

Предложения по организации ремонтных работ верхнего строения пути в условиях увеличения объемов перевозки грузов

Ю. М. Краковский✉, В. А. Начигин, В. В. Кашковский

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

✉ 7194926772@yandex.ru

Резюме

Для обеспечения необходимого уровня безопасности движения поездов большое внимание уделяется вопросам мониторинга и диагностики инфраструктурного комплекса, включая верхнее строение пути. Основным критерием назначения ремонта ВСП является пропущенный тоннаж. Однако в зависимости от условий эксплуатации, наличия различных кривых и прямых участков, подъемов и спусков, дополнительных системных внешних факторов, появляются неисправности на участках, различающиеся между собой в десятки раз. Первый комплекс предложений по поддержанию ВСП на высоком техническом уровне сводится к следующему: 1) для текущего содержания пути необходимо создавать мобильные небольшие комплексные бригады, которые в своей основе состоят из профессиональных специалистов и универсальных исполнителей; 2) высвободившееся от нерациональной деятельности по текущему содержанию ВСП ресурсы рекомендуется направить на проведение комплексных ремонтных работ. Основными видами обслуживания и ремонта ВСП являются: 1) ППР – планово-предупредительный ремонт; 2) ПР – подъемочный ремонт; 3) СР – средний ремонт; 4) УСР – усиленный средний ремонт; 5) КР – капитальный ремонт. Второй комплекс предложений заключается в проведении комплексного ремонта с учетом фактического состояния, которое определяется средствами диагностики и натурными осмотрами ВСП. Суть этих предложений заключается в следующем: а) при наступлении первого вида ремонта по пропущенному тоннажу прямые участки бесстыкового пути не требуют проведения каких-либо ремонтных работ; б) по мере увеличения нагрузки на рельс в зависимости от радиуса кривых и уклонов, количество неисправностей в рельсах, скреплениях, шпалах и балласте возрастает. Например, на кривых малого радиуса требуется сплошная смена рельсов с сопровождением работ в объеме СР; в) при наступлении последующих цикловых ремонтов большая часть участка (перегона) подвергается сложным видам ремонта; г) в итоге при достижении предельного технического состояния верхнего строения пути проводится КР всего перегона.

Ключевые слова

пропускная способность, ремонтно-восстановительные работы, верхнее строение пути, объем перевозки грузов

Для цитирования

Краковский Ю. М. Предложения по организации ремонтных работ верхнего строения пути в условиях увеличения объема перевозки грузов // *Modern technologies. System analysis. Modeling*. – 2021. – 3 (71). – С. 135–141. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.3(71).135-141

Информация о статье

поступила в редакцию: 03.09.2021, поступила после рецензирования: 10.09.2021, принята к публикации: 15.10.2021

Proposals for repair works organization of the railway track upper structure to increase the volume of cargo transportation

Y. M. Krakovsky✉, V. A. Nachigin, V. V. Kashkowsky

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ 7194926772@yandex.ru

Abstract

To ensure the required level of train traffic safety, much attention is paid to monitoring and diagnostics of the infrastructure complex, including upper structure of the railway. The main criterion for appointing USR repair is the missed tonnage. However, depending on the operating conditions, the presence of various curves and straight sections, ascents and descents, additional systemic external factors, the of malfunctions on the track may appear, which differ from each other by tens of times. The first set of proposals for maintaining the USR at a high technical level is: 1) for the current maintenance of the track, it is necessary to create small mobile complex teams, consisting of professional specialists and universal performers; 2) direct the resources released from irrational activities to the current maintenance of the USR to carry out complex repair work. The main types of maintenance and repair of USR include: 1) PPR - preventive maintenance; 2) LR - lifting repair; 3) MR - medium repair; 4) EMR - enhanced medium repair; 5) CR - major repair. The second set of proposals involves a comprehensive repair, taking into account the actual state, which is determined by means of diagnostics and field inspections of the USR. The essence of the proposals is as follows: a) when the first type of repair occurs on the passed tonnage, the straight sections of the continuous welded

track do not require any repair work; b) as the load on the rail increases, depending on the radius of curves and slopes, the number of faults in rails, fasteners, sleepers and ballast also increases. For example, on small radius curves, a continuous replacement of rails is required, accompanied by work in the amount of MR; c) when it's time for subsequent cycle repairs, most of the section (stretch) is subjected to complex types of repair; d) eventually, when the critical technical condition of the track superstructure is reached, the major repair of the entire stretch is carried out.

