



ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Оригинальная статья

УДК 625.03:625.172

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-4-318-329

EDN: <https://elibrary.ru/rfdorz>



АКТУАЛИЗАЦИЯ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПУТИ ПО ДАННЫМ ПУТЕИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Б. Н. Зензинов✉, Ю. С. Ромен, М. В. Криволапов

Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ),
Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Одним из последствий введения в действие Инструкции по оценке состояния рельсовой колеи № 436/р от 28.02.2020 стал рост количества дополнительно выявляемых отступлений от нормы содержания пути и перевод их в неисправности. В результате до трех раз увеличилось количество километров с ограничениями скоростей движения поездов, что может привести к существенным потерям перевозочного процесса и росту затрат на работы по текущему содержанию пути.

Материалы и методы. Для анализа фактического распределения видов и величин неисправностей, количества и причин ограничений скорости использовались данные специального проезда диагностического комплекса на действующих линиях ОАО «РЖД». Моделирование с определением динамических показателей вагонов выполнено в соответствии с алгоритмом детерминированного метода расчета движения вагонов по железнодорожному пути.

Результаты. Проанализированы последствия для оценки состояния пути от нормативов, указанных в Инструкции 436/р. Приведены результаты математического моделирования взаимодействия «подвижной состав — путь», подтверждающие целесообразность предлагаемых изменений нормативов: увеличения допускаемых скоростей движения пассажирских поездов, оценки уширения колеи в кривых участках, уточнения оценок непогашенного уско-рения.

Обсуждение и заключение. Предложено изменение ряда нормативов оценки отступлений от норм содержания пути с целью сокращения количества ограничений скорости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: безопасность движения поездов, путеизмерительные средства, математическое моделирование, динамика взаимодействия пути и подвижного состава, оценка уширения колеи в кривых, критерии оценки состояния пути

Благодарности: авторы выражают благодарность рецензентам за полезные замечания и советы, способствовавшие улучшению статьи.

Для цитирования: Зензинов Б. Н., Ромен Ю. С., Криволапов М. В. Актуализация критериев оценки состояния пути по данным путеизмерительных средств // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2022. Т. 81, № 4. С. 318–329. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-4-318-329>.

✉ zenzinov-vniizht@yandex.ru (Б. Н. Зензинов)



TECHNICAL MEANS OF RAILWAY TRANSPORT

Original article

UDK 625.03:625.172

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-4-318-329

EDN: <https://elibrary.ru/rfdorz>



UPDATING THE CRITERIA FOR ASSESSING THE STATE OF THE RAILWAY TRACK ACCORDING TO THE DATA OF TRACK MEASURING EQUIPMENT

Boris N. Zenzinov✉, **Yuriy S. Romen**, **Maksim V. Krivolapov**

Railway Research Institute,
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. One of the consequences of the introduction of the Instructions for Assessing the Condition of the Rail Track (enacted on February 28, 2020 No. 436/r) was an increase in the number of newly detected deviations from the norm of track maintenance and their reassignment as malfunctions. As a result, the number of kilometres with limited train speeds has increased by up to 3 times, which may lead to significant losses in transportation and an increase in the cost of the immediate track maintenance.

Materials and methods. Data from a special thoroughfare of a diagnostic complex along the operating lines of Russian Railways were used to analyse the actual distribution of types and magnitudes of malfunctions, the number and causes of the speed limits. The authors used computer simulations to determine the dynamic indicators of cars in accordance with the algorithm of the deterministic method for calculating the movement of cars along the railway track.

Results. The consequences for assessing the state of the track from the standards specified in Instruction 436/r are analysed. The authors present the results of mathematical modelling of the rolling stock interaction with the track, confirming the feasibility of the proposed changes in the standards: increasing the permissible speeds of passenger trains, assessing the gauge widening in curved sections, clarifying the estimates of unbalanced acceleration.

Discussion and conclusion. It is proposed to change a number of standards for assessing deviations from the norms of track maintenance in order to reduce the number of speed limits.

KEYWORDS: train traffic safety, track measuring devices, mathematical modelling, dynamics of track and rolling stock interaction, assessment of gauge widening in curves, criteria for assessing track condition

Acknowledgments: The authors express their gratitude to the reviewers for their constructive comments, improving the quality of the article.

For citation: Zenzinov B. N., Romen Yu. S., Krivolapov M. V. Updating the criteria for assessing the state of the railway track according to the data of track measuring equipment. *Russian Railway Science Journal*. 2022;81(4):318-329. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-4-318-329>.

✉ zenzinov-vniizht@yandex.ru (B. N. Zenzinov)

© Zenzinov B. N., Romen Yu. S.,
Krivolapov M. V., 2022

Введение. За последние 10 лет в два раза увеличилось количество типов мобильных средств диагностики, применяемых в ОАО «РЖД». Кроме того, в разы увеличилась номенклатура измеряемых и оцениваемых параметров состояния путевой инфраструктуры.

ОАО «РЖД» распоряжением от 28 февраля 2020 г. № 436/р утвердило Инструкцию по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов (далее — Инструкция 436/р), которая заменила Инструкцию ЦП-515, разработанную В. Б. Каменским и В. О. Певзнером и действовавшую с 1997 г.

Для того чтобы бригады не дестабилизировали путь, когда в этом нет объективной необходимости, и не увеличивались затраты на эксплуатацию пути [1], в Инструкции 436/р [2] даны определения основных понятий, уточнен подход к определению самих отступлений и их степеней, в три раза расширена номенклатура контролируемых параметров, введена оценка скоростных участков пути, поднят нижний порог отступлений 2-й степени.

Процесс согласования и утверждения Инструкции 436/р занял несколько лет. Непременным требованием Департамента безопасности движения ОАО «РЖД» было ограничение скорости движения поездов при превышении допусков, записанных в разных нормативных документах РЖД, в том числе по показателям, по которым ранее ограничения не выдавались, а сама «опасность» не была доказана.

Например, положение Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации (ПТЭ) о том, что возвышение в кривых не должно быть больше 150 мм, является нормативным для проектирования железнодорожных линий, но не является критической величиной, угрожающей безопасности движения. Превышать возвышение 150 мм не следует, но это не означает, что при уровне 151 мм надо закрывать движение поездов. Однако в существующей редакции Инструкции 436/р принят именно такой «запретительный» подход.

