

Повышение качества планирования и организации работ по текущему содержанию железнодорожного пути

Т.Н. Асалханова¹✉, А.А. Осколков²

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

²Восточно-Сибирская дирекция инфраструктуры – структурное подразделение Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД», г. Иркутск, Российская Федерация

✉asalk-tatyana@yandex.ru

Резюме

В статье рассматриваются вопросы, возникающие при планировании и организации работ по текущему содержанию железнодорожного пути. В Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. уделяется значительное внимание обстановке на объектах железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона. В настоящее время существуют проблемы по содержанию железнодорожного полотна, так как выявлено неудовлетворительное состояние достаточно большого количества участков пути на полигоне, что приводит к снижению скорости транспортировки грузов. Данное обстоятельство ограничивает возможности по транзитным и экспортным направлениям перевозок железнодорожным транспортом, ведет к потере клиентов и, следовательно, к уменьшению доходов компании. Транспортная стратегия предполагает модернизацию железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей, что накладывает большую ответственность на путевое хозяйство. Ежегодное увеличение грузооборота, веса подвижного состава, участковой скорости приводит к снижению временных интервалов для проведения технического обслуживания пути, соответственно, это отрицательно сказывается на состоянии железнодорожного полотна. На примере путевого хозяйства Восточно-Сибирской железной дороги проведен сравнительный анализ по данным Единой корпоративной автоматизированной системы управления инфраструктурой по планированию и фактическому выполнению работ по текущему содержанию пути. Результаты исследований показывают, что наблюдается увеличение участков железнодорожного пути с пропущенным тоннажем, при этом отмечается сокращение объемов капитального ремонта. Также выявлены факторы, которые мешают повысить качество планирования и организации работ, включая влияние человека на ввод, обработку информации в Единой корпоративной автоматизированной системе управления инфраструктурой, принятие неверных управленческих решений. Современное состояние цифровых технологий позволяет перейти на новый уровень автоматизации процессов планирования и организации путевых работ, что повысит качество этих процессов.

Ключевые слова

автоматизированная система управления ВИМ, Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой, железнодорожный путь, искусственный интеллект, организация и планирование путевых работ, информационное моделирование процессов, техническое содержание, цифровые технологии

Для цитирования

Асалханова Т.Н. Повышение качества планирования и организации работ по текущему содержанию пути / Т.Н. Асалханова, А.А. Осколков // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2023. № 1 (77). С. 73–82. DOI 10.26731/1813-9108.2023.(77).73-82.

Информация о статье

поступила в редакцию: 16.11.2022 г.; поступила после рецензирования: 9.03.2023 г.; принята к публикации: 10.03.2023 г.

Improving the quality of planning and organization of work on the current railway track maintenance

T.N. Asalkhanova¹✉, A.A. Oskolkov²

¹Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

²The East-Siberian infrastructure Directorate – structural subdivision of the Central Directorate of Infrastructure – branch of JSC «Russian Railways», Irkutsk, the Russian Federation

✉asalk-tatyana@yandex.ru

Abstract

The article discusses the issues that arise when planning and organizing work on the current maintenance of the railway track. In the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast until 2035, much attention is paid to the situation at the railway infrastructure facilities of the Eastern Polygon. Currently, there are problems with the maintenance of the railway track, as the unsatisfactory condition of a sufficiently large number of sections of track at the polygon has been revealed, which

leads to a decrease in the speed of cargo transportation. This circumstance limits the possibilities for transit and export routes of rail transportation, hence the loss of customers leading to a decrease in the company's income. The strategy includes modernization of the railway infrastructure of the Baikal-Amur and Trans-Siberian railway with the development of throughput and carrying capacity, which imposes a great responsibility on the track economy. The annual increase in cargo turnover, weight of rolling stock and section speed leads to a decrease in time intervals for track maintenance which leads to a deterioration in the condition of the railway track. On the example of track economy of the East Siberian Railway, a comparative analysis was carried out based on the data of the Unified corporate automated infrastructure management system for planning and actual performance of work on the current maintenance of the track. The results of the research show that there is an increase in sections of railway track with missed tonnage, while there is a reduction in the volume of capital repairs. The factors that do not allow to improve the quality of planning and organization of work are also revealed, including the human influence on the input and processing of information into the Unified corporate automated infrastructure management system as well as making incorrect management decisions. The current state of digital technologies allows to move to a new level of automation of planning processes and the organization of track works, which will improve the quality of these processes.

Keywords

automated control system BIM, Unified corporate automated infrastructure management system, railway track, artificial intelligence, organization and planning of travel work, information modeling of processes, technical content, digital technologies

For citation

Asalkhanova T.N., Oskolkov A.A. Povyshenie kachestva planirovaniya i organizatsii работ по tekushchemu soderzhaniyu zheleznodorozhnogo puti [Improving the quality of planning and organization of work on the current railway track maintenance]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2023, no. 1 (77), pp. 73–82. DOI: 10.26731/1813-9108.2023.1(77).73-82.

Article info

Received: November 16, 2022; Revised: March 9, 2023; Accepted: March 10, 2023.