Keywords

channel capacity, repair and restoration works, the upper structure of the railway, the volume of cargo transportation

For citation

Krakovsky Y. M., Nachigin V. A., Kashkovsky V. V. Analiz vliyaniya obratnogo tyagovogo toka na rabotu rel'sovyh cepej [Proposals for repair works organization of the railway track upper structure to increase the volume of cargo transportation]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 3(71), pp. 135–141. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.3(71).135-141

Article Info

Received: 03.09.2021, Revised: 10.09.2021, Accepted: 15.10.2021

Введение

Исторически железнодорожные перевозки в нашей стране занимают лидирующее положение по сравнению с другими видами транспорта. Учитывая необходимость обеспечения безопасности перевозочного процесса, ОАО «РЖД» уделяет большое внимание надежности и технологичности инфраструктурного комплекса дорог [1, 2]. Это, в свою очередь, требует больших финансовых и инвестиционных средств.

Развитие технологий увеличения пропускной способности железнодорожной сети благоприятно сказывается на увеличении объемов перевозок. А рост объёмов сказывается на снижении общих относительных расходов на перевозочный процесс и повышает привлекательность железнодорожных перевозок.

В то же время увеличение количества поездов в определённый период вступает в противоречие с содержанием, обслуживанием и ремонтом инфраструктуры, включая верхнее строение пути (ВСП). Для оценки данной ситуации необходимо определиться с технологиями, обеспечивающими требуемые объёмы и необходимое качество перевозочного процесса.

Таким образом, необходимость роста объемов перевозок и развитие инфраструктурного комплекса очень тесно связаны между собой. Поиск компромиссных решений в условиях неопределенности и ограниченных финансовых ресурсов является важнейшей задачей, требующей своего решения.

Целью данной работы является выработка предложений по организации ремонтных работ ВСП, позволяющих увеличить объемы перевозки грузов.

Состояние ремонтно-восстановительных работ инфраструктурного комплекса

В ОАО «РЖД» для обеспечения необходимого уровня безопасности движения поездов уделяется внимание вопросам мониторинга и диагностики инфраструктурного комплекса [3-6]. Эти вопросы ре-

шаются с применением различных средств и методов с одновременным стремлением сокращения финансовых и других ресурсов.

На первоначальном этапе использовалась организация работ по техническому состоянию. Критерием начало ремонтных и профилактических работ служил отказ технического средства выполнять свои функциональные обязанности в процессе производства. По мере накопления статистического материала о состоянии инфраструктуры и развития диагностических средств выстроилась система содержания инфраструктуры, состоящая из диагностики, в том числе встроенной, мониторинга, текущего содержания (по системе ТО), полного восстановления технических параметров системы (реконструкция, капитальный ремонт и т.д.).

Вся эта система не может работать при движении поездов, так как любой элемент системы требует ограничения от движения будь то локомотив, вагон, рельс, светофор или любое другое техническое средство, используемое для организации движения поездов.

С увеличением количества поездов в единицу времени возможности для организации работы диагностических средств снижаются по причине асимметричности в графике движения из-за различных условий эксплуатации и потребностей в дополнительных «нитках» графика.

Аналогично происходит и с организацией текущего обслуживания инфраструктуры, когда интервалы движения между поездами ограничивают возможности в надежном содержании, а при дальнейшей интенсификации движение препятствуют выполнению ремонтных работ. Соответственно средства, предназначенные для поддержания работоспособном состоянии технических средств, на первом этапе используются не эффективно. Все работы приходится проводить в технологические перерывы в движении поездов. Потребности в «окнах» растут при снижении эффективности используемых средств.

