

УДК 658.5.012.1

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕРВИСНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Банников Д.А., Сирина Н.Ф.

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения»,
Екатеринбург, e-mail: DBannikov@usurt.ru*

Пассажирский подвижной состав обладает рядом специфических технических характеристик, основанных на оригинальных конструктивных и технологических решениях. Последствия отказа пассажирского подвижного состава вызывают незапланированный простой и, как следствие, снижение производительности, безопасности движения и качества обслуживания, а также финансовые потери. Определение эффективного технического обслуживания и ремонта становится одной из ключевых задач в эксплуатации пассажирского подвижного состава. В настоящее время развитие производственных процессов связано с появлением и развитием цифровых технологий, специализированных виртуальных платформ и программ, которые подталкивают к изменению структуры и совершенствованию организации производства в целом. В настоящее время инструменты планирования технического обслуживания и ремонта пассажирского подвижного состава не учитывают динамическую информацию в процессе жизненного цикла подвижного состава. Средства планирования в основном представляют собой копию руководства по организации технического обслуживания и ремонта. В данной статье рассматривается цифровая трансформация технического обслуживания и ремонта пассажирского подвижного состава как изменение стратегии от диагностической к прогнозирующей. На концептуальном уровне разработаны фундаментальные аспекты цифровой трансформации для прогнозирования будущих событий, охватывая весь жизненный цикл пассажирского подвижного состава.

Ключевые слова: цифровая трансформация, сервисное техническое обслуживание и ремонт, функциональная архитектура, цифровая модель

DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ORGANISATION OF PASSENGER CAR SERVICE MAINTENANCE AND REPAIR

Bannikov D.A., Sirina N.F.

Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, e-mail: DBannikov@usurt.ru

Passenger rolling stock has a number of specific technical characteristics based on original design and technological solutions. The consequences of passenger rolling stock failure cause unplanned downtime, resulting in: reduced productivity, reduced traffic safety and quality of service, as well as financial losses. Determining effective maintenance and repair becomes one of the key tasks in the operation of passenger rolling stock. The development of production processes is now associated with the emergence and development of digital technologies, specialised virtual platforms and programmes, which are pushing for changes in the structure and improvement of the organisation of production as a whole. **Currently planning tools for maintenance and repair of passenger rolling stock do not take into account dynamic information in the rolling stock lifecycle process.** Planning tools are mainly a copy of the maintenance and repair organization manual. This article considers the digital transformation of passenger rolling stock maintenance and repair as a change in strategy from diagnostic to predictive. On a conceptual level, fundamental aspects of digital transformation are developed to anticipate future events, covering the entire lifecycle of passenger rolling stock.

Keywords: digital transformation, service maintenance and repair, functional architecture, digital model

В настоящее время развитие производственных процессов связано с развитием цифровых технологий, специализированных виртуальных платформ и программ, которые подталкивают к изменению структуры и организации производства в целом. Организации как частного, так и государственного сектора предпринимают попытки исследования передовых технологий и внедрения их в производственный процесс. Исследование, интеграция и эксплуатация современных цифровых технологий в производственных процессах становится актуальной задачей для развития предприятий. Влияние цифровой трансформации в организации производственных процессов при проведении технического обслуживания и ремонта пассажирского подвижного состава позволит определить динамику

изменения структуры производства, а также способность адаптации существующей системы к цифровизации процессов.

Услуги, ориентированные на сервисное техническое обслуживание и ремонт, рассматриваются как первостепенные факторы, характерные для производства с замкнутым циклом [1]. Вопросы моделирования сервисного технического обслуживания и ремонта в управлении жизненным циклом при минимизации инвестиционных вложений представлены в исследованиях [2–4]. Сервисное техническое обслуживание и ремонт должны реализовываться с учетом потребности собственника подвижного состава и в конечном итоге ориентироваться на жизненный цикл [5]. Из множества возможностей использования пассажирского подвижного состава в зависимости от соот-

ветствующей бизнес-среды возникает множество информации эксплуатации. Влияние цифровой трансформации в организации производственных процессов при проведении технического обслуживания и ремонта пассажирского подвижного состава позволит определить динамику изменения структуры производства, а также способность адаптации существующей системы к цифровизации процессов.

При этом текущее планирование технического обслуживания и ремонта пассажирского подвижного состава является статическим [6]. Не учитывается динамическая составляющая в процессе жизненного цикла подвижного состава. Средства планирования представляют собой копию руководства по организации технического обслуживания и ремонта. Проведение работ планируется через определенные нормативными документами промежутки времени или фактический пробег подвижного состава, не учитывая пиковый спрос на пассажирские перевозки.