Введение

Развитие холдинга ОАО «РЖД» до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. предусматривает существенное расширение тяжеловесного движения по дорогам Восточного полигона. При этом в стратегии развития указано, что повышение напряженности движения поездов уменьшает плановое время на текущее содержание и ремонт железнодорожного пути. Следовательно, нарастает дефектность элементов верхнего строения пути, увеличивается количество отказов технических средств, что приводит к увеличению трудоемкости работ по обслуживанию и

ремонту пути, а также к снижению скорости доставки грузов и пассажиров [1].

Планирование текущего содержания железнодорожного пути формируется в соответствии с нормативными документами: Правила технической эксплуатации, утвержденные приказом Минтранса России от 23 июня 2022 г. № 250; распоряжениями ОАО «РЖД» «Об утверждении Положения об организации комплексного обслуживания объектов инфраструктуры хозяйства пути и сооружений» от 29 ноября 2019 г. № 2675/р и «Об утверждении Правил назначения ремонтов железнодорожного пути» от 17 декабря



Рис. 1. Схема планирования работ по текущему содержанию пути

Fig. 1. Scheme of work planning for the current content of the track

2021 г. № 2888; Руководство по комплексной оценке состояния пути от 20 января 2012 г. № 72/р; Положение о проведении генерального весеннего и осеннего осмотров пути и сооружений от 5 сентября 2018 г. № 1961/р; Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути от 14 декабря 2016 г. № 2544/р; Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути от 14 ноября 2016 г. № 2288/р [1–8]. Планирование работ можно представить в виде схемы (рис. 1).

Всесторонне объемы и составы планово-предупредительных работ, внедрение цифровых двойников в процесс планирования и организации работ рассмотрены такими учеными, как В.П. Бельтюков, Д.В. Величко, А.С. Гапоненко, Н.И. Коваленко, А.А. Севостьянов, О.А. Суслов, В.О. Певзнер и др. [9–21]. Тем не менее до сих пор планирование путевых работ находится не на том уровне, чтобы говорить об эффективности этого процесса.

Планирование текущего содержания железнодорожного пути

Обязательным условием при планировании работ по текущему содержанию пути (годовом, месячном, недельном, суточном) является анализ данных из различных систем – Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктуры (ЕК АСУИ); Комплексная автоматизированная система учета,

расследования и анализа случаев технологических нарушений (КАСАТ) / Комплексная автоматизированная система учета, контроля устранения отказов технических средств (КАС АНТ); Единая корпоративная автоматизированная система управления трудовыми ресурсами (ЕК АСУТР); Единая корпоративная автоматизированная система управления финансами и ресурсами (ЕК АСУФР). Для анализа формируются отчеты по результатам осмотров пути, общей оценки состояния пути на перспективу, наличия нормативно-целевого бюджета на будущий период. Анализ интенсивности износа элементов верхнего строения пути, выбор приоритетных участков строится согласно полученной информации со средств диагностики и мониторинга, визуального контроля, зафиксированным инцидентам за предыдущий период, выполненным рабочим заданиям [1, 3–6, 8].

Оценка планирования и выполнения работ по Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры (ВС ДИ) по данным ЕК АСУИ выявила следующее: с 2020 г. планирование рабочих заданий (РЗ) до начала работ стало возрастать, а заполнение РЗ после выполнения – снижаться, что говорит о более вдумчивом отношении к планированию. Но некоторые дистанции все-таки заполняют РЗ значительно позже их выполнения (рис. 2, 3).

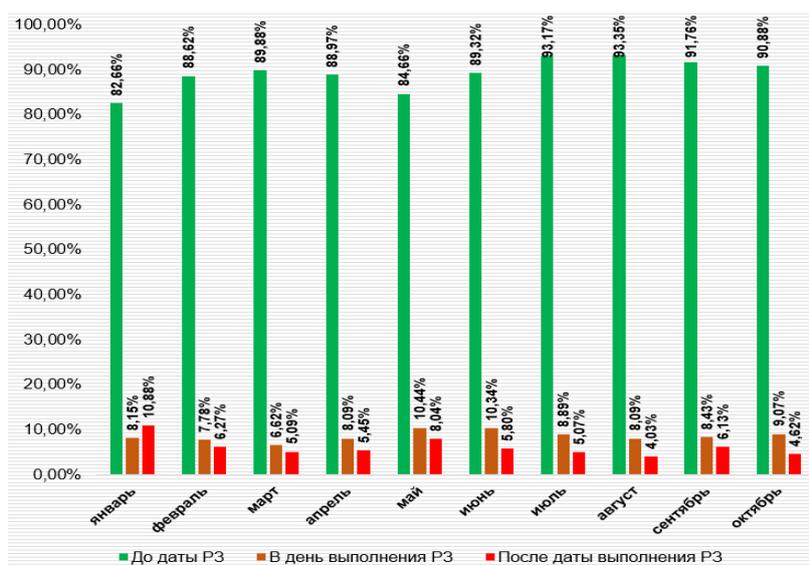


Рис. 2. Сравнительный анализ планирования путевых работ по Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры за 2022 г.

