



УДК 625.173.2

Подходы в планировании планово-предупредительной выправки и оценка состояния пути

А. С. Гапоненко, М. В. Бушуев

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Гапоненко А. С., Бушуев М. В. Подходы в планировании планово-предупредительной выправки и оценка состояния пути // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2022. — Т. 19. — Вып. 1. — С. 7–16. DOI: 10.20295/1815-588X-2022-1-7-16

Аннотация

Цель: Исследование вопросов планирования планово-предупредительной выправки железнодорожного пути и анализ состояния геометрии рельсовой колеи до и после ее проведения по данным прохода путеизмерительного вагона показали, что существующие критерии назначения планово-предупредительной выправки пути не учитывают условия эксплуатации и требуется их пересмотр. **Методы:** При проведении исследований вопросов планирования и оценки состояния железнодорожного пути после выполнения работ по планово-предупредительной выправке были использованы статистические методы. Выборка и анализ данных статистических наблюдений позволили выявить применяемые подходы в планировании планово-предупредительной выправки пути для различных условий эксплуатации. Сгруппированные в ряды динамики отремонтированные километры были оценены по показателям: наличию отступлений второй степени, оценке состояния геометрии рельсовой колеи до ремонта, после ремонта и на конец года ремонта. **Результаты:** Выявлены несоответствия установленным критериям при планировании по включению километров в адресный план планово-предупредительной выправки пути, получены данные о качестве выполнения работ и изменениям состояния железнодорожного пути в течение первого года после ремонта. **Практическая значимость:** Результаты исследований подтверждают необходимость пересмотра критериев назначения планово-предупредительной выправки пути, с выделением в них отдельно основных и дополнительных критериев в зависимости от условий эксплуатации. Приемку железнодорожного пути после ремонтов необходимо проводить в соответствии с требованиями нормативных документов федерального уровня и ОАО «РЖД».

Ключевые слова: Ремонт пути, планирование работ в пути, межремонтная схема, приемка работ после ремонта пути, критерии назначения, планово-предупредительная выправка, балловая оценка, оценка состояния пути.

Основное предназначение планово-предупредительной выправки пути (далее — ППВ) — это восстановление равноупругости балластного слоя и уменьшение отступлений геометрических пара-

метров в содержании рельсовой колеи и рельсошпальной решетки в плане и в профиле [1].

ППВ производится на главных и станционных путях и лежащих в них стрелочных переводах.

Планируется преимущественно километрами или отдельными участками в зависимости от состояния пути (или стрелочного перевода) и необходимости выполнения выправочно-рихтовочных работ. Она входит в периодичность путевых работ, установленных межремонтными схемами для путей различных классов и кодов групп [2], является одним из промежуточных ремонтов пути и выполняется за счет эксплуатационных расходов, выделяемых на текущее содержание пути. Включение километров и отдельных участков в адресный план ППВ следующего года осуществляется по критериям назначения и результатам проведенных осенних комиссионных осмотров, работы средств диагностики и единой комплексной оценки [3, 4].

Критерии назначения ППВ подразделяются на основные и дополнительные в зависимости от класса пути. Основными критериями назначения ППВ для путей 1 и 2 классов являются количество отступлений второй степени, по проходам путеизмерителя, в количестве более 25 шт/км и загрязненность щебня по массе до 30 %. К дополнительным критериям отнесены в процентном отношении для каждого класса пути наличие лежащих в пути негодных шпал, скреплений и шпал с выплесками [5].

В период формирования годового адресного плана ППВ на следующий год проведенный анализ критериев включенных в него километров показывает, что по основному показателю (наличию на километре отступлений второй степени более 25 шт/км) доля таких километров составляет только до 10 % от общего объема. По второму основному показателю (загрязненности щебня по массе до 30 %) доля километров в общем объеме еще меньше. Большинство километров имеет количество отступлений второй степени меньше установленного критерием норматива, что может являться основанием для исключения их из адресного плана. В своей статье [6] В. А. Богданович

предлагает для таких километров на путях первого и второго классов учитывать интенсивность нарастания отступлений второй степени за 6 месяцев (более 1,25 шт/км) и ввести вместо загрязненности щебня по массе до 30 % в основные критерии показатель минимального количества шпал с выплесками (более 6 %). Это позволило бы уже на стадии формирования адресного плана иметь ясную картину по включению километров, которые к началу выполнения работ в следующем сезоне будут иметь установленный показатель наличия вторых степеней.