Основываясь на эволюции информационно-коммуникационных технологий – переходе к «цифровой экономике» – получена взаимосвязь через реальные и виртуальные объекты и процессы [7]. Создание специализированной цифровой модели для беспрепятственного обмена информацией, возможности быстрой ее обработки и, как следствие, возможности принятия управленческого решения позволит организациям по сервисному техническому обслуживанию и ремонту соответствовать быстро развивающимся технологиям в глобальном рынке.

Целью данной статьи является изучение цифровых технологий в производственных процессах по сервисному техническому обслуживанию и ремонту пассажирского подвижного состава для многоцелевого подхода оптимизации и принятия управленческих решений на всех этапах жизненного цикла подвижного состава.

Материалы и методы исследования

Исследование сложных структурных систем цифровых моделей, рассмотрение их структур, оценка сценариев функционирования с наличием неопределенности и динамики основаны на имитационном моделировании. Цифровое моделирование предоставит оценку влияния исходных параметров на результат моделирования с использованием стратегии поиска наилучшего варианта модели в целях принятия управленческого решения.

Организация сервисного технического обслуживания и ремонта основана на кон-

цепции модульности и разделении бизнес-ограничений [8]. Составы пассажирских поездов в зависимости от сезонности и пика перевозок переформируются и могут находиться в пути следования или в парках на путях отстоя. Данная характеристика в жизненном цикле пассажирского подвижного состава не проработана на цифровом уровне.

Исследование, интеграция и эксплуатация современных цифровых технологий в производственных процессах становится актуальной задачей для развития предприятий. Цифровая трансформация – это процесс, охватывающий переход от традиционной формы организации производства к созданию цифровой модели различных производственных процессов.

Создание цифровой модели позволит выполнять исследования различных сценариев эксплуатации пассажирского подвижного состава в открытой распределенной системе с поддержкой принятия управленческих решений. Цифровая модель в полной мере способна реализовать модульный подход структуры для виртуального воссоздания интерактивных правил взаимодействия участников на протяжении жизненного цикла пассажирского подвижного состава. Взаимодействие участников в сервисном техническом обслуживании и ремонте приведено на схеме (рис. 1).

Цифровая модель сервисного технического обслуживания и ремонта создается на основе цифрового описания:

- подвижного состава;
- собственника подвижного состава;
- менеджера инфраструктуры;
- завода-изготовителя / сервисного предприятия.

Использование цифрового описания необходимо для представления реальных решений в управлении, понимании транспортно-перевозочного процесса в пассажирских перевозках [9].

Цифровое описание физического объекта пассажирского подвижного состава формируется на географической информационной системе с открытым информационным кодом OpenStreetMap, визуализирующей пространственное представление. В целях отслеживания причинно-следственной связи в цифровой модели каждый пассажирский подвижной состав работает независимо друг от друга. Также цифровое описание включает в себя совокупность последовательно реализуемых процессов при эксплуатации пассажирского подвижного состава, а также установленные к нему требования по сроку эксплуатации, включая виды работ по техническому обслуживанию и ремонту.

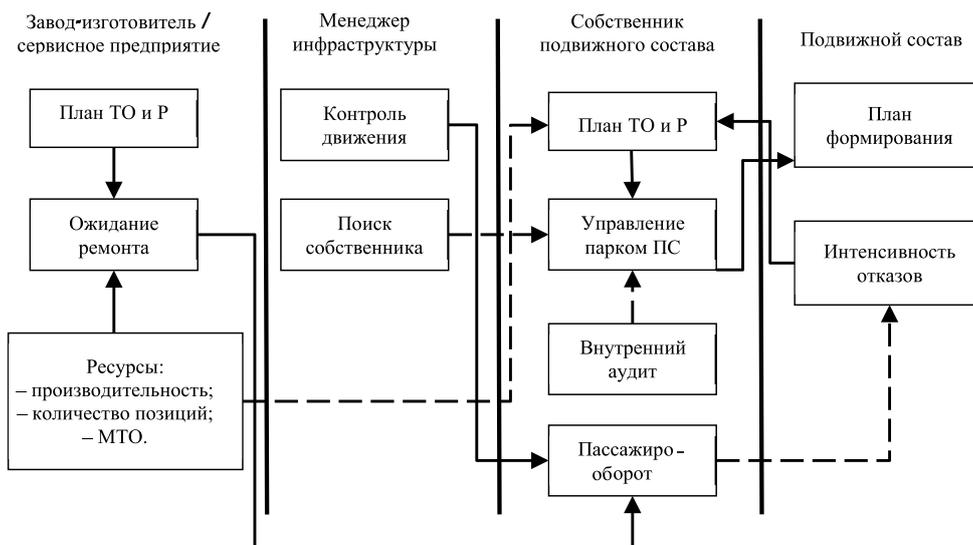


Рис. 1. Схема взаимодействия участников в сервисном техническом обслуживании и ремонте