Увеличение количества контролируемых средствами диагностики характеристик пути в Инструкции 436/р привело к росту отступлений от норм содержания пути, которые раньше не проверялись на регулярной основе. Механический перевод дополнительно выявляемых отступлений в «неисправности» привел к трехкратному росту километров с ограничениями скоростей движения поездов, что может повлечь за собой существенные потери перевозочного процесса за счет необоснованных ограничений скорости движения и рост затрат на работы по текущему содержанию пути. Возникла необходимость оптимизации критериев оценки, исключения выдаваемых средствами диагностики необоснованных ограни-

чений скорости движения поездов при обеспечении безопасности движения.

Материалы и методы. Для анализа фактического распределения видов и величин неисправностей, количества и причин ограничений скорости использовались данные специального проезда диагностического комплекса от Москвы до Владивостока и обратно. Результаты, полученные на представительной выборке (более 13 тыс. км), показывают, что для главных путей ОАО «РЖД» основной процент ограничений скорости составляют отступления от норм по перекосам (33 %), уширению колеи (31 %), положению пути в плане или рихтовке (17 %) и просадкам (13 %). По величинам ограничения скорости движения поездов подавляющее количество приходится на 60 км/ч (более 67 %) и 25 км/ч (около 15 %).

Среди неисправностей, приводящих к ограничению скорости до 15 км/ч, первое место занимают перекосы, к ограничению до 25 км/ч — уширения колеи (более 95 %), до 60 км/ч — перекосы и уширения колеи (рис. 1).

Самыми тяжелыми с точки зрения перевозочного процесса являются закрытия движения поездов и ограничения скорости до 15 км/ч. Нормативы, устанавливающие эти ограничения, напрямую связаны с безопасностью движения, они не менялись много лет, несмотря на существенные изменения и подвижного состава, и элементов конструкции пути, но их пересмотр без проведения большого объема экспериментальных и теоретических исследований невозможен. Последние испытания такого рода проводились 40–50 лет назад. На испытательном полигоне создавались неисправности (неровности) величиной до 30–50 мм, по которым со скоростями до 80 км/ч проезжал испытательный поезд, состоящий из грузовых вагонов и цистерн (груженых и порожних), электровозов и тепловозов разных типов, вагонов-лабораторий. Измерялись динамические показатели взаимодействия «подвижной состав — путь» (силы, перемещения элементов конструкции, напряжения в рельсах).

На основании анализа полученных результатов и были установлены допустимые безопасные отклонения от номинальных характеристик геометрии рельсовой колеи. При этом был заложен «запас» не менее 100 %. Например, испытательный поезд проезжал со скоростью 60 км/ч по перекосам величиной 50 мм, но порог ограничения скорости был установлен 20 мм. Обосновывалось такое уменьшение критической величины отступлений тем, что состояние подвижного состава в эксплуатации может отличаться от представленного на испытания, а неблагоприятное сочетание форм и величин отступлений от норм эксплуатации может влиять на динамические процессы и увеличивать опасность схода поезда.

Однако есть ряд вполне очевидных вопросов, не нашедших отражения в существующих нормативных документах, которые могут быть решены на основании методов математического моделирования взаимодействия «подвижной состав — путь», без проведения дорогостоящих испытаний. В частности, речь идет об уточнении нормативов ограничения скорости движения для диапазона 25–80 км/ч. Целесообразно разделить ограничения скорости движения для пассажирских и грузовых поездов — это первый источник сокращения количества ограничений скорости. Сегодня в диапазоне 61–90 км/ч ограничения скорости для пассажирских и грузовых поездов при одних и тех же отступлениях одинаковые, что не оправдано, поскольку пассажирские вагоны существенно легче и имеют лучшую динамику по сравнению с грузовыми вагонами.

Для обоснования возможности увеличения допустимой скорости пассажирских поездов (например, для перекосов и просядков, на которых грузовым поездам разрешена скорость 60 км/ч, допустить пассажирским поездам скорость 80 км/ч) не обязательно проводить испытания. Достаточно проведения математического моделирования. Разделение нормативов ограничения скорости для пассажирских и грузовых поездов даст значительное уменьшение количества предупреждений об ограничении скорости движения пассажирских поездов, поскольку большинство ограничений приходится на них. Согласно предварительной оценке в масштабах сети это даст уменьшение количества ограничений скорости до 10 %.

Вторым источником существенного уменьшения количества ограничений скорости движения поездов может быть уточнение нормативов оценки уширения колеи в кривых участках пути. Предельные значения ширины колеи при эксплуатации пути были установлены более 100 лет назад для других условий эксплуатации (в частности, обеспечения прохождения кривых длиннобазными паровозами) и конструкций пути. Минимальная ширина колеи, при которой колесная пара может провалиться внутрь, — 1574 мм. При норме ширины колеи 1524 мм один дюйм (25 мм) взяли как эксплуатационный допуск, а второй дюйм «про запас» (с учетом возможных деформаций колеи из-за дефектов элементов конструкции).

Ширина колеи является показателем состояния пути, однако сама по себе не является критерием, обуславливающим величину сил взаимодействия. Увеличение ширины колеи при неровностях рельсовых нитей в плане, влияющее на безопасность движения, контролируется и штрафуются при оценке рихтовки пути. Поэтому не обоснованным с точки зрения обеспечения безопасности движения и динамики взаимодействия «подвижной состав — путь» является ограничение скорости до 60 км/ч при ширине 1545 мм

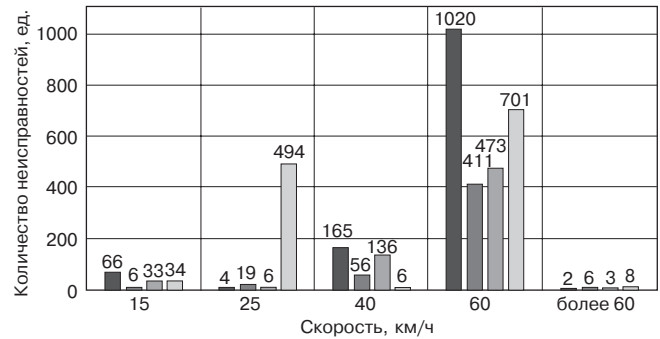


Рис. 1. Распределение неисправностей по видам, являющимся причинами ограничений скорости:

■ — перекосы; ■ — просадки; ■ — рихтовки; ■ — уширения колеи

Fig. 1. Distribution of malfunctions by types that require speed limitation:

■ — distortions; ■ — subsidence; ■ — linings; ■ — gauge widenings

в крутых кривых с большим износом рельсов, а при ширине 1547 мм — ограничение до 25 км/ч.