На высокоскоростных и скоростных участках предусматривается назначение планово-предупредительной выправки как первый ремонт после капитального ремонта первого уровня и второй ремонт после среднего ремонта [5]. Использовать общие основные критерии для назначения ППВ (наличие отступлений второй степени более 25 шт/км и загрязненности щебня по массе до 30 %) невозможно из-за малого количества и недопустимости их роста. Особенно это актуально для линии Москва — Санкт-Петербург, где в год необходимо выполнять около 400–450 км планово-предупредительной выправки пути, но ее проведение регламентировано жесткими ограничениями в профиле пути из-за устройств контактной сети. В качестве основного критерия при планировании выправочных работ на высокоскоростных и скоростных участках необходимо использовать такие показатели, как плавность хода поездов и уровень комфортабельности езды пассажиров [7–9].

Планирование ППВ на особогрузонапряженных участках согласно типовой межремонтной схемы (через 700 млн т брутто пропущенного тоннажа) требует проведение работ через каждые два года. Многолетний опыт содержания железнодорожного пути на особогрузонапряженных участках свидетельствует об экономической эффективности текущего содержания конструк-

ций пути с использованием разделительных слоев. Проведенные исследования показали, что вероятность появления отступлений второй степени и расстройств в содержании пути на участках с такой конструкцией пути в несколько раз меньше, чем на участках с типовой конструкцией пути [10]. Это позволяет установить для участков с такими конструкциями пути межремонтную схему с наработкой 1400 млн т брутто, согласно которой выправочные работы будут выполняться через 3–3,5 года.

Октябрьской дирекцией инфраструктуры в 2020 г. было предусмотрено выполнение работ по планово-предупредительной выправке пути на 1965,8 км. Анализ состояния участков пути, включенных в адресный план выполнения планово-предупредительной выправки, показал, что только на 6 % включенные фронты (115,05 км) соответствуют основному критерию назначения планово-предупредительной выправки — наличию на километре отступлений второй степени более 25 шт/км (рис. 1). Остальные километры распределены следующим образом: 29 % оказались с отступлениями второй степени от 6 до 25 шт/км, 49 % — с отступлениями от 1 до 5 шт/км. На 16 % километрах вовсе отсутствовали отступления второй степени.

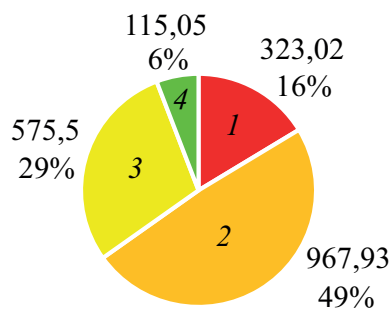


Рис. 1. Наличие километров с отступлениями 2 степени на километрах, включенных в адресный план планово-предупредительной выправки:
1 — 0 шт/км; 2 — 1–5 шт/км; 3 — 6–25 шт/км; 4 — более 25 шт/км

Из 1965,8 км, включенных в план, 1388,5 км (или 70,6 %) имеют отличную оценку, т. е. на километре количество вторых степеней 5 шт. и менее; 434 км (22,1 %) имеют оценку «хорошо», т. е. на этих километрах вторых степеней от 6 до 25 шт.; 124,55 км (6,3 %) имеют оценку «удовлетворительно»; 18,75 км (менее 1 %) имеют оценку неудовлетворительно. Средневзвешенная балловая оценка по всем километрам, включенным в адресный план, составила 30 балла.

Данные проведенных исследований показали, что существующие подходы к назначению планово-предупредительной выправки по основным критериям не отражают истинную картину. Только 6 % километров попадают в границы этих критериев.

Второй основной критерий — загрязненность щебня по массе менее 30 % — фактически не отражает истинную картину на километре, и он практически не участвует в обосновании отнесения километра под выправку. Данный критерий необходим для назначения среднего ремонта пути, основной работой которого является очистка балласта от загрязнений.

