

Цифровизация элементной базы пассажи́рского вагона на примере ремонта колесной пары



Дмитрий ЕВСЕЕВ



Андрей ШИНКАРУК



Юрий КУЛИКОВ

Дмитрий Геннадьевич Евсеев¹, Андрей Сергеевич Шинкарук², Юрий Михайлович Куликов³

^{1, 3} Российский университет транспорта, Москва, Россия,

² Акционерное общество «Федеральная пассажирская компания», Москва, Россия.

✉ ³ kulikov.yu@mail.ru.

АННОТАЦИЯ

Вопросы удовлетворения потребностей в перевозке пассажиров с обеспечением надлежащего уровня комфортности и безопасности всегда являются первостепенными при ремонте подвижного состава.

Создание автоматизированных комплексов для обеспечения ремонта и технического обслуживания позволяют как систематизировать сам процесс ремонта, так и осуществлять четкое и своевременное планирование материальных и производственных ресурсов. Цифровизация производственного процесса позволяет сформировать слаженный функционал и связать производственные и экономические показатели для обеспечения сбалансированной загрузки ремонтного участка, а впоследствии и предприятия в целом, а формирование единого цифрового комплекса позволяет раскрыть потенциал совершенствования технологической базы.

В данной работе использованы объектно-ориентированный и эвристический методы исследования формирования программно-аппаратного комплекса «цифрового»

ремонта колесной пары. Предметом исследования являются технологические операции и производственные процессы приемки и ремонта пассажирской колесной пары. Объектом исследования является процесс организации ремонта элементной базы подвижного состава на эксплуатационном этапе жизненного цикла. Авторами изложены основные характеристики организации ремонта пассажирской колесной пары от ее приемки и дефектации до выпуска в эксплуатацию после текущего, среднего или, соответственно, капитального ремонта. Особое внимание уделяется процессам взаимодействия руководителей и исполнителей на каждом этапе ремонта. Новизна исследования заключается в применении системного подхода к использованию цифровых технологий в производственном процессе для получения аналитических данных и формирования экономико-производственных показателей. Основные выводы обосновывают создание аппаратно-программного комплекса «цифрового двойника» пассажирского участка по ремонту колесных пар.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, колесная пара, элемент колесной пары, оборот, редуктор, цифровизация, роликовый подшипник.

Для цитирования: Евсеев Д. Г., Шинкарук А. С., Куликов Ю. М. Цифровизация элементной базы пассажирского вагона на примере ремонта колесной пары // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 6 (109). С. 65–71. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-6-8>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.

The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время цифровизация производственных процессов является наиболее перспективным подходом в части оптимизации технологических и экономических показателей [1]. Вместе с тем данное направление с точки зрения науки является недостаточно изученным [2; 3]. В пассажирском комплексе уделяется серьезное внимание выполнению производственного процесса, а также его анализу при проведении промежуточных операций [4; 5]. Однако повышение качества и снижение производственных издержек требуют постоянного внимания и нуждаются в непрерывном совершенствовании, а выполнение технологического процесса всегда является приоритетной задачей [6; 7], для решения которой применяются инновационные подходы, обеспечивающие более прозрачное выполнение регламентных процедур и контроль за заложенными в нормативно-технической документации параметрами [8; 9].

Наибольший объем внепланового ремонта пассажирских вагонов (52 %) связан с наличием дефектов на поверхности катания колесных пар (выщербина, ползун, равномерный прокат, остроконечный накат и т. д.) и в целях формирования необходимого их оборотного запаса, а также снижения простоя вагона в нерабочем парке требуется обеспечить своевременное и оперативное проведение текущего ремонта. Для этого на пунктах технического обслуживания необходимо создавать и поддерживать необходимое количество и номенклатуру запасных частей и материалов, которые должны корректироваться в зависимости от загруженности производственного участка, интенсивности движения и курсирующих на данном направлении моделей подвижного состава.