Третьим источником уменьшения количества ограничений скорости движения поездов может быть уточнение нормативов оценки непогашенного ускорения в кривых участках пути. Величина непогашенного ускорения $0,7 \text{ м/с}^2$ была предложена в 1959 г. В.С. Шаройко [3] и основывалась на анализе реакций пассажиров при поездках в старых типах вагонов на тележках КВЗ-ЦНИИ. Параметр $0,7 \text{ м/с}^2$ касался ощущений человека при движении подвижного состава в кривых и предлагался в качестве нормативов для установления возвышения рельса при максимальной скорости движения пассажирских поездов. С безопасностью движения и интенсивностью расстройств пути автор его не связывал. Этот параметр был принят в качестве рекомендуемой величины при проектировании пути и пассажирских вагонов. Нормативы проектирования и эксплуатации пути допускают непогашенное ускорение $0,7 \text{ м/с}^2$. Однако осадка наружной рельсовой нити всего на 1–2 мм, дающая приращение непогашенного ускорения $0,001 \text{ м/с}^2$, формально приводит к ограничению скорости, так как в действующих нормативах вообще не предусмотрены допуски, что нелогично с инженерной точки зрения.

Для теоретического обоснования уточненных величин ограничений скорости поездов при наличии отступлений от норм содержания пути использовался метод математического моделирования взаимодействия «подвижной состав — путь».

Поскольку железнодорожный экипаж является системой масс с большим числом степеней свободы и нелинейными связями, движение которой ограничивается положением рельсовой колеи, изменяющимся во времени и в пространстве, изучение динамических процессов его движения и взаимодействия с путевой

структурой является сложной и трудоемкой задачей, решение которой требует большого количества экспериментальных и теоретических исследований. Общая сложность решения задачи усугубляется принципиальным различием условий движения экипажа в прямых и круговых кривых, а также различием силового взаимодействия в системе «экипаж — рельсовая колея» при движении колесной пары в рельсовой колее с зазором и отступлениями от идеального состояния. Уравнения движения экипажа, учитывающие возможности набегания и отрыва гребня колеса, были записаны М. Ф. Вериго в 1950-х гг. [4]. Однако нелинейность системы «экипаж — рельсовая колея» делала задачу неразрешимой без применения средств вычислительной техники.

В первой половине XX в. методы расчетов динамики экипажей и пути существовали двумя отдельными группами. Отдельно проводили качественные расчеты устойчивости движения в прямых участках пути и независимо — определение сил взаимодействия в крутых круговых кривых. При этих расчетах железнодорожный путь в плане считали гладким и радиусы кривых постоянными. Это обуславливалось отсутствием общей методики расчетов в прямых и кривых разных радиусов с отступлениями от идеального состояния.

Общая методика описания движения экипажа для прямых и кривых участков пути с применением подвижной системы координат была впервые разработана во ВНИИЖТ [5, 6]. На основании разработанной методики во ВНИИЖТ [6] и в Институте технической механики АН УССР [7] были составлены программы математического моделирования взаимодействия «подвижной состав — путь».

Во ВНИИЖТ была разработана программа «ЭКИПАЖ», использованная при определении допустимых скоростей движения новых типов подвижного состава, в частности скоростного электропоезда ЭР200, тепловоза ТЭП80 и экспресса «Сапсан». В 1990 г. методика применения подвижной системы координат при математическом моделировании динамических процессов в движущихся экипажах была использована в Брянском государственном техническом университете при создании комплекса программ «Универсальный механизм» [8].

Для решения задач, поставленных в данной работе, была выбрана программа «ЭКИПАЖ», потому что она позволяет в широком диапазоне менять характеристики геометрии пути, в том числе вводить фактические характеристики по данным путеизмерителей (кривизну в плане, поперечный уровень пути, ширину колеи и неровности обеих рельсовых нитей в профиле и плане) и характеристики вагонов с различными отклонениями от установленных норм содержания.

Моделирование с определением динамических показателей вагонов выполнено в соответствии с алгоритмом

детерминированного метода расчета движения вагонов по железнодорожному пути. Алгоритм расчета неоднократно применялся для выполнения динамических расчетов и определения показателей перемещений тележек и кузова вагона и силовых факторов при движении вагонов по железнодорожному пути и прошел проверку при выполнении работы по опытной эксплуатации с применением программного обеспечения. Сравнительная оценка результатов расчетов по программе «ЭКИПАЖ» с результатами расчетов по программному обеспечению моделей «Универсальный механизм», MEDYNA, ADAMS показала результаты сходимости расчетов. Применяемая математическая модель пространственных колебаний, положенная в основу алгоритма расчета, позволяет определять вертикальные и поперечные силы, а также относительные перемещения тележек и кузова вагона при движении вагонов по прямым и кривым участкам пути с отступлениями в плане и профиле.

Оценка безопасности и динамических качеств вагонов при движении по пути производится в соответствии с действующими нормативными документами для грузовых вагонов — ГОСТ 33211–2014 «Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам», для пассажирских вагонов — ГОСТ 34093–2017 «Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования к прочности и динамическим качествам» и Нормами для расчета и проектирования вагонов железных дорог колеи 1520 мм [9]. Оценка безопасности выполняется с учетом устойчивости против схода набегающего колеса с рельса.

Оценочным показателем динамических качеств движения вагонов принят показатель максимального коэффициента вертикальной динамики:

- для грузового вагона с максимальной статической осевой нагрузкой оценка «хорошо» при уровне коэффициента не более 0,70, допустимое значение — 0,90;
- для пассажирского вагона допустимое значение 0,40.

При использовании применяемой математической модели выполняется решение системы, состоящей из 45 дифференциальных уравнений второго порядка с последующим численным интегрированием. Применяемый метод исследования движения вагонов по колее позволяет учитывать наиболее характерные конструктивные особенности ходовых частей с учетом их массово-инерционных характеристик. Так как движение экипажа происходит по пути, который является аргументом для всех возмущающих воздействий, то все процессы рассматриваются в функции от пути.