Из дополнительных критериев назначения планово-предупредительной выправки можно отнести дефектность негодных скреплений, устранение которых входит в состав работ текущего содержания, и устраняются они в основном при работах текущего содержания.

Вышеизложенное позволяет заключить, что существующее фактическое планирование работ по планово-предупредительной выправке не соответствует требованиям к планированию, установленным ТУ-75р [1].

Отремонтированный железнодорожный путь планово-предупредительной выправкой подлежит приемке, оценке качества и стабильности выполненных работ. Оценка качества выполнения работ выполняется в соответствии с требованиями, изложенными в [1], а также на основании балло-

вой оценки километра [11, 12]. Оценка стабильности участков пути после проведения ремонта проводится по результатам измерений геометрических параметров пути вагоном-путеизмерителем [13]. Первый проход путеизмерительного вагона выполняется непосредственно после завершения работ, а второй — в конце года. Разница этих двух промеров характеризует стабильность участков пути и должна быть минимальной. Появление неисправностей второй и выше степеней свидетельствует о недостаточной стабильности отремонтированного пути.

Результаты контроля путеизмерительными вагонами участков, отремонтированных планово-предупредительной выправкой пути, в месяц после завершения работ приведены на рис. 2 и показывают, что средняя оценка по всем километрам составила 22 балла.

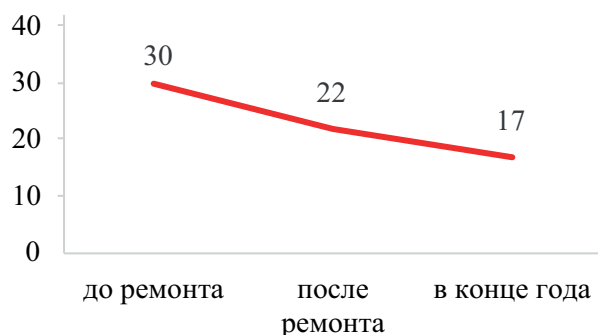


Рис. 2. Средняя балловая оценка на участках пути, включенных в план планово-предупредительного ремонта



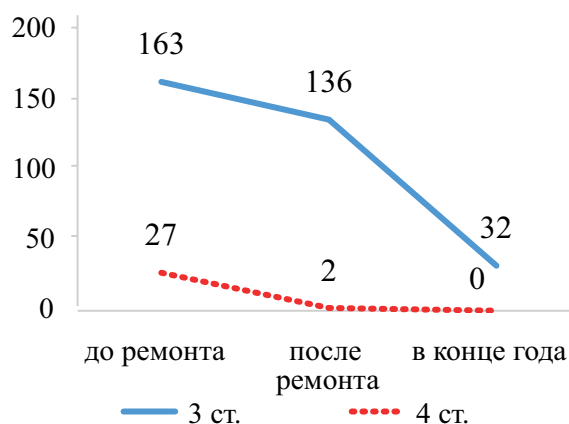
Рис. 3. Количество отступлений второй, третьей и четвертой степеней

Увеличилось число километров, имеющих отличную оценку до 1570,3 км (на 9,3 %). Уменьшилось количество километров с оценкой «хорошо» до 298,3 км (или до 15,1 %), километров с оценкой «удовлетворительно» — до 95,4 км (или до 4,9 %). Но имеются 1,8 км с неудовлетворительной оценкой, и они не могут быть приняты в эксплуатацию. В конце года состояние пути на отремонтированных участках улучшилось, при проходе путеизмерителя в декабре 2020 г. оценено в 17 баллов. Количество отличных километров возросло до 1665,4 км (до 84,7 %), хороших километров — 255,2 км (до 13 %), удовлетворительных — до 45,2 км (2,3 %). Неудовлетворительные километры отсутствуют.

Как было отмечено ранее, количество отступлений второй степени, выявленных проездом путеизмерительного вагона, являются основным критерием назначения планово-предупредительной выправки на километре.

Оценка проведения планово-предупредительного ремонта пути проводилась на основании данных, полученных в 2020 г. по 1965,8 километрам. На рассматриваемых 1965,8 километрах ремонта было 13 648 отступлений, из них второй степени — 13 458 шт., третьей степени — 163 шт., четвертой степени — 163 шт. В среднем на один километр приходилось 6,9 отступлений (рис. 3).