На текущий момент в пассажирском комплексе существует 21 модификация пассажирских колесных пар, которые отличаются между собой по:

- конфигурации буксовых узлов (для подкатки под тележку с люлечным/безлюлечным подвешиванием, отдельная конфигурация буксовых узлов вагонов, курсирующих в международном сообщении);
- расстоянию между тормозными дисками (в зависимости от типа исполнения тормозной системы);

- типу установленного подшипника в буксовый узел (роликовый, кассетный);

- типу редуктора (для вагонов с энергосистемой 32 кВт и 28 кВт, а также для вагонов с 32 кВт и системой дискового торможения).

Как следствие, принимаемые на структурных предприятиях меры по своевременному выпуску вагонов из ремонта, несмотря на получаемый профилактический эффект, в полной мере не снимают существующую проблему – обеспечить наличие необходимого оборотного количества колесных пар и сбалансировать показатель «себестоимость – качество» [6; 7], а также минимизировать простой вагона в нерабочем парке.

Для повышения эффективности управления колесно-роликовыми участками сформирован программный алгоритм, позволяющий автоматизировать процессы учета оборота колесных пар в пассажирском вагонном депо, процесс управления, отслеживание в режиме реального времени выполнения производственной программы, наличие и номенклатуру запасных частей и материалов, а также анализировать экономико-производственные показатели [7; 8; 10].

Указанная система позволяет добиться реализации поставленных задач по следующим основным направлениям¹ [11]:

- оптимизация планирования ремонта на колесно-роликовом участке;
- контроль выполнения ремонта колесных пар на протяжении всего производственного процесса;
- планирование запасных частей и материалов;
- определение «узких мест» при выполнении технологических операций;
- цифровизация учетно-отчетной системы;
- определение себестоимости ремонта колесных пар на производственном участке;
- интеграция цифровой модели в существующие системы управления технологическим процессом ремонта элементной базы пассажирского вагона.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задачей, решаемой в рамках данного исследования, является анализ функциональности цифрового программного алгоритма процесса

¹ Об утверждении форм внутреннего первичного учета ОАО «РЖД» по вагонному хозяйству. Распоряжение № 1545/р от 21.06.2023 – М.: ОАО «РЖД», 2023.