Одним из направлений является комплексная оценка ВСП, включающая оценку состояния пути и разработку мероприятий по его обслуживанию и ремонту, а также прогнозированию технического состояния.

Можно выделить такие направления диагностики и мониторинга:

1) диагностические комплексы различного назначения, например ЭРА, ИНТЕГРАЛ;

2) средства неразрушающего контроля рельсов в виде вагонов-дефектоскопов и других технических средств;

3) компьютеризованные вагоны лаборатории производства фирмы «НПЦ Инфотранс»;

4) путеизмерительные вагоны и их модификации и др.

В рамках одного комплекса автоматизированной оценки состояния железнодорожной инфраструктуры «ИНТЕГРАЛ» объединено множество различных подсистем контроля, позволяющих измерять и обрабатывать более ста параметров состояния различных объектов. Данный комплекс позволяет объединять несколько диагностических вагонов. Также можно выделить совмещенные вагоны-дефектоскопы АВИКОН-03М [7], вагон дефектоскоп-путеизмеритель «Декарт», разработанный группой компаний «Гвема» и широко используемый на Улан-Баторской железной дороге [8].

Отметим также работы, связанные с оценкой бокового износа рельсов и прогнозированием их остаточного ресурса [9].

Развиваемый комплексный подход по обслуживанию и ремонту инфраструктурного комплекса направлен на внедрение технологии, связанной с постепенным переходом на обслуживание по техническому состоянию.

Повышение пропускной и провозной способности железнодорожной сети

Одной из важнейших задач, решаемых в ОАО «РЖД», является повышение пропускной и провозной способности железнодорожной сети. Эта задача решается различными технологиями и средствами [10-12]: внедрением комплексных полигонных технологий, изменением ЕСПП, модернизацией и совершенствованием систем интервального регулирования движения поездов, обеспечением интероперабельности перевозок, за счет организации вождения соединенных поездов на постоянной основе.

Отметим работу [13], в которой повышение провозной способности дистанций пути предлагается осуществлять за счет рациональной организации «окон», необходимых для выполнения ремонтно-восстановительных работ. В качестве примера выбран перегон Дальневосточной железной дороги «Ванино–Дюанка», который характеризуется полным исчерпанием провозных возможностей. В работе по-

казано, что за счет уменьшения доли подготовительно-заключительных работ и правильной организации «окон», можно сократить число «потерянных» пар грузовых поездов с 38 до 10 и тем самым получить значительный экономический эффект.

Учитывая развитие полигонных технологий [14-16], систем мониторинга и диагностики, позволяющих оценивать техническое состояние пути и исследовать влияние отказов технических средств на выполнение графиков движения поездов [17, 18], необходимость повышения объемов перевозимых грузов, в ОАО «РЖД» изменена структура и перераспределены функции ремонтных работ по направлениям.

Отметим важность повышения объемов перевозимых грузов для восточного полигона, что также требует изменения организации ремонтных работ ВСП. Сошлемся на работу [13], в которой показана актуальность подобных исследований для восточного полигона на примере Дальневосточной железной дороги, которая взаимодействует с морскими портами и пограничными переходами.

В центральной дирекции диагностики инфраструктуры выделено четыре направления:

1) текущее содержание пути, осуществляемое региональными службами пути. В их составе имеются подразделения по содержанию и ремонту инженерных сооружений, эксплуатации тоннелей, мостов, труб, путепроводов и иных сооружений;

2) вопросы мониторинга и диагностики, осуществляемые центрами диагностики и мониторинга;

3) капитальный и восстановительный ремонт, осуществляемый дирекциями ремонта пути;

4) ремонт и эксплуатация машин и механизмов, осуществляемых дирекцией по ремонту и эксплуатации путевых машин совместно со специализированными предприятиями.

Необходимость повышения объемов перевозки грузов, особенно за счет повышения пропускной и провозной способности железнодорожной сети, включая уменьшение интервалов между поездами, не позволяет проводить даже не трудоемкий ремонт пути без «окон». Если максимальный интервал между поездами меньше минимальной трудоемкости ремонтных работ на определенном участке железнодорожной сети, то проведение ремонтных работ без остановки движения поездов невозможно.