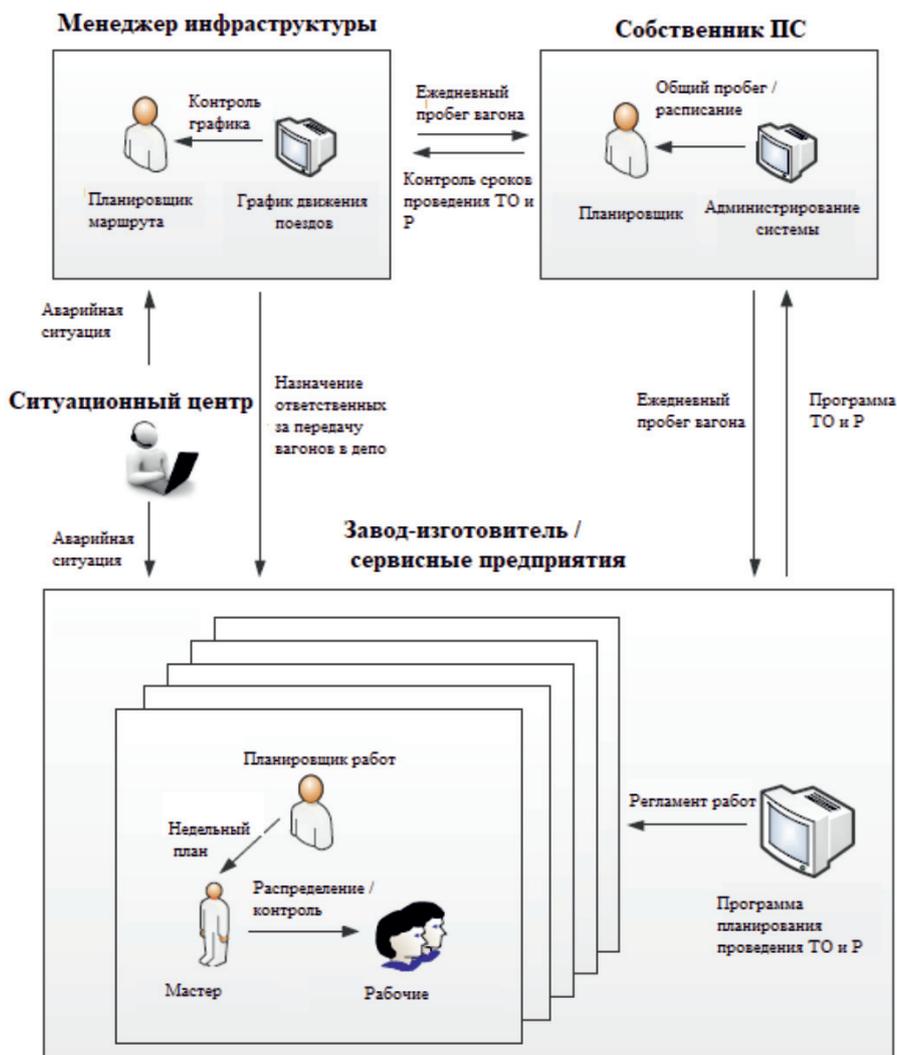


Рис. 2. Операционная структура взаимодействия участников процесса

Операционная структура взаимодействия участников процесса в цифровой модели при организации сервисного технического обслуживания и ремонта (рис. 2) представляет собой участвующие субъекты и их информационную зависимость. В описываемой структуре выделены основные участники процесса: собственник подвижного состава, менеджер инфраструктуры; завод-изготовитель / сервисное предприятие.

1. Собственник подвижного состава. Контролирует ежедневный пробег пассажирского подвижного состава, а также сроки проведения сервисного технического обслуживания и ремонта на основании программы, предоставленной заводом-изготовителем.