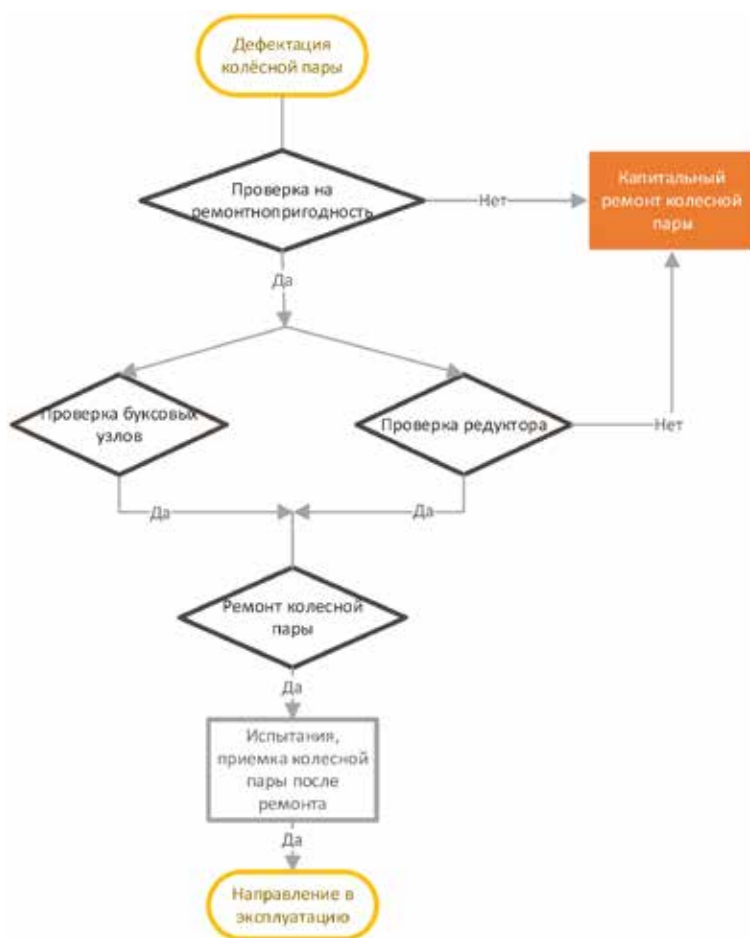


Рис. 1. Структура ремонта колесной пары на примере редукторной колесной