



ISSN 0131-5765

- НОВЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ
- ВЫХОД РЕЛЬСОВ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ
- РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
- ТИП СКРЕПЛЕНИЙ И ИЗНОС РЕЛЬСОВ
- В УСЛОВИЯХ МОДЕРНИЗАЦИИ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА
- УСТРОЙСТВО ДОЗИРОВАННОЙ ВЫГРУЗКИ БАЛЛАСТА

путь

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

3 · 2022



ГЛАВНАЯ ПЛОЩАДЬ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИИ

Главной площадью железных дорог России, по праву, можно назвать Комсомольскую площадь в Москве, которая до 1933 г. носила название Каланчевская, поскольку возникла на месте Каланчевского поля, существовавшего в XVII—XVIII вв. Именно здесь в 1851 г. появился первый в Москве железнодорожный вокзал — Николаевский (сейчас



Царский павильон (платформа Каланчевская)



Памятник «Создателям Российских железных дорог»



Памятник П.П. Мельникову



Памятник железнодорожникам — участникам Великой Отечественной войны 1941—1945 гг.

Ленинградский), построенный по проекту выдающегося архитектора К.А. Тона.

Затем были возведены Ярославский и Казанский вокзалы.

Первое здание Ярославского вокзала (в 1862—1870 гг. назывался Троицким, в 1922—1955 гг. — Северным) построено по проекту архитектора Р.И. Кузьмина в 1862 г. для обслуживания железной дороги Москва—Сергиев Посад. Позже, в 1870 г., линию продлили до Ярославля и решили увеличить здание вокзала, пригласив известного архитектора Ф.О. Шехтеля. В последующих реконструкциях приняли участие архитектор А.Н. Душкин и скульптор И.С. Ефимов.

Казанский вокзал (до 1894 г. — Рязанский) был открыт в 1862 г. и первоначально размещался в деревянном здании. В последующие годы оно неоднократно перестраивалось (в связи с открытием Московско-Казанской железной дороги сильно увеличился пассажиропоток). Современный облик вокзал приобрел благодаря проекту архитектора А.В. Шусева. Новое здание строилось в 1913—1940 гг., исходя из предназначения вокзала как «главных ворот на Восток» и символизируя связь Европы и Азии. В создании внутренних интерьеров принимали участие выдающиеся русские художники Н.К. Рерих, А.Н. Бенуа, Б.М. Кустодиев, Е.Е. Лансере.

Сегодня в районе Комсомольской площади, помимо трех упомянутых «главных» вокзалов, в том или ином качестве функционируют еще два объекта для обслуживания пассажиров — платформа Каланчевская, бывший Царский (Императорский) железнодорожный павильон и правительственный («Брежневский») вокзал для обслуживания первых лиц государства. Платформа Каланчевская и прилегающие транспортные объекты в связи с созданием центральных железнодорожных диаметров (МЦД-2 и МЦД-4) в настоящее время радикально преобразуются — практически создается новый транспортный хаб, один из крупнейших в Москве: четыре платформы, подземный пассажирский терминал, возведут три железнодорожных путепровода и др.

На Комсомольской площади есть немало интересных скульптурных композиций, в том числе связанных с железнодорожным транспортом.

В комплексе сооружений Казанского вокзала, напротив его Царской башни, расположился памятник «Создателям Российских железных дорог» (2013 г.), представляющий собой бронзовую групповую скульптурную композицию на гранитном пьедестале. В центре — бюст императора Николая I. Его окружают фигуры выдающихся деятелей, внесших решающий вклад в первоначальное создание и развитие отечественной железнодорожной отрасли. Среди них П.П. Мельников, М.И. Хилков, С.Ю. Витте, Ф.А. Герстнер, Е.А. и М.Е. Черепановы. Его автор — народный художник России С.А. Щербаков.

На территории сквера, возникшего после прокладки подземного пешеходного перехода и расположенного в центральной части площади, 1 августа 2003 г., в преддверии Дня железнодорожника, установили памятник П.П. Мельникову. Авторы проекта — скульпторы С.А. и С.С. Щербаковы.

Памятник подвигу железнодорожников в годы Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. открыт к 75-летию Победы 31 июля 2020 г. и символизирует единение фронта и тыла. Он представляет собой многофигурную композицию, характерную для памятников людям труда советского периода. Автор памятника — С.А. Щербаков. Большую роль в создании памятника сыграл Совет ветеранов железнодорожного транспорта.

В некотором отдалении от центрального ядра Комсомольской площади есть еще немало железнодорожных сооружений и объектов.

Все это дает основание по праву считать Комсомольскую площадь в Москве главной железнодорожной площадью страны.



Учредитель — ОАО «Российские железные дороги»

Научно-популярный
производственно-технический
журнал

Издается с января 1957 г.
(с 1936 г. по 1940 г. выходил
под названием «Путеец»)

Главный редактор С.В. ЛЮБИМОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А.Г. АКОПЯН, Е.С. АШПИЗ, д.т.н.,
В.П. БЕЛТЮКОВ, д.т.н.,
Л.С. БЛАЖКО, д.т.н.,
В.М. БОГДАНОВ, к.т.н.,
Ю.А. БЫКОВ, д.т.н.,
В.Б. ВОРОБЬЁВ, к.т.н.,
Т.Н. ГОРЬКАНОВА, С.А. КОБЗЕВ,
И.Ю. КОВАЛЁВ — зам. главного
редактора, А.И. ЛИСИЦЫН,
А.А. ЛОКТЕВ, д.ф.-м.н.,
А.А. МАРКОВ, д.т.н.,
В.И. НОВАКОВИЧ, д.т.н.,
О.А. ПАШЕНЦЕВА — ответственный
секретарь,
А.И. РАТНИКОВ, А.В. САВИН, д.т.н.,
О.Б. СИМАКОВ, к.т.н.,
В.Ф. ТАРАБРИН, к.т.н.,
Т.В. ШЕПИТЬКО, д.т.н.,
А.С. ЯНОВСКИЙ

РЕДАКЦИЯ

А.Г. КЕТКИНА, И.В. МОЧАЛОВА,
Е.Ю. СТЕПАНОВА

Телефоны:

(499)262-00-56; (499)262-67-33

Адрес редакции

107996, Москва, Рижская площадь, д. 3
Телеграфный адрес: Москва, РЖ Путь
e-mail: pph@inbox.ru
Сайт: <http://pph-magazine.ru>
Электронная версия журнала: <http://elibrary.ru>;
<https://public.ru/>
Аннотации статей: www.rzd-expo.ru

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-21830 от 07.09.2005

Журнал включен в базу данных Российского
индекса научного цитирования и Перечень ВАК

Рукописи не возвращаются.
Использование материалов возможно только с
письменного согласия редакции.
Мнение редакции не всегда совпадает
с точкой зрения авторов.

Подписано в печать 28.02.2022
Формат 60x84 1/8. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 4,9. Уч.-изд. л. 8,43.
Заказ № 22017 от 24.02.2022
Отпечатано в типографии ЗАО «Алгоритм +»,
420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36

В НОМЕРЕ

Содержание, ремонт и реконструкция

- Певзнер В.О., Ваганова О.Н., Сидорова Е.А.** —
Новые документы по устройству и содержанию кривых
участков пути. Памяти В.Б. Каменского 2
Федченко Ю.И. — Ресурсосберегающие технологии
повышают эксплуатационные показатели рельсов 5
Карпов И.Г., Лагерев С.Ю. — Содержание рельсовой
колеи по координатам 7
Семёнов Е.В. — Выход рельсов в Московском
метрополитене 10

Цифровые технологии

- Тарабрин В.Ф., Бугаенко В.М.** — Перспективы
развития комплексной цифровой технологии
диагностики и содержания инфраструктуры 13
Неумоин В.А. — Цифровой переезд 17

Конструкции и сооружения

- Краснов О.Г., Акашев М.Г., Никонова Н.М.** —
Влияние типа промежуточных рельсовых скреплений
на интенсивность износа рельсов 19
Палкин С.В. — Еще раз о сроке службы (ресурсе)
рельсов 22
Семёнов В.Т., Мелихов С.Н., Ушаков А.Е. и др. —
Результаты эксплуатации высокопрочных изолирующих
стыков «АпАТэк Р65 МК» за период 1997—2021 гг. 25
Салмин А.О. — Применение водоотводов из
композитных лотков 29

Безопасность труда и движения

- Гришан А.А., Левинзон М.А., Харитонов Б.В.
и др.** — Причины срабатывания системы контроля
устойчивости хода вагонов поезда «Сапсан» 31

Проблемы и решения

- Переселенков Г.С.** — Развитие транспортной сети
на севере Дальнего Востока 33
Щепотин Г.К. — Управление техническим состоянием
пути в условиях модернизации Восточного полигона... 35

Путевая техника

- Сычёв В.П., Кулешов П.Н., Сычёв П.В.** —
Измерительно-управляющее устройство дозированной
выгрузки балласта 38

На обложке

Первая страница — На магистралях России

Фото Любимова С.В.

НОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО УСТРОЙСТВУ И СОДЕРЖАНИЮ КРИВЫХ УЧАСТКОВ ПУТИ

УДК 625.115

Памяти В.Б. Каменского

ПЕВЗНЕР В.О., АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), профессор, докт. техн. наук,

ВАГАНОВА О.Н., ОАО «Российские железные дороги», Центральная дирекция инфраструктуры, Управление пути и сооружений, начальник Нормативно-методологического отдела,

СИДОРОВА Е.А., АО «ВНИИЖТ», ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук



Аннотация. Рассмотрены особенности новых нормативных документов - Руководства по определению возвышения наружного рельса в кривых и Инструкции, определяющей единый порядок устройства и содержания кривых участков пути на стадиях проектирования и эксплуатации с целью минимизации расстройств и износов элементов верхнего строения пути. Документы подводят итог большой работы специалистов путевого комплекса по оптимизации содержания кривых.

Ключевые слова: возвышение наружного рельса, кривые участки пути, допускаемые скорости движения, допустимые скорости движения, многорадиусные кривые.

Недавно утверждены важные для путевого комплекса нормативные документы - новое Руководство по определению возвышения наружного рельса в кривых и Инструкция, устанавливающая единый порядок устройства и содержания кривых участков пути на стадиях проектирования и эксплуатации с целью минимизации расстройств и износов элементов верхнего строения пути. Эти документы - итог большой и продолжительной

(более 25 лет) работы специалистов АО «ВНИИЖТ» и ОАО «РЖД», направленной на решение задачи оптимального содержания кривых.

В 1997 г. вышло Указание С-333У, предусматривавшее увязку величины возвышения наружного рельса в кривых при грузовом и пассажирском движении. Там же введено положение, что расчетная скорость для определения возвышения не должна превышать скорости, установленной тяговыми расчетами. Впоследствии неоднократно появлялись предложения устанавливать возвышение по фактическим скоростям движения поездов, не обращая внимания на «допускаемые» скорости, установленные в Приказе МПС 41/ц по дорогам [1]. Делать этого категорически нельзя, поскольку машинист, получив от диспетчера указание «на нагон», поведет поезд с разрешенной по Приказу [1] скоростью, что вызовет превышение непогашенным ускорением (анп) значения $0,7 \text{ м/с}^2$ со всеми вытекающими последствиями.

В 2009 г. вышло Временное руководство по определению возвышения наружного рельса и допускаемых скоростей в кривых, утвержденное ОАО «РЖД» 22 августа 2006 г. № ЦПТ-44/17.

В разработке документов 1997 и 2009 гг. непосредственное участие принимал главный инженер ЦП, доктор технических наук В.Б. Каменский. Именно эти материалы заложили основу современных нормативов содержания кривых.

Новое Руководство по определению возвышения наружного рельса в кривых и Инструкция, устанавливающая единый порядок устройства и содержания кривых участков пути на стадиях проектирования и эксплуатации, содержат ряд принципиальных отличий от ранее действовавших нормативных документов и, прежде всего, конкретизированную терминологию.

Ранее во всех расчетах возвышения наружного рельса в кривых использовалась допускаемая скорость движения, т. е. скорость, определяемая в соответствии с Распоряжением ОАО «РЖД» от 8 ноября 2016 г. № 2240р «О нормах допускаемых скоростей движения подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм» как конструкционная скорость подвижного состава по условиям прохождения кривых участков с максимально допустимым непогашенным ускорением ($0,7 \text{ м/с}^2$) и соответствующими показателями взаимодействия пути и подвижного состава [2].

В новых документах в соответствии с ГОСТ 34530-2019 для расчетов используется допустимая скорость, представляющая собой скорость, устанавливаемую на основании тяговых расчетов с учетом технического состояния путевой инфраструктуры и подвижного состава, не превышающую его конструкционную скорость.

Таким образом, формируется двухуровневая система скоростей - порядок, при котором устанавливаются допустимые и допускаемые скорости

движения. При этом возвышение наружного рельса в кривых устанавливается по допустимым скоростям движения, а допускаемые скорости рассматриваются как вариант допустимых при отсутствии ограничений по тяге и состоянию пути.

В новом **Руководстве по определению возвышения наружного рельса в кривых**, утвержденном Распоряжением ОАО «РЖД» от 20.12.2021 № 2897/р, (далее - Руководство) узаконен отдельный порядок установления возвышения на линиях преимущественно грузового и пассажирского движения. Рассмотрим его более подробно.

На линиях грузового движения категорий О и Г величина возвышения определяется по предложению доктора технических наук В.М. Ермакова из условия движения поездов с допустимой скоростью при непогашенном ускорении 0 м/с^2 по формуле

$$h = 12,5 \frac{V_{\text{допустим.}}^2}{R}, \quad (1)$$

где $V_{\text{допустим.}}$ — допустимая скорость движения грузового

подвижного состава, км/ч; R — радиус кривой, м.

Скорость пассажирских поездов на таких участках определяется по формуле

$$V_{\text{пасс.}} = 3,6 \sqrt{R(a_{\text{нп}} + 0,00613h)}. \quad (2)$$

Результаты расчетов по этим формулам, в том числе для непогашенного ускорения пассажирских поездов $0,6$ и $0,7 \text{ м/с}^2$, табулированы и представлены в Руководстве (табл. 1).

На линиях преимущественно пассажирского движения категорий С и П возвышение

$$h = 12,5 \frac{V_{\text{п допустим.}}^2}{R} - 100, \quad (3)$$

где $V_{\text{п допустим.}}$ — допустимая скорость движения пассажирского подвижного состава, км/ч; 100 — результат вычисления выражения $(S/g)a_{\text{нп}}$ для непога-

шенного ускорения $a_{\text{нп}} = 0,6 \text{ м/с}^2$. При этом S — ширина колеи по среднему кругу катания, мм (в расчетах принимается равной 1600 мм); g — ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м/с}^2$.

На таких участках скорость грузовых поездов определяется по следующей формуле:

$$V_{\text{гр}} = 0,28\sqrt{R(h + 20)}. \quad (4)$$

Таблица 1

Пример табулирования величины возвышения в Руководстве для участков преимущественно грузового движения

Допустимая скорость грузового подвижного состава, км/ч	Возвышение наружного рельса в кривых при непогашенном ускорении $a_{\text{нп}} = 0 \text{ м/с}^2$, мм, в кривых радиусом, м																
	150	250	350	450	550	650	750	800	1000	1200	1400	2000	2600	3200	3600	4000	4400
25	55	35	25	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
30	75	45	35	25	20	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
35	105	65	45	35	30	25	20	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15
40	135	80	60	45	40	35	30	25	20	20	15	15	15	15	15	15	15
45	150	105	75	60	50	40	35	35	25	25	20	15	15	15	15	15	15
50	—	125	90	70	60	50	45	40	35	30	25	20	15	15	15	15	15
55	—	150	110	85	70	60	50	50	40	35	30	20	15	15	15	15	15
60	—	150	130	100	85	70	60	60	45	40	35	25	20	15	15	15	15
65	—	—	150	120	100	85	70	70	55	45	40	30	20	20	15	15	15
70	—	—	150	140	115	95	85	80	65	55	45	35	25	20	20	15	15
75	—	—	—	150	130	110	95	90	70	60	50	35	25	25	20	20	15
80	—	—	—	150	145	125	110	100	80	70	60	40	30	25	25	20	20
85	—	—	—	—	150	140	120	115	90	75	65	45	35	30	25	25	25
90	—	—	—	—	150	150	135	130	105	85	75	55	40	35	30	25	25

Все расчетные величины табулированы и приведены в приложении к Руководству.

Расчетную величину возвышения рекомендуется округлять до значений, кратных 5 мм: на спусках - в большую сторону, на подъемах - в меньшую, а на площадках - по правилам статистики.

При повышенной интенсивности бокового износа рельсов полученные расчетом величины возвышения могут корректироваться по местным условиям в пределах 15 % распоряжением начальника службы пути.