В качестве входных возмущающих воздействий при расчетах использовались путеизмерительные данные, включая координаты пути, ширину колеи, поперечный уровень и кривизну в плане, неровности в профиле и плане по правому и левому рельсу. В качестве выходных данных расчетов динамики взаимодействия

«экипаж — путь» использовались величины боковых и рамных сил, коэффициент вертикальной динамики и коэффициент запаса устойчивости от схода с рельсов.

При расчетах для сравнения динамики взаимодействия грузовых и пассажирских вагонов на расстроенном пути подготовлено несколько тестовых участков для моделирования.

В качестве участка пути неудовлетворительного состояния с наличием неисправностей, требующих ограничения скорости движения, выбран перегон Забайкальской дороги с оценкой километров железнодорожного пути от «хорошо» до «неудовлетворительно». Из файлов путеизмерительных данных получены числовые массивы оцениваемых параметров геометрии колеи (ширина колеи, уровень, просадки и рихтовки). Дополнительно получены «натурные» неровности в плане и профиле, восстановленные по величинам рихтовок и просадок.

Для ввода в модель был сформирован вариант № 1 («плохой» участок), на котором величины неровностей (и, соответственно, просадок, рихтовок и перекосов) были скорректированы увеличивающим коэффициентом. Числовые массивы варианта № 1 были конвертированы в формат «путеизмерительных данных», читаемых программой обработки и оценки параметров рельсовой колеи. Стало возможным перевести числовые данные в наглядный и понятный

путейцам вид — ведомости оценки участка пути по форме ПУ-32 (см. табл. 1) и графические диаграммы геометрии колеи с оценкой по Инструкции 436/р. Величины неровностей превысили пороги неисправностей, требующих ограничения установленной скорости, оценка участка стала «неудовлетворительно», с восемью ограничениями скорости по Инструкции 436/р и двенадцатью неисправностями четвертой степени, балловая оценка — 404 балла.

Выполнено несколько вариантов расчетов движения грузового и пассажирского вагонов со скоростями 60 и 80 км/ч по «плохому» участку пути. Цель этого этапа моделирования заключалась в определении количественных различий параметров силового взаимодействия грузового и пассажирского подвижного состава с неровностями пути.

Оценочными характеристиками при сравнении показателей взаимодействия на каждом километре тестового участка были выбраны максимальные и максимальные средние величины боковых и рамных сил, максимальные величины коэффициента вертикальной динамики и минимальные величины коэффициента запаса устойчивости.

Максимальное значение определяли как среднее значение трех наибольших локальных максимумов из совокупности полученных значений расчетов на километр пути:

Таблица 1

Ведомость оценки участка пути по форме ПУ-32

Table 1

Statement of evaluation of the track section according to the PU-32 form

Количество километров с оценкой и качественная оценка «плохого» участка (вариант № 1)												
№ направления/пути	Всего километров	Количество километров с оценкой				Километры с ограничением скорости	Отступления (шт.)			Средний балл по участку	Величина $N_{уч\ сумм}$	Качественная оценка
		Отл.	Хор.	Уд.	Неуд.		IV степени	Сочетания, кривые, другие	Дополнительные			
12345/1	14,83	1,00	1,00	2,00	10,83	8	14	2		404,5	0,00	Неуд.
Количество отступлений по видам												
Степень	Отступления										Итого	
	Суж.	Уш.	У	П	Пр	Р	Сочетания	Кривые	Другие			
I	4	725	10	39	140	104						1022
II		84	29	153	207	79						552
III		36	2	20	21	14						93
IV		2		8		4						14
							2					2
Всего	4	847	41	220	368	201	2					1683

Примечание. Суж. — сужение; Уш. — уширение; У — уровень; П — перекосы; Пр — просадки; Р — рихтовки.

Note. Суж. — gauge narrowing; Уш. — gauge widening; У — level; П — distortions; Пр — subsidences; Р — linings.

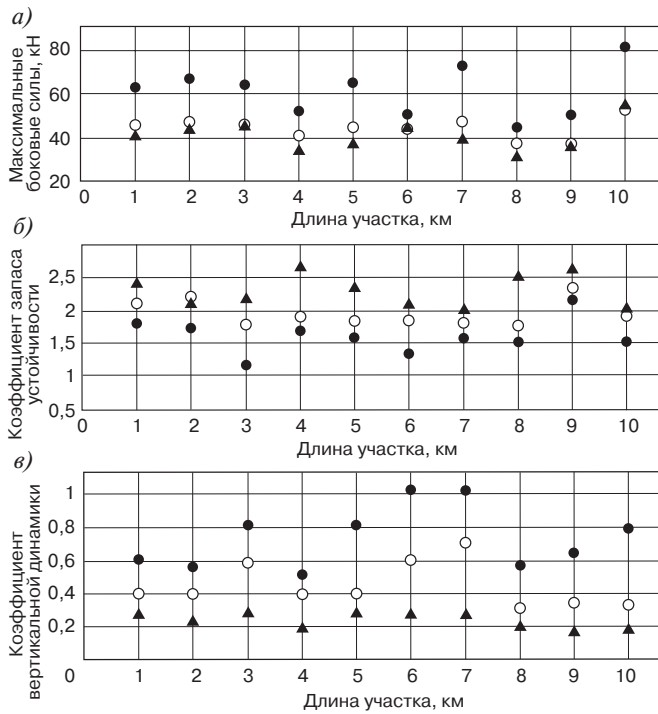


Рис. 2. Результаты расчетов динамических показателей по длине участка № 1:

- a* — максимальные боковые силы по длине участка, кН;
- b* — коэффициент запаса устойчивости; *c* — коэффициент вертикальной динамики;
- — грузовой поезд, 80 км/ч; ▲ — пассажирский поезд, 80 км/ч;
- — грузовой поезд, 60 км/ч

Fig. 2. Calculation results of dynamic indicators along the length of the section No. 1:

- a* — maximum lateral forces along the length of the section, kN;
- b* — stability factor; *c* — vertical dynamics factor;
- — goods train, 80 km/h; ▲ — passenger train, 80 km/h;
- — goods train, 60 km/h

$$x_{\max} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 x_{i\max}, \quad (1)$$

где $x_{i\max}$ — локальные максимумы из совокупности значений, ранжированные от максимальных значений к минимальным, т. е. $x_{1\max} > x_{2\max} > \dots > x_{n\max}$.