После выполнения работ количество отступлений уменьшилось до 9047 шт. (в среднем 4,6 шт/км),



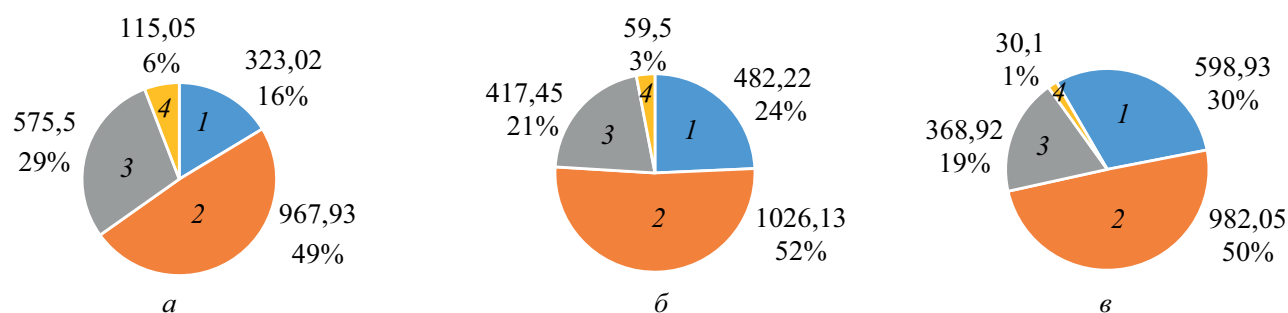


Рис. 4. Километры с количеством отступлений второй степени, включенных в адресный план планово-предупредительного ремонта:

а — до начала ремонта, б — после приемки, в — в конце года;
1 — 0 шт/км; 2 — 1–5 шт/км; 3 — 6–25 шт/км; 4 — более 25 шт/км

из них второй степени — 8909 шт., третьей степени — 136 шт., четвертой степени — 2 шт. При этом следует отметить рост отступлений по шаблону и наличие большого числа неустраненных отступлений третьей степени — 136 шт. На двух километрах выявлены отступления четвертой степени. По результатам прохода в конце года путеизмерительного вагона общее количество отступлений сократилось до 7182 шт. (в среднем до 3,7 шт/км), из них второй степени — 7150 шт. и третьей степени — 32 шт.

На 323 километрах, включенных в адресный план выполнения планово-предупредительной выправки, отступления второй, третьей и четвертой степени отсутствовали, однако эти километры были включены в адресный план; на 968 километрах их число составляло до 5 шт/км (километры имеют отличную оценку); на 575 километрах количество отступлений составило от 6 до 25 (километры имеют хорошую оценку); и только на 115 километрах их число превышало 25 шт/км (или были отступления 3 и 4 степени) (рис. 4).

После выполнения ремонта и приемки пути состояние пути немного улучшилось: на 482,22 км (24 %) — отсутствовали отступления; на 1026,13 км (52 %) их количество составило от 1 до 5; на 417,45 км (21 %) количество от 6 до 25; на 59,5 км (3 %) их количество составило более 25 шт/км. В декабре месяце на 598,93 км (30 %)

отступлений нет, на 982,05 км (50 %) их количество от 1 до 5, на 368,92 км (19 %) количество отступлений от 6 до 25. На 30,1 км (более 1 %) осталось более 25 шт/км отступлений второй степени.

Проведенная оценка состояния пути путеизмерительными вагонами выявила недостаточное качество выполнения выправочно-подбивочных работ механизированными комплексами. Об этом свидетельствует наличие на 636 км (32 %) отступлений второй степени, число которых осталось на прежнем уровне или увеличилось. На рис. 5 показана динамика изменения количества степеней второй степени после ремонта: на 362,65 км (18 %) количество отступлений второй степени выросло до 5 шт/км в сравнении с тем, что было до ремонта; на 121,9 км (6 %) количество отступлений превысило 5 шт/км; на 151,45 км (8 %) количество отступлений второй степени осталось на прежнем уровне.

