- 5) штрафные санкции к поставщику при невыполнении показателей наработки на отказ, заданной в нормативной технической документации на изделие;
- 6) мониторинг по соблюдению условий работы изделий в эксплуатации;
- 7) увеличение времени между плановыми видами ремонта и технического обслуживания;
- 8) сокращение времени ремонта и технического обслуживания;
- 9) повышение ремонтпригодности;
- 10) гибкость плановых видов ремонта и технического обслуживания на периоды, когда эксплуатация не осуществляется.

Параметры влияния на повышение показателей системы для гарантийного ремонта и введения штрафных санкций поставщику должны учитываться в нормативных документах с мониторингом технического состояния каждого элемента системы, условий его эксплуатации с учетом гарантий соблюдения исправности данных элементов системы, повышающих коэффициент готовности.

Заключение

1. Управление качеством продукции и услуг должно применяться с учетом инструментов качества (метрология, стандартизация, сертификация) в любых технологиях, а внедрение менеджмента качества требует современных технологий управления. Качество – это степень выполнения технических условий и требований заказчика, предъявляемых к продукции предприятия, а ответственность за качество возлагается на метрологические службы. Критерий качества, который подтверждает эти гарантии – это стабильное производство, обеспеченное уровнем эффективности управления, закрепленное в стандартах ГОСТ и международных стандартов ИСО 9000, которые определяют *минимальные требования* к стабильности управления предприятием.

2. Одним из основных элементов транспортно-технологической системы, влияющих на наработку на отказ, является уровень качества, выпускаемой для ОАО «РЖД» продукции: действуют разные типы стандартов и критерии оценки качества. В проектных организациях отсутствуют технологические элементы контроля, для устранения брака в процессе разработки деталей ОАО «РЖД».

3. Сертификаты соответствия завода-изготовителя по ИСО 9000 не обеспечивают качество изготовления. Возникновение брака готовой продукции на стадии эксплуатации за счет скрытых технологических дефектов происходит из предыдущих технологий контроля и диагностики. Возможные технические решения позволяют поднять эти показатели.

4. Технологии, сокращающие время восстанавливаемости изделия, закладываются при разработке: резервирование технических средств, сокращение предрейсового контроля за счет встроенной диагностики, выявление дефектов на ранней стадии, что характерно для подвижного состава, когда тенденция развития комплексных систем контроля и диагностики, расположенных на пути, позволяет выявлять дефекты на ранней стадии. Выявление дефекта, приводящего к отказу, не является гарантией того, что технология его будет выполнена.

Список литературы

1. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб. : Изд-во СПб ун-та, 2007. 278 с.
2. Жданов А. Г., Перевертов В. П. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств : учебник : в 2 ч. Самара : СамГУПС, 2019. Ч. 1. Надежность, монтаж, система технического обслуживания, ремонта и технология сервиса НТТС. 214 с. ; Ч. 2. Организация эксплуатации и производственно-техническая база сервиса НТТС. 224 с.
3. Перевертов В. П., Юрков Н. К., Романенко Ю. А. Нанотехнологии и качество деталей транспортного машиностроения // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. 2022. Т. 1. С. 39–42.
4. Перевертов В. П., Юрков Н. К., Кузин Н. А. К вопросу диагностики наноматериалов в гибридных технологиях формообразования деталей в системе машиностроения // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. 2023. Т. 1. С. 447–449.
5. Перевертов В. П., Кузин Н. А., Юрков Н. К. Классификации наноматериалов для традиционных и аддитивных технологий в системе транспортного машиностроения // Надежность и качество сложных систем. 2022. № 2. С. 70–77.
6. Перевертов В. П., Кузин Н. А., Юрков Н. К. Качество формообразования деталей при интеграции гибридных технологий транспортно-технологического машиностроения // Надежность и качество сложных систем. 2023. № 1. С. 72–80.
7. Перевертов В. П. Качество управления гибкими технологиями : монография. Самара : СамГУПС, 2019. 270 с.
8. Перевертов В. П. Материаловедение и гибкие технологии : учебник. Самара : СамГУПС, 2020. 230 с.

9. Перевертов В. П. Метрология. Стандартизация. Сертификация : учебник. Самара : СамГУПС, 2023. 224 с.
10. Юрков Н. К., Михайлов В. С. Анализ возможностей по снижению объема испытаний на надежность // Надежность и качество сложных систем. 2019. № 4.

References

1. Ryabinin I.A. *Nadezhnost' i bezopasnost' strukturno-slozhnykh system = Reliability and safety of structurally complex systems*. Saint Petersburg: Izd-vo SPb un-ta, 2007:278. (In Russ.)
2. Zhdanov A.G., Perevertov V.P. *Ekspluatatsiya nazemnykh transportno-tekhnologicheskikh sredstv: uchebnik: v 2 ch. = Operation of land transport and technological means : textbook : in 2 parts*. Samara: SamGUPS, 2019;Pt.1:214;Pt.2:224.
3. Perevertov V.P., Yurkov N.K., Romanenko Yu.A. Nanotechnology and quality of parts of transport engineering. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo = Proceedings of the International Symposium Reliability and Quality*. 2022;1:39–42. (In Russ.)
4. Perevertov V.P., Yurkov N.K., Kuzin N.A. On the issue of diagnostics of nanomaterials in hybrid technologies of forming parts in the mechanical engineering system. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo = Proceedings of the International Symposium Reliability and Quality*. 2023;1:447–449. (In Russ.)
5. Perevertov V.P., Kuzin N.A., Yurkov N.K. Classifications of nanomaterials for traditional and additive technologies in the system of transport engineering. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system = Reliability and quality of complex systems*. 2022;(2):70–77. (In Russ.)
6. Perevertov V.P., Kuzin N.A., Yurkov N.K. The quality of forming parts when integrating hybrid technologies of transport engineering. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system = Reliability and quality of complex systems*. 2023;(1):72–80. (In Russ.)
7. Perevertov V.P. *Kachestvo upravleniya gibkimi tekhnologiyami: monografiya = The quality of management of flexible technologies: monograph*. Samara: SamGUPS, 2019:270. (In Russ.)
8. Perevertov V.P. *Materialovedenie i gibkie tekhnologii: uchebnik = Materials science and flexible technologies : textbook*. Samara: SamGUPS, 2020:230. (In Russ.)
9. Perevertov V.P. *Metrologiya. Standartizatsiya. Sertifikatsiya: uchebnik = Metrology. Standardization. Certification : textbook*. Samara: SamGUPS, 2023:224. (In Russ.)
10. Yurkov N.K., Mikhaylov V.S. Analysis of possibilities for reducing the volume of reliability tests. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system = Reliability and quality of complex systems*. 2019;(4).

Информация об авторах / Information about the authors

Валерий Петрович Перевертов

кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры вагонного хозяйства
и наземных транспортных комплексов,
Самарский государственный университет
путей сообщения
(Россия, г. Самара, ул. Свободы, 2В)
E-mail: vperevertov@yandex.ru

Николай Андреевич Кузин

студент,
Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет
(Россия, г. Москва, Ленинградский пр-кт, 64)
E-mail: sputnik1985nk3y@mail.ru

Valeriy P. Perevertov

Candidate of technical sciences, associate professor,
professor of the sub-department of carriage industry
and ground transport complexes,
Samara State University of Communications
(2V Svobody street, Samara, Russia)

Nikolai A. Kuzin

Student,
Moscow Automobile and Road Engineering
State Technical University
(64 Leningradsky avenue, Moscow, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию / Received 15.12.2023

Поступила после рецензирования / Revised 15.01.2024

Принята к публикации / Accepted 26.01.2024