

8. Gozbenko V.E., Ivankov A.N., Kolesnik M.N., Pashkova A.S. Metody prognozirovaniya i optimizatsii transportnoi seti s uchetom moshchnosti passazhiro- i gruzopotokov. Deponirovannaya rukopis' No. 330-V2008 17.04.2008 [Methods for forecasting and optimization of the transport network taking into account the capacity of passenger and cargo flows. Deposited manuscript No. 330-B2008 17.04.2008].

9. Gozbenko V.E., Kripak M.N., Ivankov A.N. Sovershenstvovanie transportno-ekspeditsionnogo obsluzhivaniya gruzovladel'tsev [Improvement of the transport and freight forwarding service of freight owners]. Irkutsk: IrGUPS Publ., 2011. 176 p.

10. Lebedeva O.A., Kripak M.N., Gozbenko V.E. Increasing effectiveness of the transportation network through by using the automation of a Voronoi diagram. *Transportation Research Procedia*, 2018. Vol. 36. Pp. 427–433.

11. Caimi G. Algorithmic decision support for train scheduling in a large and highly utilised railway network. PhD thesis, ETH Zurich. 2009.

12. Schlechte T., Borndörfer R., Erol B., Graffagnino T., Swarat E. Micro-macro transformation of railway networks. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 2011.

13. Jha K.C., Ahuja R.K., Sahin G. New approaches for solving the block-to-train assignment problem. *Networks*, 2008. Vol. 51. No. 1. Pp. 48–62.

14. Barnhart C., Jin H., Vance P. H. Railroad blocking: A network design application. *Oper. Res.*, 2000. Vol. 48. No. 4. Pp. 603–614.

15. Ahuja R.K., Jha K.C., Liu J. Solving real-life railroad blocking problems. *Interfaces*, 2007. Vol. 37. No. 5. Pp. 404–419.

16. Köhler E., Möhring R.H., Skutella M. Traffic networks and flows over time. In Lerner J., Wagner D., and Zweig K. A. (eds.) *Algorithmics of Large and Complex Networks: Design, Analysis, and Simulation, volume 5515 of Lecture Notes in Computer Science*, pages 166–196. Springer, 2009.

17. Irwin N., Cube H.V. Capacity restraint in multi-travel mode assignment programs. *Highway Research Board Bulletin*, 1962. No. 347. Pp. 258–287.

18. Wohl M. Notes on transient queuing behavior, capacity restraint functions, and their relationship to travel forecasting. *Papers in Regional Science*, 1968. Vol. 21. No. 1. Pp. 191–202.

19. Lieberherr J., Pritscher E. Capacity-restraint railway transport assignment at SBB-Passenger. In *Proceedings of the 12th Swiss Transport Research Conference*, 2012.

Информация об авторах

Лебедева Ольга Анатольевна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры управления на автомобильном транспорте, Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, e-mail: kravhome@mail.ru

Information about the authors

Ol'ga A. Lebedeva – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof., Assoc. Prof. of the Subdepartment of Management of Automobile Transport, Angarsk State Technical University, Angarsk, e-mail: kravhome@mail.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2021.1(69).141-148

УДК 625.172

Анализ планирования технологических процессов производства путевых работ железнодорожного транспорта в единой корпоративной автоматизированной системе управления инфраструктурой

Т. Н. Асалханова¹, А. А. Осколков²✉

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

² Восточно-Сибирская дирекция инфраструктуры, г. Иркутск, Российская Федерация

✉ di_oskolkovaa@esrr.ru

Резюме

Разработка и реализация требований по определению и подтверждению надежности, эксплуатационной готовности, В статье рассматриваются проблемы, возникающие при планировании технологических процессов производства путевых работ, в том числе с учетом Положения об организации комплексного обслуживания объектов инфраструктуры хозяйства пути и сооружений, а также при отражении видов планирования путевых работ в системе единой корпоративной автоматизированной системе управления инфраструктурой. Для исследования проблем планирования проводился анализ внесения данных о планировании технологических процессов путевых работ дистанциями пути Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры. При проведении анализа выявлено, что в настоящее время планирование технологических процессов производства путевых работ в единой корпоративной автоматизированной системе управления инфраструктурой имеет много недостатков, так как предприятия выполняют один из критериев Положения об организации комплексного обслуживания объектов инфраструктуры хозяйства пути и сооружений – трудозатраты по продуктивным запланированным рабочим заданиям по месячному плану должны составлять не менее 50 % от общих трудозатрат, рассчитанных на списочный состав бригады на дату планирования. Это приводит к некоторым формальностям при планировании. При этом не учитываются факторы, влияющие на элементы пути, которые фиксируются не только в единой корпоративной автоматизированной системе управления инфраструктурой, но и в других корпоративных информационных системах. В результате исследования предложена модель методики планирования путевых работ с использованием

предиктивной аналитики, визуализации маркеров безопасности, факторного анализа с учетом внедрения цифровых технологий в инфраструктурный комплекс и построения цифровой экосистемы компании.