Максимальное среднее значение определяли как среднее значение всех локальных максимумов из совокупности полученных значений расчетов на километровых отрезках пути:

$$\bar{x}_{\max} = \frac{1}{n_{\max}} \sum_{i=1}^{n_{\max}} x_{i\max}, \quad (2)$$

где n_{\max} — количество локальных максимумов из совокупности значений.

Результаты моделирующих расчетов движения грузового и пассажирского вагонов по тестовому участку показали, что при скоростях до 80 км/ч условия безопасности движения соблюдаются. То обстоятельство, что на тестовом участке пути есть неис-

правности, требующие ограничения скорости, не противоречит полученным результатам — в нормативах всегда заложен «запас» на неблагоприятное сочетание отступлений от норм содержания как пути, так и подвижного состава при разных режимах ведения поезда.

Результаты исследования. При скорости 80 км/ч параметры силового взаимодействия грузового подвижного состава с путем неудовлетворительного состояния от 1,5 до 3 раз больше по сравнению с пассажирским, в частности:

- максимальные боковые силы составляют 61 и 41 кН соответственно;
- максимальные рамные силы 38 и 23 кН соответственно;
- максимальный коэффициент вертикальной динамики 0,73 и 0,24 соответственно;
- минимальный коэффициент запаса устойчивости 1,62 и 2,33 соответственно.

Результаты расчетов динамики движения на участке по варианту № 1 показаны на рис. 2.

В диапазоне скоростей 60–80 км/ч максимальные и среднеквадратичные величины параметров силового воздействия на путь у грузового вагона по величинам вертикальных нагрузок в 1,5–3 раза больше, чем у пассажирского, а боковых и рамных сил в 1,5–2 раза. Показатель запаса устойчивости для пассажирского вагона был выше на 16–20% по сравнению с грузовым.

Параметры силового взаимодействия грузового подвижного состава с путем неудовлетворительного состояния при скорости 60 км/ч на 15–20% больше, чем параметры силового взаимодействия пассажирского подвижного состава при скорости 80 км/ч.

Для моделирующих расчетов динамики взаимодействия в кривых участках пути грузового вагона при различной ширине колеи подготовлен тестовый участок (вариант № 2), состоящий из кривых разного радиуса, с неровностями рельсовых нитей и возвышением, соответствующим исходным параметрам участка по варианту № 1 (изменялась только ширина колеи в кривых — от 1520 до 1550 мм). В каждой кривой вводились 3 варианта уширения, отличающиеся на 3–5 мм (табл. 2).

Результаты моделирования влияния уширения колеи в кривых на параметры взаимодействия с целью определения различий в динамических показателях при ширине колеи до 1550 мм приведены в табл. 3.

В диапазоне скоростей до 60 км/ч на участке по варианту № 2 обеспечивалась безопасность движения (коэффициенты запаса устойчивости и вертикальной динамики с «запасом» укладывались в нормативы). Установлена малая зависимость динамических процессов (величин боковых и вертикальных сил, действующих на грузовой вагон) от величин уширения колеи в кривых участках пути. Проведенное моделирование подтвердило, что уширение колеи в кривых до 1552 мм

при скоростях до 40–60 км/ч практически не влияет на показатели взаимодействия «подвижной состав— путь».

Это же было установлено в многочисленных испытаниях, проведенных специалистами ВНИИЖТ. Если обеспечена устойчивость колесной пары от вкатывания на рельс или от провала внутрь колеи, уширение колеи в кривых не критично [10].

Для моделирования влияния непогашенного ускорения в кривых на динамику взаимодействия «пассажирский вагон— путь» подготовлен тестовый участок (вариант № 3). Участок состоит из кривых радиусом от 1200 до 350 м с разным возвышением. Величина возвышения отличается и подобрана таким образом, чтобы при скоростях 140, 120, 100 и 80 км/ч непогашенное ускорение попадало в интервал от 0,65 до 0,75 м/с². При этом неровности рельсовых нитей и ширина колеи не изменялись. Движение грузового вагона не рассматривается, поскольку цель моделирования заключается в обосновании возможности уточнения нормативов оценки для пассажирских поездов, скорость которых на подавляющей части главных путей ОАО «РЖД» больше скорости грузовых поездов, и почти все ограничения скорости по непогашенному ускорению приходится на пассажирские поезда.

Характеристиками силового взаимодействия «экипаж— путь» в кривых при различном непогашенном ускорении являются величины боковых сил набегающих колесных пар и коэффициентов вертикальной динамики.

Величины боковых сил (рис. 3) и коэффициентов вертикальной динамики при непогашенных ускорениях $a_{\text{нп}} = 0,65$, $a_{\text{нп}} = 0,7$ и $a_{\text{нп}} = 0,75$ практически одинаковые, отличия составляют доли процента.

Проведенное моделирование подтвердило, что величина непогашенного ускорения в пределах от 0,65 до 0,75 м/с² при скоростях до 140 км/ч практически не влияет на силовые динамические показатели пассажирского вагона.

Таблица 2

Характеристики тестового участка (вариант № 2)

Table 2

Characteristics of the test section (option No. 2)

Радиус кривой, м	Возвышение, мм	Ширина колеи 1, мм		Ширина колеи 2, мм		Ширина колеи 3, мм	
		Средние значения	Максимальные значения	Средние значения	Максимальные значения	Средние значения	Максимальные значения
450	75	1531,9	1536,7	1534,4	1540,5	1537,3	1544,6
340	91	1536,8	1539,5	1540,6	1544,0	1544,7	1548,8
500	75	1533,9	1536,7	1537,0	1540,3	1540,5	1544,4
525	90	1519,9	1522,5	1519,5	1522,7	1519,4	1523,3
290	90	1539,1	1541,8	1543,4	1546,4	1547,2	1550,9

Результаты проведенных моделирующих расчетов позволяют рекомендовать следующие предложения по оценке состояния пути:

- разделить нормативы оценки геометрии колеи для пассажирских и грузовых поездов при скоростях до 80 км/ч, увеличив допустимые скорости для пассажирских поездов;
- случаи превышения непогашенным ускорением порога 0,7 м/с² рассматривать как «неисправности», назначать штрафные баллы, но скорость движения пассажирских поездов ограничивать, только если непогашенное ускорение превысит 0,75 м/с²;
- изменить допустимое уширение колеи в кривых участках пути, не ограничивать в кривых участках пути скорость до 60 км/ч при ширине колеи 1545 мм и до 25 км/ч при ширине колеи 1547 мм.