В качестве тестовой задачи были сопоставлены результаты расчетов по Руководству с фактическими значениями возвышений на одном из участков сети, где они были установлены по скоростям, называемым на дороге «допустимыми» (табл. 2).

Сопоставление результатов расчета

№ кривой	Радиус, м	Скорость по приказу дороги, км/ч, пасс/груз	Установленная скорость, км/ч, пасс/груз	Допустимая скорость, км/ч, груз	$h_{\text{сум}}$, мм	h, мм, по Руководству	Разница h, Δ
1	530	80/70	80/70	65	115	105	-10
2	420	80/70	80/70	65	120	125	5
3	1990	80/70	80/70	65	20	30	10
4	800	80/70	80/70	65	55	70	15
5	430	80/70	80/70	65	115	125	10
6	630	80/70	80/70	65	55	85	30
7	620	90/70	80/70	65	75	85	10
8	1255	90/80	100/80	65	35	40	5
9	880	90/80	100/80	65	75	60	-15
10	1894	90/80	100/80	70	20	30	10
11	712	90/80	100/80	70	65	75	10
12	1220	90/80	100/80	70	30	45	15
13	760	90/80	100/80	70	75	70	-5
14	1390	100/80	100/80	70	40	40	0
15	1050	100/80	100/80	70	40	50	10

Как видно из представленных данных, различия лежат в пределах 15-процентного допуска за исключением участка № 6, где разница составляет 30 мм. При детальном анализе было отмечено, что эта кривая лежит на подъеме с уклоном 10-7 ‰, где приведенная «допустимая» скорость явно завышена. Если подставить в расчет скорость электровоза при длительном режиме движения на подъем, расчетная величина возвышения оказывается близкой к фактической.

Поскольку допустимые скорости, полученные по результатам тяговых расчетов, близки к реальным, Руководство становится эффективным рабочим инструментом по оптимизации величин возвышения в кривых, позволяющим в значительной мере снять противоречия между установленными по приказу дороги и фактически реализуемыми скоростями движения.

Не решенным остается вопрос, как формализовать определение возвышения на участках, где вследствие высокой плотности поездопотока составы постоянно следуют с замедлением на желтый сигнал светофора (например, перед крупными станциями), хотя по тяговым расчетам скорость в данном месте может быть выше.

Основная задача Инструкции, определяющей единый порядок устройства и содержания кривых участков пути на стадиях проектирования и эксплуатации с целью минимизации расстройств и износов верхнего строения пути, которая утверждена Распоряжением ОАО «РЖД» от 24.01.2022 № 131/р, (далее - Инструкция) - остановить процесс превращения однорядусных кривых в многорядусные, как на стадиях проектирования, так и при эксплуатации.

В действующей нормативной документации (Распоряжение ОАО «РЖД» от 1 апреля 2021 г. № 674/р «О внесении изменений в некоторые документы ОАО «РЖД» по вопросу оценки состояния рельсовой колеи» [4]) предусмотрен порядок выявления кривых, не соответствующих установленным скоростям

движения поездов и характеристикам в базе паспортных данных. Однако в Распоряжении [4] отсутствует методика содержания пути при отклонениях от проектного положения точек кривой и только указано, что «модель кривой - это идеальная правильная кривая (описываемая кубическими параболами и круговыми кривыми), максимально приближенная к фактическим очертаниям кривой». Такой подход, направленный на приближение к фактическим очертаниям кривой, а не к ее проектным характеристикам и ведет к образованию большого количества много радиусных кривых на сети ОАО «РЖД». В этом, кстати, заключается принципиальное отличие отечественного подхода к содержанию кривых участков пути от зарубежного, где в основу положена минимизация отклонений от проектного положения.

Целью Инструкции является установление единого порядка устройства кривых участков пути с учетом требований Руководства по определению возвышения наружного рельса в кривых для минимизации расстройств и износов верхнего строения пути (бокового и вертикального износа рельсов и накопления деформаций по положению пути в плане) и обеспечения плавности хода поездов.

Инструкция регламентирует следующие действия:

установление двухуровневой системы определения и использования разрешенных скоростей движения и определения возвышения наружного рельса в кривых;

дополнительную оценку параметров устройства и содержания пути по отклонениям от проектного положения точек кривой и организацию текущего содержания кривых в части соблюдения проектных параметров;

нормирование параметров устройства кривых при разработке проектов реконструкции линий и всех видов ремонтов.

Инструкция предназначена для путей, по которым осуществляется движение поездов со следующими скоростями: грузовых - до 90 км/ч; контейнерных и пассажирских - до 160 км/ч; скоростных - до 200 км/ч.

Инструкция разделяет понятия проектное положение пути в плане при проведении ремонтных работ и проектное положение пути в плане при реконструкции и предусматривает приведение натурального положения кривой в плане (при наличии отклонений геометрических параметров от номинальных значений) к проектному в следующих случаях:

при производстве ремонтов и планово-предупредительной выправки, допускающих согласно таблиц 4.1 и 4.2 Правил назначения ремонтов железнодорожного пути, утвержденных Распоряжением ОАО «РЖД» от 17 декабря 2021 г. № 2888/р, перестановку не более 5 % опор контактной сети без реконструкции земляного полотна [5];

при реконструкции пути (например, для организации скоростного движения), допускающей согласно СТУ сдвигу земляного полотна или переход на новую трассу.

В Инструкции следующим образом тракуются области применения параметров устройства и содержания кривых:

параметры устройства кривых, установленные с целью минимизации расстройств и износа верхнего строения пути (бокового и вертикального износа рельсов и накопления деформаций по положению пути в плане), используются для оценки их соответствия установленным скоростям движения;

параметры содержания кривых применяются для организации технического обслуживания и текущего содержания пути.

При этом согласно Руководству допустимые скорости движения разрабатываются дирекциями инфраструктуры и утверждаются первым заместителем генерального директора ОАО «РЖД». Допустимую скорость рекомендуется назначать с учетом возможности ее реализации поездами на участке достаточной протяженности [6].

Проверка возможности реализации установленной скорости осуществляется тяговыми расчетами, выполненными организациями, обладающими членством в СРО (саморегулируемой организации), при наличии специалистов, включенных в Национальный реестр специалистов по изысканиям и проектированию (а для строителей - по строительству).

Новая Инструкция предусматривает нормативы и порядок дополнительной оценки параметров устройства и содержания пути по отклонениям от проектного положения точек кривой. При этом оценку деформативных характеристик пути, относящихся в соответствии с [6] к дополнительным контролируемым параметрам содержания кривых, предложено проводить согласно п. 3.1 части III Методики оценки воздействия подвижного состава на путь по условиям обеспечения надежности, утвержденной Распоряжением ОАО «РЖД» от 22 декабря 2017 г. № 2706/р.

В Инструкции отмечено, что отклонение фактического радиуса кривой от проектного в каждой ее точке не должно превышать величину, соответствующую нормативам [6] по отклонениям в плане II степени.

Согласно Инструкции одним из главных параметров, демонстрирующих качество содержания кривой, является степень стабильности ее характеристик. Степень стабильности кривой по ее длине может быть оценена статистическими характеристиками стрел изгиба, в частности, коэффициентом вариации величин стрел, определяемым по формуле

$$C_v = \frac{\sigma_f}{\bar{f}}, \quad (5)$$

где C_v — коэффициент вариации; σ_f — среднеквадратическое отклонение величин стрел изгиба в круговой кривой, мм; \bar{f} — средняя стрела изгиба, мм.

При $C_v \leq 0,3$ стабильность характеристик кривой по длине является отличной; при $0,31 \leq C_v \leq 0,4$ — хорошей; при $0,41 \leq C_v \leq 0,5$ — удовлетворительной. При $C_v > 0,5$ кривую следует считать расстроенной и подлежащей выправке.

Порядок организации работ по содержанию кривых в части соблюдения проектных параметров предусматривает их выполнение в два этапа. К первому относится выправка кривых в плане методом сглаживания без расчета сдвижек, что обычно выполняется при текущем содержании для устранения отдельных горизонтальных неровностей. Второй этап предусматривает устранение отступлений кривой от базового положения по проектам выправки, включая расчеты сдвижек, и производится при плановых ремонтах пути или специальных рихтовочных работах.

При наличии технико-экономического обоснования возможно увеличение количества радиусов кривой.

Для исключения многократных расчетов по определению положения кривой и для обеспечения ее постоянства относительно заданного или известного проектного положения может быть применен метод, основанный на решении системы линейных уравнений следующего вида:

$$-\frac{1}{2}\Delta_{n-1} + \Delta_n - \frac{1}{2}\Delta_{n+1} = f_{\text{натурн.}} - f_{\text{проектн.}} = \xi_n, \quad (6)$$

где Δ_{n-1} — сдвижка натурной кривой для приведения в проектное положение в точке $n-1$ круговой кривой, мм;

Δ_n — сдвижка натурной кривой для приведения в проектное положение в точке n круговой кривой, мм;

Δ_{n+1} — сдвижка натурной кривой для приведения в проектное положение в точке $n+1$ круговой кривой, мм;

$f_{\text{проектн.}}$ — стрела, мм, проектного радиуса от хорды, равной 20 м;

$f_{\text{натурн.}}$ — стрела, мм, натурального радиуса от хорды, равной 20 м;

ξ_n — разность между натурной и проектной стрелами, мм, в точке n .

Пример расчета сдвижек точек кривой для постановки ее в проектное положение представлен в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Расчет сдвижек, мм, для приведения кривой в проектное положение

№ точки, n	$f_{\text{натурн.}}$	$f_{\text{проектн.}}$	ξ_n	Δ_n	Δ_n (округленное значение)
0	0	0	0	-2,533	-3
1	16	8	-8	-5,066	-5
2	14	26	12	8,4	8
3	52	44	-8	-2,133	-2
4	32	53	21	3,333	3
5	85	53	-32	-33,2	-33
6	36	53	17	-5,733	-6
7	61	53	-8	-12,27	-12
8	34	53	19	-2,8	-3
9	82	53	-29	-31,33	-31
10	38	46	8	-1,866	-2
11	26	28	2	11,6	12
12	0	10	10	21,066	21
13	0	0	0	10,533	11

Таким образом, новые подходы к определению параметров устройства и содержания кривых участков пути являются важным шагом в направлении улучшения состояния железнодорожной инфраструктуры.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШАЮТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕЛЬСОВ

ФЕДЧЕНКО Ю.И., ОАО «Российские железные дороги», первый заместитель начальника Куйбышевской дирекции инфраструктуры



Начиная с 2016 г. количество дефектных рельсов на полигоне Куйбышевской дирекции инфраструктуры удалось снизить на 24 %, что на 31.12.2020 составило 1272 шт., или 31,8 км (рис. 1). Однако к 2020 г. количество дефектов 46 и 11 увеличилось на 739 шт.

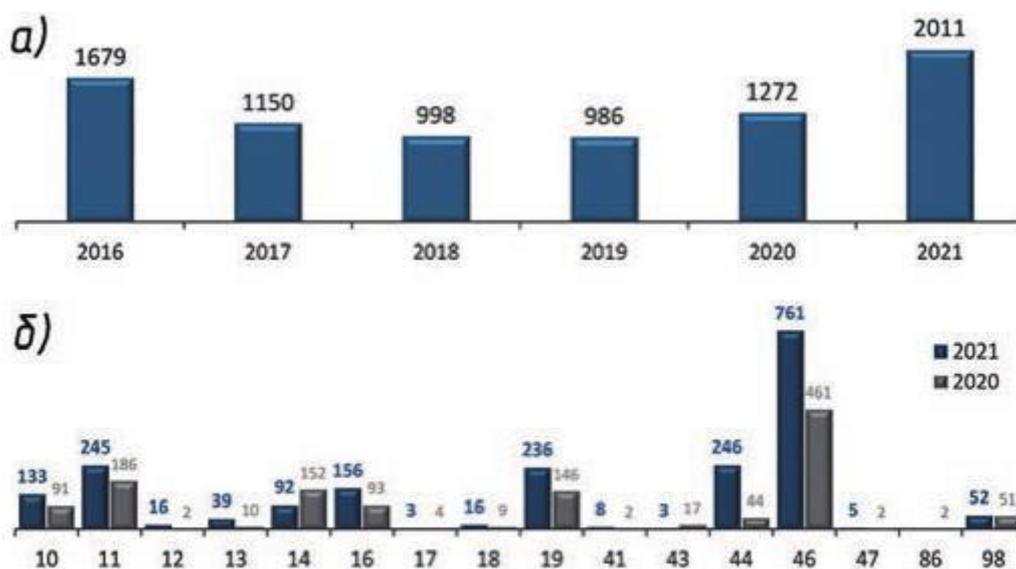


Рис. 1. Количество дефектных рельсов, лежащих в пути:
а — с 2016 по 2021 г.; б — на 31.12.2021 (по видам)

Из средств лубрикации, обеспечивающих сокращение эксплуатационных расходов и снижение потребления топливно-энергетических ресурсов, на Куйбышевской дороге используются шесть вагонов-рельсосмазывателей, пять локомотивов-рельсосмазывателей и автомотриса АДМ-1 АГРС.

Вагоны-рельсосмазыватели работают в составах пассажирских поездов на полигонах четырех железных дорог: Северо-Кавказской, Приволжской,

Московской, Куйбышевской. Они обслуживают участки: Самара-Кисловодск, Тольятти-Москва, Самара-Уфа, Рузаевка-Ульяновск-Уфа.

На участках Уфа-Кропачево и Уфа-Белорецк работают вагоны-рельсосмазыватели Челябинского РЦДМ, а на участках Ульяновск-Сызрань и Сызрань-Жигулевское море-Самара - вагоны-рельсосмазыватели Нижегородского РЦДМ.

Также на полигоне дороги работают передвижные рельсосмазыватели на базе локомотивов. С мая 2018 г. на Сызранском узле вместо локомотива-рельсосмазывателя внедрен рельсосмазыватель на базе специального самоходного подвижного состава АДМ-1 АГРС, находящийся на балансе Куйбышевской дирекции по эксплуатации путевых машин и обслуживающий следующие участки: Сызрань I-Новоспасское, Сызрань I-Возрождение, Сызрань I-Барыш.

Все перечисленные выше передвижные средства выполняют задание по периодической лубрикации рельсов на полигоне дороги, рассчитанной в соответствии с технологией ВНИИЖТа (Распоряжение ОАО «РЖД» от 10.03.2005 № ЦТ 16/1) и методикой планирования и нормирования смазочных материалов для лубрикации (Распоряжение ОАО «РЖД» от 20.01.2012 № 81р).

Показателем эффективности лубрикации является интенсивность износа головки рельсов (рис. 2). Так, за 12 мес 2021 г. она не превысила в контрольных кривых установленные Управлением пути и сооружений нормативы (показаны синим цветом), хотя и увеличилась по сравнению с уровнем 2020 г.

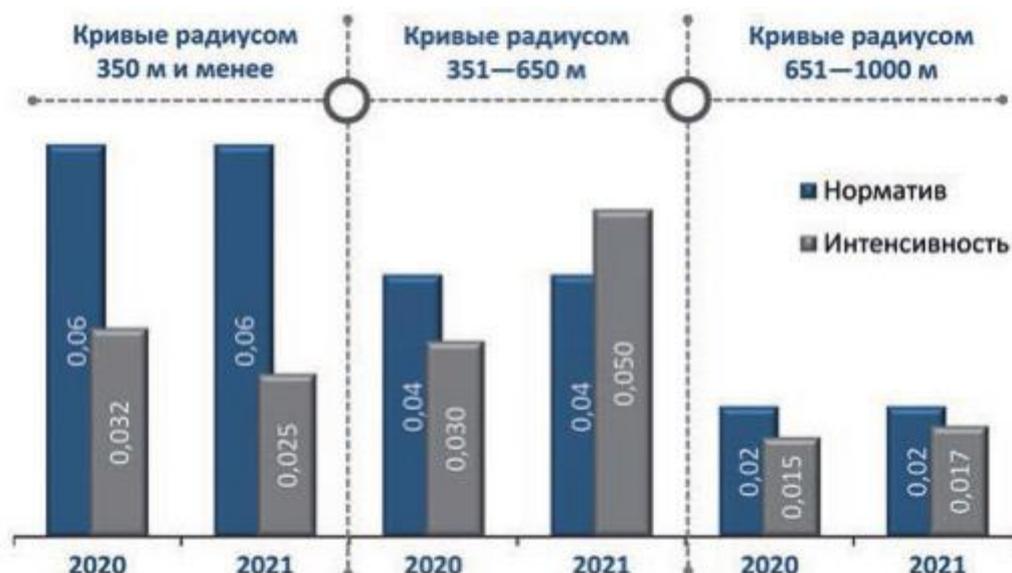


Рис. 2. Интенсивность бокового износа головки рельса, мм/млн т груза брутто, на участках работы вагонов-рельсосмазывателей на полигоне Куйбышевской дороги

Рост интенсивности износа головки рельсов обусловлен уменьшением количества фактических поездов локомотивов и вагонов-

рельсосмазывателей, число которых сократилось с 2021 г. на 17 поездов (в 2020 г. - 264, 2021 г. - 247).