пары [выполнено авторами].

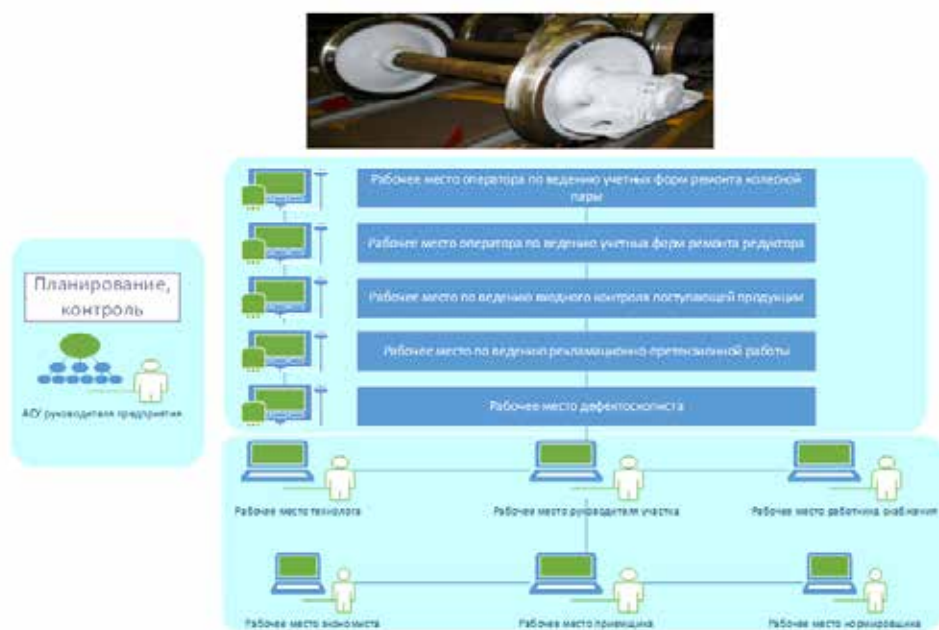
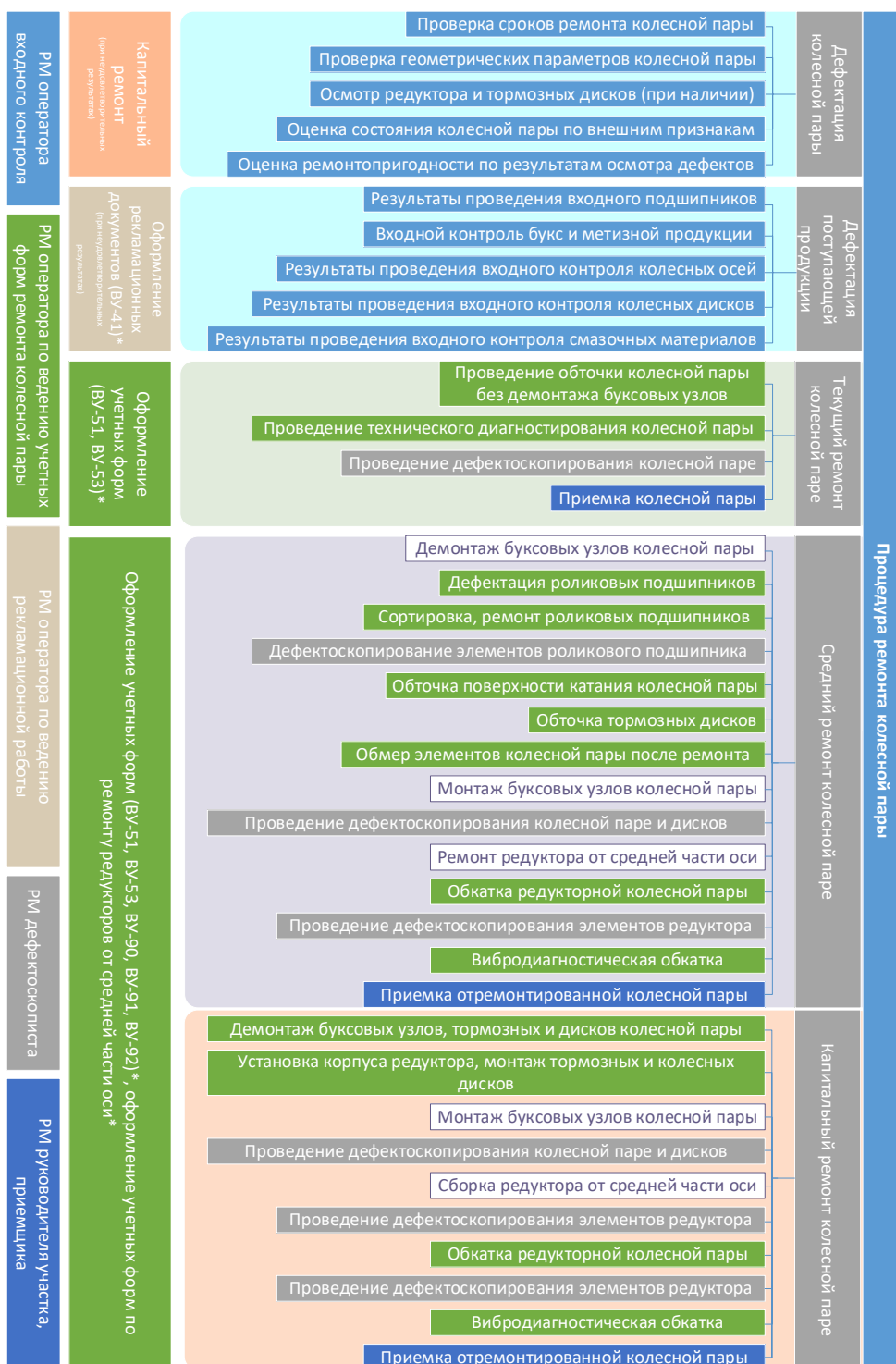