Структура и числовые показатели степеней отступлений по уширению колеи практически не менялись

Таблица 3

Среднеквадратичные величины боковой силы набегающей колесной пары, кН

Table 3

Root-mean-square values of the lateral force of the oncoming wheel pair, kN

Радиус кривой, м	При скорости 40 км/ч			При скорости 25 км/ч			При скорости 15 км/ч		
	Вариант ширины колеи 1	Вариант ширины колеи 2	Вариант ширины колеи 3	Вариант ширины колеи 1	Вариант ширины колеи 2	Вариант ширины колеи 3	Вариант ширины колеи 1	Вариант ширины колеи 2	Вариант ширины колеи 3
450	3,64	3,89	3,96	2,44	2,50	2,73	2,12	2,28	2,45
340	4,10	4,14	4,14	2,65	2,75	2,93	2,27	2,25	2,32
500	5,49	5,30	5,12	3,81	3,66	3,64	3,06	2,90	2,96
525	3,91	3,89	3,85	2,71	2,77	2,77	2,44	2,45	2,48
290	3,05	2,93	3,01	1,95	2,08	2,06	1,77	1,69	1,67

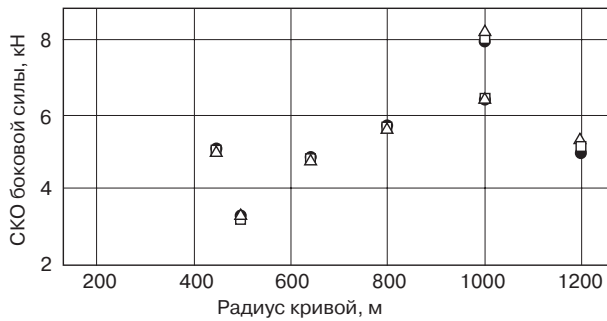


Рис. 3. Среднеквадратичное отклонение величины боковых сил в кривых разного радиуса при разном непогашенном ускорении:
 ● — $a_{нн}=0,65$; □ — $a_{нн}=0,7$; △ — $a_{нн}=0,75$

Fig. 3. Root-mean-square deviation of the magnitude of lateral forces in curves of different radii for different unbalanced acceleration:
 ● — $a_{нн}=0,65$; □ — $a_{нн}=0,7$; △ — $a_{нн}=0,75$

Таблица 4

Фактическая ширина колеи в кривых разного радиуса

Table 4

Actual track width in curves of different radii

Диапазон радиусов, м	Средняя ширина колеи, мм	Из ПТЭ-1952	
		Радиус, м	Номинальный размер ширины колеи
2500–1200	1524,8	650 и более	1524
1200–800	1527,9		
800–650	1530,9		
650–450	1531,9	650–451	1530
450–350	1533,1	450–351	1535
до 350	1536,0	350 и менее	1540

50 лет. Тогда преобладали звеньевые пути при ширине колеи 1524 мм. Все кривые были разбиты на 4 диапазона, соответственно было 4 номинальных значения ширины колеи. Номинальный размер ширины колеи 1524 мм был установлен в прямых участках пути и в кривых радиусом более 650 м, а в более крутых кривых были установлены следующие номинальные значения:

- при радиусе от 650 м до 450 м — 1530 мм;
- при радиусе от 449 м до 350 м — 1535 мм;
- при радиусе 349 м и менее — 1540 мм.

Переход на колею 1520 мм привел к тому, что остались только диапазоны радиусов: более 350, 349–300 и менее 299 м. Фактическая ширина колеи в кривых больше зависит не от «номинала», а от величины радиусов. В кривых с нормой 1520 мм после пропуска миллиона тонн происходит уширение колеи за счет выборки люфтов, а затем уширение продолжается за счет износа рельсов и узлов креплений. Несмотря на одинаковый номинальный размер 1520 мм, фактическая средняя ширина колеи в кривых разного радиуса приближается к нормативам ПТЭ 1952 г. [11] (табл. 4).

Целесообразно нормативы оценки связать не с отклонениями от «номинала», а с самими величинами ширины колеи в увязке с радиусом кривой (табл. 5).

Надо уточнить критерии при назначении ограничения скорости движения поездов, разделить штрафные санкции за выявленные средствами диагностики нарушения установленных ОАО «РЖД» требований и выдачу предупреждений по ограничению скорости движения поездов при нарушении условий безопасности. Это разные сущности, но исторически, еще со времен МПС СССР их часто смешивают.

Таблица 5

Степени отступлений по уширению колеи в кривых

Table 5

Track width deviations in curves

Установленные скорости, км/ч, пассажирские/грузовые	Степень	Уширение колеи, мм		
		Прямые и кривые радиусом до 650 м	Кривые радиусом 649–350 м	Кривые радиусом менее 350 м
101–140	I	От 1529 до 1534	От 1529 до 1536	—
	II	От 1535 до 1538	От 1537 до 1542	—
	III	От 1539 до 1542	От 1543 до 1546	—
	IV	Более 1542	Более 1546	—
26–100 / 26–90	I	От 1529 до 1536	От 1538 до 1540	—
	II	От 1537 до 1542	От 1541 до 1543	От 1544 до 1546
	III	От 1543 до 1546	От 1544 до 1548	От 1547 до 1548
	IV	Более 1546	Более 1548	Более 1548
25 и менее	I	От 1529 до 1538	От 1538 до 1540	—
	II	От 1539 до 1544	От 1541 до 1545	От 1544 до 1546
	III	От 1545 до 1548	От 1546 до 1548	От 1547 до 1548
	IV	Более 1548	Более 1548	Более 1548

Выше был приведен пример — возвышение наружного рельса в кривых более 150 мм. Поскольку в ПТЭ записано, что возвышение не должно превышать 150 мм, нарушение этого требования, следовательно, должно быть классифицировано как неисправность, но закрытие из-за этого движения поездов, как указано в Инструкции 436/р, ничем не оправдано.

Заключение. Все выявленные нарушения установленных ОАО «РЖД» требований должны фиксироваться в соответствующих ведомостях, путевые подразделения, обслуживающие эти участки пути, должны получать штрафные баллы и предписания об устранении неисправностей, но совсем не обязательно при этом выдавать ограничения скорости.