В связи с тем что количество и периодичность курсирования пассажирских поездов оптимизируются, увеличивается число несогласованных прицепок вагонов-рельсосмазывателей в составы поездов, что, в свою очередь, влечет за собой невыполнение норматива по лубрикации рельсов (норматив периодичности работы передвижными рельсосмазывателями на главном ходу составляет один раз в сутки, а на более грузонапряженных участках, таких как Москва- Самара-Уфа-Кропачево, - два раза в сутки).

Это обусловлено следующими причинами:

малое количество составов для согласования в них работы вагонов-рельсосмазывателей;

одни и те же составы пассажирских поездов для согласования работы вагонов-рельсосмазывателей разных РЦДМ;

двойная маневровая работа на станциях прицепки-отцепки;

движение пассажирских поездов по полной схеме; отсутствие приоритета при организации работы вагонов-рельсосмазывателей в поездах формирования ОАО «ФПК».

Для повышения эксплуатационных показателей рельсов применяется также шлифовка. Работа рельсошлифовального поезда (РШП) на полигоне дирекции выполняется в соответствии с объемами, установленными дополнительными соглашениями к договору. Это позволяет ежегодно добиваться снижения количества дефектов 14.

Как видно из рис. 3, шлифовка рельсов РШП в 2016- 2017 гг. в объемах более 2000 км проходов позволила максимально снизить их дефектность.



Рис. 3. Выполнение работ по шлифовке рельсов РШП, км проходов, (а) и наличие дефектов 10, 11, 14, 19, 41, 46, шт. (б) в период с 2017 по 2022 г.

Следует также отметить, что в 2017-2021 гг. впервые было выделено отдельное финансирование шлифовки рельсов на участках ремонтов 1-3-го уровней в объеме 360 км проходов, что, безусловно, позволит увеличить срок эксплуатации рельсов, уложенных во время ремонтов.

В период с 2017 по 2021 г. на полигоне Куйбышевской дирекции выполнена наплавка дефектных и пред-дефектных рельсовых концов, а также крестовин и элементов стрелочных переводов (рис. 4). В результате удалось снизить количество дефектных рельсов и элементов стрелочных переводов и не допустить их дальнейшего роста.



Рис. 4. Кривые зависимости наличия дефектных рельсов от объема выполненных работ, шт., (а) и объемы работ по наплавке, шт., (б) с 2017 по 2022 г.

На 2022 г. запланированы следующие основные мероприятия по повышению эксплуатационных показателей рельсов: шлифовка рельсов РШП - 1678 км проходов;

наплавка крестовин и элементов стрелочных переводов - 450 крестовин;

алюминотермитная сварка - 2800 стыков;

пробег вагонов-рельсосмазывателей - 830913 км;

переукладка рельсов - 33,15 км нити;

одиночная смена рельсов - 4843 шт.;

оздоровление пути - 401,9 км (КРН* - 141,6 км; КРС** - 63,1 км; РС*** - 113 км).

КРН* - капитальный ремонт с применением новых материалов (ремонт 1-го уровня).

КРС** - капитальный ремонт с применением старогодных материалов (ремонт 2-го уровня).

РС*** - сплошная замена рельсов новыми, сопровождаемая работами в объемах среднего ремонта (ремонт 3-го уровня).

СОДЕРЖАНИЕ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ ПО КООРДИНАТАМ

УДК 625.172

**КАРПОВ И.Г., Иркутский государственный университет путей
сообщения (ИрГУПС), канд. техн. наук,
ЛАГЕРЕВ С.Ю., ИрГУПС, канд. техн. наук**

Аннотация. Изложены основные проблемы, возникающие при переходе к содержанию пути по координатам. Предложен алгоритм жизненного цикла содержания пути, при соблюдении которого он будет находиться в проектном положении на всех этапах своего существования. Предложено техническое решение в виде создания референчных станций, позволяющих содержать путь в координатах с требуемой точностью.

Ключевые слова: железнодорожный путь, рельсовая колея, текущее содержание, референчная станция.

Развитие современных технологий, в частности спутниковых, повлияло на многие технологические процессы на железнодорожном транспорте. В инфраструктурном комплексе спутниковые и координатные технологии GPS/ГЛОНАСС используют при съемке пути для последующего проектирования ремонтов, а также при выправке пути по координатам некоторыми путевыми машинами, например, Duomatic.

Все эти процессы обособленные, и возможности перейти к содержанию рельсовой колеи по координатам нет, так как не существует единой системы, которая позволила бы каждый раз обращаться к проекту и приводить рельсовую колею к предусмотренному им положению. Если связь между проектированием и изысканием достаточно тесная, то при ремонтах пути она прерывается из-за невозможности осуществлять работы в соответствии с проектом (рис. 1). Как правило, это связано с отсутствием путевых машин или технологий, которые могли бы обеспечить выполнение ремонта в единой координатной системе.



Рис. 1. Существующая схема ремонтов пути

При этом укладка и содержание пути по координатам позволили бы добиться следующего:

соответствия положения пути в плане и в профиле запроектированным параметрам на протяжении всего периода его эксплуатации, от капитально до капитального ремонта;

вынужденного, но необходимого совершенствования технологий текущего содержания;

уменьшения времени на текущее содержание;

сокращения времени работы путевых машин, и как следствие, сокращения продолжительности «окна».

Не менее важной проблемой является тот факт, что созданные в координатах проекты не используют при ремонтах пути. Проектные организации на основании геодезической съемки создают проекты производства работ с высокой точностью, которые в последствии передаются исполнителям. Но, по сути, эти данные в дальнейшем не используются. В свою очередь правильная выноска в натуру проектов по координатам позволила бы достичь

ряда несомненных преимуществ:

облегчение текущего содержания и приведения пути в проектное положение;
возможность использовать координатные технологии при всех промежуточных ремонтах;

экономия таких материалов как балласт при выправочном ремонте.

В связи с вышесказанным, можно сделать вывод о том, что переход к содержанию рельсовой колеи по координатам нужен и более того, с учетом развития геоинформационных технологий, возможен.

Для перехода к содержанию пути по координатам необходимо разработать алгоритм, при соблюдении которого путь будет находиться в проектное положение весь жизненный цикл (от геодезической съемки перед капитальным ремонтом до назначения следующего капитального ремонта пути). Основные элементы алгоритма жизненного цикла пути приведены на рис. 2.



Рис. 2. Основные элементы алгоритма жизненного цикла железнодорожного пути

При содержании пути в системе координат необходимо выполнять следующие условия:

применение единой системы координат на всех этапах жизненного цикла пути (геодезическая съемка, проектирование, ремонт, текущее содержание);

при путевых работах путь всегда следует приводить к проектному положению;

на всех этапах производства работ должна быть выдержана геодезическая точность измерения положения пути в пространстве.

Сложнейшим условием реализации содержания пути в системе координат является соблюдение геодезической точности. Выполнение данного требования возможно только при внедрении современных технологий при использовании GPS/ГЛОНАСС оборудования. Для проведения съемки в плане и профиле с точностью ± 10 мм на 1 км должно быть не менее пяти пунктов с известными координатами [7, 8]. Схему, реализуемую при геодезической съемке пути, необходимо использовать и при всех последующих этапах, т. е. согласовывать работу любого устройства, находящегося на пути, введением поправок с известных пунктов координат, которых должно быть не менее пяти. Техническим решением для быстрого координирования устройств, например, путевых машин при производстве работ, может стать создание сети постоянно действующих передающих координаты пунктов, так называемых референчных станций, принципиальная схема работы которых изображена на рис. 3.



Рис. 3. Схема координирования устройства с помощью референчной станции

Референчная станция - это электронное устройство, размещенное на точке земной поверхности с определенными координатами, выполняющее прием и обработку сигналов спутниковых навигационных систем и обеспечивающее

передачу информации, необходимой для повышения точности определения координат в результате выполнения работ с использованием спутниковых навигационных систем [8].

Применение референчных станций позволит проводить координирование любых устройств, находящихся на пути с требуемой геодезической точностью. При этом отпадает необходимость каждый раз перед началом работ привязывать станцию, как это делают при геодезической съемке сегодня, а значит, появляется возможность координировать устройства достаточно быстро, что при условиях плотного движения поездов, сокращения продолжительности «окон» и их количества является крайне актуальным.

Сеть из референчных станций - это аппаратно-программный комплекс, предназначенный для выполнения измерений и определения пространственного местоположения объектов за счет предоставления информации для коррекции данных, получаемых с помощью ГНСС-приемников. Комплекс включает спутниковое, коммуникационное, компьютерное и другое оборудование, специализированное программное обеспечение, используемые в районе выполнения работ, установленные на постоянной основе и функционирующие непрерывно [7, 8].

Пункты сети референчных станций, постоянно передающие координаты, - это защищенные устройства, находящиеся вне верхнего строения пути и земляного полотна. Наилучшим местом расположения таких пунктов является полоса отвода, имеющая возвышение над объектом. Особое внимание нужно уделить безопасности данных пунктов, они должны быть ограждены, находиться на достаточно большой высоте, вандалоустойчивы и обладать всепогодной работоспособностью (рис. 4).

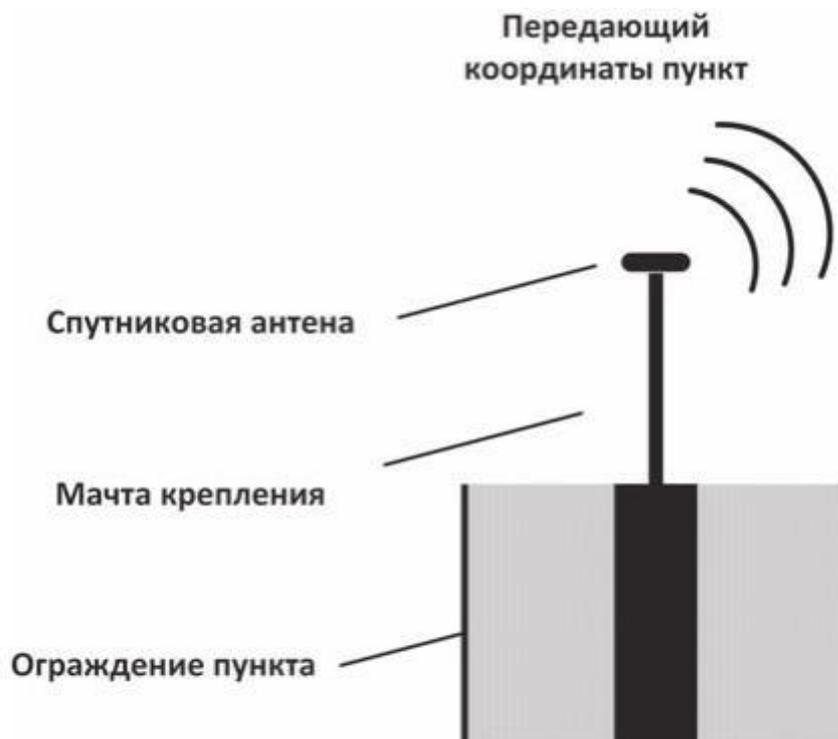


Рис. 4. Пункт постоянно действующей сети референчных станций

Постоянно действующие пункты, передающие координаты рабочей реперной сети, обладают рядом преимуществ [8]:

из-за непрерывного приема сигнала со спутников пункт набирает достаточное количество данных и является постоянно координированным и не нуждается в корректировке;

при начале любых работ прием данных с пунктов, позволяет быстро координировать устройства и начать работу;

непрерывная и постоянная работа 365/24/7; постоянные опорные координаты;

формирование спутниковых поправок RTK и DGPS с передачей их по каналам радио, GSM или Интернет;

автоматическое создание RINEX данных для постобработки.

Кроме привязки пунктов к глобальной системе координат и внесения поправок, позволяющих привязаться к местной системе, необходимо объединить все пункты между собой высокоскоростным кабелем [8]. Это даст возможность отслеживать состояние всех пунктов, расположенных на линии, и диагностировать их состояние.

На основании опыта работы референчных станций в других сферах количество постоянно действующих спутниковых приемников в сети может быть различным. Оно зависит от размеров области покрытия (района работ), наличия линий связи, рельефа местности и потребностей. Минимально

рекомендуемое количество станций, необходимое для бесперебойной работы сети с гарантированной выдачей сетевых RTK-поправок, - пять. Одна референсная станция обеспечивает определение пространственных координат в режиме реального времени с сантиметровой точностью в радиусе не более 25-30 км [8]. Но исходя из практического опыта работы с данными станциями на линейных объектах, можно сделать предварительный вывод о том, что применительно к железнодорожному пути расстояние между референсными станциями должно быть не более 10 км. Это позволит осуществлять привязку любых устройств RTK с точностью 2 см (данные предварительные и нуждаются в проверке на практике).

Таким образом, предложенный в статье алгоритм содержания пути на протяжении всего жизненного цикла в соответствии с проектом представляет собой комплексное решение, которое позволит перейти к содержанию рельсовой колеи по координатам.

Стоит также отметить, что рациональность создания референсных станций обусловлена выполнением алгоритма жизненного цикла пути от геодезической съемки до текущего содержания.

Выход рельсов в Московском метрополитене

625.421

СЕМЁНОВ Е.В., Российский университет транспорта (МИИТ), аспирант



Аннотация. В настоящее время Московский метрополитен бурно развивается. Однако некоторые нормы, к примеру, нормы по сплошной замене рельсов, обосновывались еще полвека назад. Замена рельсов требует больших затрат, при этом от их состояния зависит безопасность движения поездов. В данной статье проведен анализ рельсового хозяйства метрополитена.

Ключевые слова: метрополитен, рельсы, удельный выход, нормативная наработка.

Рельсы в метрополитене - самый дорогостоящий элемент верхнего строения пути, вследствие чего их замена требует существенных затрат. Однако действующие нормы по сплошной замене рельсов обосновывались еще полвека назад и к настоящему времени устарели. В предыдущих исследованиях по возможности увеличения срока службы рельсов [1] был выявлен большой запас по параметру «удельный выход рельсов» в прямых участках пути. Данная статья является продолжением указанной публикации [1].

Для всех линий Московского метрополитена (далее - метрополитена) был выполнен анализ рельсового хозяйства по данным об отказах рельсов и рельсовым картам за 2014-2019 гг. При этом выявлено, что рельсы типа Р50 остаются преобладающими в метрополитене. В свою очередь, виден рост протяженности участков с рельсами типа Р65, что связано с их укладкой на вновь строящихся линиях с 1999 г.

Основными поставщиками рельсов для метрополитена являются Челябинский металлургический комбинат (далее - ЧМК) и металлургическая и горнодобывающая компания «ЕВРАЗ», включающая в себя

Нижнетагильский металлургический комбинат (далее - НТМК) и Новокузнецкий металлургический комбинат (далее - ЗСМК). Во времена СССР рельсы также поставлялись с металлургического комбината «Азовсталь». При анализе распределения рельсов метрополитена по комбинатам- изготовителям выявлено, что наибольшая их доля приходится на ЗСМК. Стоит отметить, что рельсы производства ЧМК начали интенсивно укладываться в путь только с 2014 г., а рельсы комбината «Азовсталь» почти полностью изъяты из пути.

В Московском метрополитене укладывают рельсы трех категорий качества: НТ260 - нетермоупрочненные обычной прочности общего назначения, ОТ350 - объемно закаленные термоупрочненные общего назначения, ДТ350 - дифференцированно термоупрочненные с прокатного нагрева общего назначения [2]. Рельсы типа Р50 имеют только категорию качества НТ260. Рельсы типа Р65 представлены всеми тремя категориями, причем в последние годы активно укладываются как рельсы ОТ350, так и ДТ350, а рельсы НТ260 изымаются из пути.

Действующие нормы наработки тоннажа в соответствии с документом [3] приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Нормативная наработка тоннажа до сплошной замены рельсов

Нормативный тоннаж, млн т груза брутто	Тип рельса	План пути
150	Р50	$R \leq 300$
210	Р50	$300 < R < 600$
225	Р65	$R \leq 300$
315	Р65	$300 < R < 600$
345	Р50	$600 \leq R < 800$
400	Р50	$R \geq 800$
450	Р65	$R \geq 600$
470	Р50	Прямые
520	Р65	Прямые

Согласно этой градации была построена таблица распределения протяженности рельсов по типам (табл. 2) в зависимости от плана пути на начало 2020 г.