Ключевые слова

единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой, организация производства, планирование, путевые работы, технологический процесс, корпоративные информационные системы, цифровые технологии

Для цитирования

Асалханова Т.Н. Анализ планирования технологических процессов производства путевых работ железнодорожного транспорта в единой корпоративной автоматизированной системе управления инфраструктурой / Т.Н. Асалханова, А.А. Осколков // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 1 (69). – С. 141–148. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.1(69).141-148

Информация о статье

поступила в редакцию: 10.01.2021, поступила после рецензирования: 20.01.2021, принята к публикации: 21.02.2021

Analysis of the planning of technological processes for the production of railway track works in a single corporate automated infrastructure management system

T. N. Asalkhanova¹, A. A. Oskolkov²✉

¹Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

²The East-Siberian infrastructure Directorate, Irkutsk, the Russian Federation

✉ di_oskolkovaa@esrr.ru

Abstract

The article considers the problems that arise in planning of technological processes of production of track work, including taking into account the Situation on the organization of integrated services infrastructure of the economy of way and structures, reflection, planning of track work in the system of uniform corporate automated control system infrastructure. To study the problems of planning, the analysis of data on the planning of technological processes of track work by the distances of the East Siberian Directorate of Infrastructure was carried out. During the analysis, it was revealed that at present, the planning of technological processes for the production of track works in the unified corporate automated infrastructure management system has many disadvantages, since enterprises fulfill one of the criteria of Regulation b for the organization of integrated maintenance of infrastructure facilities, roads and structures – "Labor costs for productive planned work tasks according to the monthly plan must be at least 50% of the total labor costs calculated for the list composition of the team at the planning date", which leads to some formalities during planning. This does not take into account the factors that affect the elements of the path, which are recorded not only in the unified corporate automated infrastructure management system, but also in other corporate information systems. As a result of the study, a model of the methodology for planning track work using predictive analytics, visualization of security markers, factor analysis, taking into account the introduction of digital technologies in the infrastructure complex and building a digital ecosystem of the company is proposed.

Keywords

unified corporate automated infrastructure management system, production organization, planning, track work, technological process, corporate information system, digital technologies

For citation

Asalkhanova T.N., Oskolkov A.A. Analiz planirovaniya tekhnologicheskikh protsessov proizvodstva putevykh работ zheleznodorozhnogo transporta v edinoi korporativnoi avtomatizirovannoi sisteme upravleniya infrazhukuroi [Analysis of planning of technological processes of production of railway track works in the unified corporate automated infrastructure management system]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 1 (69), pp.141–148.– DOI: 10.26731/1813-9108.2021.1(69).141-148

Article info

Received: 10.01.2021, Revised: 20.01.2021, Accepted: 21.02.2021

Введение

Основным документом по организации и технологии ремонтно-путевых работ является Типовой технологический процесс, которым устанавливается перечень и последовательность выполнения входящих в них отдельных технологических операций,

расстановка монтеров пути, машин и механизмов по месту работ и времени, исходя из условий достижения максимального темпа и наилучшего качества, наиболее эффективного использования «оконного» времени и обеспечения безопасности движения поездов и труда. На основании Типового технологиче-

ского процесса разрабатываются рабочие технологические процессы, отражающие местные особенности в работе, действующие на период ремонта конкретного объекта, в том числе с постановкой пути в проектное положение, на каждый участок на основе координатных методов с использованием высокоточной системы координат [1].

К особенностям технологических процессов производства работ по текущему содержанию верхнего строения пути относятся: выполнение работ в «окна» или короткие интервалы между поездами; значительный фронт работ; сезонность производства работ, вследствие чего ограничен период времени, в который выполняются шпалобалластные и земляные работы; производство работ в течение всего года на открытом воздухе, что ухудшает условия выполнения работ и соблюдение требований техники безопасности монтерами пути, снижает производительность труда при неблагоприятной погоде (сильные морозы зимой и высокая температура летом, неудовлетворительная видимость при туманах, метелях и др.) [1, 2].