По данным контроля состояния пути вагоном-путеизмерителем в конце года на 80 км количество отступлений второй степени осталось на прежнем уровне; на 209,32 км количество отступлений второй степени превышает доремонтный уровень до 5 шт/км, на 36,8 км осталось количество отступлений второй степени более 5 шт/км в сравнении с тем, что было до ремонта. Остались неустраненными отступления третьей степени на 36,7 км.

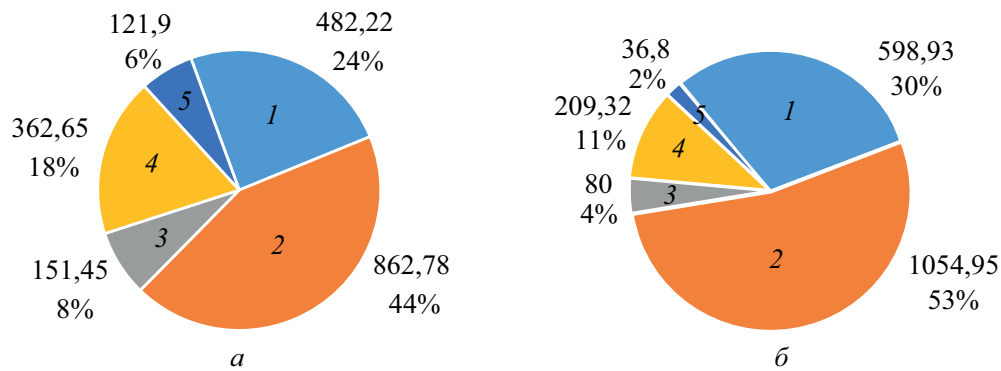


Рис. 5. Динамика изменения количества отступлений второй степени на километрах, отремонтированных планово-предупредительной выправкой:

a — после ремонта, *б* — в конце года;

1 — отсутствие 2 ст., *2* — на прежнем уровне шт/км, *3* — рост на 6 и более шт/км, *4* — уменьшение 2 ст., *5* — рост на 1–5 шт/км

ТАБЛИЦА 1. Результаты приемки пути после ремонта в соответствии с распоряжением ОАО «РЖД» от 18 января 2013 г. № ТУ-75р

	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Не принято
После приемки, км	482,22		1026,13	476,95
процент	24,2		51,8	24,0
В декабре, км	598,93		982,05	399,02
процент	30,2		49,6	20,2

Требованиями к приемке пути после выполнения планово-предупредительных работ [1] было предусмотрено, что принимаемые километры с оценками «отлично» и «хорошо» не должны иметь отступлений второй степени, с оценкой «удовлетворительно» — не более 5 шт/км, при наличии на километре более 5 шт/км отступлений второй степени — километр не принимается. Проведенный анализ наличия отступлений второй, третьей и четвертой степеней после выполнения ремонта показал, что принятыми по результатам приемки на оценки «отлично» и «хорошо» могут быть только 482,22 км (или 24,2 %), на оценку «удовлетворительно» — 1026,13 км (51,8 %) (табл. 1). Остальные 476,95 км (или 24 %) не могут быть приняты ввиду наличия на них более 5 шт/км отступлений второй степени.

В конце года картина изменилась незначительно. Число километров, оцененных на «отлично» и «хорошо», возросло до 598,93 км (на 5,8 %),

число километров с оценкой «удовлетворительно» уменьшилось до 982,05 км (или на 2,2 %). А количество километров, не соответствующих условиям приемки, составило 399,02 км (или 20,2 %).

Приемка километров после выполнения планово-предупредительной выправки по измененным требованиям приемки ТУ-75р, изложенным в распоряжении ОАО «РЖД» от 31 декабря 2019 г. № 3146/р [14], позволяет принимать километры по результатам двух проходов путеизмерительного вагона с оценкой «отлично» при отсутствии отступлений второй степени, с оценкой «хорошо» — до 20 % от норматива таблицы 7.5 ТУ-75р (норматив — более 25 шт/км для путей 1 и 2 класса, более 30 шт/км для путей 3 класса), с оценкой «удовлетворительно» — до 40 % от норматива таблицы 7.5 ТУ-75р, более 40 % — километры с ремонта не принимаются. Исходя из этих условий с оценкой «отлично» сразу после ремонта могут быть приняты 482,22 км (или 24,4 %), с оценкой