В то же время есть отступления от норм содержания пути и его элементов, по которым выдаются предупреждения об ограничении скорости, но путевые подразделения (участки, дистанции), обслуживающие эти участки пути, не должны получать штрафные баллы, так как устранение этих неисправностей лежит вне сферы их возможностей. Например, сверхнормативный боковой износ рельсов может быть устранен заменой рельсов, но получение новых рельсов не может быть обеспечено мастером участка или начальником дистанции пути.

Должен быть разработан и утвержден ОАО «РЖД» перечень таких параметров и показателей. При оценке отдельных отступлений от норм содержания пути и назначении величин ограничения скорости движения в большей степени следует учитывать особенности конструкции пути и условий эксплуатации. Причем может быть как ужесточение, так и послабление оценок. Например, Инструкция 436/р предусматривает ужесточение оценок на мостах, в изолирующих стыках, на стрелочных переводах.

Надо более строго оценивать уширения колеи на участках с большим количеством дефектных шпал или скреплений. С другой стороны, в крутых кривых с большим износом рельсов и их малыми отжатиями при ширине колеи от 1549 до 1551 мм следовало бы вместо закрытия движения давать ограничение скорости до 15 км/ч.

При оценке выявленных неисправностей и определении величин ограничения скорости надо в большей степени учитывать сочетания и последовательности отдельных отступлений. Например, отдельная просадка величиной 20 мм наверняка не опасна для скоростного поезда «Сапсан», а вот последовательности просадок и перекосов или сочетания с рихтовками даже меньшей величины приводят к повышенным колебаниям поезда, дискомфорту пассажиров, хотя и не угрожают безопасности.

Для пассажирских и скоростных линий целесообразно оценку состояния пути производить не только по критериям безопасности (они за редчайшими исключениями выполняются), но и по показателям плавности хода поезда и комфорта пассажиров.

Перечень дополнительных условий и показателей оценки неисправностей должен быть определен по результатам большой отдельной работы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зензинов Б.Н. Новая Инструкция по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами // Путь и путевое хозяйство. 2022. № 1. С. 2–6.
2. Инструкция по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 28 февраля 2020 г. № 436/р. URL: <https://rzd-puteetz.ru/instruktsiya-po-otsenke-sostoyaniya-relsovoj-kolei-puteizmeritel'nymi-sredstvami> (дата обращения: 12.08.2022).
3. Шаройко В.С. К вопросу о комфортабельности езды на железных дорогах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.00.00. Л.: ЛИИЖТ им. акад. В.Н. Образцова, 1960. 19 с.
4. Вериги М.Ф. Основные этапы и проблемы взаимодействия пути и подвижного состава // Развитие науки и техники на железнодорожном транспорте: [сб. ст.] / под ред. А.Д. Каретникова. М.: Транспорт, 1968. С. 61–72. (Труды Всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. ЦНИИ МПС пятьдесят лет; вып. 360).
5. Ромен Ю.С. О движении железнодорожных экипажей в кривых участках пути // Вестник Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 1964. № 6. С. 16–20.
6. Ромен Ю.С. Взаимодействие пути и экипажа в рельсовой колее. М.: РАС, 2019. 160 с.
7. Математическое моделирование колебаний рельсовых транспортных средств / В.Ф. Ушкалов [и др.]; под ред. В.Ф. Ушкалова. Киев: Наукова думка, 1989. 240 с.
8. Погорелов Д.Ю. Введение в моделирование динамики систем тел: учеб. пособие. Брянск: Изд-во БГТУ, 1997. 155 с.
9. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 317 с.
10. Певзнер В.О., Ромен Ю.С. Основы разработки нормативов содержания пути и установления скоростей движения. М.: Интекст, 2013. 224 с. (Труды ОАО «ВНИИЖТ»).
11. Зензинов Б.Н. Анализ фактических величин ширины колеи и износа рельсов // Путь и путевое хозяйство. 2008. № 11. С. 7–10.

REFERENCES

1. Zenzinov B.N. Novaya Instruktsiya po otsenke sostoyaniya rel'sovoy kolei puteizmeritel'nymi sredstvami [New Instructions for assessing the state of the rail gauge by means of track measuring equipment]. *Put' i putevoe khozyaystvo = Railway Track and Facilities*. 2022;(1):2-6. (In Russ.).
2. Instruktsiya po otsenke sostoyaniya rel'sovoy kolei puteizmeritel'nymi sredstvami i meram po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya poezdov [Instructions for assessing the state of rail track by

means of track measuring equipment and measures to ensure the safety of train traffic], approved by order of Russian Railways Company dated February 28, 2020 No. 436/r. URL: <https://rzd-puteetz.ru/instruktsiya-po-otsenke-sostoyaniya-relsovoj-kolei-puteizmeritelnyimi-sredstvami> (access date: 12.08.2022). (In Russ.).

3. Sharoyko V. S. K voprosu o komfortabel'nosti ezdy na zheleznykh dorogakh [To the question of the comfort of riding on railways]. Cand. of Sci. (Engineering) thesis synopsis: 05.00.00. Leningrad: LIIZhT Publ.; 1960. 19 p. (In Russ.).

4. Verigo M. F. Osnovnye etapy i problemy vzaimodeystviya puti i podvizhnogo sostava [Main stages and problems of interaction between the track and rolling stock]. *Razvitie nauki i tekhniki na zheleznodorozhnom transporte* [Development of science and technology in railway transport]. (Collection of articles). Ed. by A. D. Karetnikov. Moscow: Transport Publ.; 1968. P. 61–72. (Proceedings of the All-Union Order of the Red Banner of Labor of the Railway Research Institute. Central Research Institute of the Ministry of Railways for fifty years; Issue 360). (In Russ.).

5. Romen Yu. S. O dvizhenii zheleznodorozhnykh ekipazhey v krivykh uchastkakh puti [On the movement of railway vehicles in curved sections of the track]. *Vestnik All-Union nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta (Vestnik VNIIZhT) = Russian Railway Scientific Journal*. 1964;(6):16–20. (In Russ.).

6. Romen Yu. S. Vzaimodeystvie puti i ekipazha v rel'sovoy kolee [Interaction of the path and the crew in the rail track]. Moscow: RAS Publ.; 2019. 160 p. (In Russ.).

7. Ushkalov V. F., Reznikov L. M., Ikkol V. S. et al. Matematicheskoe modelirovaniye kolebaniy rel'sovykh transportnykh sredstv [Mathematical modeling of vibrations of rail vehicles]. Kiev: Naukova dumka Publ.; 1989. 240 p. (In Russ.).