Fig. 2. Comparative analysis of the planning of track work on the East-Siberian infrastructure Directorate for 2022

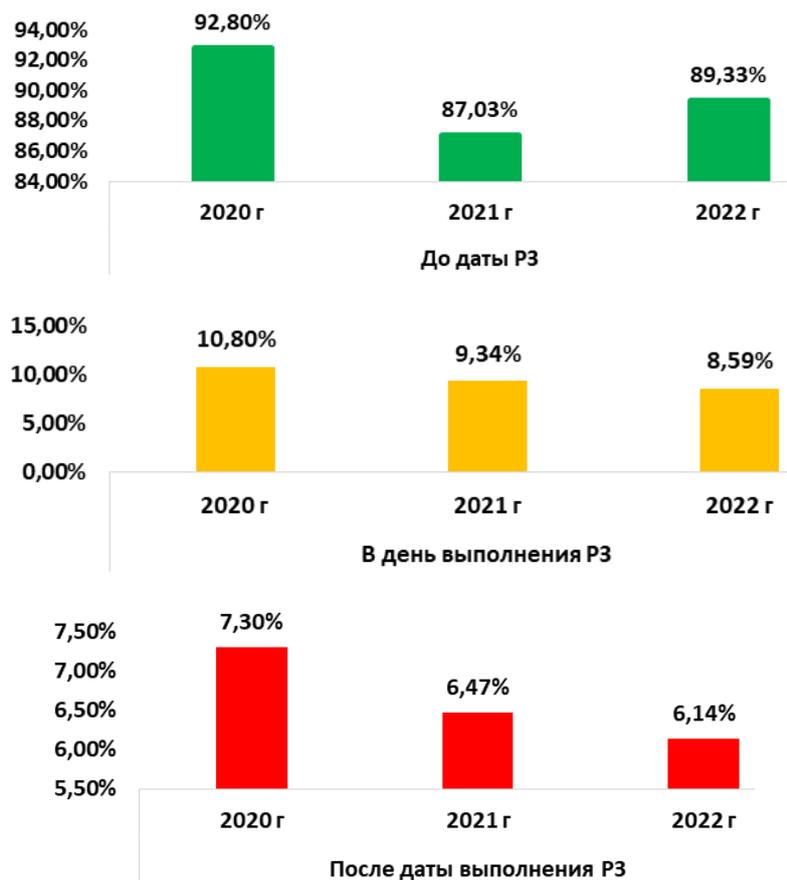


Рис. 3. Сравнительный анализ планирования путевых работ по Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры за 2020–2022 гг.
Fig. 3. Comparative analysis of the track work planning

Выполнение работ по текущему содержанию пути

С 2020 г. наблюдается снижение трудозатрат на выполнение работ по эксплуатации, т.е. на работы по текущему содержанию пути. При этом фиксируется повышение трудозатрат на прочие и сопутствующие работы. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что некоторые выполняемые работы заносятся в систему с нарушениями по выбору технологонормировочных карт (ТНК) или отсутствию отдельных ТНК, что приводит к возрастанию прочих и остальных работ, которые трудно идентифицировать в системе и выявить, какие конкретные работы выполнены на участках (рис. 4).

За последние пять лет в ЕК АСУИ фиксируется повышение количества инцидентов по неисправностям элементов верхнего строения пути, которые выявляются в периоды различных видов осмотров, в том числе генеральных осмотров. За этот же период наблюдается еще одна негативная тенденция – это рост числа

перекосов пути, что может создавать опасность при движении подвижного состава, особенно в условиях повышения грузонапряженности на Восточно-Сибирской железной дороге, которая входит в Восточный полигон (рис. 5).

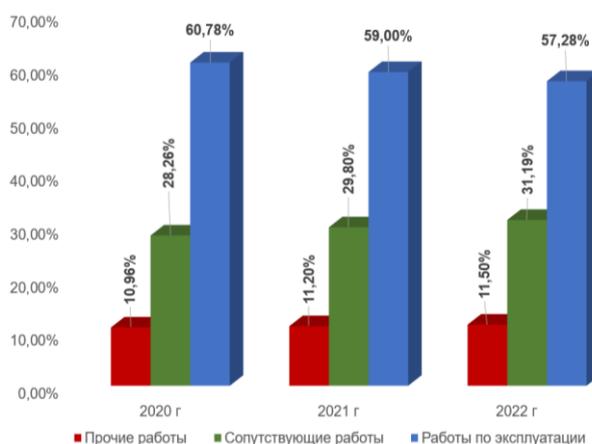


Рис. 4. Анализ фактически выполненных работ
Fig. 4. Analysis of actually performed operations