ТАБЛИЦА 2. Приемка пути из ремонта в соответствии с распоряжением ОАО «РЖД» от 31 декабря 2019 г. № 3146/р

	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Не принято
После приемки, км	482,22	749,98	343,2	404,6
процент	24,4	37,9	17,3	20,4
В декабре 2020, км	598,93	797,47	237,8	345,8
процент	30,2	40,3	12	17,5

«хорошо» — 749,98 км (или 37,9 %), с оценкой «удовлетворительно» — 343,2 км (или 17,3 %), не подлежат приемке 404,6 км (или 20,4 %) (табл. 2). В конце года километры, на которых выполнена планово-предупредительная выправка, получили оценку «отлично» — 598,93 км (или 30,2 %), «хорошо» — 797,47 км (или 40,3 %), «удовлетворительно» — 237,8 км (или 12,0 %). Не подлежат приемке 345,8 км (или 17,5 %).

Выводы

1. Необходим пересмотр основных и дополнительных критериев назначения ППВ, с отражением в них различных условий эксплуатации (линий высокоскоростного и скоростного движения, особо грузонапряженных и грузовых направлений и т. д.).

2. Назначение планово-предупредительной выправки пути необходимо осуществлять с учетом фактического состояния участка пути и мониторинга накопления отступлений.

3. Осуществлять прием километров железнодорожного пути из ремонтов в соответствии с требованиями нормативных документов федерального уровня и ОАО «РЖД».

Библиографический список

1. Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути. Утверждены Распоряжением ОАО «РЖД» 18 января 2013 г. № 75р. — 236 с.
2. Приказ Министерства транспорта РФ от 9 февраля 2018 г. № 54 «О внесении изменений в Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации от 21 декабря 2010 г. № 286». — 79 с.

3. *Азаренков В. Н.* О единой комплексной оценке объектов инфраструктуры / В. Н. Азаренков, А. С. Гапоненко // Путь и путевое хозяйство. — 2014. — № 2. — С. 20–22.

4. Руководство по комплексной оценке состояния участка (километра) на основе данных средств диагностики и генеральных осмотров пути. Утверждено Распоряжением ОАО «РЖД» от 14 декабря 2009 г. № 2536р. — 29 с.

5. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Утверждены Приказом Минтранса России от 21 декабря 2010 г. № 286. — М., 2011. — 255 с.

6. *Богданович В. А.* Планово-предупредительная выправка пути на Октябрьской дороге на службе путевому хозяйству / В. А. Богданович // Путь и путевое хозяйство. — 2007. — № 1. — С. 1–5.

7. *Гапоненко А. С.* Состояние пути и риски нарушения плавности хода поездов / А. С. Гапоненко // Путь и путевое хозяйство. — 2016. — № 7. — С. 20–23.

8. *Гапоненко А. С.* Диагностика плавности хода и уровня комфорта пассажиров на участках обращения пассажирских поездов / А. С. Гапоненко // Путь и путевое хозяйство. — 2019. — № 4. — С. 8–12.

9. *Киселев А. А.* Влияние геометрических параметров железнодорожного пути на величину эквивалентной конусности колесной пары / А. А. Киселев, Л. С. Блажко, А. В. Романов, А. С. Гапоненко // Известия ПГУПС. — 2019. — Т. 16. — № 2. — С. 202–211.

10. *Ермаков В. М.* Эффективность укладки геотекстиля / В. М. Ермаков, Л. С. Блажко, М. В. Бушуев // Путь и путевое хозяйство. 2008. № 3. С. 5–8.

11. Инструкция по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного

вагона ЦНИИ-2 и мерам по обеспечению безопасности движения поездов. Утверждена МПС РФ 14 октября 1997 г. М.: Транспорт, 1999. — 44 с.

12. Инструкция по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов. Утверждена Распоряжением ОАО «РЖД» от 28 февраля 2020 г. № 436р.

13. Инструкция о порядке комплексного контроля путеизмерительными средствами железнодорожного пути для информационного обеспечения решения задач путевого хозяйства ОАО «РЖД». Утверждена Распоряжением ОАО «РЖД» от 16 июля 2013 г. № 1566р. — 32 с.