Из табл. 2 можно сделать вывод, что прямые участки пути составляют более 60 % от общего протяжения метрополитена. Прямые - наиболее выгодный с экономической и эксплуатационной точек зрения план трассы, так как характеризуется небольшим выходом рельсов.

Таблица 2

Распределение рельсов по типам в зависимости от плана пути

План пути	Протяженность пути, км, с рельсами типа	
	P50	P65
$R \leq 300$	14,0	7,5
$300 < R < 600$	71,1	42,9
$600 \leq R < 800$	26,2	—
$R \geq 600$	—	73,1
$R \geq 800$	45,3	—
Прямые	256,6	187,2
Всего	412,8	310,7

Кроме того, был проведен анализ выхода рельсов в зависимости от вида дефекта, послужившего причиной их изъятия. График распределения замененных рельсов по дефектам приведен на рис. 1.

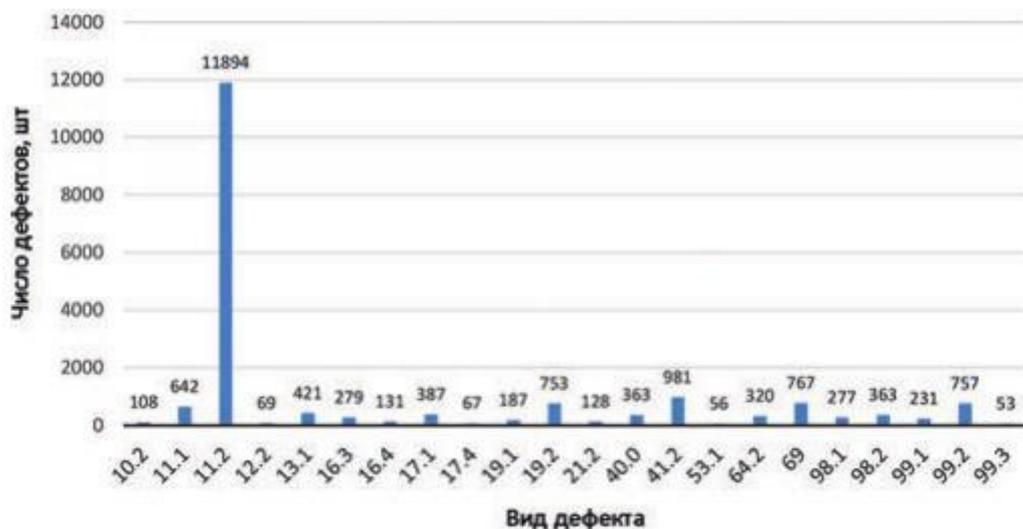


Рис. 1. Распределение рельсов по дефектам в 2003—2019 гг.

Из графика на рис. 1 можно сделать следующие выводы: подавляющее большинство отказов происходит по дефекту 11 (трещины и выкрашивания металла на поверхности головки контактно-усталостного характера);

некоторый заметный вклад в выход рельсов вносят также дефекты 19 (контроленепригодность из-за выкрашиваний и трещин на поверхности катания), 41.2 (смятие и вертикальный износ головки из-за недостаточной прочности металла), 69 (поперечные коррозионно-усталостные трещины в подошве), 99 (наличие лишних отверстий в шейке).

Для возможности корректного сравнения выхода рельсов на участках с подобными условиями эксплуатации перешли от абсолютных значений одиночного выхода рельсов к удельному. При этом полигон главных путей был разделен на однородные множества по следующим параметрам: тип рельса, комбинат-изготовитель, категория качества, план линии. Каждое такое множество, в свою очередь, разделено на подмножества по

пропущенному тоннажу от нуля до нормативного значения с шагом через одну пятую (20 %) и от нормативной наработки до сплошной смены рельсов. При более подробном, чем $1/5$, делении возникали пустые подмножества в массивах. Также принятое деление связано с тем, что в метрополитене установлены различные значения нормативного пропущенного тоннажа для разных типов плана линии, поэтому, например, делить множество на подмножества в 100 млн т пропущенного груза не очень корректно.

Анализ удельного выхода рельсов отдельно по каждому году не дает однозначного представления о его распределении, поэтому данные за ряд лет были объединены.

Из графиков удельного выхода рельсов типа Р50 категории НТ260 (рис. 2) напрашиваются следующие выводы:

удельный выход рельсов производства ЗСМК больше, чем НТМК по всем участкам плана, кроме прямых;

в прямых участках пути рельсы производства ЗСМК имеют незначительный выход, вследствие чего возможно повысить нормативную предельную наработку тоннажа.

Аналогичные расчеты сделаны для рельсов типа Р65. Ввиду малого количества уложенных рельсов типа Р65 категорий НТ260 и ДТ350 в метрополитене говорить об их выходе еще рано. Более полно можно судить о выходе рельсов категории ОТ350, поскольку их в сети метрополитена уложено достаточное количество. Аналогично рельсам типа Р50 было сделано объединение рельсов Р65 за весь рассматриваемый период (2014-2019 гг.) по однородным участкам.

Из графиков удельного выхода рельсов типа Р65 категории ОТ350 (рис. 3) можно сделать следующие выводы:

выход рельсов производства ЗСМК и НТМК примерно одинаков, кроме кривых $R \geq 600$, где рельсы НТМК проявляют большую стойкость;

рельсы производства ЧМК стали активно укладываться в путь совсем недавно, поэтому ввиду малой статистики судить о характере их выхода еще рано.

Из диаграмм на рис. 2 и 3 видно, что в прямых участках пути удельный выход рельсов составляет менее 3 шт/км. С тех пор как обосновывались нормы удельного выхода рельсов качество рельсовой стали существенно улучшилось, несколько раз изменялись государственные стандарты, поэтому современные требования к рельсам значительно ужесточены. Свидетельством этого факта являются нормы удельного выхода на магистральных железных дорогах, которые для линий 1 категории составляют 4 шт/км, а 2-3 категории - 6 шт/км [4]. Однако используя известные зависимости, например кривую усталости (кривую Велера) [5],

можно сделать вывод о возможности еще большего значения удельного выхода рельсов и увеличения наработки тоннажа.

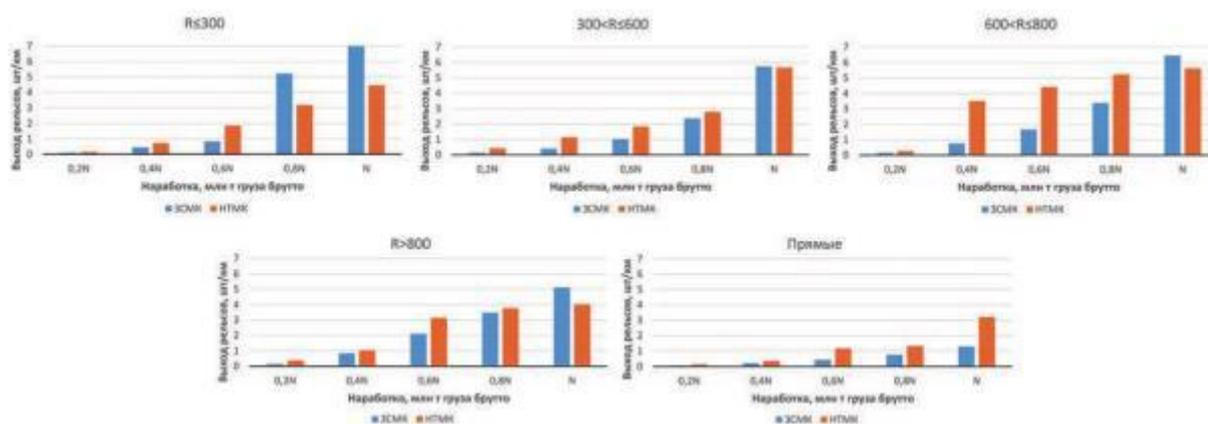


Рис. 2. Удельный выход рельсов типа P50 категории НТ260 (N — нормативный пропущенный тоннаж)

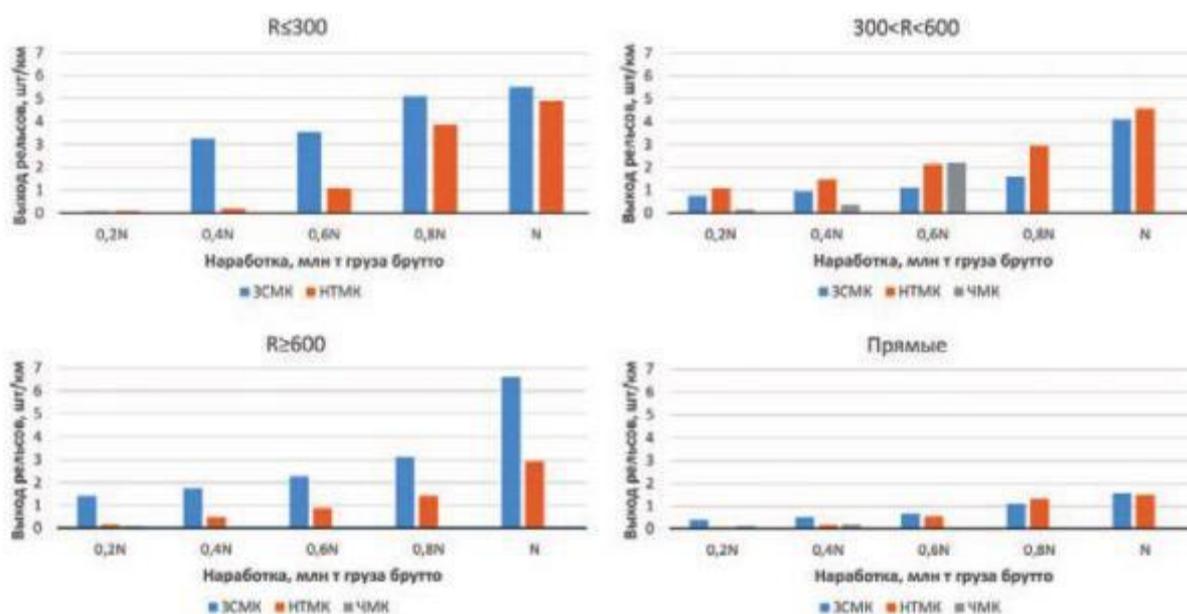


Рис. 3. Удельный выход рельсов типа P65 категории ОТ350 (N — нормативный пропущенный тоннаж)

Другим аргументом для увеличения предельного значения удельного выхода рельсов служит опыт метрополитена, который по своим эксплуатационным характеристикам близок ко 2 категории линий магистральных железных дорог (грузонапряженность - до 50 млн т-км груза брутто/км в год, скорости - 80-100 км/ч) с предельным значением удельного выхода рельсов 6 шт/км.

Также из диаграмм удельного выхода на рис. 2 и 3 видно, что критерий в 3 шт/км выполняется только в прямых участках пути, а в кривых выход намного больше при достижении нормативной наработки. При этом количество остродефектных рельсов стремится к нулю, а дефектных составляет около 1-2 % от общего числа рельсов, лежащих в пути. Остродефектный рельс в метро - большая редкость (в Московском метрополитене - один-два случая в год), что объясняется системой недопущения эксплуатации дефектных рельсов в пути и их изъятия сразу по обнаружении. В результате развития дефекта до острой фазы не происходит.

В основном все рельсы в метро заменяют по достижении ими нормативного пропущенного тоннажа, а не по дефектности, при этом зачастую заменяемые рельсы вполне еще могут служить (особенно в прямых), так как не достигают предельного износа. Исходя из вышесказанного предлагается увеличить значение нормативной наработки тоннажа до сплошной замены рельсов и величину предельного выхода рельсов до 6 шт/км. При этом безопасность движения поездов будет обеспечена.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ЦИФРОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ И СОДЕРЖАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ

ТАРАБРИН В.Ф., АО «Фирма ТВЕМА», канд. техн. наук, генеральный директор,
БУГАЕНКО В.М., АО «Фирма ТВЕМА», заместитель генерального директора



Аннотация. Концепции развития систем диагностики на период до 2025 г. предусматривает преимущественное применение мобильных средств диагностики. Освоено производство вагонных комплексов диагностики инфраструктуры серии «ИНТЕГРАЛ». Начата поставка самоходных диагностических комплексов серии «ПИОНЕР-ИНТЕГРАЛ». Созданы условия для внедрения Комплексной цифровой полигонной технологии диагностики инфраструктуры. Со всех технических средств, работающих на сети дорог, обеспечивается интеграция данных в ЕК АСУИ СДМИ. Система АКСИОМА для оценки плавности хода подвижного состава применяется на участках скоростного движения. Для повышения возможностей цифровой технологии содержания и ремонта инфраструктуры на Северо-Кавказской дороге проходят испытания композитных пикетных электронных шпал. Реализация технологии позволит снизить эксплуатационные расходы на диагностику и содержание инфраструктуры.

Ключевые слова: комплексная технология, диагностические комплексы, средства диагностики, система диагностики и мониторинга, дефектоскопия, автономная портативная система, плавность хода, достоверность, цифровизация, качество, электронные шпалы, точность.

В 2015 г. научно-технический совет ОАО «РЖД», учитывая возросший технический уровень и качество контроля пути на высоких скоростях мобильными средствами, принял решение о переходе на преимущественное

применение именно этих средств диагностики. В 2016 г. была разработана и утверждена «Концепция развития систем диагностики и мониторинга объектов путевого хозяйства на период до 2025 года» (Распоряжение ОАО «РЖД» от 27 апреля 2016 г. № 777р).

К 2022 г. удалось в значительной мере реализовать эти решения. Освоено производство многофункциональных вагонных комплексов диагностики инфраструктуры (ДКИ), их использование на наиболее сложных участках железных дорог, предусмотрена возможность применять их в составе поезда. Начата поставка самоходных диагностических комплексов инфраструктуры (СДКИ), что позволяет сокращать применение устаревших малофункциональных мобильных и съемных ручных средств диагностики.

Получены впечатляющие результаты в области дефектоскопии рельсов: в 2015 г. в ОАО «РЖД» мобильными средствами было проверено 51,6 % пути от общего объема контроля рельсов, а в 2020 г. уже 74,4 %. Такой рост произошел за счет повышения скоростей и качества контроля, увеличения норм выработки. Обеспечена требуемая периодичность контроля технических параметров инфраструктуры и безопасность движения поездов, получен большой экономический эффект.

Основные усилия АО «Фирма ТВЕМА» прилагает для реализации принятых в последнее время нормативных и программных документов Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД», утвержденной 23.08.2021 г. «Стратегии цифровой трансформации ОАО «РЖД», предусматривающих переход к диагностике инфраструктуры мобильными комплексами, с максимальной автоматизацией обработки и использования данных контроля для планирования работ по содержанию инфраструктуры, обеспечению их надлежащего качества.

Разработки компании в области комплексной диагностики всех параметров технических объектов инфраструктуры, аналитических систем обработки данных служат основой дальнейшего развития этого направления. Поставляя полный набор комплексной диагностической техники и систем обработки данных, фирма решает задачу повышения качества содержания инфраструктуры.

На железных дорогах успешно работают несколько высокоскоростных диагностических комплексов «СПРИНТЕР-ИНТЕГРАЛ» на базе пассажирских вагонов, оснащенные полным комплектом измерительных систем для контроля инфраструктуры.

В настоящее время созданы условия для внедрения, начиная с Восточного полигона, Комплексной цифровой, полигонной технологии диагностики и мониторинга железнодорожной инфраструктуры с применением вагонных ДКИ «СПРИНТЕР-ИНТЕГРАЛ» и СДКИ «ПИОНЕР-ИНТЕГРАЛ». Структура технологии представлена на рис. 1.



Рис. 1. Комплексная цифровая полигонная технология диагностики инфраструктуры (работа в составе поезда)

Унифицированное уникальное программное обеспечение ПО «ИНТЕГРАЛ» применяется в указанных мобильных комплексах. Оно синхронизирует работу всех измерительных систем, позволяет провести автоматизированную обработку данных диагностики, в единых форматах передать данные в ЕК АСУИ и обеспечить взаимодействие с системой ЕК АСУИ СДМИ.

В 2021 г. в диагностике инфраструктуры Восточного полигона были задействованы диагностические комплексы «СПРИНТЕР-ИНТЕГРАЛ» для ее проверки с периодичностью два раза в месяц в составе поезда, один раз малофункциональными мобильными средствами, один раз ручными съемными средствами диагностики.

Примененная технология безусловно является прогрессивной, однако не решает проблемы замены устаревших малофункциональных средств диагностики. В настоящее время на сети ОАО «РЖД» задействовано более 240 единиц мобильных средств диагностики, 70-80 %, из которых являются малофункциональными и более 30 % морально и физически устаревшими. Большое количество таких диагностических вагонов требует ежедневно отвлекать из поездной работы более 100 локомотивов. Используется более 3 тыс. съемных средств диагностики, помимо обслуживающего персонала для их сопровождения дополнительно ежедневно привлекается 5-6 тыс. работников пути. Такое положение требует большой численности специалистов диагностики и соответствующих эксплуатационных расходов. В 2022-2025 гг. должны быть списаны по сроку службы около 40 малофункциональных мобильных средств (вагоны и автотрисы).