Существующий подход к ремонту и обслуживанию ВСП и предложения по его улучшению

На рис. приведен фрагмент участка «Большой Луг-Слюдянка» на Восточно-Сибирской железной дороге. Этот участок содержит значительное число кривых с различными радиусами (R) и прямых участков. Таких участков на железнодорожной сети

достаточно много. Путь на этих участках изнашивается с различной интенсивностью, что желательно учитывать при их обслуживании и ремонте.

Для четкого понимания излагаемых предложений необходимо рассмотреть причины различных неисправностей, появляющихся на пути. Они определяются двумя основными видами: недостатками конструкции, воздействием подвижного состава

Рассмотрим вторую составляющую, где воздействие от колеса передается на рельс и далее на все элементы конструкции пути и земляного полотна. На интенсивность взаимодействия наибольшее воздействие оказывают план и профиль линии, вписывание колесных пар и применение активаторов трения. В зависимости от радиусов в кривых участках пути интенсивность бокового износа может достигать величин от 0,3 до 0,4 мм/млн. т. А это, в условиях грузонапряженности более 150 млн. т./год, создаёт сложности в организации текущего содержания пути и сохранения высокой технической готовности инфраструктуры.

Как уже отмечалось, в настоящий момент основные средства диагностики сосредоточены в региональных дирекциях по диагностике и мониторингу состояния путевого комплекса.

Инженерные сооружения тоже в целом переданы в специализированные предприятия по эксплуатации тоннелей, мостов, труб, путепроводов и иных сооружений. Следовательно, бюджет дистанций пути практически в полном объеме направлен на текущую эксплуатацию. В среднем он составляет от 300 до 700 млн. рублей ежегодно.

Основным критерием назначения ремонта ВСП является пропущенный тоннаж (млн. т.). Однако в зависимости от условий эксплуатации, наличия различных кривых и прямых участков (рис.), подъемов и спусков, дополнительных системных внешних факторов (применение активаторов трения и др.), приводят к появлению неисправностей на пути, различающихся между собой в десятки раз.

Основными видами обслуживания и ремонта ВСП являются:

1) ППР – планово-предупредительный ремонт;

2) ПР – подъемочный ремонт;

3) СР – средний ремонт;

4) УСР – усиленный средний ремонт;

5) КР – капитальный ремонт.

Предлагаемая схема содержания пути на протяжении жизненного цикла ВСП в зависимости от плана и профиля, грузонапряженности представляется в виде комплекса работ, состоящего из различных циклов.

В первый цикл выполняются работы по достижению ППР на участке в зависимости от пропущенного тоннажа и фактического состояния пути на перегоне: ППР, смена рельсов.

При следующем достижении нормативного срока выполняются такие работы: ППР, ПР, смена рельсов.

При наступлении третьего цикла комплекс работ состоит из ППР, ПР, СР со сплошной сменой рельсов.

Далее выполняются работы по следующему порядку: КР, СР со сменой рельсов, ПР, ППР.

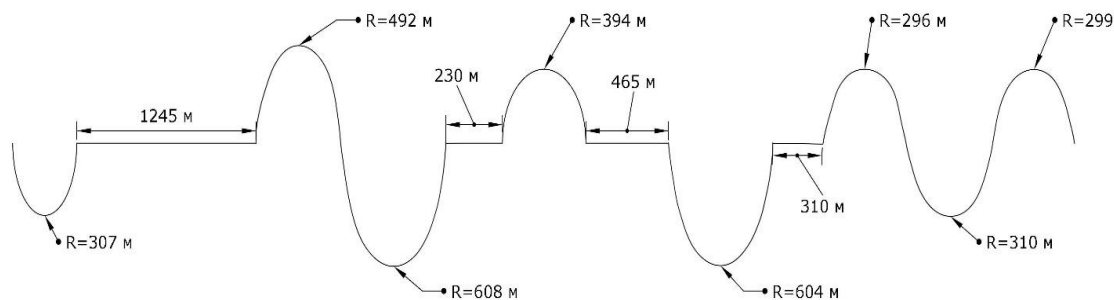
В дальнейшем могут повторяться четыре перечисленных цикла работ, после чего наступает выполнение капитального ремонта в целом по участку (перегону).