Рис. 2. Иерархическая структура цифровых рабочих мест участка по ремонту колесных пар [выполнено авторами].



* – заполнение учетных форм осуществляется в цифровом формате программного комплекса.
Рис. 3. Пооперационная цифровая модель ремонта колесной пары [выполнено авторами].



ремонта колесной пары через обеспечение контроля и учета по основным индикаторам – поступление колесной пары в ремонт, входной и пооперационный контроль ремонта элементной составляющей колесной пары. В число пооперационных процессов входят:

- приемка колесной пары;
- дефектовка колесной пары, определение ремонта;
- диагностирование;
- ремонт;
- сборка;

- монтаж;
- обкаточные испытания (диагностирование);
- приемка и выдача исправной колесной пары в эксплуатацию.

Строгая последовательность и иерархическая структура занесения данных позволяют исключить упрощение в выполнении технологического процесса, при этом контролировать сам процесс с рабочих мест руководителей различного производственного уровня проще, что в конечном итоге повышает производительность и качество ремонта вагона в целом. Структурная система на примере ремонта редукторной колесной пары приведена на рис. 1.

Работа на данном программно-аппаратном комплексе строится на основе жизненного цикла элементной базы колесной пары, а также соответствующих технологических карт (рис. 2). В рамках вышеперечисленных операций предусмотрена реализация рабочих мест (далее РМ) исполнителей и руководителей производственного уровня предприятия (рис. 3):

- РМ руководителя предприятия;
- РМ руководителя участка;
- РМ приемщика;
- РМ технолога;
- РМ оператора по ведению учетных форм ремонта колесной пары и результатов испытаний;
- РМ оператора по ведению учетных форм ремонта редуктора от средней части оси и результатов испытаний;
- РМ оператора (слесаря по ремонту подвижного состава) по ведению результатов входного контроля поступающей продукции;
- РМ оператора по ведению рекламационно-претензионной работы;
- РМ дефектоскописта;
- РМ экономиста;
- РМ снабженца;
- РМ работника подразделения труда и заработной платы.

Рабочие места пользователей оборудуются на базе персональных и/или носимых (в том числе бесклавиатурных) терминалов.

Таким образом, на основании структуры цифровых рабочих мест можно разделить их на три основных блока:

- планирование и контроль (уровень руководителя);
- контроль поэтапного выполнения технологических операций и приемка их, осуществ-

ствление поставки необходимого количества запасных частей и деталей, учет финансово-экономических показателей (линейный уровень);

- внесение результатов ремонта, осмотра, неразрушающего контроля и диагностирования (исполнительский уровень);

Использование переносимых и стационарных терминалов позволяет вести и отслеживать проведение всех производственных операций в режиме реального времени, что, в свою очередь, повышает ответственность персонала за качество выполнения производственных процедур и исключает нарушение пооперационного выполнения технологического процесса. Ввод информации в режиме реального времени осуществляется на основании идентификации пользователя, что позволяет вести персональный анализ выполненных операций конкретным работником в течение рабочей смены, а также исключает внесение данных неидентифицированными пользователями.

По завершению производственного цикла исполнителем делается отметка о завершении этапа. Таким образом, программно-аппаратный комплекс позволяет перейти на последующее выполнение операции по ремонту колесной пары. В случае незанесения контрольных параметров или результатов оценки состояния элементной базы колесной пары, кнопка завершения этапа будет неактивной и перейти на следующий этап выполнения технологических операций будет невозможно. В случае внесения в автоматизированную систему управления данных, не входящих в допустимый контролируемый диапазон, данный элемент будет идентифицирован как неисправный и отправлен либо в повторный ремонт, либо в брак.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности ремонта колесных пар пассажирских вагонов состоят в гораздо большей их номенклатуре, чем используемых в вагонном комплексе. Для формирования необходимого технологического запаса колесных пар и обеспечения своевременного и качественного их ремонта реализована цифровая модель пооперационного процесса приемки и ремонта, алгоритм которого представлен на рис. 3. Временем начала выполнения технологических операций является приемка колес-