Кроме того, высокая достоверность контроля и отсутствие не проконтролированных участков при работе вагонного диагностического комплекса ДКИ на высоких скоростях и в составе пассажирского поезда возможны только при движении по путям, которые содержатся с высоким качеством в соответствии с нормативами.

При движении со скоростью пассажирского поезда по участкам, имеющим сверхнормативные ступеньки в стыках, на контактирующее с рельсами диагностическое оборудование оказываются колоссальные механические воздействия, которые приводят, как минимум, к кратковременному смещению датчиков и потере записи, а при особо серьезных нарушениях - к разрушению узлов диагностических систем. Заметим, что экипаж работающего в составе пассажирского поезда комплекса не имеет возможности снизить скорость перед заранее известным участком пути с большими отступлениями, остановиться и осуществить повторный проезд, а также заменить поврежденный элемент подвагонного оборудования. Это приводит к появлению непроконтролированных участков, которые впоследствии дополнительно перепроверяются ручными средствами.

Для решения вышеописанных проблем необходимо по мере списания малофункциональных мобильных средств заменять их самоходными диагностическими комплексами на базе двухсекционных дизельных автотоматрис.

На эти комплексы должны быть возложены следующие задачи:

детальная проверка основных направлений железных дорог на скоростях, обеспечивающих максимальную достоверность данных диагностики;

уточнение и вторичный контроль по данным магистральных вагонных комплексов, включая непроверенные участки, подмена вагонных комплексов на время ремонта;

инструментальная приемка участков пути после ремонта и планово-предупредительной выправки;

паспортизация объектов инфраструктуры для автоматизированных систем обработки данных и цифрового управления инфраструктурой;

инспекционные поездки, инструментальные генеральные осмотры инфраструктуры с аналитической обработкой данных;

по мере насыщения - контроль инфраструктуры станционных и малодеятельных путей;

максимальная замена съемных средств диагностики.

Первые образцы полнокомплектных двухсекционных СДКИ «ПИОНЕР-ИНТЕГРАЛ» введены в эксплуатацию на Московской дороге и за рубежом - на Азербайджанских железных дорогах, в Словакии, Сербии. В настоящее время готовится к поставке в Словакию второй СДКИ, рассчитанный на

скорость до 160 км/ч, с расширенным комплектом диагностического оборудования.

Необходимо отметить, что АО «Фирма ТВЕМА» уже много лет работает с использованием международной системы менеджмента качества IRIS и международного стандарта ISSO 9001-2015.

Комплексное обеспечение качества охватывает следующие области:

технические средства диагностики при их разработке и производстве;

программное обеспечение бортовых систем; аналитические системы обработки данных диагностики и планирования путевых работ в ЕК АСУИ СДМИ;

в конечном итоге - технологии обслуживания инфраструктуры с контролем выполненных работ.

Последний вариант СДКИ на базе двухсекционной дизельной автотрисы «ПИОНЕР-ИНТЕГРАЛ-2», предлагаемый для использования в комплексной цифровой технологии контроля, обладает преимуществами и дополнительными системами по сравнению с ранее поставленными СДКИ. При рабочей скорости до 120 км/ч производится контроль более 150 параметров инфраструктуры, обеспечивается работа в графике движения поездов, что минимизирует простои на участках с высокой плотностью движения.

Использование двухсекционной компоновки позволяет разместить на борту полный набор диагностического оборудования и достаточное количество персонала для работы в две смены, обеспечить ему необходимые условия труда и проживания на борту в течение двух недель.

Экипажная часть самоходного комплекса включает в себя бытовые, рабочие, технические, санитарно-гигиенические помещения. Она оснащена современными системами безопасности и жизнеобеспечения, полностью соответствующими мировым стандартам, позволяющими работать в любых климатических условиях. Автотриса комплектуется двумя силовыми установками, системами управления и безопасности движения.

Измерительная часть, представленная на рис. 2, включает в себя современное диагностическое и измерительное оборудование для диагностики всех элементов инфраструктуры, превосходящее по ряду параметров вагонные комплексы ДКИ «СПРИНТЕР-ИНТЕГРАЛ», локальную вычислительную сеть, модуль беспроводной связи Wi-Fi, измерительные и аналитические автоматизированные рабочие места.



Рис. 2. Размещение диагностического оборудования

В усовершенствованном варианте СДКИ «ПИОНЕР-ИНТЕГРАЛ-2» предусмотрены дополнительные, по сравнению с ранее поставленными комплексами, системы:

комплексного контроля элементов стрелочных переводов;

оценки деформативности пути;

рельсовой дефектоскопии (72-канальная), размещаемой на двух ходовых тележках. с расширенной схемой прозвучивания, новой искательной системой. Комплексная оценка стыка позволяет резко снизить количество непроконтролируемых мест даже на участках с плохим содержанием пути;

оценки плавности хода и комфортабельности езды пассажиров;

идентификации растительности на поверхности балластного слоя;

поиска и оценки выплесков;

пространственного сканирования повышенной точности;

автоматизации обработки данных диагностики.

Со всех технических средств, работающих на сети дорог, обеспечивается интеграция данных и формирование сводных отчетов в автоматическом режиме в систему ЕК АСУИ СДМИ. В настоящее время к ней подключено более 2 тыс. рабочих мест подразделений инфраструктуры, функционирующих в круглосуточном режиме. Она обеспечивает накопление диагностических данных о фактическом состоянии инфраструктуры ОАО

«РЖД», формирование ведомостей обязательной отчетности и аналитических справок, выполнение прогноза и оценки предотказного состояния объектов и формирование перечня рекомендуемых ремонтных работ. Функциональная архитектура ЕК АСУИ СДМИ представлена на рис. 3.



Рис. 3. Функциональная архитектура ЕК АСУИ СДМИ

ЕК АСУИ СДМИ при дальнейшем развитии позволяет ОАО «РЖД» решать стратегические задачи в области цифровизации инфраструктуры, включая создание ее цифрового двойника, сервиса диагностики и предиктивной аналитики объектов, прогноз изменения, планирование работ, повышение качества ее содержания и ремонта с учетом бюджетных ограничений и условий соблюдения безопасности движения. ЕК АСУИ СДМИ положительно зарекомендовала себя в 2021 г., обеспечив безопасность содержания бесстыкового пути за счет достоверного прогноза появления потенциально опасных для выброса пути мест.

В настоящее время в ЕК АСУИ СДМИ накоплены диагностические данные о фактическом состоянии инфраструктуры ОАО «РЖД» за два года - с 2020 по 2021 г. Созданный цифровой банк данных обеспечивает основу для решения задач, поставленных в Стратегии цифровой трансформации ОАО «РЖД» по моделированию и достоверному прогнозу состояния инфраструктуры с применением новейших методов машинного обучения, предиктивной аналитики. Необходимо включить в план НТР ОАО «РЖД» ускоренное развитие предиктивной аналитики состояния объектов инфраструктуры на базе ЕК АСУИ СДМИ, создание нормативной базы и программного обеспечения для прогноза деградации элементов инфраструктуры.

Еще одной аналитической системой для получения данных мониторинга объектов, а также данных по оценке плавности хода подвижного состава и

комфортабельности езды пассажиров является автономная портативная система АКСИОМА (рис. 4). В основе системы лежит измерение виброускорений по трем взаимно ортогональным осям X, Y, Z и взаимодействие с системой ЕК АСУИ СДМИ. АКСИОМА успешно применяется на участках скоростного движения российских железных дорог. Комплекс аппаратуры АКСИОМА успешно прошел испытания в ФГУП «ВНИИМС» и включен в Государственный реестр средств измерений.



Рис. 4. Автономная портативная система АКСИОМА

Необходимо рассмотреть возможность применения аппаратно-программного комплекса АКСИОМА в качестве штатного оборудования пассажирского вагона для мониторинга и оценки уровня комфорта пассажиров пассажирских поездов в зависимости от состояния инфраструктуры, режима ведения поезда и качества подвижного состава.

Для повышения качества реализации цифровой технологии оценки состояния, планирования и контроля качества работ содержания и ремонта инфраструктуры с учетом взаимодействия с цифровой моделью дороги на Северо-Кавказской магистрали проходят испытания композитные пикетные электронные шпалы (КПЭШ) со встроенными радиоэлектронными перекодируемыми устройствами (рис. 5). При производстве в шпалу закладываются электронные метки, с возможностью кодирования при укладке паспортными данными, данными диагностики, железнодорожной и географической координатами и др.



Рис. 5. Композитная пикетная электронная шпала в пути

Шпала КПЭШ поставляется с маячной разметкой, установленными на верхнем пласте шпалы встроенными перекодируемыми электронными RFID-метками для считывания сканером мобильного средства диагностики и NFC-метками для считывания мобильным рабочим местом (смартфоном), специальным символом признака КПЭШ для считывания и идентификации видео-измерительными системами мобильного средства диагностики и их тестирования.

КПЭШ обеспечивает контроль угона рельсовых плетей, точную привязку координат средств диагностики. Все данные передаются в блоки обработки измерительных систем. Это позволяет автоматически привести к одному сечению пути данные мобильных средств диагностики, существенно повысить оперативность принятия мер по обеспечению безопасности движения поездов и устранению отступлений.

В следующих номерах журнала мы более подробно познакомим читателей с особенностями новых систем диагностики и аналитической обработки данных.

Реализация Комплексной цифровой полигонной технологии диагностики позволит в конечном итоге снизить эксплуатационные расходы на контроль и содержание инфраструктуры примерно на 20-30 %. Внедрение одного комплекса СДКИ типа «ПИОНЕР-ИНТЕГРАЛ-2», позволяет не только заменить несколько малофункциональных вагонов, но уменьшить численность обслуживающего персонала почти на 30 чел. и такое же количество путейцев, сопровождающих съемные дефектоскопы. Расчеты показывают, что ежегодная экономия расходов на эксплуатацию одного СДКИ «ПИОНЕР-ИНТЕГРАЛ-2» по сравнению с затратами на эксплуатацию отдельных малофункциональных диагностических средств, аналогичных списываемым, и съемных тележек может составить до 30 млн руб. в год.

При этом использование самых современных диагностических систем, устанавливаемых на ДКИ и СДКИ, обработка данных в аналитических системах ЕК АСУИ СДМИ помимо экономии эксплуатационных затрат позволят повысить достоверность контроля, оперативность обработки данных, рациональность планирования и качество содержания инфраструктуры.

ЦИФРОВОЙ ПЕРЕЕЗД

НЕУМОИН В.А., АО «ВНИИЖТ», Нижегородское отделение, начальник отдела развития, проектирования, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ



Одной из основных задач железнодорожного транспорта является обеспечение безопасности движения, в том числе на переездах. К сожалению, согласно статистике в данном показателе положительная динамика не наблюдается. Газета «Гудок» в выпуске от 8 июля 2021 г. писала, что по данным ОАО «РЖД» количество ДТП на железнодорожных переездах увеличилось. За первое полугодие 2021 г. было допущено 129 столкновений с поездами, что на 26 % больше, чем за январь - июнь 2020 г. И это при том, что, начиная с 2005 г., проводится планомерная работа по внедрению устройства заграждения переезда (УЗП), которым на сегодняшний день оснащено около 90 % всех охраняемых переездов в Российской Федерации. В большинстве случаев столкновения происходили по вине автомобилистов, которые игнорируют сигналы светофоров и едут на красный свет, нарушая тем самым, статью 15.3 Правил дорожного движения, которая гласит:

«Запрещается выезжать на переезд при: закрытом или начинающем закрываться шлагбауме (независимо от сигнала светофора);

запрещающем сигнале светофора (независимо от положения и наличия шлагбаума);

запрещающем сигнале дежурного по переезду (дежурный обращен к водителю грудью или спиной с поднятым над головой жезлом, красным фонарем или флажком, либо с вытянутыми в сторону руками); а также:

если за переездом образовался затор, который вынудит водителя остановиться на переезде;

если к переезду в пределах видимости приближается поезд (локомотив, дрезина).

Кроме того, запрещается:

объезжать с выездом на полосу встречного движения стоящие перед переездом транспортные средства;

самовольно открывать шлагбаум;

провозить через переезд в нетранспортном положении сельскохозяйственные, дорожные, строительные и другие машины и механизмы;

без разрешения начальника дистанции пути железной дороги движение тихоходных машин, скорость которых менее 8 км/ч, а также тракторных саней-волокуш».

Все вроде доступно и понятно написано. Закрыт шлагбаум, горит красный сигнал светофора - стой и жди. Однако некоторые водители все же предпочитают в нарушение всех правил осознанно идти на смертельный риск и пытаются «проскочить».

В статье «Алгоритм подачи извещения на железнодорожном переезде»* перечислены некоторые причины, побуждающие водителей к нарушению статьи 15 Правил дорожного движения:

уверенность в наличии достаточного количества времени до прохода поезда;

пример других людей, пересекающих переезд;

недостаток времени на ожидание;

нехватка терпения;

отсутствие приближающегося поезда в поле зрения.

Все эти причины можно понять. Практически каждый из нас стоял в автомобильной пробке перед переездом. И порой ожидание, когда будет открыт шлагбаум, достигало более часа. Дежурный по переезду согласно нормативным документам закрывает переезд, водители автомобилей в соответствии с ПДД останавливаются. К сожалению, были случаи закрытия и последующего открытия переезда при отсутствии проезжающего поезда.

Все эти факты, без сомнения, снижают уровень доверия водителя к показаниям переездных сигналов (светофора и шлагбаума), и возникает мысль: поезда еще долго не будет или он вообще не придет, успею проскочить. А все вместе по совокупности побуждает некоторых водителей идти на нарушение ПДД, что приводит к плачевным результатам.

Естественно, никакие объяснения не снижают ответственности нарушителей! Но стоит задуматься, можно ли сделать еще что-то, чтобы снизить количество смертей на железнодорожных переездах?

Сравнивая организацию движения на железнодорожном переезде, автомобильном перекрестке и пешеходном переходе, убеждаемся, что участники автодвижения более информированы о ситуации на дороге: многие светофоры оборудованы табло обратного отсчета. Информация о времени, остающемся до включения разрешающего сигнала светофора, действует на водителей успокаивающе и отрезвляюще: куда спешить, осталось 20 секунд и поеду. В результате количество ДТП на таких пешеходных переходах и перекрестках заметно сократилось.

Встает вопрос: есть ли техническая возможность информировать водителей о времени прибытия поезда на переезд? Без внедрения дополнительных технических средств это не осуществимо. Это задача для цифрового переезда.

Напомним действующую сейчас на железнодорожном переезде схему работы системы управления сигналами светофора, шлагбаума и устройства заграждения проезда (рис. 1). При обнаружении движущегося поезда на блок-участке 3 на светофорах 1 и 2 включаются запрещающий и звуковой сигналы. Начинается обратный отсчет времени, необходимого для освобождения переезда от автомобильного транспорта. Временной интервал зависит от количества путей на переезде. На двухпутных участках он в среднем равен 10 с. По истечении указанного времени опускаются шлагбаумы 1 и 2, после чего приходят в действие механизмы УЗП 1 и 2, которые блокируют переезд.

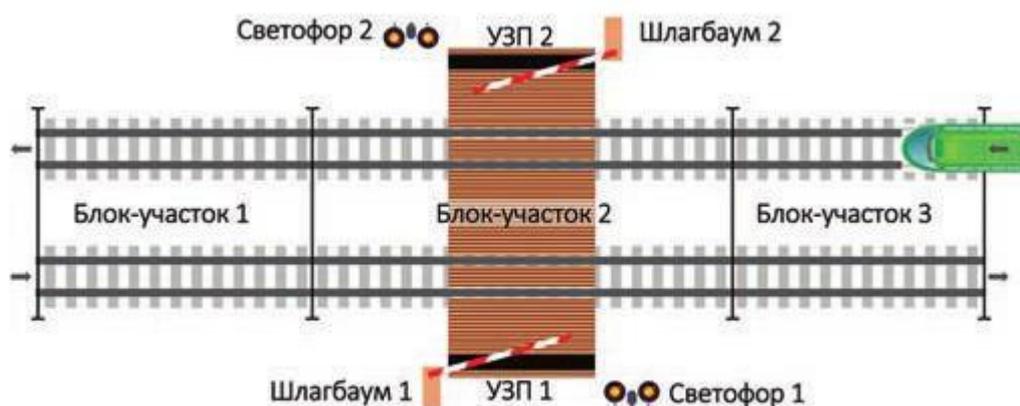


Рис. 1. Схема работы системы управления запрещающими сигналами на переезде

При освобождении проходящим поездом блок-участка 2 происходит опускание крышек УЗП 1 и 2, поднятие шлагбаумов 1 и 2, и только после этого отключаются запрещающий сигнал и звуковая сигнализация на светофорах 1 и 2.