Фактически мы переходим к новому этапу эксплуатации ВСП в течение жизненного цикла по техническому состоянию без организации классического текущего содержания пути.

При грузонапряженности значительно превышающей 100 млн.т./год вероятно одиночная смена рельсов в кривых радиусом менее 400 метров и наступлении капитального ремонта в целом по участку после первого комплекса выполненных работ. В зависимости от внешних условий и воздействия подвижного состава возможны и другие схемы организации работ на ВСП.

Предложения по организации ремонтных работ ВСП

Предложения по поддержанию ВСП на высоком техническом уровне через систему проведения комплексного технического обслуживания сводятся к следующему:



Фрагмент участка «Большой Луг-Слюдянка»
Fragment of the section «Bolshoy Lug-Slyudyanka»

1) для текущего содержания пути необходимо создавать мобильные небольшие комплексные бригады, которые в своей основе состоят из профессиональных специалистов и универсальных исполнителей;

2) высвободившиеся от нерациональной деятельности ресурсы по текущему содержанию ВСП направить на проведение комплексных ремонтных работ.

Предложения по второму направлению заключаются в проведении комплексного ремонта с учетом фактического состояния, которое определяется средствами диагностики и натурными осмотрами ВСП.

Суть последних предложений заключается в следующем:

а) при наступлении первого вида ремонта по пропущенному тоннажу прямые участки бесстыкового пути не требуют проведения каких-либо ремонтных работ;

б) по мере увеличения нагрузки на рельс в зависимости от радиуса кривых и уклонов, количество неисправностей в рельсах, скреплениях, шпалах и балласте возрастает. Например, на участке (рис. 1) в кривых малого радиуса требуется сплошная смена рельсов с сопровождением работ в объеме СР;

в) при наступлении последующих цикловых ремонтов большая часть участка (перегона) подвергается сложным видам ремонта;

г) в итоге при достижении предельного технического состояния верхнего строения пути проводится КР всего перегона.

Таким образом, данное комплексное предложение позволяет без ухудшения технического состояния, при сохранении достаточного уровня безопасности, возможности повышения объемов перевозки, существенно сократить суммарные расходы на жизненный цикл ВСП.

Отметим, что предлагаемый подход потребует:

- проведения обследования состояния пути для разработки технологических процессов;
- разработки технологических процессов для каждого конкретного участка с учетом технического состояния верхнего строения пути;
- обеспечения сбалансированности по ресурсам технологических процессов;
- проведения обучения руководителей и персонала до начала производства работ.

Заключение

В ОАО «РЖД» для обеспечения необходимого уровня безопасности движения поездов большое

внимание уделяется вопросам мониторинга и диагностики инфраструктурного комплекса. Эти вопросы решаются с применением различных средств и методов с одновременным стремлением сокращения финансовых и других ресурсов. Основным критерием назначения ремонта ВСП является пропущенный тоннаж. Однако в зависимости от условий эксплуатации, наличия различных кривых и прямых участков, подъемов и спусков, дополнительных системных внешних факторов, появляются неисправности на участках пути, различающихся между собой в десятки раз.

Первый комплекс предложений по поддержанию ВСП на высоком техническом уровне сводится к следующему:

1) для текущего содержания пути необходимо создавать мобильные небольшие комплексные бригады, которые в своей основе состоят из профессиональных специалистов и универсальных исполнителей;

2) высвободившиеся ресурсы от нерациональной деятельности по текущему содержанию ВСП необходимо направить на проведение комплексных ремонтных работ.