14. «О внесении изменений в Технические условия на работы по реконструкции и ремонту железнодорожного пути». Утверждены Распоряжением ОАО «РЖД» 31 декабря 2019 г. № 1346/р. — 10 с.

Дата поступления: 15.02.2022

Решение о публикации: 02.03.2022

Контактная информация:

ГАПОНЕНКО Александр Сергеевич — канд. техн. наук, доцент; gaponenkoalexandr@mail.ru

БУШУЕВ Михаил Владимирович — канд. техн. наук, доцент; 8921918@mail.ru

Approaches in the Planning of Planned-Preventive Setup and Evaluation of Rail Way State

A. S. Gaponenko, M. V. Bushuev

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Gaponenko A. S., Bushuev M. V. Approaches in the Planning of Planned-Preventive Setup and Evaluation of Rail Way State // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2022, vol. 19, iss. 1, pp. 7–16. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2022-1-7-16

Summary

Purpose: The research of the matters of planning of planned-preventive setup of a rail way and the analysis of rail track geometry condition before and after the pursuing of the setup basing on data of track measuring car passage have shown that existing criteria of the assignment of track planned-preventive setup do not consider exploitation conditions and their reconsideration is demanded. **Methods:** Statistical methods were used in research pursuing on the matters of planning and evaluation of railway track condition after work fulfillment on planned-preventive setup. Data sampling and analysis of statistical observations have allowed to distinguish applied approaches in the planning of track planned-preventive setup for various exploitation conditions. Grouped in dynamics rows furbished kilometers were evaluated according to the indicators: second degree retreat presence, rail track geometry state estimation before and after repairs and by the end of repairs year. **Results:** The discrepancies with established criteria were identified at planning on including of kilometers into address plan of track planed-preventive setup, the data on work accomplishment quality and rail way state changes during the first year after repairs were obtained. **Practical importance:** Research results confirm the necessity to reconsider the criteria for track planed-preventive setup assignment with the distinguishing there separately the main and additional criteria in dependence of exploitation conditions. It's necessary to pursue railway track inspection in accordance with normative document requirements of federal level and JSC RZD.

Keywords: Track repairs, work planning on a way, inter-repairs scheme, work inspection after track repairs, assignment criteria, planned-preventive setup, evaluation by points, track condition evaluation.

References

1. *Tekhnicheskie usloviya na raboty po rekonstruktsii (modernizatsii) i remontu zheleznodorozhnogo puti. Utverzhdeny Rasporyazheniem OAO "RZhD" 18 yanvarya 2013 g. № 75r*: [Specifications for work on the reconstruction (modernization) and repair of the railway track. Approved by Order of Russian Railways on January 18, 2013 No. 75r]. 236 p. (in Russian)

2. *Prikaz Ministerstva transporta RF ot 9 fevralya 2018 g. № 54 "O vnesenii izmeneniy v Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii zheleznikh dorog Rossiyskoy Federatsii ot 21 dekabrya 2010 g. № 286"* [Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of February 9, 2018 No. 54 "On Amendments to the Rules for the Technical Operation of Railways of the Russian Federation of December 21, 2010 No. 286"]. 79 p. (in Russian)

3. Azarenkov V. N. O edinoj kompleksnoy otsenke ob'ektov infrastruktury [On a single comprehensive assessment of infrastructure facilities]. *Put' i putevoe khozyaystvo* [Way and track facilities]. 2014, I. 2, pp. 20–22. (in Russian)

4. *Rukovodstvo po kompleksnoy otsenke sostoyaniya uchastka (kilometra) na osnove dannykh sredstv diagnostiki i general'nykh osmotrov puti. Utverzhdeno Rasporyazheniem OAO "RZhD" ot 14 dekabrya 2009 g. № 2536r* [Guidelines for a comprehensive assessment of the state of the section (kilometer) based on the data of diagnostic tools and general inspections of the track. Approved by Order of Russian Railways dated December 14, 2009 No. 2536r]. 29 p. (in Russian)

5. *Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii zheleznikh dorog Rossiyskoy federatsii. Utverzhdeny Prikazom Mintransa Rossii ot 21 dekabrya 2010 g. № 286* [Rules for the technical operation of railways of the Russian Federation. Approved by Order of the Ministry of Transport of Russia dated December 21, 2010 No. 286]. Moscow, 2011. 255 p. (in Russian)

6. Bogdanovich V. A. Planovo-predupreditel'naya vypravka puti na Oktyabr'skoy doroge na sluzhbe putevomu khozyaystvu [Planned and preventive alignment of the track on the Oktyabrskaya road in the service of the track facilities].