Планирование технологических процессов производства путевых работ

Учитывая изложенные особенности, влияющие на организацию производства путевых работ, а также поддержание железнодорожного пути в технически исправном состоянии, в путевом хозяйстве разработаны виды планирования выполнения путевых работ, что отражено в нормативных документах ОАО «РЖД» [2–6]. К таким видам планирования относятся: годовое, месячное, недельное и суточное планирование [4].

В настоящее время планирование путевых работ осуществляется дистанциями пути в единой корпоративной автоматизированной системе управления инфраструктурой (ЕК АСУИ).

Тем не менее, в Положении об организации комплексного обслуживания объектов инфраструктуры хозяйства пути и сооружений (далее – Положение) [6] и при практическом применении методики планирования выявляются недоработки, которые не позволяют эффективно выстроить систему организации производства путевых работ, чем обусловлены исследования в этом направлении деятельности структурных подразделений инфраструктурного комплекса [4, 7, 8].

Планированию технологических процессов производства путевых работ посвящено немало научных исследований учеными, разработчиками информационных систем, специалистами-практиками структурных подразделений дирекций инфраструктуры, в том числе такими авторами, как Г.Е. Андреев, В.П. Бельтюков, А.А. Васильев, З.Л. Крейнис, Н.И. Коваленко, М.А. Левинзон, И.Б. Лехно, В.С. Лысюк, В.В. Мишин, В.О. Певзнер,

Е.С. Свинцов, М.П. Смирнов, В.П. Сычев, Г.И. Тарнопольский, С.А. Телегин, В.И. Тихомиров, В.М. Филиппов, В.Я. Шульга, Ю.М. Щекотков, Г.К. Щепотин, Т.И. Шеронова, В.М. Янин и др.

Например, В.П. Бельтюков в своих исследованиях отметил несколько проблем в оптимизации системы управления путевым хозяйством, одна из которых – неэффективность методик планирования путевых работ, которые включали и включают несколько критериев. Такие критерии могут давать противоречивые варианты для принятия управленческих решений, они не учитывают также и то, что планы при фактическом выполнении работ значительно меняются, так как не прогнозируется техническое состояние пути, и не принимается во внимание разнообразие эксплуатационных условий, в том числе климатических и географических условий расположения дистанций пути. Это отмечают и другие исследователи [3, 9–11].

Технологические процессы производства путевых работ по текущему содержанию верхнего строения пути осуществляются на основе технологонормировочных карт и типовых норм времени, а планирование работ выполняется на основе данных из внутренних систем ЕК АСУИ и внешних систем, средств диагностики и мониторинга, которые автоматически передаются в ЕК АСУИ [6, 12].

В ходе исследования проведена оценка качества планирования работ в ЕК АСУИ по дистанциям пути Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры (ВС ДИ).

Все дистанции пути планируют свою деятельность в соответствии с годовыми адресными планами, сезонными работами, а также рассматривают плановые работы текущего содержания по предупреждению отказов технических средств, что находит отражение в ЕК АСУИ. Однако, кроме этого, существует текущая работа, которая достаточно часто приводит к невыполнению запланированных мероприятий из-за выявления неисправностей и отступлений не только самими дистанциями пути, но и другими хозяйствами, и средствами диагностики и мониторинга [13].

За 2019 г. и три месяца 2020 г. в ЕК АСУИ создано значительное количество инцидентов, из них в типовой системе инцидентов (ТСИ) зарегистрировано 83,7 % инцидентов от общего количества, а на внешние системы приходится – 16,3 % инцидентов. При этом вагонами путеизмерителями КВЛ-П выявлено 5 % неисправностей пути от общего количества инцидентов, остальными средствами диагностики, например, ЦНИИ-4, выявлено 2,3 % неисправностей, системой видеосъемки железнодорожного пути (ВРЕЛЬС) – почти 3 %, а

также натурными осмотрами (КМО, ГО, РЦКУ, ПК) выявлен еще большой массив инцидентов.

Следовательно, ежемесячно на каждую дистанцию пути приходится в среднем до 30 % инцидентов от общего количества запланированных работ, которые не учитывались при их планировании [13].