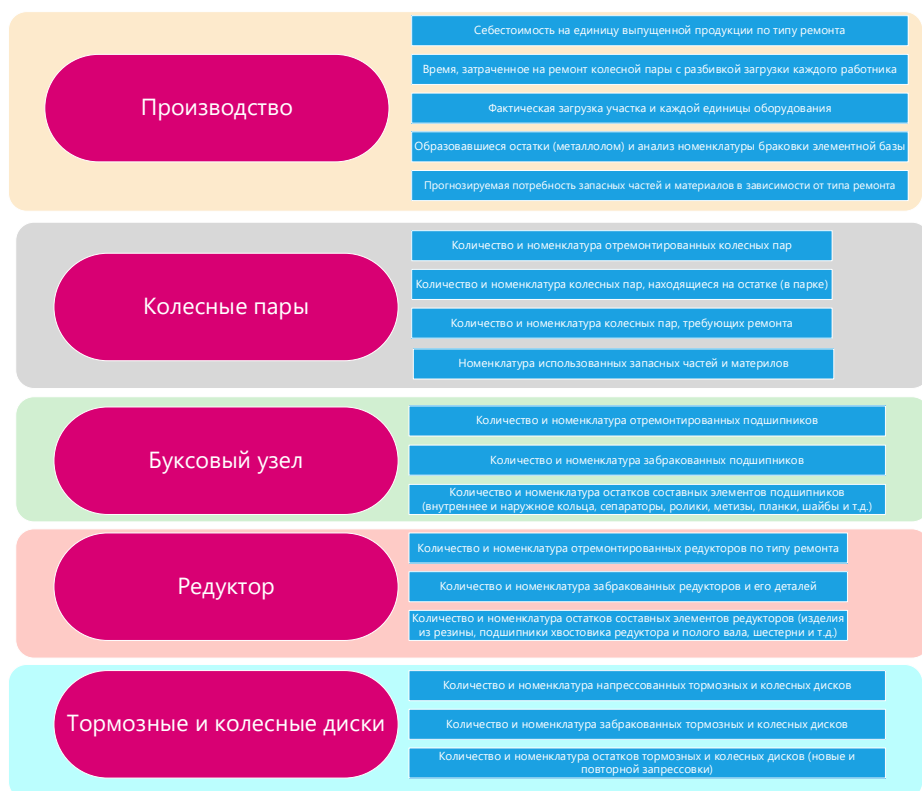


Рис. 4. Структура цифровых показателей работы колесно-роликового участка [выполнено авторами].

ной пары в ремонт и его дефектовка, приемщиком по результатам дефектации принимается решение об объеме дальнейшего ремонта (текущий, средний или капитальный).

После приемки колесной пары в ремонт и после обточки результаты заносятся в «цифровой» аналог учетной формы ВУ-53 «Журнал ремонта и оборота колесных пар»¹. Далее колесная пара передается на позицию дефектоскопирования и в случае выявления несоответствий, дефектов на элементах колесной пары делается соответствующая отметка о необходимости повторного ремонта или браковка колесной пары. При положительном решении колесная пара комиссионно принимается и признается годной для ее дальнейшей эксплуатации.

При проведении дефектации поступающей продукции (поставка новых запасных частей и материалов) в случае выявленных несоответствий элементной базы формируется первичная информация о причинах и количестве забракованных деталей для последующего составления акта рекламации формы ВУ-41¹ и возврата продукции поставщику на основании ведения рекламационно-

претензионной работы. В случае, если при проведении дефектации составные части не попадают под процедуру рекламационно-претензионной работы, они утилизируются.

После проведения дефектации колесной пары ее передают на позицию разборки, где, по результатам разборки буксовых узлов осуществляется их передача в роликовое отделение, остальные элементы направляются на обмывку и ремонтно-дефектационные позиции, а также проведение неразрушающего контроля. В роликовом отделении производится ремонт и последующая сортировка роликов, сепараторов, наружных и внутренних колец. По результатам ремонта и дефектоскопирования, подшипники в сборе передаются в монтажное отделение. Колесной паре и остальным элементам в это же время проводят ремонтные работы по обточке поверхности катания с последующим дефектоскопированием, дефектацию и ремонт корпусов букс. В монтажном отделении на колесную пару устанавливаются подшипники, производится выходное диагностирование колесной пары и осуществляется окончательная приемка отремонтированной колесной пары.

При ремонте колесной пары с редуктором от средней части оси после монтажа буксовых узлов она направляется в редукторное отделение, где проводятся регламентные работы по ремонту редуктора и обкатке под нагрузкой.

При проведении среднего и капитального ремонта колесной пары выполняются последовательные действия, приведенные на рис. 3, после которых колесная пара признается годной и допускается к эксплуатации. Окончанием ремонта считается время комиссионной приемки колесной пары.

Таким образом, в результате цифровизации процесса ремонта пассажирской колесной пары формируется итоговый отчет за выбранный период по экономико-технологическим параметрам (рис. 4). По результатам анализа можно оценить такие показатели, как фактическая загрузка, выполненная работа каждым работником участка, себестоимость на единицу отремонтированной продукции по его типу (текущий, средний и капитальный ремонт), номенклатура использованных запасных частей и материалов, затрачиваемое время на соответствующий ремонт одной колесной пары.