Аналогичная схема работы действует и при движении поезда в противоположном направлении.

Учитывая, что длина блок-участков варьирует преимущественно в пределах от 1,0 до 2,2 км, указанная схема не позволяет определить скорость движения поезда и время его прибытия на переезд. В связи с этим при подходе поезда, двигающегося с невысокой скоростью (менее 50 км/ч), время ожидания проезда через переезд значительно возрастает и может достигать 15-20 мин (рис. 2), а принимая во внимание количество скопившихся автомобилей, - даже час и более. Чтобы избежать всех этих неудобств, необходимо внедрение нового устройства.

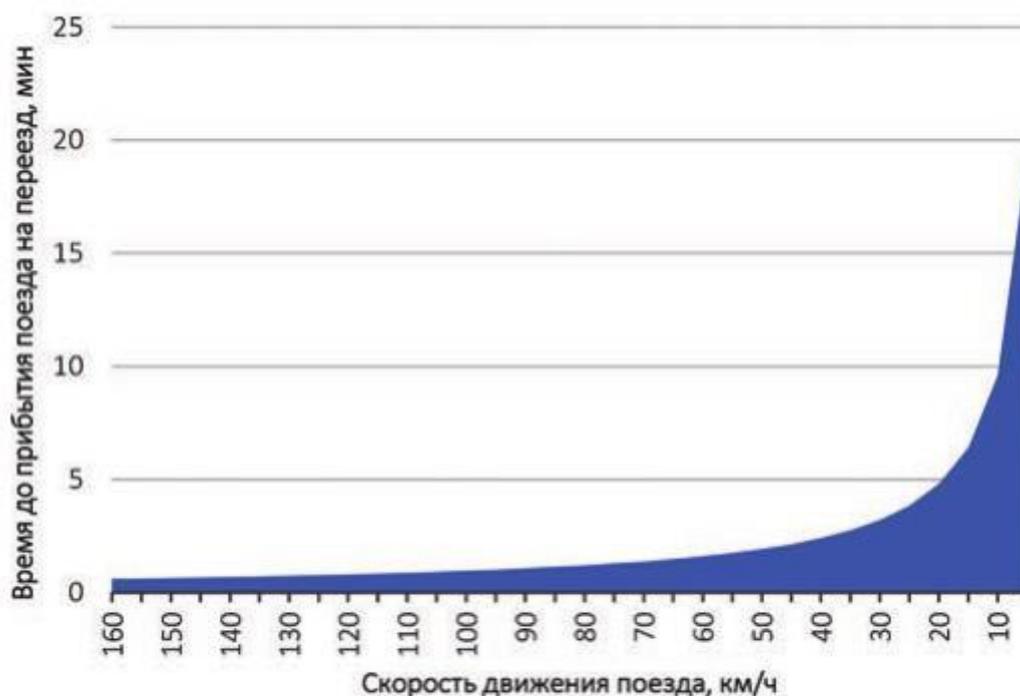


Рис. 2. График изменения времени ожидания прибытия поезда на переезде в зависимости от его скорости

Нижегородское отделение АО «ВНИИЖТ» занимается его разработкой на базе датчика петлевого бесконтактного (ДПБ-01). Новая конструкция (рабочее название - ДПБ-02) позволит определять скорость движения подвижного состава, расстояние до переезда и ориентировочное время его прибытия на переезд.

Внедрение ДПБ-02 и цифровизация возможны не только на охраняемом, но и на не охраняемом переезде за счет полной автоматизации работы светофоров, шлагбаумов, УЗП. При этом не планируется инициировать внесение изменений в технологию получения и обработки информации с рельсовых цепей. Для сокращения времени простоя автомобилей на переезде и количества ДТП предлагается оснастить его оборудованием, предоставляющим дополнительную информацию о скорости и времени прибытия подвижного средства. Приведем планируемую схему работы цифрового переезда (рис. 3).

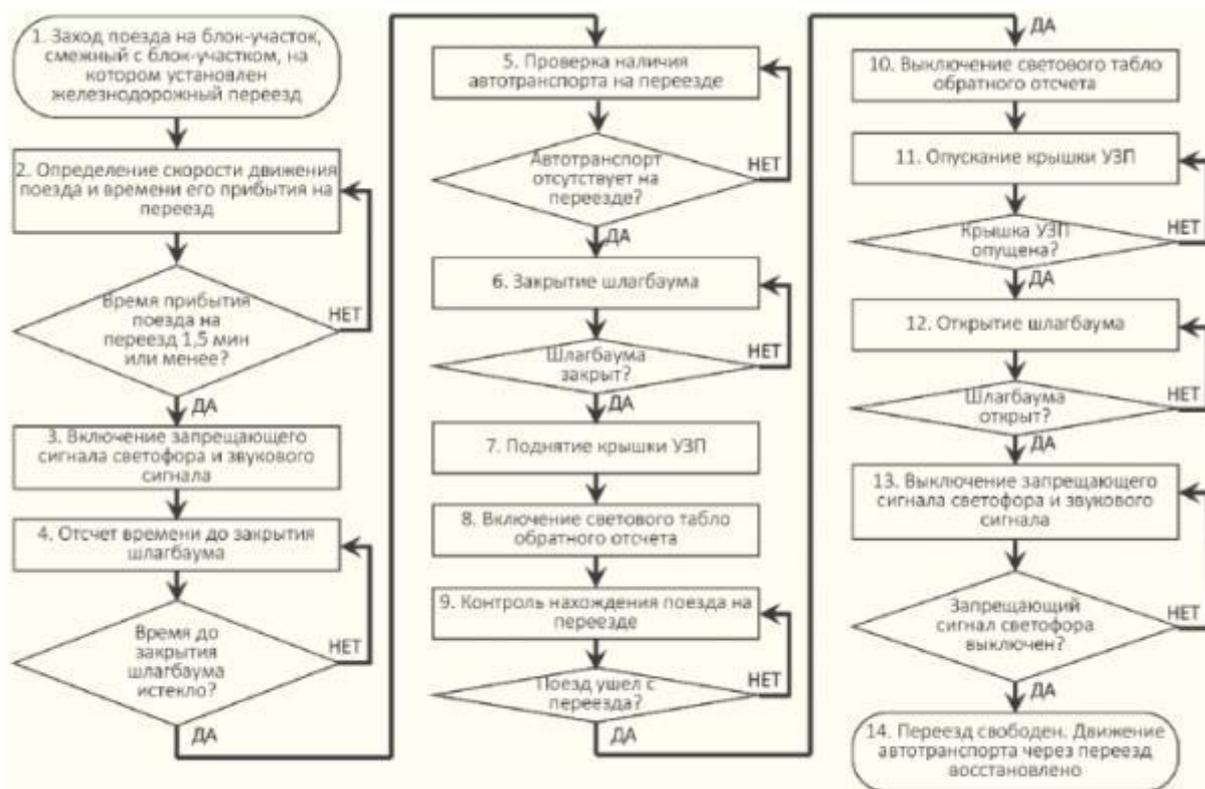


Рис. 3. Схема работы цифрового переезда

После захода поезда на блок-участок, смежный с блок-участком, на котором расположен железнодорожный переезд, определяется скорость поезда и время его прибытия на переезд. Предварительно за 1,5 мин до прибытия поезда (время может быть изменено) включаются запрещающий сигнал светофора, звуковой сигнал, извещающий о приближении поезда, и запускается счетчик времени до поднятия шлагбаума. По истечении времени производится проверка наличия автомобильного транспорта на самом переезде, и при его отсутствии шлагбаум опускается. В схеме не указан алгоритм работы при наличии автомобильного транспорта на переезде во время закрытия шлагбаума - этот вопрос требует обсуждения с представителями причастных хозяйств ОАО «РЖД». После закрытия шлагбаума происходит поднятие крышки УЗП и включение светового табло обратного отсчета.

После включения всех средств безопасности происходит оперативный контроль прохода поезда через переезд. При освобождении переезда все сигнальные устройства (световое табло обратного отсчета, УЗП, шлагбаум, светофор и звуковая сигнализация) приходят в исходное состояние. Только после этого переезд открывается для проезда автомобильного транспорта.

Как видно из приведенной схемы, работа цифрового переезда полностью автоматизирована, поэтому нет необходимости присутствия на месте дежурного по переезду. Такой подход позволит, во-первых, оснащать шлагбаумами и УЗП неохранные переезды, во-вторых, сократить количество охраняемых переездов.

При внедрении цифрового переезда в действие в перечень его возможностей планируется включить функцию получения информации о движении подвижных единиц с «умного локомотива» и «цифрового грузового вагона», над созданием которого уже сейчас работают специалисты АО «ВНИИЖТ».

Оперативный контроль за деятельностью таких переездов предполагается осуществлять из Единого центра управления переездами на полигоне дистанции пути отделения, железной дороги. В информационном ресурсе, с помощью которого планируется осуществлять контроль, будут собраны все данные по контролируемому участку: состояние переезда (открыт/закрыт), самодиагностика переезда, возникновение любых нештатных ситуаций (в том числе по вине недисциплинированных автоводителей), а также статистические и аналитические сведения о количестве машин и поездов, проходящих через переезд, частота его закрытия и пр.

Оперативные данные с цифровых переездов поступают в дистанции пути для изучения (анализа), а в случае необходимости - принятия срочных мер.

Информация о работе всех цифровых переездов сети дорог собирается, анализируется и хранится на едином сервере, откуда поступает на автоматизированные рабочие места дистанций пути, дорог и центрального аппарата. Предусмотрено в качестве дополнительного функционала удаленное (дистанционное) управление цифровым переездом в случае возникновения технического отказа.

* Алгоритм подачи извещения на железнодорожном переезде / А.Ю. Васильев, Л.В. Гришина, В.В. Золотов, В.Ю. Соков // Путь и путевое хозяйство. 2019. № 3. С. 13-16.

ВЛИЯНИЕ ТИПА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНОСА РЕЛЬСОВ

УДК 625.143.004.62(045)

КРАСНОВ О.Г., АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»), канд. техн. наук,

АКАШЕВ М.Г., АО «ВНИКТИ», ведущий инженер,

НИКОНОВА Н.М., АО «ВНИКТИ», ведущий программист



Аннотация. Приведены результаты исследований влияния типа промежуточного рельсового скрепления на интенсивность бокового и вертикального износа наружного и внутреннего рельсов в кривых. Экспериментально-расчетным методом определена крутильная жесткость рельсов при использовании скреплений различных типов.

Выполнено моделирование процесса изнашивания рельсов в кривых разного радиуса и возвышения наружного рельса при изменении крутильной жесткости от 500 до 750 кН-м/рад. Определены функциональные коэффициенты, позволяющие корректировать боковой и вертикальный износ рельсов при отклонении крутильной жесткости от базового значения, характерного для скреплений типа ЖБР-65.

Ключевые слова: промежуточные рельсовые скрепления, крутильная жесткость, интенсивность, износ, рельс, кривой участок пути.

На российских железных дорогах эксплуатируются несколько типов промежуточных рельсовых скреплений. В целях оптимизации определены сферы их рационального применения [1]. От типа и конструктивного исполнения рельсовых скреплений зависит крутильная и вертикальная жесткость рельсов. Вследствие воздействия боковых сил от колес подвижного состава происходит боковое отжатие головки рельса, величина которого зависит от боковых сил, вертикального пригруза рельса и крутильной жесткости, которая, в свою очередь, зависит от типа применяемых скреплений.

Используя ряд критериев [2-6], можно оценить влияние на износ рельса направляющих усилий от колеса, продольное скольжение гребня, зависящее от режима движения, угла наклона гребня, радиуса колеса и глубины точки контакта гребня.

Влияние крутильной жесткости скреплений на износ рельсов определяем с помощью критерия, предложенного В.А. Шевалиным [4]:

$$\Phi = \frac{Y\omega_0 f}{\sin \gamma 2\pi(R + \alpha)},$$

где Y — поперечная сила, действующая от колеса на рельс; ω_0 — результирующее скольжение гребня колеса по рельсу, представляющее собой геометрическую сумму продольного и поперечного скольжений; f — коэффициент трения между колесом и рельсом; γ — угол наклона в точках контакта гребня или его выкружки с рельсом, измеряемый от горизонтали; R — радиус колеса; α — расстояние от поверхности катания рельсовой головки до контакта гребня колеса с рельсом (глубина точки контакта).

Следует отметить, что боковое отжатие (динамическая разуклонка) влечет за собой изменение угла наклона гребня Y и глубины касания гребня с боковой поверхностью рельса, приведенной площади контакта гребня колеса с боковой поверхностью головки рельса. Поэтому тип скреплений влияет на интенсивность бокового износа рельсов.

В работе [7] сделан вывод о снижении интенсивности бокового износа при применении промежуточных скреплений с упругими клеммами. Так, количественные показатели интенсивности износа при скреплении СМ-1 с упругими клеммами снижаются на 20-24 % по сравнению с конструкцией пути на скреплении КБ-65 с жесткой клеммой.

В работе [8] на основании эксплуатационных наблюдений сделан вывод о влиянии конструкций рельсовых скреплений на интенсивность износа рельсов в кривых участках пути разных радиусов. При этом чем круче кривая, тем в большей степени интенсивность износа зависит от типа скреплений. Эффективнее всего снижают износ подкладочные скрепления ЖБР-65ПШР и ЖБР-65ПШМ.

Специалисты ВНИКТИ провели комплекс экспериментальных и теоретических исследований, чтобы выяснить, как влияет крутильная жесткость промежуточных рельсовых скреплений на износ рельсов. Так как в условиях эксплуатации интенсивность износа зависит, как правило, от нескольких факторов, использовался метод моделирования процесса изнашивания наружных и внутренних рельсов в кривых при разных значениях крутильной жесткости.

На первом этапе измеряли крутильную жесткость рельсов при разных типах промежуточных скреплений (ЖБР-65ПШМ, ЖБР-65, ЖБР-65ПШР, АРС-4,

W-30 («Фоссло»), ПКФ-350 («Пандрол»), КБ-65) с использованием поперечной винтовой тяги (рис. 1) и балочных прогибомеров. На обоих концах тяги имеются съемные упоры, охватывающие внутреннюю часть головок наружного и внутреннего рельсов. Тяга оборудована измерительными тензодатчиками, соединенными по схеме, исключающей изгиб. Предварительно измерительную схему тарировали приложением сжимающего усилия за счет винтового механизма, установленного в средней зоне тяги.



Рис. 1. Общий вид винтовой тяги для создания поперечного нагружения рельсов

Боковое отжатие головки рельса измеряли балочными прогибомерами, закрепленными на свайке, забитой между концами шпал. Балочные прогибомеры тарировали с использованием мерных пластин толщиной 0,5; 1; 1,5 мм. Для исключения замыкания рельсовых цепей правая и левая части винтовой тяги конструктивно разобщены текстолитовыми шайбами.

При проведении измерений винтовую пару вращали с помощью ключа, что приводило к возникновению усилий отжатия головок наружного и внутреннего рельсов. Производили плавное нагружение усилием до 40 кН с последующим плавным разгрузением. Сигналы с измерительных схем винтовой тяги и балочного прогибомера синхронно регистрировались измерительным комплексом МИС-026 (фирмы «Мера»).

Типовые диаграммы нагружения-разгрузки рельса боковыми силами на скреплениях ПКФ-350 представлены на рис. 2, на скреплениях ЖБР-65ПШМ - на рис. 3.