На данный момент поступающий объем инцидентов в системе является критично большим, и устранить все неисправности дистанциями пути не представляется возможным. Поэтому здесь целесообразно применять систему рационального планирования, которая строится на предиктивной аналитике состояния пути и адресно-конкретизированного факторного анализа. Возможно, настал момент перехода от экспертной системы оценки количества инцидентов в ЕК АСУИ к машинному обучению, т. е. от дедуктивного метода, основанного на получении частного вывода из общего правила, гипотезы, к индуктивному, который базируется на определении общих закономерностей по частным эмпирическим данным.

«Барьерные места» при планировании путевых работ

Анализ ведения месячного планирования работ по дистанциям пути в ЕК АСУИ за 2019–2020 гг. в соответствии с нормативными документами ОАО «РЖД» выявил «барьерные места» в существующей методике планирования: 40–50 % от общего плана путевых работ составляют работы неосновного назначения. Это работы, связанные со снегоборьбой, смазыванием болтов и башмаков на стрелочных переводах, докручиванием гаек клеммных, закладных и стыковых болтов, шурупов, добивкой костылей, погрузочно-разгрузочными работами. Реализация же месячного планирования за февраль 2020 г. составила всего 10 % от доли общих трудозатрат за месяц.

Данное положение дел характеризует одну из проблем месячного планирования, которая заключается «в гонке» предприятий за показателем, указанным в положении – не менее 50 % запланированных продуктивных работ от списочного состава работников. Вследствие этого, для достижения норматива планирования дистанции включают в план много работ неосновного назначения, что в действительности вносит долю формальности планирования в соотношении 40–50 % от общего фонда времени по численности работников. Также, чтобы обеспечить 50 % запланированных работ от списочного состава, дистанции пути вынуждены на каждые рабочие сутки планировать полный объем продуктивных работ за исключением прочих. При этом план получается не 100 % актуальным, так как

невозможно учесть объем неотложных и первоочередных работ, которые возникнут в течение суток, недели и месяца.

Рассмотрим месячное планирование путевых работ на примере Горхонской дистанции пути – структурного подразделения ВС ДИ, где прочие работы за 2019–2020 гг. составили 41 %, к неотложным работам отнесены 25 % видов работ, что в сумме дает 66 %. В результате такого планирования остается только 34 % видов работ на плановые работы без учета влияния явочной численности монтеров пути, которая не прописана в Положении. При этом не приняты к учету все первоочередные работы содержания пути, возникшие в течение месяца. В итоге, в ЕК АСУИ сформирован месячный план, содержащий много работ текущего содержания с учетом 50 % запланированных работ от списочного состава работников дистанции, но с крайне низким процентом реализации необходимых видов работ.

Такое состояние дел характерно не только для рассмотренной дистанции пути. Дистанции пути пытаются без учета прочих работ распланировать работы в объеме каждого дня, чтобы добиться 50 % плановых работ.

Предложения по планированию путевых работ

Решением выявленных проблемных «барьерных мест» должны быть:

1. Учет всех накопленных в корпоративных информационных системах управления данными о состоянии пути, обязательное формирование факторного анализа по критериям, влияющим на путевое хозяйство (ЕК АСУИ, УРРАН, КАСАТ, КАС АНТ, ЕК АСУФР, ЕК АСУТР и др.).

2. Четкое взаимодействие всех хозяйств и средств диагностики и мониторинга при создании инцидентов (исключение дублирования инцидентов в ЕК АСУИ).

3. Включение в методику планирования путевых работ экономической составляющей по организации производства путевых работ [9–10], т. е. не только расчет нормативно-целевого бюджета в ЕК АСУИ, но и расчеты расходов на выполнение всех видов планирования в ЕК АСУФР и интеграции данных в ЕК АСУИ.

Для реализации решения необходимо внедрение цифровых технологий в части технологии BigData (Большие данные), предиктивного анализа, цифрового двойника, BIM (управление жизненным циклом линейных объектов инфраструктуры) и искусственного интеллекта [15]. В результате внедрения таких технологий каждая ступень планирования должна быть актуальна и иметь высокий уровень подтверждаемости производства работ. Например, в месячный план должны входить: работы годового плана (в объеме материалов «36 позиций»); мероприятия, связанные с сезонностью,

снижением отказов технических средств и улучшением балловой оценки, которые будут основываться на факторном анализе состояния пути (должен автоматически формироваться по результату логической обработки больших данных и искусственного интеллекта) – такой план в комплексе должен составлять не менее 40 % от явочного состава бригады. Это позволит осуществлять контроль на уровне службы пути, территориальных отделов инфраструктуры (ДИЗТЕР) и руководства дистанций пути.