ВЫВОДЫ

Реализованная программно-аналитическая модель управления технологическим процессом ремонта пассажирской колесной пары обеспечивает пооперационное выполнение технологических этапов, учет затраченного времени персонала, запасных частей и материалов, структуру повреждаемости колесных пар, а также является залогом повышения качества ремонта вагона в целом.

Данная система является универсальной платформой, позволяющей выстраивать технологические операции на других производственных участках пассажирского вагоноремонтного предприятия, обеспечить контроль технологической дисциплины на каждом этапе ремонта, а также мониторить фактическую загрузку оборудования, персонала,

а также финансовых и материальных ресурсов в режиме реального времени на каждую отремонтированную единицу.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белинский А. А., Лакин И. К., Аболмасов А. А. Принцип «Встроенное качество» в информационных системах локомотиворемонтного комплекса // Бюллетень результатов научных исследований. – 2015. – № 3–4 (16–17). – С. 13–28. EDN: VKICUX.
2. Липа К. В., Гриненко В. И., Лянгасов С. Л. [и др.]. Автоматизированная система управления надежностью локомотивов (АСУНТ). Концепция ТМХ–Сервис. – М.: ТМХ–Сервис, 2012. – 160 с. ISBN 978-5-9904767-1-4.
3. Лакин И. К., Семенов А. П. Использование технологии «цифровой двойник» при управлении ремонтом локомотивов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 63. – № 3. – С. 89–98. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).89-98.
4. Цифровизация сервиса вагонов: революционные проекты ТМХ. Сайт «Управление производством». [Электронный ресурс]: http://www.uppro.ru/library/information_systems/toir/tsifrovizatsiya-servisa-vagonov.html. Доступ 25.08.2023.
5. Цифровой завод. MES система завода. 2050. / Тр. конф. по цифровым двойникам. Интегратор. – М.: Сколково, 2019. [Электронный ресурс]: <https://2050-integrator.com/digital-factory/?ysclid=lsu9qabpnr329746644>. Доступ 25.08.2023.
6. Кулагин В., Сухаревски А., Мефферт Ю. Настольная книга по цифровизации бизнеса. – М.: Альпина PRO, 2022. – 293 с. ISBN 978-5-6042320-7-1.
7. Пустовой И. В. Разработка информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов / Дисс... канд. техн. наук. – Омск: Изд-во ОмГУПС, 2018. – 181 с. [Электронный ресурс]: https://www.usurt.ru/uploads/main/065/5b97add2b36f8/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%9F%D1%83%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%98%D0%B%D1%8C%D0%B8_%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%B0.pdf. Доступ 28.09.2023.
8. Рубцов А. А. Управление производством на заводах по ремонту подвижного состава железных дорог. – М.: Транспорт, 1988. – 262 с. ISBN 5-277-00103-4.
9. Соколов М. М. Диагностирование вагонов. – М.: Транспорт, 1990. – 197 с. ISBN 5-277-00930-2.
10. Шантаренко С. Г. Совершенствование технологической готовности технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава / Дисс... канд. техн. наук. – Омск: ОмГУПС, 2006. – 419 с.
11. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г. / Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Издательский Дом Высшей школы экономики, 2021. 239 с. ISBN 978-5-7598-2270-7 (e-book). ●

Информация об авторе:

Евсеев Дмитрий Геннадьевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава Российского университета транспорта, Москва, Россия, evseev.dg@gmail.com.

Шинкарук Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, главный ревизор по безопасности движения поездов Акционерного общества «Федеральная пассажирская компания», Москва, Россия, Shinkarukas@mail.ru.

Куликов Юрий Михайлович – аспирант Российского университета транспорта, Москва, Россия, kulikov.ym@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 03.11.2023, одобрена после рецензирования 27.12.2023, принята к публикации 29.12.2023.