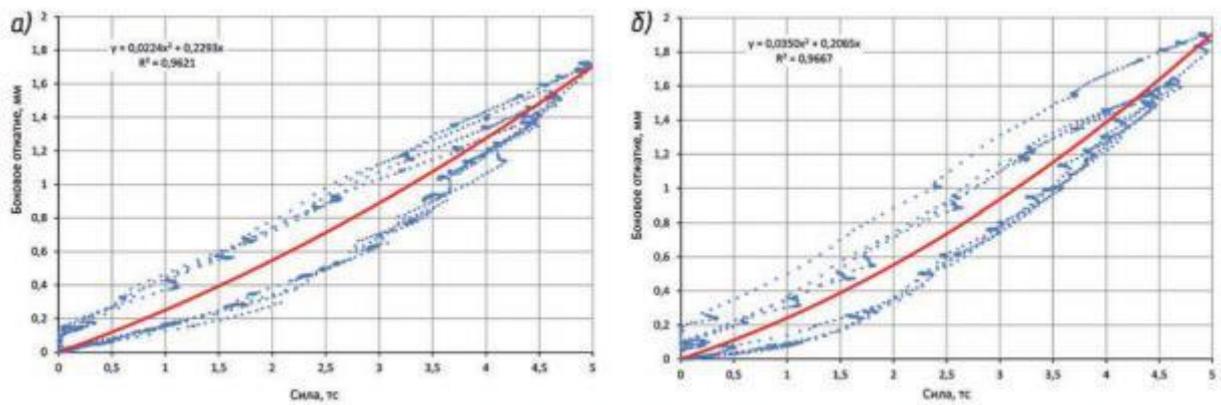


Рис. 2. Диаграммы нагружения—разгружения наружного (а) и внутреннего (б) рельсов в кривой радиусом 600 м на креплениях ПКФ-350

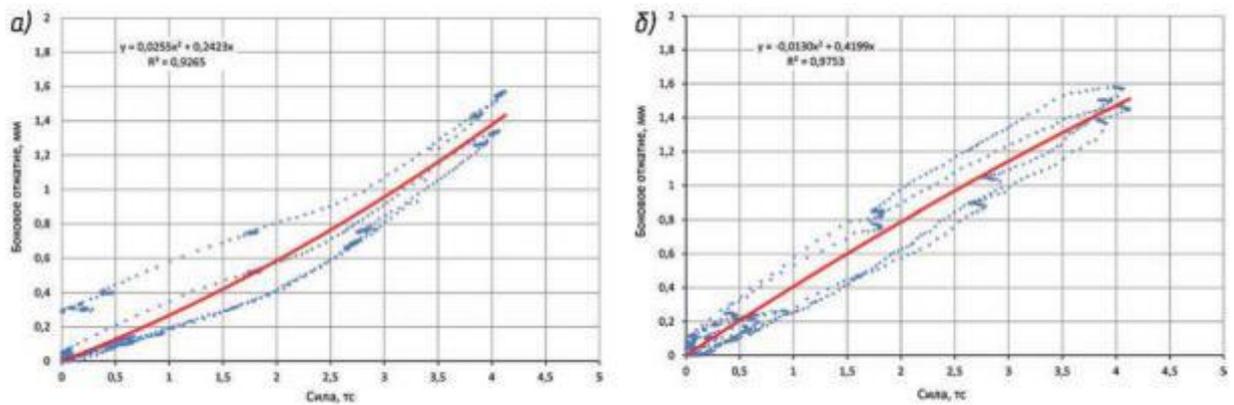


Рис. 3. Диаграмма нагружения—разгружения наружного(а) и внутреннего (б) рельсов в кривой радиусом 565 м на креплениях ЖБР-65ПШМ

Аналогичные диаграммы были построены для креплений ЖБР-65, ЖБР-65ПШР, АРС-4, W-30, КБ-65.

По полученным диаграммам определили крутильную жесткость рельсов $C_{кр}$, закрепленных на шпалах с разными типами креплений:

$$C_{кр} = \frac{F_6 H}{\gamma}, \quad (1)$$

где F_6 — боковая сила, Н; H — плечо приложения силы, м; γ — угол поворота, рад.

Расчетная схема представлена на рис. 4.

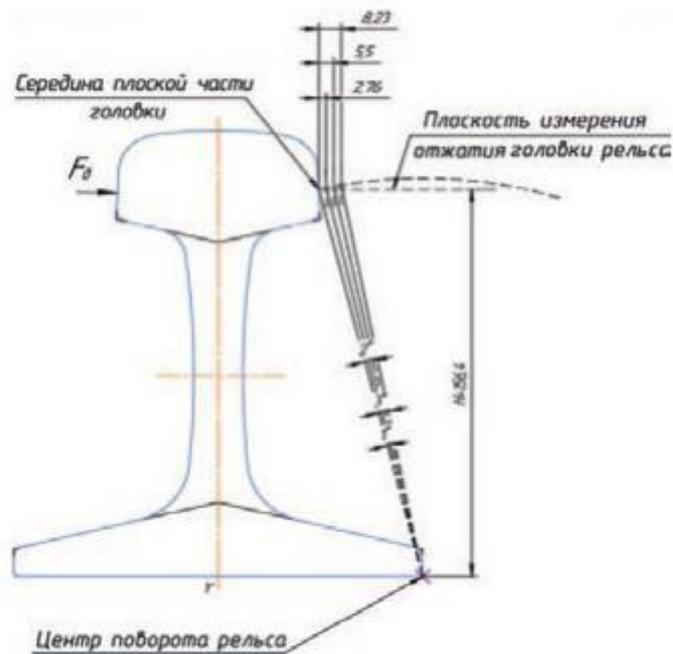


Рис. 4. Расчетная схема определения крутильной жесткости рельса

С учетом (1) определили зависимость угла поворота от бокового перемещения головки рельса.

В табл. 1 представлены экспериментально-расчетные значения крутильной жесткости рельсов в зависимости от типа промежуточных рельсовых креплений.

Таблица 1

Экспериментально-расчетные значения крутильной жесткости рельсов при различных промежуточных креплениях

Тип крепления	Рельс	Боковая сила, кН	Плечо, м	Боковое отжатие головки рельса, мм	Угол поворота, рад	Крутильная жесткость, кНм/рад	Среднее значение крутильной жесткости, кН·м/рад
АРС-4	Левый	39,2	0,1564	1,34	0,0086	715,1	728,1
	Правый	39,2	0,1564	1,29	0,0083	741,1	
ЖБР-65	Левый	39,2	0,1564	1,74	0,0111	551,7	533,6
	Правый	39,2	0,1564	1,86	0,0119	515,6	
ЖБР-65ПШМ	Левый	39,2	0,1564	1,38	0,0088	696,4	673,9
	Правый	39,2	0,1564	1,47	0,0094	651,4	
ЖБР-65ПШР	Левый	39,2	0,1564	1,28	0,0082	747,6	725
	Правый	39,2	0,1564	1,37	0,0087	704	
«Пандрол»	Левый	39,2	0,1564	1,28	0,0082	751,5	721,7
	Правый	39,2	0,1564	1,39	0,0089	691,9	
«Фоссло»	Левый	39,2	0,1564	1,61	0,0103	594,9	611,4
	Правый	39,2	0,1564	1,53	0,0098	628,0	

Полученные значения крутильной жесткости рельсов позволяют идентифицировать тип креплений при расчете износа рельсов. Боковые

отжатия головки рельсов происходят при вертикальном воздействии колес подвижного состава. Их значения отличаются при нагруженном и ненагруженном состояниях пути. Для определения этих различий были выполнены измерения боковых отжатий рельсов при движении поезда по измерительным участкам на спуске 17,1 в кривых радиусами 298 и 565 м на скреплениях ЖБР-65ПШМ в условиях Слюдянской дистанции пути Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры (рис. 5).

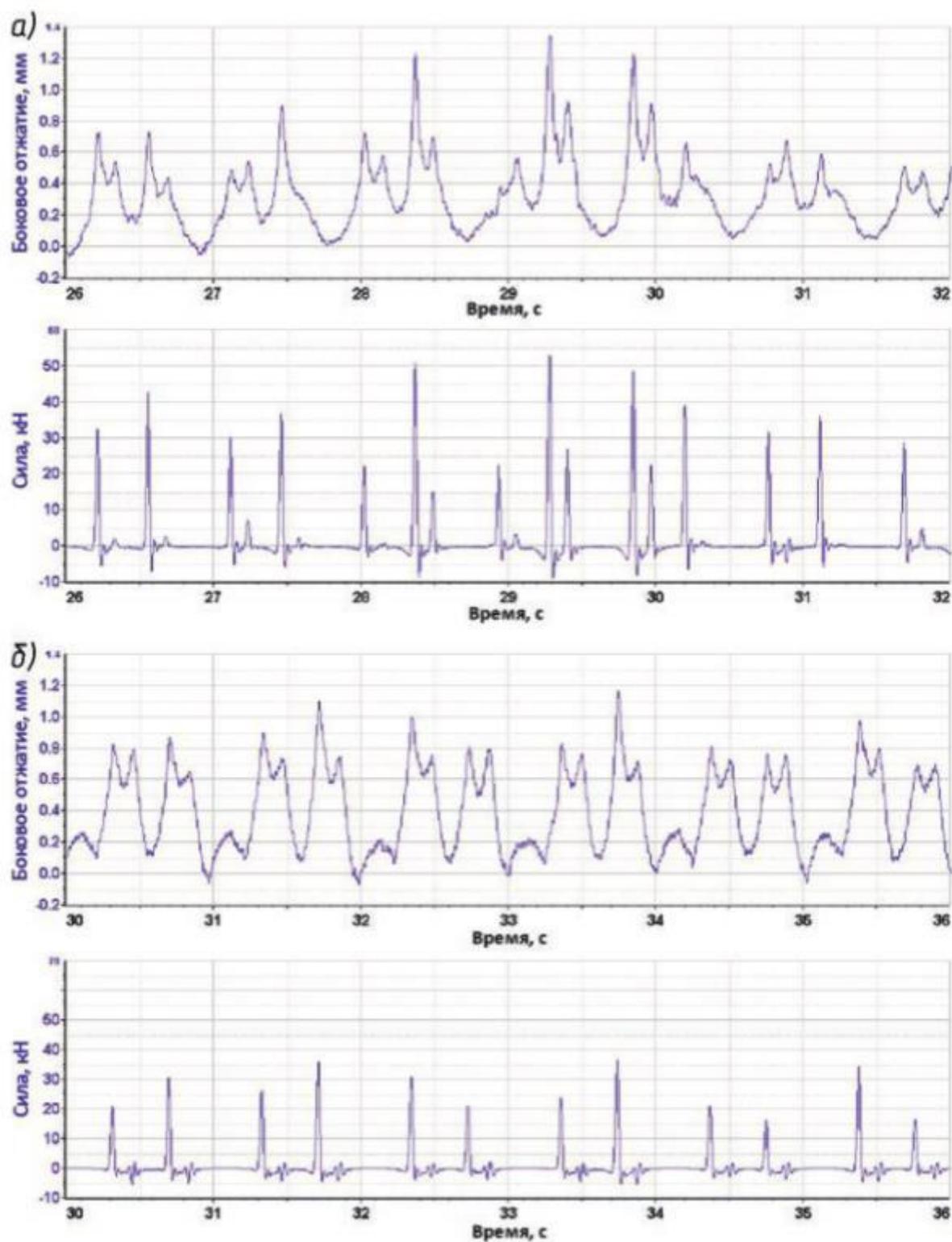


Рис. 5. Осциллограммы боковых отжатий головки наружного рельса и синхронно действующих от колес подвижного состава боковых сил в кривых радиусами 298 м (а) и 565 м (б)

Анализ боковых отжатий наружного рельса под проходящим поездом позволил сделать следующие выводы:

отжатие наружного рельса определяется не кратковременным воздействием на измерительное сечение набегающего колеса, а суммарным действием колес тележки. Поэтому продолжительность динамической разуклонки

определяется базой тележки и скоростью движения. Это, в свою очередь, обуславливает большое время и путь скольжения гребня колеса по боковой грани рельса при разуклонке;

значения боковых отжатий головки рельсов с одинаковыми типами промежуточных рельсовых скреплений при нагружении рельса боковым усилием в свободном состоянии и под проходящим поездом отличаются.

(Окончание в следующем номере)

ЕЩЕ РАЗ О СРОКЕ СЛУЖБЫ (РЕСУРСЕ) РЕЛЬСОВ



ПАЛКИН С.В., ООО «ЕВРАЗ ТК», директор по техническому регулированию продукции для железнодорожного транспорта, докт. экон. наук, канд. техн. наук

На железных дорогах мира не применяется такой показатель как срок службы рельсов в силу его нерациональности. Поэтому промышленно развитые страны никогда не устанавливали сроки службы рельсов (рекомендуемые или назначенные), данная характеристика отсутствует в технической документации всех ведущих мировых производителей рельсовой продукции.

Это обусловлено высокой зависимостью фактически достигаемых ресурсных показателей рельсов от конкретных условий эксплуатации (план и профиль линии, участок тяги или торможения, конструкция верхнего строения пути, тип подвижного состава, осевая нагрузка, климатические особенности и т. д.). Перечисленные факторы требуют учитывать различия в условиях работы рельсов, но как это сделать на уровне технической документации? Попытка усреднить нормативы неизбежно приводит к противоречию с жизнью, так как каждый рельс достигает своего ресурса в соответствии со своими индивидуальными особенностями эксплуатации. Так, в крутых кривых радиусом до 350 м (экстремальные условия эксплуатации) рельсы до выхода по износу достигают наработки всего лишь 150-200 млн т груза брутто, а в прямых участках пути (благоприятные условия) способны пропустить 1,5 млрд, т груза брутто и более. Столь высокий разброс фактических сроков службы рельсов ставит препятствие для усредненного нормирования этого показателя и требует либо интегральных оценок, либо индивидуального применения нормативов под каждые конкретные условия эксплуатации, что затруднительно в силу их множества. Ни первое, ни второе по целому ряду весьма важных для железнодорожного транспорта технико-экономических причин явно неприемлемо.

Интегральные оценки срока службы (ресурса) не годятся, поскольку создают условия, снижающие безопасность движения поездов. В этом случае на участках пути с условно хорошими условиями эксплуатации ресурсный норматив рельсов может оказаться необоснованно избыточным, а на участках с условно тяжелыми условиями - недопустимо низким для соблюдения требований безопасности, что создаст дополнительные риски, отсутствующие при изъятии рельсов по предельному состоянию, как это осуществляется в настоящее время.

А если все же назначать сроки службы рельсов в зависимости от условий эксплуатации? Установление ресурсных нормативов под конкретные условия

эксплуатации полностью лишает рельс своего важнейшего свойства - универсальности. Исчезнет взаимозаменяемость и сложится ситуация, когда, например, при наличии в запасе рельсов для кривых радиусом 350 м по технической документации их нельзя будет использовать в кривых с другими радиусами, что потребует нерационального увеличения километровых и иных рельсовых запасов. Дифференциация по радиусам кривых приведет к абсурдной ситуации, когда использование рельсов для кривой конкретного радиуса на ином участке пути станет нарушением области применения продукции.

На рельсы полностью отсутствуют стандартизированные ресурсные понятия и терминология. Различия в понятиях и терминах, используемых в общесистемных стандартах ГОСТ 27.002 и ГОСТ 32192, приводят к тому же выводу - применение к рельсам ресурсных показателей нецелесообразно без установления понятия предельного состояния и его критериев для рельсов. Кроме этого, для целей безопасности требуются еще и критерии критического предельного состояния рельсов.

В общем случае срок службы (ресурс) рельса - это календарная продолжительность (или наработка тоннажа) до достижения им предельного состояния, когда эксплуатировать рельс становится недопустимым, а восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно (слишком затратно). Недопустимость продолжения эксплуатации рельса обычно вытекает из соображений безопасности (высока возможность аварии), а невозможность восстановления работоспособности характеризует необратимость произошедших изменений в его техническом состоянии (при попытке продлить эксплуатацию изделие больше времени будет находиться в ремонте, чем в полезном применении).

Многообразие видов технического состояния рельсов, отраженное в Инструкции «Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и острodefектных рельсов», утвержденной Распоряжением ОАО «РЖД» от 23.10.2014 № 2499р, требует обобщения их в группы по определенным критериям с однозначной оценкой на соответствие требованиям безопасности.

Для безопасной работы рельса, а, значит, и движения поездов, важно лишь его критическое предельное состояние, которое выражается в недопустимой величине износа или критическом размере усталостной трещины в его элементах профиля - головке, шейке, подошве. Для обеспечения безопасности по критериям критического предельного состояния изделия при недостаточной теоретической изученности процессов контактно-усталостного износа и развития усталостных трещин потребуется компенсировать возникающие риски высокими коэффициентами запаса, что существенно снизит ресурсные возможности рельсов и период полезного применения, а также увеличит потребность их замен независимо от технического состояния.

По имеющимся экспертным оценкам, рельсы гарантированно не достигнут критического предельного состояния (образование и развитие усталостной трещины, выкрашиваний и т. д.) лишь до наработки в 150 млн т груза брутто, что явно противоречит эксплуатационным потребностям ОАО «РЖД». Отсутствие рельсов с более высокими ресурсными показателями на критический отказ обуславливает нерациональность обеспечения безопасности движения по этому критерию и установление нормативов назначенного срока службы (ресурса) рельсов.

Под назначенным сроком службы (ресурса) рельса понимается календарная продолжительность (или наработка), в течение которой рельс не достигнет критического предельного состояния, т. е. в этот период должна быть обеспечена полная безотказность рельсов на критический отказ. Однако этот показатель также находится в недопустимо высокой зависимости от условий эксплуатации, что и не позволяет на практике установить единый норматив (или ряд дифференцированных по условиям эксплуатации нормативов) назначенного срока службы (ресурса).