Предложения по второму направлению заключаются в проведении комплексного ремонта с учетом фактического состояния, которое определяется средствами диагностики и натурными осмотрами верхнего строения пути. Суть этих предложений заключается в следующем:

а) при наступлении первого вида ремонта по пропущенному тоннажу прямые участки бесстыкового пути не требуют проведения каких-либо ремонтных работ;

б) по мере увеличения нагрузки на рельс в зависимости от радиуса кривых и уклонов, количество неисправностей в рельсах, скреплениях, шпалах и балласте возрастает.

Например, на кривых малого радиуса требуется сплошная смена рельсов с сопровождением работ в объеме СР;

в) при наступлении последующих цикловых ремонтов большая часть участка (перегона) подвергается сложным видам ремонта;

г) в итоге при достижении предельного технического состояния ВСП проводится КР всего перегона.

Разработанные предложения особенно важны для восточного полигона, как лидера полигонных технологий на железнодорожной сети.

Список литературы

1. Краковский Ю.М. Моделирование перевозочного процесса железнодорожным транспортом: анализ, прогнозирование, риски / Ю.М. Краковский, С.К. Каргапольцев, В.А. Начигин; под ред. проф. Ю.М. Краковского. – Санкт-Петербург: «ЛИТЕО», 2018. – 240 с.

2. Федоров Ю.Н. Повышение эффективности управления холдингом «РЖД» за счет формирования оптимальной структуры органов регионального управления основной деятельностью / Ю.Н. Федоров // Экономика железных дорог. 2013. №11. С. 41-46.
3. Бирюзов В.П. Об основных направлениях развития систем диагностики и мониторинга путевого хозяйства до 2025 г. / В.П. Бирюзов // Путь и путевое хозяйство. 2016. № 4. С. 4-8.
4. Бугаенко В.М. Мониторинг и диагностика инфраструктуры скоростных мобильных комплексов / В.М. Бугаенко // Путь и путевое хозяйство. 2015. № 4. С. 12-16.
5. Антипов А.Г. Новые возможности магнитодинамического метода контроля рельсов / А. Г. Антипов, А. А. Марков // Путь и путевое хозяйство. – 2016. – № 8. – С. 27-32.
6. Начигин В.А. Об определении остаточного ресурса рельсов // Путь и путевое хозяйство. – 2015. – № 8. – С. 26-28.
7. Марков А.А. Комплексный анализ состояния рельсового пути с помощью нового вагона-дефектоскопа АВИ-КОН-03М./ А.А. Марков и др. // В мире неразрушающего контроля. – 2013. – № 3(61). – С.74-79.
8. Даваадорж Батбаатар. Мониторинг железнодорожного пути на Улан-Баторской железной дороге / Б. Даваадорж // Материалы седьмой международной НПК «Транспортная инфраструктура Сибирского региона». Иркутск: – 2016. – Том 1. – С. 411-415.
9. Краковский Ю.М. Прогнозирование бокового износа рельсов как процедура оценки их остаточного ресурса / Ю.М.Краковский, В.А. Начигин // Контроль. Диагностика. – 2010. – №6. – С. 30-35.
10. Осьминин А.Т. Обеспечение интероперабельности перевозок / А.Т. Осьминин, М.И. Мехедов, Д.В. Медников // Железнодорожный транспорт. 2019. №7. С. 11-17.
11. Розенберг Е.Н. Перспективы роста пропускной способности участков / Е.Н. Розенберг, В.В. Аношкин // Железнодорожный транспорт. 2020. №3. С. 4-7.
12. Сотников Е.А. Интенсификация роста загруженных направлений сети железнодорожных дорог / Е.А. Сотников, М.И. Мехедов, П.С. Холодык // Железнодорожный транспорт. 2020. №3. С.11-14.
13. Краковский Ю.М. Повышение провозной способности сети за счет рациональной организации ремонтно-восстановительных работ пути / Ю.М. Краковский, В.А. Начигин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – Т. 66 № 2. – С. 109–115. – DOI: 10.26731/1813-9108. 2020. 2(66). С. 109-115.
14. Хоменко А.П. Комплексная полигонная технология эксплуатационной работы / В.Ф. Фролов, А.П. Хоменко // Железнодорожный транспорт. 2016. №2. С. 43-46.
15. Колокольников В.С. Расчет и оптимизация полигонов железнодорожного транспорта / П.А. Козлов, В.С. Колокольников // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2017. - № 3 (67). – С. 96-101.
16. Фролов В.Ф. Новые подходы к управлению перевозочным процессом в условиях динамичного изменения внешней среды / В.Ф. Фролов // Железнодорожный транспорт. 2014. №4. С. 14-18.
17. Краковский Ю.М. Оценка технического состояния рельсов по данным мониторинга пути / Ю.М. Краковский, В.А. Начигин, А.В. Начигин // Вестник ВНИИЖТ. 2012. №5. С. 40-43.
18. Колокольников В.С. Влияние отказов технических средств на выполнение графика движения поездов / И.А. Ковалев, В.С. Колокольников // Транспорт Урала. – 2014. - № 2 (41). – С. 54-57.