8. Pogorelov D. Yu. Vvedenie v modelirovaniye dinamiki sistem tel [Introduction to modeling the dynamics of systems of bodies]. Textbook. Bryansk: BGTU Publ.; 1997. 155 p. (In Russ.).

9. Normy dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh) [Norms for the calculation and design of railway carriages of the Ministry of Railways of the 1520 mm gauge (non-self-propelled)]. Moscow: GosNIIV-VNIIZhT Publ.; 1996. 317 p. (In Russ.).

10. Pevzner V. O., Romen Yu. S. Osnovy razrabotki normativov soderzhaniya puti i ustanovleniya skorostey dvizheniya [Fundamentals of the development of standards for the maintenance of the path and the establishment of speeds of movement]. Moscow: Intext Publ.; 2013. 224 p. (Proceedings of the Railway Research Institute) (In Russ.).

11. Zenzinov B. N. Analiz fakticheskikh velichin shiriny kolei i iznosa rel'sov [Analysis of the actual values of track width and wear of rails]. *Put' i putevoe khozyaystvo = Railway Track and Facilities*. 2008;(11):7–10. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Борис Николаевич ЗЕНЗИНОВ,

канд. техн. наук, руководитель группы «Диагностика путевой инфраструктуры», научный центр «Путевая инфраструктура и вопросы взаимодействия колесо — рельс», Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), Author ID: 775980, <https://orcid.org/0000-0003-1925-365X>

Юрий Семёнович РОМЕН,

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, научный центр «Путевая инфраструктура и вопросы взаимодействия колесо — рельс», Научно-исследовательский

институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10, uromen@mail.ru), Author ID: 764126, <https://orcid.org/0000-0002-0113-4305>

Максим Владимирович КРИВОЛАПОВ,

канд. техн. наук, технический эксперт, научный центр «Путевая инфраструктура и вопросы взаимодействия колесо — рельс», Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10, krivolapov.maksim@vniizht.ru), Author ID: 649771, <https://orcid.org/0000-0002-4845-789X>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Boris N. ZENZINOV,

Cand. of Sci. (Engineering), Head of the Track Infrastructure Diagnostics Group, Track Infrastructure and Issues of Rail – Wheel Interaction Research Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), Author ID: 775980, <https://orcid.org/0000-0003-1925-365X>

Yuriy S. ROMEN,

Dr. of Sci. (Engineering), Professor, Chief Researcher, Track Infrastructure and Issues of Rail – Wheel Interaction Research Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St., uromen@mail.ru), Author ID: 764126, <https://orcid.org/0000-0002-0113-4305>

Maksim V. KRIVOLAPOV,

Cand. of Sci. (Engineering), Technical Expert, Track Infrastructure and Issues of Rail – Wheel Interaction Research Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St., krivolapov.maksim@vniizht.ru), Author ID: 649771, <https://orcid.org/0000-0002-4845-789X>

ВКЛАД АВТОРОВ

Борис Николаевич ЗЕНЗИНОВ. Анализ и разработка методов и нормативов оценки состояния железнодорожного пути мобильными средствами диагностики, мониторинг характеристик состояния пути и их прогнозирование. Оптимизация нормативов оценки фактического состояния пути в зависимости от скоростей движения поездов и условий эксплуатации (50%).

Юрий Семёнович РОМЕН. Теоретические вопросы взаимодействия пути и экипажа в рельсовой колее, разработка математической модели такого взаимодействия, разработка нормативов содержания пути и установления допустимых скоростей движения (30%).

Максим Владимирович КРИВОЛАПОВ. Анализ основных отечественных и зарубежных работ, относящихся к тематике настоящего исследования, проведение моделирующих расчетов взаимодействия пути и экипажа в рельсовой колее (20%).

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Boris N. ZENZINOV. Analysis and development of methods and standards for assessing the state of the railway track by mobile diagnostic tools, monitoring the characteristics of the state of the track and their prediction. Optimisation of standards for assessing the actual state of the track, depending on the speed of trains and operating conditions (50%).

Yuriy S. ROMEN. Solving theoretical issues of the interaction of the track and the crew in the rail track, the development of a mathematical model of such interaction, the development of standards for the maintenance of the track and the establishment of permissible speeds (30%).

Maksim V. KRIVOLAPOV. Analysis of the main Russian and foreign works related to the subject of this study, simulation calculations of the interaction between the track and the cab in the rail track (20%).

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The authors have read and approved the final manuscript.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials and methods. There is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 23.08.2022, рецензия от первого рецензента получена 26.09.2022, рецензия от второго рецензента получена 19.10.2022, принята к публикации 01.11.2022.

The article was submitted 23.08.2022, first review received 26.09.2022, second review received 19.10.2022, accepted for publication 01.11.2022.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В АО «ВНИИЖТ»

Центр дополнительного образования (ЦДО) (лиц. № 2329 от 11.08.2016 г.) проводит повышение квалификации и профессиональную переподготовку слушателей по следующим направлениям:

- Анализ, моделирование бизнес-архитектуры и бизнес-процессов, использование процессного подхода в управлении организацией (для руководителей и специалистов)
- Проектирование, изготовление и приемка сварных конструкций железнодорожного подвижного состава, управление качеством в сварке рельсов, проведение аудита сварочного производства
- Построение энергосберегающих графиков движения поездов с использованием автоматизированной системы АПК ЭЛЬБРУС
- Изучение технологии транспортных процессов
- Транспортная логистика
- Изучения принципов построения и функционирования автоматизированной системы контроля за работой специального подвижного состава
- Изучение устройств, диагностики и средств контроля состояния железнодорожного пути
- Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт подвижного состава и устройств электроснабжения

Программы обучения могут быть разработаны по инициативе заказчика с учетом профессиональной деятельности АО «ВНИИЖТ».

Обучение проводится как в очной форме, так и с применением дистанционных образовательных технологий.

По итогам освоения образовательных программ слушателям выдается документ о квалификации государственного образца.

Куратор ЦДО — Пархаев Алексей Александрович, кандидат социологических наук, заместитель Генерального директора по управлению персоналом и социальным вопросам.

По вопросам обучения обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская улица, д.10
Центр дополнительного образования. Тел.: +7 (499) 260-41-08