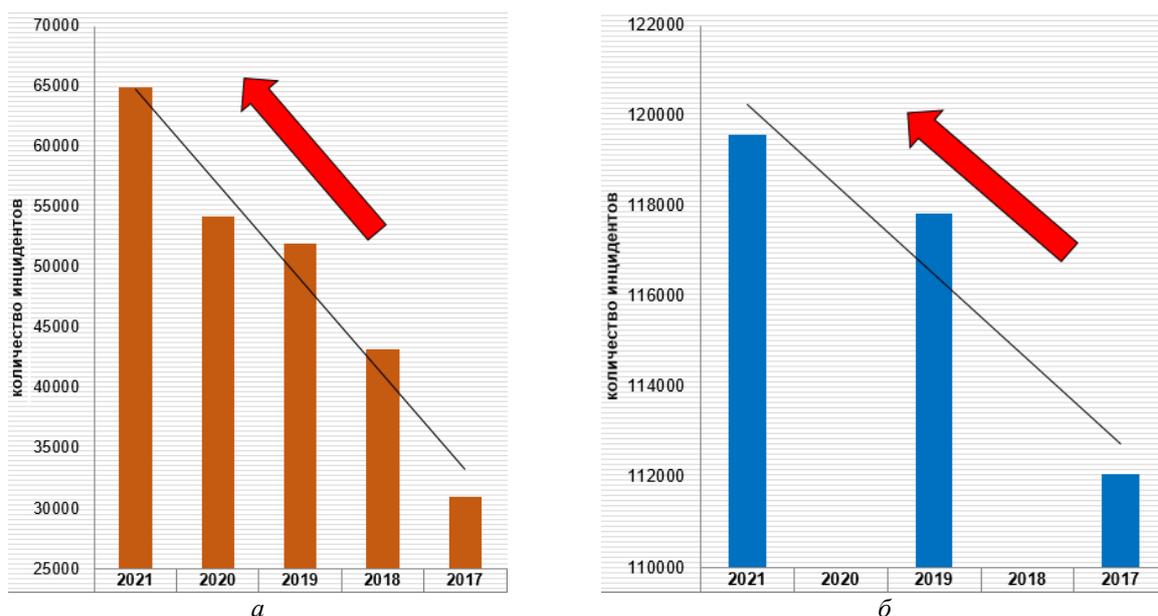


Рис. 5. Анализ неисправностей и перекосов пути по результатам генеральных осмотров и средств дефектоскопии с 2017 по 2021 гг.:

a – рост неисправностей пути при генеральном осмотре;

б – рост числа перекосов пути, выявленных средствами диагностики

Fig. 5. Analysis of track malfunctions and distortions based on the results of general inspections and flaw detection tools from 2017 to 2021:

a – the growth of track malfunctions during a general inspection;

b – an increase in the number of path distortions detected by diagnostic tools

По данным системы ЕК АСУТР с 2011 г. по текущий год численность монтеров пути по дирекции снизилась более чем на 10 %, а количество инцидентов (особенно первоочередных и неотложных) и РЗ значительно увеличилось. В то же время наблюдается отвлечение монтеров пути на выполнение других обязанностей – замещение водителя, механизатора ХДВ, бригадира пути, оператора дефектоскопной тележки и др. Данное обстоятельство приводит к несоблюдению сроков выполнения или к откладыванию плановых работ на другие периоды, что также не способствует улучшению состояния железнодорожного пути, увеличению количества участков с просроченным тоннажем и сокращением объемов капитального ремонта (рис. 6).

Факторы, влияющие на эффективность планирования и организацию путевых работ

В результате анализа планирования и выполнения работ по текущему содержанию пути выявлены факторы, которые влияют на эффективность данных процессов. Эти факторы можно разделить по группам.

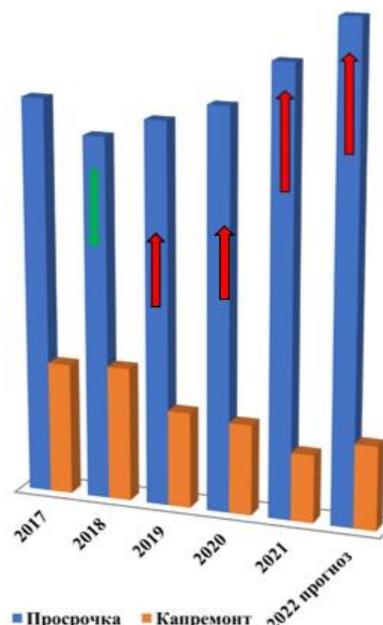


Рис. 6. Участки Восточно-Сибирской железной дороги с просроченным тоннажем и сокращением объемов капитального ремонта

Fig. 6. Sections of the East-Siberian Railway with overdue tonnage and a reduction in the volume of capital repairs

Анализируя фактическое выполнение месячного плана по дирекции, можно сказать, что в настоящее время процент реализации плана невысокий (в некоторых месяцах менее 20 %), что говорит о некорректном планировании. Плановые объемы работ включаются без детальной проработки конкретных условий эксплуатации, а сроки выполнения работ регламентируются лишь степенью влияния каждого отступления от нормативных параметров.

Действующая методика планирования и организации текущего содержания не предусматривает средств поддержки принятия решений в распределении трудовых ресурсов (производственного персонала линейного участка), построения предварительной информационной модели, что приводит к сложностям у руководителей дистанции при организации работ. Например, с сентября текущего года в дистанции пути ВС ДИ на одном из участков зафиксировано в системе за один день 97 инцидентов, которые должны устранить монтеры пути в количестве 21 чел. Из них 6 монтеров пути на дату исполнения отсутствовали по законным причинам, 5 совмещали свою работу с исполнением обязанностей по другим профессиям. Фактически работу выполняли 10 монтеров. При этом инциденты относились в основном к первоочередным.

В настоящее время на качество планирования и организацию путевых работ влияет много факторов, в том числе и существующие методики планирования, премирования, выполнения ключевых показателей (гонка за показателями в ущерб качеству планирования), которые приводят дистанции пути к «подгонке» некоторых результатов. Кроме того, до сих пор не устранены существенные недоработки системы ЕК АСУИ, которые тоже влияют на планирование и организацию работ.

Все выявленные факторы позволяют говорить о том, что необходим пересмотр методики планирования и учета фактически выполняемых работ, а также более полной интеграции данных из разных систем. Следовательно, необходимо внедрение новых подходов и технологий, позволяющих перейти на планирование и организацию работ без предвзятого отношения работников.