В свою очередь, недельное планирование должно формироваться на основе месячного плана, прочих работ и предиктивных состояний пути, вычисленных из всех известных инцидентов с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей пути и иметь рубеж 68 % от списочного состава бригады. Суточный план, который создается на базе недельного плана и учитывает первоочередные, неотложные инциденты, выявленные после формирования недельного плана, а также новые расчетные предотказные состояния, должен иметь рубеж 70–80 % от списочного состава бригады с учетом плановых и внеплановых отсутствий работников (очередные отпуска, служебные командировки, административные отпуска и т. д.).

На каждом этапе планирования необходимо четко упорядочить задачи, которые стоят перед предприятием, чтобы добиться высокой эффективности на каждой ступени от годового до суточного планирования.

Для создания эффективной и рациональной системы планирования необходима реализация цифровой платформы предиктивного анализа данных, формирования комплексных задач устранения инцидентов в ступенчатой системе планирования и выработки рациональных мероприятий производства на основе цифрового моделирования и ожидаемой результативности в ЕК АСУИ [13–14].

В настоящее время планирование работ в ЕК АСУИ сводится к включению в план инцидентов по их крайним срокам, без учета комплексного развития инцидентов, того, что из ряда похожих инцидентов, есть действительно опасные, либо наиболее приоритетные, которые должны быть устранены в сжатые сроки, без моделирования процесса интенсивной дестабилизации пути. Именно для этого и нужна предиктивная аналитика состояния инфраструктуры.

На основе изложенного предлагаем модель построения методики планирования, которую необходимо создать на основе ЕК АСУИ с учетом интеграции данных из других корпоративных информационных систем, таких как УРРАН, КАСАТ, КАС АНТ, АС АПВО-2 и др. (рис. 1).

В модели методики планирования необходимо учитывать оценку логического имитационного развития неисправностей, рассчитывать вариантную модель комплексного сочетания неисправностей и текущего состояния пути, оценивать производные векторы зависимого развития всех элементов пути, создать адресно-конкретизированный факторный

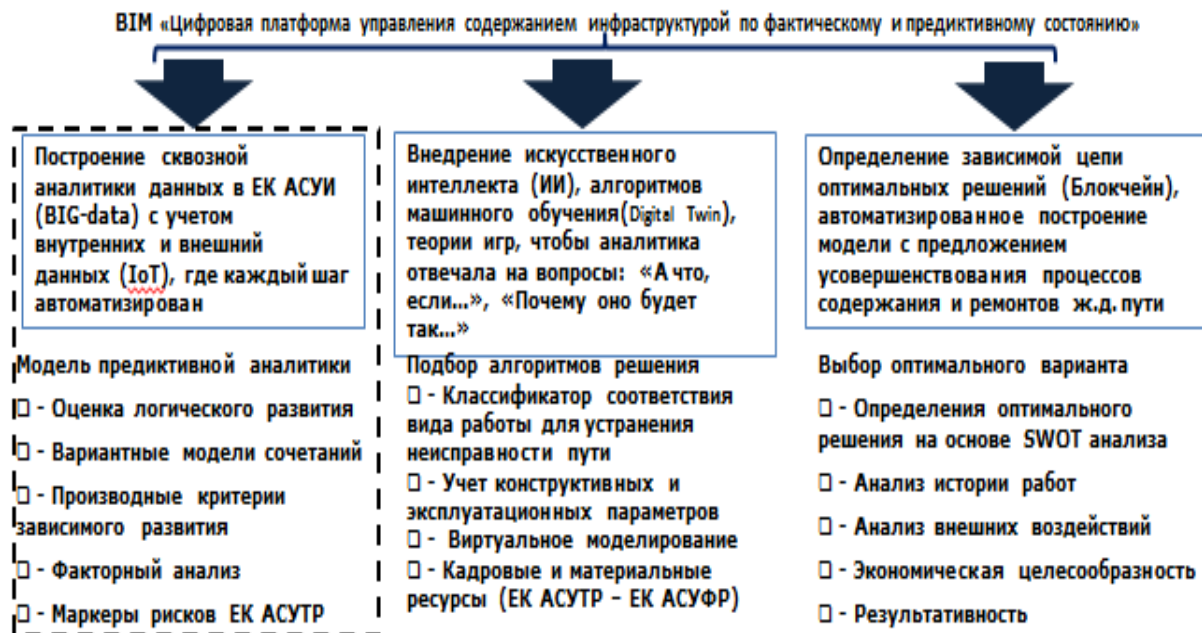


Рис. 1. Модель методики планирования

Fig. 1. Model planning techniques

анализ. Также необходимо определить наиболее эффективные варианты решений из классификатора соответствия вида работ – устраняемой неисправности, учесть конструктивные и эксплуатационные параметры и выбрать наиболее оптимальный вариант, основываясь на моделировании ожидаемых результатов с учетом экономической составляющей производства путевых работ.