References

1. Krakovsky Yu.M., Kargapoltsev S.K., Nachigin V.A. Modelirovaniye perevozochnogo protsessa zheleznodorozhnyim transportom: analiz, prognozirovaniye, riski. Pod red. Yu.M. Krakovskogo [Modeling of the transportation process by rail: analysis, forecasting, risks. In Krakovsky Yu.M. (ed.)]. SPb.: LITEO, 2018. 240 p.
2. Fedorov Y.N. Povysheniye effektivnosti upravleniya kholdingom «RZHD» za schet formirovaniya optimal'noy struktury organov regional'nogo upravleniya osnovnoy deyatel'nost'yu [Improving the management efficiency of the Russian Railways holding due to the formation of the optimal structure of regional management bodies for core activities]. *Ekonomika zheleznykh dorog [Economics of Railways]*, 2013, No. 11, pp. 41–46.
3. Biryuzov V.P. Ob osnovnykh napravleniyakh razvitiya sistem diagnostiki i monitoringa putevogo khozyaystva do 2025 g. [About the main directions of development of systems of diagnostics and monitoring of track facilities up to 2025]. *Put' i putevoye khozyaystvo [Path and track management]*, 2016, No. 4, pp. 4–8.
4. Bugaenko V.M. Monitoring i diagnostika infrastruktury skorostnykh mobil'nykh kompleksov [Monitoring and diagnostics of infrastructure of high-speed mobile complexes]. *Put' i putevoye khozyaystvo [Path and track management]*, 2015, No. 4, pp. 12–16.
5. Antipov A.G., Markov A.A. Novyye vozmozhnosti magnitodinamicheskogo metoda kontrolya rel'sov [New possibilities of the magnetodynamic method of rail inspection]. *Put' i putevoye khozyaystvo [Path and track management]*, 2016, No. 8, pp. 27–32.
6. Nachigin V.A. Ob opredelenii ostatochnogo resursa rel'sov [On the determination of the residual life of the rails]. *Put' i putevoye khozyaystvo [Path and track management]*, 2015, No. 8, pp. 26–28.
7. Markov A.A. et al. Kompleksnyy analiz sostoyaniya rel'sovogo puti s pomoshch'yu novogo vagona-defektoskopa AVIKON-03M [Comprehensive analysis of the state of the rail track using a new flaw detector car AVIKON-03M]. *V mire nerazrushayushchego kontrolya [In the world of non-destructive testing]*, 2013, No. 3(61), pp.74–79.
8. Davaadorj Batbaatar. Monitoring zheleznodorozhnogo puti na Ulan-Batorskoy zheleznoy doroge [Monitoring of the railway track on the Ulan Bator railway]. *Materialy sed'moy mezhdunarodnoy NPK «Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona» [Materials of the seventh international research and production complex "Transport infrastructure of the Siberian region"]*. Irkutsk, 2016, Vol. 1, pp. 411–415.