2. Менеджер инфраструктуры. Предоставляет услуги по составлению расписания движения для планирования маршрута передвижения подвижного состава до места проведения работ и обратно в регламентированный промежуток времени, а также осуществляет контроль движения по сети железных дорог.

3. Завод-изготовитель / сервисные предприятия. Формируют программу проведения сервисного технического обслуживания и ремонта на основании регламента работ, а также информации о ежедневном пробеге подвижного состава.

Цифровая модель, по сути, является моделью, которая строит траекторию изменений состояния пассажирского подвижного состава в системе по сервисному техническому обслуживанию и ремонту.

Можно сказать, что цифровая модель – это набор правил, согласно которым пассажирский подвижной состав переходит из одного состояния в другое. Правила задаются с помощью дифференциальных уравнений, диаграмм состояний [10] системы сервисного технического обслуживания и ремонта. Выходные данные цифровой модели позволяют анализировать поведение системы в заданных параметрах жизненного цикла пассажирского подвижного состава для принятия управленческих решений.

Следующим этапом формирования цифровой модели сервисного технического обслуживания и ремонта служит описание функциональной архитектуры (рис. 3).

Трехуровневая архитектура цифровой модели представлена следующим образом.

Уровень предприятия: необходим для сбора данных от пограничных узлов через активы, датчики и шлюзы, о загруженности производственных подразделений, уровень запаса запасных частей. Информация формируется в базе данных (управление базой данных main).

Уровень платформы СТОиР: получает, обрабатывает и пересылает команды управления с уровня предприятия на уровень собственника, производя расчеты в соответствии с запросами собственника. Данный уровень выполняет вычисления согласно заложенному алгоритму, а также помощь в принятии управленческих решений для собственника подвижного состава. Так же производится мониторинг данных, аналитика активов.

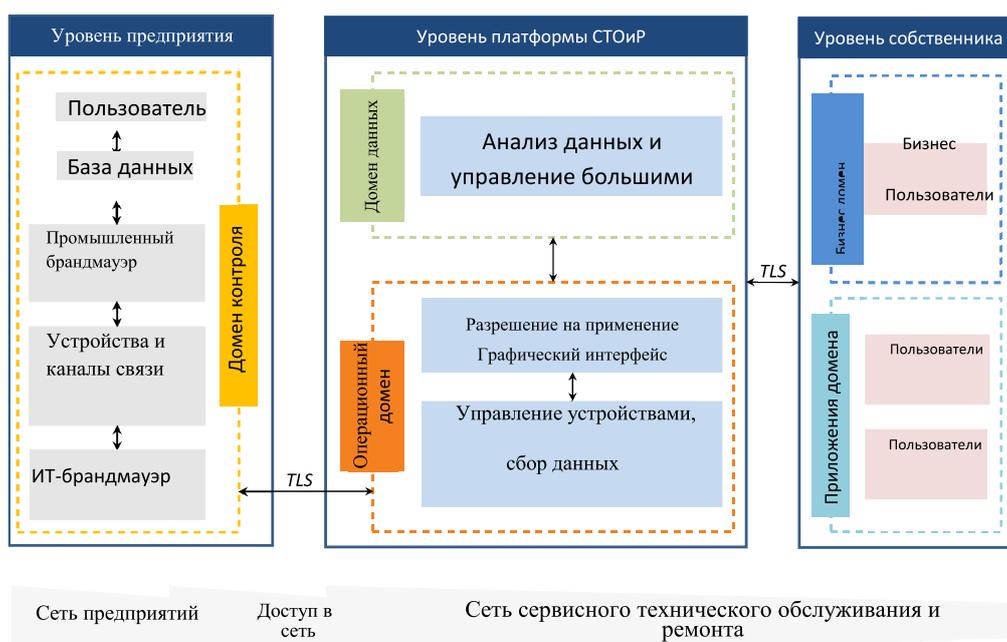


Рис. 3. Функциональная архитектура цифровой модели сервисного технического обслуживания и ремонта

Уровень собственника: реализует приложения домена через систему для принятия управленческих решений и предоставляет конечным пользователям интерфейсы для реализации функциональных возможностей (управление подвижным составом, управление цепью поставок подвижного состава на техническое обслуживание и ремонт, планирование ресурсов, планирование инвестиционных вложений).

Функциональные домены сгруппированы следующим образом.

Сеть предприятий: объединяет исполнительные механизмы, устройства, системы управления и активы со шлюзом, который соединяет с другими сетями (сервисными предприятиями) и позволяет передавать данные и управлять потоком между ними.