Рис. 2. Планирование путевых работ на основе предиктивного анализа

Fig 2. Planning of road works based on predictive analysis

Предлагаем на основе внедрения искусственного интеллекта и предиктивной аналитики в модель методики планирования создать таблицу маркеров безопасности в ЕК АСУИ. Благодаря наглядности (визуализации), дорожный мастер, специалисты дистанции пути смогут быстро проанализировать маркеры безопасности с числовым критерием групп инцидентов и принять управленческое решение по технологическим процессам, которые должны использовать при производстве путевых работ, включить в план работы, которые необходимо выполнить в самые сжатые сроки, чтобы обеспечить безопасность (рис. 2).

Предиктивная аналитика – это аналитика, в основе методов и техник которой лежат инструменты статистики, логического интеллектуального анализа данных с максимальным применением вычислительных мощностей, позволяющих прогнозировать поведение или состояние исследуемого объекта и

принимать на основе этих данных оптимально-рациональные управленческие решения [16].

Задачу предиктивной аналитики невозможно решить без реализации цифровой платформы управления содержанием инфраструктуры, о чем в своих работах указывает Н.И. Коваленко [17].

Реализация цифровой платформы ВМ содержания и ремонтов инфраструктуры должна состоять из следующих связанных модулей:

- цифровая модель предиктивного состояния объектов инфраструктуры при использовании платформы BigData и интернета вещей IoT;

- цифровая модель определения алгоритмов эффективной технологии устранения выявленных проблем на основе ресурсов, оценки жизненного цикла верхнего строения пути, влияния всех элементов пути на его состояние, ожидаемого результата с учетом экономически выгодного варианта при использовании работы искусственного интеллекта, а также технологии машинного обучения Digital Twin;

- цифровая модель производства работ – от интеллектуального планирования окон до организации производства работ с учетом обязательного выполнения всех этапов технологического процесса Блокчейн (цифровая технология распределенного реестра позволит распространить информацию между участниками взаимосвязанных технологических процессов в рамках распределенной среды без участия операторов или какой-либо внешней организации) [18].

Заключение

Таким образом, используя предложенную модель планирования и организации технологических процессов путевых работ, можно разработать методику планирования путевых работ с учетом наибольшего количества показателей, факторов, которые влияют на изменение элементов пути. Такая модель планирования должна выстраиваться с учетом внедрения цифровых технологий, в том числе и технологии машинного обучения, в рамках цифровой экосистемы компании, которая позволит объединить все хозяйства холдинга, партнеров, клиентов [18].

Список литературы

1. Крейнис З.Л. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути: учебник. М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2019. 453 с. URL: <http://umczdt.ru/books/35/230302/>.
2. Положение о системе ведения путевого хозяйства ОАО «РЖД»: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 31.12.2015 г. № 3212р.
3. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: утв. приказом Минтранса России № 286 от 21.12.2010.
4. Правила и технология выполнения основных работ при текущем содержании пути: утв. МПС РФ от 30.06.1997 г. № ЦПТ-52.
5. Технические условия на работы по реконструкции и ремонту железнодорожного пути: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 18.01.2013 г. № 75р.
6. Положения об организации комплексного обслуживания объектов инфраструктуры хозяйства пути и сооружений: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 29.11.2019 г. № 2675р.
7. Бельтюков В.П. Оптимизация системы содержания верхнего строения железнодорожного пути / В.П. Бельтюков // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2016. Т. 13 № 2(47). С. 112–120.