Предложения по повышению качества планирования и организации путевых работ

Огромное количество информации, которая накопилась в корпоративных информационных системах ЕК АСУТР, ЕК АСУФР, ЕК АСУИ, КСПД ИЖТ и других системах по объектам инфраструктуры позволяет перейти на другой уровень визуализации – это построение цифровой информационной модели [16, 18].

Цифровая трансформация холдинга включает в себя развитие экосистемы «Умная инфраструктура», что даст возможность объединить корпоративные информационные системы, в том числе Единую корпоративную платформу технической документации (ЕКП ТД), АСУ ВМ, цифрового двойника инфраструктуры (ЦД), ЕК АСУИ [8, 16, 17].

Автоматизированная система управления информационным моделированием (АСУ ВМ) предназначена для построения полного жизненного цикла объектов инфраструктуры холдинга (рис. 7).



Рис. 7. Автоматизированная система управления жизненным циклом объектов инфраструктуры BIM
Fig. 7. Automated control system BIM – life cycle object management of infrastructure facilities

Данная система позволит вести цифровой мониторинг объектов инфраструктуры, их состояния, отслеживать все этапы эксплуатации, управлять ресурсами, планировать производственные процессы, прогнозировать состояние.

В настоящее время цифровые двойники объектов инфраструктуры строятся на основе данных технической документации, оперативных данных со средств диагностики и мониторинга, которые накапливаются в системе ЕК АСУИ СДМИ. Цифровые двойники будут

содержать действительную информацию о состоянии объекта, а также рисков, которые могут возникнуть в случаях невыполнения планово-предупредительных работ.

Таким образом, экосистема «Умная инфраструктура» предполагает объединение физических объектов с цифровой инфраструктурой, что влечет за собой внедрение практически всех сквозных цифровых технологий. Это позволит поднять качество планирования и организации путевых работ [8].

Для развития экосистемы предлагаем повысить эффективность использования системы ЕК АСУИ за счет внедрения искусственного интеллекта (ИИ), что позволит отойти от влияния человеческого фактора на ввод информации в систему, обработку ее и принятие управленческих решений. Концепция внедрения ИИ в ОАО «РЖД» позволяет перейти на данную технологию [16]. Сформировать новое интеллектуальное планирование и организацию работ, получать в системе адекватную аналитику и прогноз состояния пути с помощью визуализации, построения целевой имитационной модели. Современное состояние внедрения цифровой трансформации железнодорожного транспорта позволяет говорить о том, что интеллектуальное планирование возможно и доступно для внедрения (рис. 8) [22].

В соответствии со стратегией развития

холдинга моделью цифровой железной дороги сфера «Управление инфраструктурой» разделена на следующие зоны [23]:

- учет объектов;
- текущее содержание и диагностика;
- ремонты инфраструктуры;
- реконструкция инфраструктуры;
- управление рисками и ресурсами.

Разделение позволяет разрабатывать новые математические модели в существующих информационных системах, интегрировать системы в единую систему управления железнодорожным транспортом и комплексно решать проблемы, возникающие при планировании и организации работ по обслуживанию железнодорожного пути.

Для этих целей в ЕК АСУИ должны быть встроены математические и информационные модели процессов путевого хозяйства: прогноз состояния и развития дефектов на конкретных участках пути на основе реальных данных со средств диагностики и мониторинга и анализа инцидентов; построение визуальной модели элементов пути с предлагаемыми технологическими процессами с учетом местных условий эксплуатации и наличием ресурсов (трудовых и материальных); расчет объемов работ, необходимого контингента, инструмента; сигнализация руководителей работ об отвлечении монтеров пути на выполнение работ, не связанных с



Рис. 8. Модель цифровой трансформации в ОАО «РЖД»
Fig. 8. The model of digital transformation in JSC «Russian Railways»

технологическими процессами (в том числе на работы сигнальщиков). В дальнейшем такие модели позволят производить расчет нормативной численности монтеров пути в системе ЕК АСУТР не только на основе паспорта дистанции, а на качественном реальном расчете объемов работ в зависимости от состояния пути и грузонапряженности на участках пути [8].

Грамотное планирование и организация действий по устранению выявленных неисправностей обеспечивает безопасность движения, а выполнение планово-предупредительных работ снижает риски возникновения отказов элементов пути [5].

Заключение

Используя предложенную модель планирования и организации путевых работ, можно разработать методику планирования путевых работ с учетом наибольшего количества показа-

телей и факторов, которые влияют на изменение элементов пути.

Такая модель планирования должна выстраиваться с учетом внедрения цифровых технологий, в том числе и технологий ИИ, ВМ, машинного обучения, предиктивной аналитики, больших данных, блокчейна и др.

Модель должна содержать комплексное планирование путевых работ с учетом состояния всех объектов инфраструктуры, материальных и трудовых ресурсов, предоставления технологических «окон» для проведения различных работ по обслуживанию или ремонту инфраструктуры. В результате такого планирования изменится и подход к организации работ совместно со всеми причастными хозяйствами, что повысит эффективность работы путевого хозяйства и положительно скажется на перевозочном процессе.