Put' i putevoe khozyaystvo [Way and track facilities]. 2007, I. 1, pp. 1–5. (in Russian)

7. Gaponenko A. S. Sostoyanie puti i riski narusheniya plavnosti khoda poezdov [The state of the track and the risks of disturbing the smooth running of trains]. *Put' i putevoe khozyaystvo* [Way and track management]. 2016, I. 7, pp. 20–23. (in Russian)

8. Gaponenko A. S. Diagnostika plavnosti khoda i urovnya komforta passazhirov na uchastkakh obrashcheniya passazhirskikh poezdov [Diagnostics of ride smoothness and comfort level of passengers in the areas of passenger train circulation]. *Put' i putevoe khozyaystvo* [Way and track management]. 2019, I. 4, pp. 8–12. (in Russian)

9. Kiselev A. A. Vliyanie geometricheskikh parametrov zheleznodorozhnogo puti na velichinu ekvivalentnoy konusnosti kolesnoy pary [Influence of the geometrical parameters of the railway track on the value of the equivalent taper of the wheelset]. *Izvestiya PGUPS* [Izvestiya PGUPS]. 2019, V. 16, I. 2, pp. 202–211. (in Russian)

10. Ermakov V. M. Effektivnost' ukladki geotekstilya [Efficiency of geotextile laying]. *Put' i putevoe khozyaystvo* [Way and track management]. 2008, I. 3, pp. 5–8. (in Russian)

11. *Instruktsiya po rasshifrovke lent i otsenke sostoyaniya rel'sovoy kolei po pokazaniyam puteizmeritel'nogo vagona TsNII-2 i meram po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya poezdov. Utverzhdena MPS RF 14 oktyabrya 1997 g.* [Instructions for deciphering the tapes and assessing the state of the rail track according to the indications of the TsNII-2 track measuring car and measures to ensure the safety of train traffic. Approved by the Ministry of Railways of the Russian Federation on October 14, 1997]. Moscow: Transport Publ., 1999. 44 p. (in Russian)

12. *Instruktsiya po otsenke sostoyaniya rel'sovoy kolei puteizmeritel'nymi sredstvami i meram po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya poezdov. Utverzhdena Rasporyazheniem OAO "RZhD" ot 28 fevralya 2020 g. № 436r* [Instructions for assessing the state of the rail gauge by means of track measuring equipment and measures to ensure the safety of train traffic. Approved by Order of Russian Railways JSC dated February 28, 2020 No. 436r]. (in Russian)

13. *Instruktsiya o poryadke kompleksnogo kontrolya puteizmeritel'nymi sredstvami zheleznodorozhnogo puti dlya informatsionnogo obespecheniya resheniya zadach putevogo khozyaystva OAO "RZhD". Utverzhdena Rasporyazheniem OAO "RZhD" ot 16 iyulya 2013 g. № 1566r* [Instructions on the procedure for integrated monitoring of railway tracks by track measuring equipment for information support for solving the problems of the track facilities of Russian Railways. Approved by Order of Russian Railways dated July 16, 2013 No. 1566r.]. 32 p. (in Russian)

14. *"O vnesenii izmeneniy v Tekhnicheskie usloviya na raboty po rekonstruktsii i remontu zheleznodorozhnogo puti". Utverzhdeny Rasporyazheniem OAO "RZhD" 31 dekabrya*

2019 g. № 1346/r ["On Amendments to the Specifications for Work on the Reconstruction and Repair of the Railway Track". Approved by Order of Russian Railways on December 31, 2019 No. 1346/r]. 10 p.

Received: February 15, 2022

Accepted: March 2, 2022

Author's information:

Alexander S. GAPONENKO — PhD in Engineering, Associate Professor; gaponenkoalexandr@mail.ru

Mikhail V. BUSHUEV — PhD in Engineering, Associate Professor; 8921918@mail.ru