9. Krakovsky Yu.M., Nachigin V.A. Prognozirovaniye bokovogo iznosa rel'sov kak protsedura otsenki ikh ostatochnogo resursa [Forecasting of lateral wear of rails as a procedure for assessing their residual life]. *Kontrol'. Diagnostika [Control. Diagnostics]*, 2010, No. 6, pp. 30–35.
10. Osminin A.T., Mekhedov M.I., Mednikov D.V. Obespecheniye interoperabel'nosti perevozok [Ensuring interoperability of transport]. *Zheleznodorozhnyy transport [Railway transport]*, 2019, No. 7, pp. 11–17.
11. Rosenberg E.N., Anoshkin V.V. Perspektivy rosta propusknoy sposobnosti uchastkov [Prospects for increasing the throughput capacity of sections]. *Zheleznodorozhnyy transport [Railway transport]*, 2020, No. 3, pp. 4–7.
12. Sotnikov E.A., Mekhedov M.I., Kholodnyak P.S. Intensifikatsiya rosta zagruzhennykh napravleniy seti zheleznodorozhnykh dorog [Intensification of growth of loaded directions of the railway network]. *Zheleznodorozhnyy transport [Railway transport]*, 2020, No. 3, pp. 11–14.
13. Krakovsky Yu.M., Nachigin V.A. Povysheniye provoznoy sposobnosti seti za schet ratsional'noy organizatsii remontno-vosstanovitel'nykh rabot puti [Increasing the carrying capacity of the network due to the rational organization of repair and restoration work of the track]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye [Modern technologies. System analysis. Modeling]*, 2020, Vol. 66, No. 2, pp. 109–115. DOI: 10.26731 / 1813-9108.2020.2(66).109-115.
14. Khomenko A.P., Frolov V.F. Kompleksnaya poligonnyaya tekhnologiya ekspluatatsionnoy raboty [Complex polygon technology maintenance]. *Zheleznodorozhnyy transport [Railway transport]*, 2016, No. 2, pp. 43–46.
15. Kolokolnikov V.S., Kozlov P.A. Raschet i optimizatsiya poligonov zheleznodorozhnogo transporta [Calculation and optimization of railway transport polygons]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya [Bulletin of Rostov State Transport University]*, 2017, No. 3(67), pp. 96–101.
16. Frolov V. F. Novyye podkhody k upravleniyu perevozhnym protsessom v usloviyakh dinamichnogo izmeneniya vneshney sredy [New approaches to managing the transportation process in the conditions of dynamic changes in the external environment]. *Zheleznodorozhnyy transport [Railway transport]*, 2014, No. 4, pp. 14–18.
17. Krakovsky Yu.M., Nachigin V.A., Nachigin A.V. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya rel'sov po dannym monitoringa puti [Evaluation of the technical state of rails according to the monitoring path]. *Vestnik VNIIZHT [Bulletin VNIIZHT]*, 2012, No. 5, pp. 40–43.
18. Kolokolnikov V.S., Kovalev I.A. Vliyaniye otkazov tekhnicheskikh sredstv na vypolneniye grafika dvizheniya poyezdov [Influence of failures of technical means on the fulfillment of the train schedule]. *Transport Urala [Transport of the Urals]*, 2014, No. 2(41), pp. 54–57.

Информация об авторах

Краковский Юрий Мечеславович – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: 71949267772@yandex.ru

Начигин Владимир Александрович – кандидат технических наук, начальник Инновационно-технологического центра развития Восточного полигона, Иркутский государственный университет путей сообщения, e-mail: nachiginv@yandex.ru

Кашковский Виктор Владимирович – доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: kww542339@km.ru

Information about the authors

Yuriy M. Krakovsky – Doctor of Engineering Science, Pro. At the Subdepartment of System of Informatics and Information Protection, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: 71949267772@yandex.ru

Vladimir A. Nachigin – Ph.D., Head of the Innovation and Technology Center for the Development of the Eastern polygon, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: nachiginv@yandex.ru

Viktor V. Kashkovskii – Doctor of Engineering Science, Senior Research Officer, Professor of the Subdepartment of Information Systems and Information Protection, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: kww542339@km.ru