Список литературы

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 27.11.2021 № 3363-р // Правительство Рос. Федерации : сайт. URL : <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLI0nUT91RjCbeR.pdf> (Дата обращения 01.10.2022).
2. Об утверждении и введении в действие инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути : распоряжение ОАО «РЖД» от 16.11.2016 г. № 2288р (ред. 02.11.2022). Доступ из справ.-правовой системы «АСПИЖТ» в локальной сети.
3. Об утверждении Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : приказ Минтранса России № 250 от 23.06.2022 // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. URL : <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207200026?index=0&rangeSize=1> (Дата обращения 01.10.2022).
4. Методика прогнозирования износа рельсов различных категорий качества с нормативами интенсивности износа рельсов различных категорий качества в зависимости от условий эксплуатации : утв. заместителем генерального директора ОАО «РЖД» – начальником Центральной дирекции инфраструктуры 29.09.2022 г. № 1824. Доступ из справ.-правовой системы «АСПИЖТ» в локальной сети.
5. Об утверждении правил назначения ремонтов железнодорожного пути : распоряжение ОАО «РЖД» от 17.12.2021 г. № 2888/р (ред. 03.02.2023). Доступ из справ.-правовой системы «АСПИЖТ» в локальной сети.
6. Об утверждении положения об организации комплексного обслуживания объектов инфраструктуры хозяйства пути и сооружений : распоряжение ОАО «РЖД» от 29.11.2019 г. № 2675/р (ред. 6.10.2020). Доступ из справ.-правовой системы «АСПИЖТ» в локальной сети.
7. Об утверждении и введении в действие положения о системе неразрушающего контроля рельсов и эксплуатации средств рельсовой дефектоскопии в путевом хозяйстве железных дорог ОАО «РЖД» : распоряжение ОАО «РЖД» от 26.07.2017 г. № 1471р (ред. 05.05.2022). Доступ из справ.-правовой системы «АСПИЖТ» в локальной сети.
8. Об утверждении паспорта комплексной программы инновационного развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года : распоряжение ОАО «РЖД» от 31.08.2022 г. № 2271/р. Доступ из справ.-правовой системы «АСПИЖТ» в локальной сети.
9. Авсиевич А.В., Овчинников Д.В. Определение напряженно-деформированного состояния элементов железнодорожного пути на основе измерения ускорения и математического моделирования // Вестник транспорта Поволжья. 2022. № 1 (91). С. 34–42.
10. Андреев А.В. Методика определения стоимости жизненного цикла конструкции пути с учетом прогнозирования технического состояния пути // Путь XXI века : сб. науч. трудов междунар. науч.-метод. конф. СПб., 2013. С. 188–193.
11. Бельтюков В.П. Стратегия технического обслуживания и ремонтов железнодорожного пути // Инновационные методы управления техническим обслуживанием железнодорожного пути : сб. тр. науч.-практ. семинара. СПб., 2022. С. 5–12.
12. Величко Д.В., Севостьянов А.А., Антерейкин Е.С. Оценка надежности рельсов на участках Транссибирской магистрали // Вестн. Сибир. гос. ун-та путей сообщ. 2019. № 1 (48). С. 5–11.
13. Гапоненко А.С., Бушуев М.В. Подходы в планировании планово-предупредительной выправки и оценка состояния пути // Изв. Петерб. гос. ун-та путей сообщ. 2022. № 1 С. 7–16.
14. Глубоков Н.Н., Мироненко Е.В. Система «Электронное путевое хозяйство» // Тр. Ростов. гос. ун-та путей сообщ. 2019. № 3. С. 30–34.

15. Коваленко Н.И., Суворова Д.Р., Аноховская И.В. Применение системы ЕК АСУИ при планировании работ путевого хозяйства ОАО «РЖД» // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т. 4. № 1 (13). С. 78–87.
16. Об утверждении концепции применения искусственного интеллекта в ОАО «РЖД»: распоряжение ОАО «РЖД» от 14.02.2022 г. № 334/р. Доступ из справ.-правовой системы «АСПИЖТ» в локальной сети.
17. BIM на железных дорогах мира – развитие, примеры, стандарты. / В.П. Куприяновский, О.Н. Покусаев, А.А. Климов и др. // International Journal of Open Information Technologies. 2020. Vol. 8. № 5. P. 57–80.
18. Павловский А.А., Озеров А.В., Куроптеева А.П. К концепции внедрения информационного моделирования в железнодорожном транспортном комплексе // Наука и технологии железных дорог. 2022. Т. 6. № 3 (23). С. 20–31.
19. Севостьянов А.А., Величко Д.В. Повышение эффективности технологического процесса планово-предупредительной выправки железнодорожного пути // Вестн. Сибир. гос. ун-та путей сообщ. 2021. № 4 (59). С. 37–46.
20. Суслов О.А., Федорова В.И. Перспективные подходы к прогнозному моделированию деградационных процессов элементов верхнего строения пути и их применение при создании цифровых двойников // Вестн. науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп. 2021. Т. 80. № 5. С. 251–259.
21. Суслов О.А. Прогнозная модель расчета накопления неисправностей элементов верхнего строения пути и геометрии рельсовой колеи // Наука и образование транспорту. 2021. № 2. С. 245–250.
22. Ковальчук А.С., Коваль С.И. Применение цифровых технологий и сервисов для развития железнодорожной инфраструктуры // Инновации. Наука. Образование. 2022. № 50. С. 476–481.
23. Поздеева А.Ю., Пиатрович А.А. Применение высокоуровневой функциональной модели цифровой железной дороги при определении целевого уровня цифровой зрелости инфраструктуры // Науч.-техн. и эконом. сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2021. Т. 1. С. 488–494.