8. Бельтюков В.П. Оптимизация системы содержания железнодорожного пути на основании прогнозирования изменения его состояния и затрат, связанных с его содержанием / В.П. Бельтюков // Путь XXI века : сб. науч. трудов III междунар. науч.-практич. конф., 20.02.2015. СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. С. 14–23.
9. Андреев А.В. Методика определения стоимости жизненного цикла конструкции пути с учетом прогнозирования технического состояния пути / А.В. Андреев // Путь XXI века : сб. науч. трудов междунар. науч.-методич. конф. СПб. : ПГУПС, 2013. С. 188–193.
10. Гапанович В.А. На основе оптимизации стоимости жизненного цикла / В.А. Гапанович // Железнодорожный транспорт. 2013. № 6. С. 26–34.
11. Глубоков Н.Н., Мироненко Е.В. Система «Электронное путевое хозяйство» / Н.Н. Глубоков, Е.В. Мироненко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. 2019. № 3. С. 30–34.
12. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 16.11.2016 г. № 2288р.
13. Каташева А.П., Асалханова Т.Н., Осолков А.А. Сравнительный анализ планирования и фактического выполнения работ по текущему содержанию пути по Иркутск-Сортировочной дистанции пути / А.П. Каташева, Т.Н. Асалханова, А.А. Осолков // «Молодая наука Сибири»: электрон. науч. журн. 2020. № 2(8). URL: <http://mnv.irgups.ru/toma/>.
14. Ковенькин Д.А., Поздеев В.Н. Обоснованность критериев назначения ремонтов железнодорожного пути // Д.А. Ковенькин, В.Н. Поздеев // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2016. Т. 1. С. 438–441.
15. Насонов Г.Ф. Цифровая трансформация инфраструктуры / Г.Ф. Насонов // Автоматика. Связь. Информатика. 2019. № 4. С. 2–4.
16. Хасанов А.Р. Влияние предиктивной аналитики на деятельность компаний / А.Р. Хасанов // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 3 (106). С. 108–113.
17. Коваленко Н.И., Суворова Д.Р., Аноховская И.В. Применение системы ЕК АСУИ при планировании работ путевого хозяйства ОАО «РЖД» / Н.И. Коваленко, Д.Р. Суворова, И.В. Аноховская // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т. 4. № 1 (13). С. 78–87.
18. Кадик Л. Особый подход / Л.Кадик // Пульс управления: электрон.журн. 2019. № 8. URL: <http://www.pult.gudok.ru/archive/contents.php?ID=1478534/>.

References

1. Kreinis Z.L. Technical maintenance and repair of the railway track: textbook-M.: FGBU DPO «Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport», 2019. 453 p. URL: <http://umczdt.ru/books/35/230302>.
2. Regulations on the system of track management of JSC “Russian Railways”: approved. Order of JSC “Russian Railways” dated 31.12.2015 No. 3212r.
3. Rules of technical operation of railways of the Russian Federation: approved by Order of the Ministry of Transport of Russia No. 286 dated 21.12.2010.
4. Rules and technology for performing basic work under the current content of the path : approved. The Ministry of Railways of the Russian Federation dated 30.06.1997, No. ATC-52.
5. Technical conditions for the reconstruction and repair of railway: by the order of JSC “RZD” from 18.01.2013 No.75r.
6. Provisions on the organization of complex service of objects of infrastructure of the economy of way and structures : approved. by the order of JSC “RZD” from 29.11.2019, No. 2675r.
7. Beltyukov V.P. Optimization of the system of maintenance of the upper structure of the railway track / V.P. Beltyukov // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putei sosheniya. 2016. Vol. 13. No. 2(47). Pp. 112–120.
8. Beltyukov V.P. Optimization of the system of detention of the railway on the basis of forecasting changes its condition and the costs associated with its content / V.P. Beltyukov // Path of the XXI century : collection of scientific works. papers III Intern. scientific.-practical. Conf. 20.02.2015. SPb. : FGBOU VPO PGUPS, 2015. Pp. 14–23.
9. Andreev A.V. Methodology for determining the cost of the life cycle of the track structure taking into account the forecasting of the technical condition of the track / A.V. Andreev // Path of the XXI century: collection of scientific works of the international scientific and methodological conference-St. Petersburg: PGUPS, 2013. Pp. 188–193.
10. Gapanovich V.A. Based on the optimization of life cycle cost / V.A. Gapanovich // Railway transport. 2013. No. 6. Pp. 26–34.
11. Action N.N., Mironenko E.V. “Electronic putevoe khozyaystvo” / N.N. Action, E.V. Mironenko // Proceedings of Rostov state University of Railways. 2019. No. 3. Pp. 30–34.
12. Instructions for current maintenance of railway track : approved. by the order of JSC “RZD” from 16.11.2016, No. 2288r.
13. Katasheva A.P., Asalhanova T.N., Oskolkov A.A. Comparative analysis of planning and actual execution of works on current maintenance of track in Irkutsk-Sorting track / A.P. Katasheva, T.N. Asalkhanova, A.A. Oskolkov // “Young science of Siberia”: the electron. scientific journal. 2020. № 2(8). URL: <http://mnv.irgups.ru/toma/>, free. Title from the screen. Yaz. rus., eng.
14. Kovenkin D.A., Pozdeyev V.N. Validity of criteria for the purpose of repairs of the railway track / D.A. Kovenkin, V.N. Pozdeyev // Transport infrastructure of the Siberian region. 2016. Vol. 1. Pp. 438–441.
15. Nasonov G.F. Digital transformation of infrastructure / G.F. Nasonov // Avtomatika. Connection. Computer science. 2019. No. 4. Pp. 2–4.
16. Khasanov A.R. Influence of predictive analytics on the activities of companies / A.R. Khasanov // Strategic decisions and risk management. 2018. № 3 (106). Pp. 108–113.