Доступ в сеть: обеспечивает связь для потоков данных и управления между сетью предприятий и уровнем платформы СТОиР.

Сервисная сеть (облако): обеспечивает подключение (обычно с использованием протоколов безопасности транспортного уровня) между службами платформы СТОиР и уровнями собственника подвижного состава.

Цифровая модель также включает в себя следующие положения:

– облако общего пользования: включает в себя компоненты, необходимые для интеграции производственных процессов корпоративного уровня (моделирование процессов, анализ данных, планирование производственной деятельности);

– частное облако: представляет собой основной функционал, включающий в себя управление и сохранение эксплуатационных и сервисных данных, адаптацию запланированных мероприятий к событиям, происходящим в реальном времени на производстве, а также помощь в принятии управленческих решений в производственных процессах.

Результаты исследования и их обсуждение

Исходя из проведенного исследования, можно сделать вывод, что планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту необходимо производить в зависимости от динамической составляющей жизненного цикла пассажирского подвижного состава. Одно из решений данной задачи – создание цифровой модели сервисного технического обслуживания и ремонта пассажирского подвижного состава. Цифровая модель позволит управлять жизненным циклом пассажирского подвижного состава на основе принятия управленческих решений.

Модульный подход обеспечит оптимальную цифровую трансформацию в организации сервисного технического обслуживания

и ремонта пассажирского подвижного состава. Использование цифровой модели связано в применении подробного описания производственных процессов, посредством создания алгоритма действия в цифровом описании.

Цифровая модель сервисного технического обслуживания и ремонта предложена в качестве поддержки для принятия управленческих решений для каждого участника процесса в жизненном цикле пассажирского подвижного состава.

Заключение

Формирование научного обеспечения позволит адаптировать переход пассажирского подвижного состава к сервисному техническому обслуживанию и ремонту. Всесторонняя оценка производственных возможностей цифровой модели позволит организовать систему сервисного технического обслуживания и ремонта. Поэтому цифровая модель обеспечит точность прогнозных оценок при эксплуатации и ремонте, обеспечивая эффективность управления жизненным циклом пассажирского подвижного состава в целом.

Создание специализированной цифровой модели для беспрепятственного обмена информацией, возможности быстрой ее обработки и, как следствие, возможности принятия управленческих решения позволит организациям соответствовать быстро развивающимся технологиям в глобальном рынке.

Список литературы

1. Takata S., Kimura F., Westkamper E., Shpitalni M., Ceglarek D., Jay Lee.: Maintenance: Changing Role in Life Cycle Management. 2004. No. 53 (2). P. 643–655.
2. Bannikov D.A., Sirina N.F. Model of passenger rolling stock maintenance. In the collection: MATEC Web Conf. Volume 216, 2018. X International Scientific and Technical Conference «Polytransport Systems» P. 02018. [Электронный ресурс]. URL: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/75/mateconf_pts2018_02018/mateconf_pts2018_02018.html (дата обращения: 01.02.2021).
3. Bannikov D.A., Sirina N.F. Development of innovative railway rolling stock technologies. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. T. 1115. P. 401–407.
4. Skobelev V.V., Skobelev V.G. Some Problems of Analysis of Hybrid Automata Cyber-netics and Systems Analysis. 2018. No. 54 (4). P. 517–526.
5. Maier R. Knowledge Management Systems: Information and Communication Technologies for Knowledge Management. Berlin. 2009. P. 256.
6. Приказ Министерства путей сообщения Российской Федерации от 04.04.1997 № 9Ц «О введении новой системы технического обслуживания и ремонта пассажирских вагонов» (с изменениями и дополнениями от 13.01.2011) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/6648607> (дата обращения: 01.02.2021).
7. Pedonea G., Mezgara I. Model similarity evidence and interoperability affinity in cloud-ready Industry 4.0. Preprint submitted to Journal of Computers in Industry. 2018. P. 359.
8. Doganay K., Bonlin M. Maintenance plan optimization for a train fleet. WIT Trans Built Environ. 2010. No. 114 (12). P. 349–358.
9. Holmgren J., Davidsson P., Persson J., Ramstedt L. TAPAS: a multi-agent based model for simulation of transport chains. Simul Model Pract Theory. 2012. no 23. P. 1–18.
10. Банников Д.А., Галкин А.Г., Сирина Н.Ф. Алгоритм расчета организации сервисного технического обслуживания и ремонта пассажирского подвижного состава // Транспорт Урала. 2017. № 55. С. 31–35.