References

1. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 27.11.2021 №3363-r «Transportnaya strategiya Rossiiskoi Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda» [Order of the Government of the Russian Federation No 3363-r dated November 27, 2021 «Transport strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035»]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLlOnUT91RjCbeR.pdf> (Accessed October 1, 2022).
2. Rasporyazhenie ОАО «RZhD» ot 16.11.2016 g. № 2288r (red. 02.11.2022) «Ob utverzhdenii i vvedenii v deistvie instruktsii po tekushchemu sodержaniyu zheleznodorozhnogo puti» [Order of JSC «Russian Railways» dated November 16, 2016 No 2288r «On the approval and implementation of the instructions for the current maintenance of the railway track» (ed. November 2, 2022)].
3. Prikaz Mintransa Rossii № 250 ot 23.06.2022 «Ob utverzhdenii Pravil tekhnicheskoi ekspluatatsii zheleznykh dorog Rossiiskoi Federatsii» [Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No 250 dated June 23, 2022 «On approval of the Rules of Technical Operation of Railways of the Russian Federation»]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207200026?index=0&rangeSize=1> (Accessed October 1, 2022).
4. Metodika prognozirovaniya iznosa rel'sov razlichnykh kategorii kachestva s normativami intensivnosti iznosa rel'sov razlichnykh kategorii kachestva v zavisimosti ot uslovii ekspluatatsii : utv. zamestitelem general'nogo direktora ОАО «RZhD» – nachal'nikom Tsentral'noi direktsii infrastruktury 29.09.2022 g. N 1824. [Methodology for predicting the wear of rails of various quality categories with standards for the intensity of wear of rails of various quality categories depending on operating conditions : approved by the Deputy General Director of JSC «Russian Railways» – Head of the Central Directorate of Infrastructure September 29, 2022 N 1824].
5. Rasporyazhenie ОАО «RZhD» ot 17.12.2021 g. № 2888/r «Ob utverzhdenii pravil naznacheniya remontov zheleznodorozhnogo puti» (red. 03.02.2023) [Order of JSC «Russian Railways» dated December 17, 2021 No 2888/r «On approval of the rules for the appointment of railway track repairs» (ed. February 3, 2023)].
6. Rasporyazhenie ОАО «RZhD» ot 29.11.2019 g. № 2675/r (red. 6.10.2020) «Ob utverzhdenii polozheniya ob organizatsii kompleksnogo obsluzhivaniya ob'ektov infrastruktury khozyaistva puti i sooruzhenii» [Order of JSC «Russian Railways» dated November 29, 2019 No 2675/r «On approval of the regulations on the organization of complex maintenance of infrastructure facilities of the track and structures» (ed. October 6, 2020)].
7. Rasporyazhenie ОАО «RZhD» ot 26.07.2017 g. № 1471r «Ob utverzhdenii i vvedenii v deistvie polozheniya o sisteme nerazrushayushchego kontrolya rel'sov i ekspluatatsii sredstv rel'sovoi defektoskopii v putevom khozyaistve zheleznykh dorog ОАО «RZhD» (red. 05.05.2022) [Order of JSC «Russian Railways» dated July 26, 2017 No 1471r «On the approval and implementation of the regulations on the system of non-destructive testing of rails and the operation of means of rail flaw detection in the track facilities of railways of JSC «Russian Railways» (ed. May 5, 2022)].
8. Rasporyazhenie ОАО «RZhD» ot 31.08.2022 g. № 2271/r «Ob utverzhdenii pasporta kompleksnoi programmy innovatsionnogo razvitiya kholdinga «RZhD» na period do 2025 goda» [Order of JSC «Russian Railways» dated August 31, 2022 No 2271/r «About the approval of the passport of the integrated program of innovative development of the Russian Railways holding for the period up to 2025»]
9. Avsievich A.V., Ovchinnikov D.V. Opredelenie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya elementov zheleznodorozhnogo puti na osnove izmereniya uskoreniya i matematicheskogo modelirovaniya [Determination of the stress-strain state of railway track elements based on acceleration measurement and mathematical modeling]. *Vestnik transporta Povolzh'ya* [Bulletin of Transport of the Volga region], 2022, no. 1 (91), pp. 34–42.
10. Andreev A.V. Metodika opredeleniya stoimosti zhiznennogo tsikla konstruksii puti s uchedom prognozirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya puti [Methodology determining the cost of the life cycle of a track structure taking into account the prediction of the technical condition of the track]. *Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii «Put' XXI veka*

» [Proceedings of the International Scientific and Methodological Conference «Track of the XXI century»]. Saint Petersburg, 2013, pp. 188–193.

11. Bel'tyukov V.P. Strategiya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remontov zheleznodorozhnogo puti [Strategy of maintenance and repairs of railway track]. *Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnogo nauchno-metodicheskogo seminara «Innovatsionnye metody upravleniya tekhnicheskim obsluzhivaniem zheleznodorozhnogo puti»* [Proceeding of the International scientific-methodical seminar «Innovative methods of management of maintenance of the railway track»]. Saint Petersburg, 2022, pp. 5–12.