17. Kovalenko N.I., Suvorov D.R., Rohovska I.V. System Application EC ASUI in planning of track facilities of “RZHD” / N.I. Kovalenko, D.R. Suvorova, I.V. Unkovskaya // Science and technology of railways. 2020. Vol. 4. № 1 (13). Pp. 78–87.

18. Kadik L. Special approach. / L. Kadik // Control panel: electron. Zhurnal. 2019. No. 8. URL: <http://www.pult.gudok.ru/archive/contents.php?ID=1478534/>.

Информация об авторах

Асалханова Татьяна Николаевна – канд. экон. наук, доцент кафедры пути и путевого хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: asalhanova_tn@irgups.ru

Осколков Андрей Александрович – начальник сектора информатизации Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры, г. Иркутск, e-mail: di_oskolkovaa@esrr.ru

Information about the authors

Tatyana N. Asalkhanova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department Road and Track Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: asalhanova_tn@irgups.ru

Andrey A. Oskolkov – Head of the Informatization Sector of the East Siberian Infrastructure Directorate, Irkutsk, e-mail: di_oskolkovaa@esrr.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2021.1(69).148-155

УДК 625.1

Влияние микро- и макрогеометрии пути на поперечную устойчивость железнодорожного пути

М. А. Мыльникова ✉

Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, Российская федерация

✉ mylnikova.ma93@gmail.com

Резюме

В статье рассматриваются факторы, влияющие на поперечную устойчивость бесстыкового железнодорожного пути, такие как износ рельсов, поездная нагрузка и режимы движения поездов, неровности пути, в частности отступления в плане, неравномерность распределения температурных полей по поверхности рельса и в его сечении. Наиболее подробно описано исследование воздействия поездной нагрузки на поперечную устойчивость пути. В работе приводится обоснование расчетной модели 3D поезда для проведения моделирований в программном комплексе «Универсальный механизм». Предложен способ определения рекомендуемого шага интегрирования с применением методов спектрального анализа. Представлены результаты проведенных исследований воздействия поездной нагрузки на поперечную устойчивость пути при движении поезда по участкам пути с нарушениями микрогеометрии пути и без них. Приведен способ расчета дополнительной поперечной силы, возникающей при движении поезда по отступлению в плане. Автором статьи предложен способ определения интенсивности изменения уклона отвода отступления в плане, позволяющий определить, какое из отступлений является опасным и требует дополнительного постоянного контроля. Обозначены дальнейшие направления исследований.

Ключевые слова

факторы нарушения поперечной устойчивости пути, поездная нагрузка, максимально поперечные силы, расчетная модель

Для цитирования

Мыльникова М. А. Влияние микро- и макрогеометрии пути на поперечную устойчивость железнодорожного пути / М. А. Мыльникова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 1 (69). – С. 148–155. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.1(69).148-155

Информация о статье

поступила в редакцию: 09.11.2020, поступила после рецензирования: 20.11.2020, принята к публикации: 01.12.2020

The influence of railway track micro- and macro-geometry on the railway track transverse stability

М. А. Myl'nikova ✉

Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, the Russian Federation

✉ mylnikova.ma93@gmail.com

Abstract

The article considers the factors that affect the transverse stability of a continuous welded railway track. These factors are rail wear, train load and modes of train movement, and track irregularities, in particular, deviations in the plan, uneven distribution of