12. Velichko D.V., Sevost'yanov A.A., Antereikin E.S. Otsenka nadezhnosti rel'sov na uchastkakh Transsibirskoi magistrali [Evaluation of the reliability of rails on sections of the Trans-Siberian Railway]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya* [Bulletin of the Siberian State Transport University], 2019, no. 1 (48), pp. 5–11.

13. Gaponenko A.S., Bushuev M.V. Podkhody v planirovanii planovo-predupreditel'noi vypravki i otsenka sostoyaniya puti [Approaches in planning preventive maintenance and assessment of the state of the track]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putei soobshcheniya* [Bulletins of the Petersburg Transport University], 2022, no. 1, pp. 7–16.

14. Glubokov N.N., Mironenko E.V. Sistema «Elektronnoe putevoe khozyaistvo» [The system «Electronic track management»]. *Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya* [Proceedings of the Rostov State Transport University], 2019, no. 3, pp. 30–34.

15. Kovalenko N.I., Suvorova D.R., Anokhovskaya I.V. Primenenie sistemy EK ASUI pri planirovanii rabot putevogo khozyaistva OAO «RZhD» [Application of the unified corporate automated infrastructure management system in the planning of the track facilities of JSC «Russian Railways»]. *Nauka i tekhnologii zheleznikh dorog* [Science and Technology of railways], 2020, vol. 4, no. 1 (13), pp. 78–87.

16. Rasporyazhenie OAO «RZhD» ot 14.02.2022 g. № 334/r «Ob utverzhdenii kontseptsii primeneniya iskusstvennogo intellekta v OAO «RZhD» [Order of JSC «Russian Railways» dated February 14, 2022 No 334/r «On the approval of the concept of the use of artificial intelligence in JSC «Russian Railways»].

17. Kupriyanovskii V.P., Pokusaev O.N., Klimov A.A., Dobrynin A.P., Lazutkina V.S., Potapov I.P. [BIM on the railways of the world – development, examples, standards]. *International Journal of Open Information Technologies*, vol. 8, no. 5, 2020, pp. 57–80.

18. Pavlovskii A.A., Ozerov A.V., Kuropteeva A.P. K kontseptsii vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya v zheleznodorozhnom transportnom komplekse [On the concept of implementing information modeling in the railway transport complex]. *Nauka i tekhnologii zheleznikh dorog* [Science and Technology of railways], 2022, vol. 6, no. 3 (23), pp. 20–31.

19. Sevost'yanov A.A., Velichko D.V. Povyshenie effektivnosti tekhnologicheskogo protsessa planovo-predupreditel'noi vypravki zheleznodorozhnogo puti [Improving the efficiency of the technological process of the planned preventive alignment of the railway track]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya* [Bulletin of the Siberian State Transport University], 2021, no. 4 (59), pp. 37–46.

20. Suslov O.A., Fedorova V.I. Perspektivnye podkhody k prognoznomu modelirovaniyu degradatsionnykh protsessov elementov verkhnego stroeniya puti i ikh primeneniye pri sozdanii tsifrovyykh dvoynikov [Promising approaches to predictive modeling of degradation processes of the elements of the upper structure of the track and their application in the creation of digital doubles]. *Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta* [Bulletin of the Scientific Research Institute of Railway Transport], 2021, vol. 80, no. 5, pp. 251–259.

21. Suslov O.A. Prognoznaya model' rascheta nakopleniya neispravnosti elementov verkhnego stroeniya puti i geometrii rel'sovoi kolei [Predictive model for calculating the accumulation of malfunctions of elements of the upper structure of the track and the geometry of the rail gauge]. *Nauka i obrazovanie transportu* [Science and education for transport], 2021, no. 2, pp. 245–250.

22. Koval'chuk A.S., Koval' S.I. Primeneniye tsifrovyykh tekhnologii i servisov dlya razvitiya zh/d infrastruktury [Application of digital technologies and services for the development of railway infrastructure]. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie* [Innovations. Science. Education], 2022, no. 50, pp. 476–481.

23. Pozdeeva A.Yu., Piatrovich A.A. Primeneniye vysokourovnevoi funktsional'noi modeli tsifrovoi zheleznoi dorogi pri opredelenii tselevogo urovnya tsifrovoi zrelosti infrastruktury [Application of a high-level functional model of a digital railway in determining the target level of digital maturity of infrastructure]. *Nauchno-tekhnicheskoe i ekonomicheskoe sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke* [Scientific, technical and economic cooperation of the Asian-Pacific region countries in the XXI century], 2021, vol. 1, pp. 488–494.

Информация об авторах

Асалханова Татьяна Николаевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры пути и путевого хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: asalk-tatyana@yandex.ru.

Осколков Андрей Александрович, начальник сектора информатизации Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры – структурного подразделения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД», г. Иркутск; e-mail: di_oskolkovaa@esrr.ru.

Information about the authors

Tat'yana N. Asalkhanova, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Track and track facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: asalk-tatyana@yandex.ru.

Andrei A. Oskolkov, Head of the Informatization Sector, the East Siberian Infrastructure Directorate – structural subdivision of the Central Directorate of Infrastructure – branch of JSC «Russian Railways», Irkutsk; e-mail: di_oskolkovaa@esrr.ru.