Универсальность применения рельсов в различных условиях эксплуатации обуславливают их выход не по ресурсным нормативам, а по достижению предельных состояний, которые выявляются регулярным диагностированием технического состояния рельсов мобильными автоматизированными средствами. Низкие показатели безотказности рельсов на критический отказ, нерациональность прекращения их эксплуатации при образовании зародившегося дефекта обуславливают необходимость постоянного наблюдения (диагностики) за развитием дефектов во времени до достижения ими предельных критериев, когда дефектные рельсы (ДР) переходят в разряд острodefектных (ОДР) с последующим изъятием из пути.

Переход на систему прекращения эксплуатации рельсов по достижению ими норматива назначенного срока службы (ресурса), даже при любой самой детальной дифференциации нормативов будет создавать риски на участках со сложными условиями. При этом на участках с благоприятными условиями эксплуатации рельсов будет необоснованно прекращаться даже при их хорошем техническом состоянии. Исключение опасного технического состояния рельсов на сложных участках потребует снизить норматив назначенного срока службы, а, значит, увеличить потребность в рельсах, что при низком безотказном ресурсе в 150 млн т груза брутто создаст неприемлемые экономические условия для перевозочной работы, потребует увеличения тарифов на перевозки грузов.

Остается сделать вывод, что назначенный срок службы на рельсы создает неприемлемые технологические условия для содержания инфраструктуры, обеспечения бесперебойной перевозочной работы и повышения пропускной способности железнодорожной сети.

Практика показывает, что в пределах одного участка пути находятся рельсы с весьма разными датами укладки и очень разной наработкой тоннажа. Это

связано с технологией текущего содержания колеи: заменой сезонных рельсов, устранением поверхностных дефектов шлифовкой, изъятием дефектных и остродефектных рельсов, образованием мест временного восстановления целостности рельсовых плетей и т. д. Эти обстоятельства обуславливают различную наработку, а, значит, и разное время прекращения эксплуатации при достижении рельсами предельного состояния по износу или дефектам. Если эти показатели станут назначенными, то даже в пределах одного участка пути прекращение эксплуатации потребует производить слишком часто - как только отдельные рельсы будут достигать установленных нормативов.

Важно отметить, что до 20 % рельсов в пути не имеют достоверных данных о дате укладки и наработке тоннажа, что объясняется постоянной работой с ними для обеспечения пропусков поездов: изъятием и заменой дефектных, укладкой уравнивающих рубок при вводе плетей в установленный температурный режим и т. д. В связи с этим, с новой актуальностью встает проблема учета рельсов не только по дате укладки и последующей переукладки, хранению в покилометровом запасе и т.д., но и по пропущенному тоннажу. Анализ показывает, что до полного порядка в этом деле пока еще далеко, часть специалистов уповает на электронную маркировку рельсов, но готовой технологии для нее не оказалось, а на разработку новой не созданы достаточные мотивационные условия.

Прекращение эксплуатации рельсов по истечению назначенного срока службы (ресурса) без возможности возобновления дальнейшей эксплуатации приведет к прекращению рационального использования старогодных рельсов. В результате увеличится потребность в рельсах на ремонты путей низших классов, что вызовет дополнительные расходы на содержание инфраструктуры.

Как неоднократно отмечалось экспертным сообществом, рельс является одноэлементным изделием и входит в конструкцию верхнего строения пути. В связи с этим, целесообразно устанавливать ресурс на верхнее строение как техническую систему в целом, а рельсы должны эксплуатироваться до достижения предельного состояния, определяемого регулярной диагностикой, что согласуется с применяемой практикой.

При этом следует совершенствовать критерии предельного состояния, при достижении которых рельсы изымаются из пути или их эксплуатация продолжается на основе экономической целесообразности и оценки рисков с учетом требований действующих технических регламентов, национального законодательства, межгосударственных и (или) национальных стандартов, а также технических условий на объекты.

Собственно, проблема назначенных показателей на рельсы возникла при появлении новой системы технического регулирования, в которой рельсы выступили объектами регулирования. С применением технических регламентов Таможенного союза (далее - ТР ТС) повысилась безопасность

железнодорожных перевозок на основе поставок продукции мирового уровня качества и безопасности. При этом качество продукции подтверждается органом по сертификации ФБУ «Регистр сертификации на федеральном железнодорожном транспорте» (ФБУ «РС ФЖТ», далее - Регистр), подведомственным Минтранс России. Сертификация стала формой обязательной оценки соответствия продукции установленным требованиям.

В ноябре 2019 г. Регистр с превышением полномочий на основе собственного толкования положений ТР ТС выдвинул новые для производителей условия сертификации, требующие установления на все виды продукции показателя назначенного срока службы (ресурса). «Новое» прочтение положений ТР ТС даже спустя 10 лет вызывает большие дискуссии среди специалистов не только в России, но и в странах-участницах Евразийского экономического союза (ЕАЭС). Полное отсутствие требуемых стандартов и методик создает высокие риски при использовании действующих сертификатов, а также представляет собой заведомо непреодолимый барьер в получении новых сертификатов для производства и поставок продукции в ОАО «РЖД».

По сути это масштабный перевод железнодорожного транспорта на иную систему обеспечения безопасности, которая никогда ранее в России и за рубежом не применялась. Смысл ее заключается в соблюдении безопасного состояния инфраструктуры на основе безотказности ее элементов в течение менее продолжительного периода, чем срок их службы - до достижения ими так называемого назначенного срока службы (ресурса). Более раннее прекращение эксплуатации при достижении назначенных показателей снизит реальный период полезного использования изделий на 30-50 %, а для продукции, безотказность которой зависит от процессов контактной усталости, снижение составит 1,5-2,0 раза.

При этом система безопасности на основе назначенных показателей не во всех отраслях оправдывает ожидания по повышению безопасности, включая железнодорожный транспорт, на котором подавляющее количество происшествий имеет не технические, а субъективные причины вследствие неправильных действий персонала.

Пока обращения производителей в органы сертификации остаются без ответа, предложения по переходному периоду не находят понимания. Вместо совместных действий практикуется принуждение к установлению показателя назначенного срока службы (ресурса) с помощью ограничений приема заявок на сертификацию и прекращения выдачи сертификатов, объясняя это простой формальностью исполнения и сомнительностью требований на поставляемую продукцию. В свою очередь сомнительность требований обусловлена неоднозначностью положений ТР ТС и документов Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) в части наличия или отсутствия обязательности или избирательности положений о назначенном сроке службы (ресурсе) по отдельным группам продукции при полном отсутствии стандартов и методик. Минтранс и Департамент технического регулирования

ЕЭК в своих обоснованиях ссылаются на положения, не содержащие прямых требований, а составленные выписки из документов носят однонаправленный характер.

По мнению экспертов, на часть продукции вообще невозможно установить назначенный срок службы (ресурс), для многих промышленных изделий введение этих показателей нерационально, и эксплуатация должна прекращаться по достижению предельных состояний (износов).

В подпункте «в» пункта 3 статьи 4 ТР ТС имеются положения, которые определяют, наряду с другими, направления обеспечения безопасности, что не является прямым требованием, которое физически неисполнимо для всей совокупности регулируемых видов продукции, а значит избирательно в зависимости от вида изделий, области применения, функциональности, содержания технической документации, включая требования стандартов.

Минтранс и ЕЭК рассматривают пункт 7 статьи 4 ТР ТС по принципу от обратного: если продукция должна быть безопасна в течение назначенного срока службы (ресурса), то на эту продукцию должен быть установлен такой показатель. В этом подходе полностью исключается возможность превышения минимальных требований ТР ТС, что не допускает распространения срока службы (ресурса) продукции на более продолжительный период, как этого требует законодательство о техническом регулировании.

Правила по заполнению единых форм сертификатов (решение ЕЭК от 15.11.2016 № 154) не устанавливают обязанности указания в них назначенного срока службы (ресурса) изделия. Положения этого документа касаются лишь срока службы (ресурса) продукции, условий и сроков хранения (в случаях, предусмотренных техническими регламентами), срока службы (годности) или ресурса (в случаях, предусмотренных техническими регламентами). Текст ТР ТС также не содержит перечня случаев обязательного отражения в сертификатах назначенного срока службы (ресурса) выпускаемой продукции.

Однако позиция Регистра (Минтранса) неизменна, доводы производителей о невозможности выполнения предъявляемых требований из-за отсутствия стандартов не принимаются, просьбы о предоставлении переходного периода на разработку стандартов и методик и издании регулирующих решений не встречают поддержки.

Особую актуальность данная проблема приобрела в железнодорожном машиностроении из-за предъявления по письму Минтранса России от 22.09.21 № ВТ-Д4-29/17742 российскими органами по сертификации нереализуемых требований по установлению назначенного срока службы (ресурса) на весь перечень объектов, регулируемых техническими регламентами ТР ТС 001/2011, ТР ТС 002/2011, ТР ТС 003/2011 и, прежде всего, на рельсы.

По назначенному сроку службы (ресурсу) отсутствуют нормативы, порядок установления и оценки соответствия, этот показатель физически не исполним для целого ряда продукции (например, щебень, черновые оси, остряковые рельсы, программные средства и пр.), а для части изделий должны применяться критерии предельного состояния (по износу) в разных условиях эксплуатации.

Эксперты по железнодорожному транспорту и техническому регулированию НП «ОПЖТ» допускают следующий подход к назначению показателей надежности по трем условным группам продукции:

продукция, для которой необходимо устанавливать назначенный срок службы/ресурс (при наличии нормируемых показателей надежности и методов их подтверждения показатели устанавливаются изготовителем/разработчиком самостоятельно; при отсутствии нормируемых показателей надежности - устанавливаются по согласованию с заказчиком);

продукция, изъятие из эксплуатации которой осуществляется по признакам предельного состояния;

продукция, для которой установление назначенного ресурса/срока службы нецелесообразно или нереализуемо.

Это мнение экспертов и специалистов, к сожалению, не учитывается. Так, Совет ЕЭК решением от 14.09.2021 № 90 утвердил новые редакции ТР ТС, в которых неоднозначные положения по назначенному сроку службы (ресурсу) оставлены без изменений. С участием Минтранса и Регистра введена новая терминология, необоснованно изменяющая стандартную (ГОСТ 2.601) по эксплуатационным документам - «паспорт»,

«формуляр», «этикетка», которая обязывает производителей указывать в них показатели назначенного срока службы (ресурса) независимо от вида продукции, технической возможности, необходимости и рациональности. Одновременно ЕЭК принято решение о разработке нового изменения в части срока службы и его продления, где, вероятно, будут уточнены положения ТР ТС в отношении назначенных показателей на продукцию. Процедурно реализация этого решения потребует не менее двух лет, тогда как в переходный период необходимы более оперативные сроки.

Принятие в особом порядке специального решения ЕЭК о приостановке в переходный период действия пунктов ТР ТС и документов ЕЭК, содержащих положения о назначенном сроке службы (ресурсе), может снять все приведенные выше риски и направить поиск вариантов реализации требований ТР ТС по назначенному сроку службы (ресурсу) в конструктивное русло сотрудничества государства и бизнеса.

Снижению уровня напряженности проблемы может помочь направления в страны - участницы ЕАЭС рекомендаций ЕЭК, возможность издания которых предоставлено правом ЕАЭС. Рекомендации ЕЭК, содержащие требования по назначенным показателям, выполнение которых обеспечивает

соответствие продукции ТР ТС, облегчит решение надуманной проблемы в текущий переходный период.

Отсутствие же сертификатов на продукцию равносильно прекращению производства, что вынуждает малый бизнес «неизвестным» образом устанавливать «новые» показатели без стандартов и методик, получать сертификаты от Регистра без процедур оценки соответствия предложенных такими «производителями» нормативов назначенного срока службы (ресурса) изделия, что противоречит целям ТР ТС. Указанные действия в массовых масштабах вводят добросовестных потребителей, включая ОАО «РЖД», в заблуждение, создавая тем самым недопустимые риски нарушения безопасности. Более 150 сертификатов соответствия, выданных Регистром, содержат показатели назначенного срока службы (ресурса) продукции, установленные по собственным представлениям части производителей, без надлежащей верификации.

Нарушение технической совместимости (гармонизации) сроков службы (ресурсов) рельсов с системой технического обслуживания и ремонта верхнего строения пути в будущем негативно скажется на состоянии безопасности на железнодорожном транспорте.

Крупные производства, холдинги с высоким мировым имиджем и уровнем ответственности вынуждены обращаться в альтернативные органы по сертификации, неподведомственные Минтрансу, которые, руководствуясь взаимосвязанными стандартами, не предъявляют требований по назначенному сроку службы (ресурсу) продукции для получения сертификатов соответствия.

Ситуация, инициированная в государственных органах, подрывает состояние безопасности в стране и на железнодорожном транспорте, вредит репутации технического лидерства России, создает неравноправные условия выхода на рынок отечественных и зарубежных производителей.

Письмо Минтранса в адрес органов по сертификации от 22.09.2021 № ВТ-Д4-29/17742 вместе с запросом Ространснадзора от 26.10.2021 № 2.1.7-1047 и постановлениями Правительства РФ о приостановке, прекращении, признании недействительными документов о соответствии (сертификатов, деклараций) создают недопустимые риски остановки производства и поставок продукции в системообразующие отрасли. Складывается абсурдное положение, когда отсутствие назначенного срока службы (ресурса) изделия в сертификате соответствия может стать причиной признания его недействительным, что приведет к прекращению массовых поставок продукции, а также отзыву уже эксплуатируемых локомотивов, вагонов, рельсов, колес и т. д. Сможет ли в таких условиях функционировать железнодорожная отрасль?

Результаты эксплуатации высокопрочных изолирующих стыков «АпАТЭК Р65 МК» за период 1997-2021 гг.

УДК 625.143.42

СЕМЁНОВ В.Т., заместитель министра путей сообщения РФ в 1996-2002 гг., **МЕЛИХОВ С.Н.**, ОАО «Российские железные дороги», заместитель начальника Управления пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры, **УШАКОВ А.Е.**, НПП «АпАТЭК», генеральный директор, докт. техн. наук, **ЕРМАКОВ В.М.**, НПП «АпАТЭК», управляющий директор, докт. техн. наук, **СВЕТОЗАРОВА И.В.**, Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта, технический эксперт, канд. техн. наук, **АЛЕКСЕЕВ А.В.**, Проектно-конструкторское бюро по инфраструктуре - филиал ОАО «РЖД», ведущий конструктор, **ЯНОВИЧ О.А.**, НПП «АпАТЭК», заместитель управляющего директора, **КЛЕНИН Ю.Г.**, НТИЦ «АпАТЭК-Дубна», ведущий конструктор, **ТИМОФЕЕВ М.А.**, НТИЦ «АпАТЭК-Дубна», ведущий конструктор, **ХРУЛЕНКО М.А.**, ПО «АпАТЭК-Дубна», технический директор, канд. техн. наук, **ЮмАнОВ Н.Н.**, НПП «АпАТЭК», начальник отдела, **КИРПИЧЕВА А.И.**, НПП «АпАТЭК», начальник отдела

Опыт эксплуатации бесстыкового пути без уравнильных пролетов свидетельствует о существенном сокращении затрат и повышении безопасности движения поездов благодаря отсутствию рельсовых стыков и ударных воздействий колес в них, что обеспечивает снижение периодичности выправочных работ, замены материалов верхнего строения пути, а также исключает риски возникновения в рельсах стыковых дефектов. Такой путь создается с использованием клееболтовых стыков, конструкция которых обеспечивает необходимый уровень надежности.

Конструкторская документация на элементы верхнего строения пути разрабатывается Проектно-конструкторским бюро инфраструктуры (ПКБ И) на основе собственных исследований, а также головного научно-исследовательского института «ВНИИЖТ», железнодорожных вузов и производителей.

Благодаря использованию изолирующего стыка с металлокомпозитными накладками «АпАТЭК Р65 МК» (далее - изостык МК), обеспечивающего сопротивление продольному сдвигу не менее 2,3 МН, решена важнейшая задача путевого комплекса - устройство полноценного бесстыкового пути без уравнильных пролетов.

Следует отметить, что за истекший с начала внедрения изостыков МК период (1997-2021 гг.) не было ни одной публикации в отраслевых изданиях, посвященных анализу характеристик и опыту эксплуатации этой конструкции. В данной статье этот пробел будет восполнен.

На рис. 1 приведены значения прогибов стыков с различными накладками, испытанными в одинаковых условиях (на двух опорах с расстоянием 600 мм). Диаграммы 2, 3 и 5 получены специалистами ВНИИЖТа [1], 1 и 4 - по результатам ежемесячных приемо-сдаточных испытаний изостыков с накладками производства «АпАТЭК». Помимо высокой продольной прочности изостык МК обеспечивает наименьший прогиб в зоне стыкового зазора.

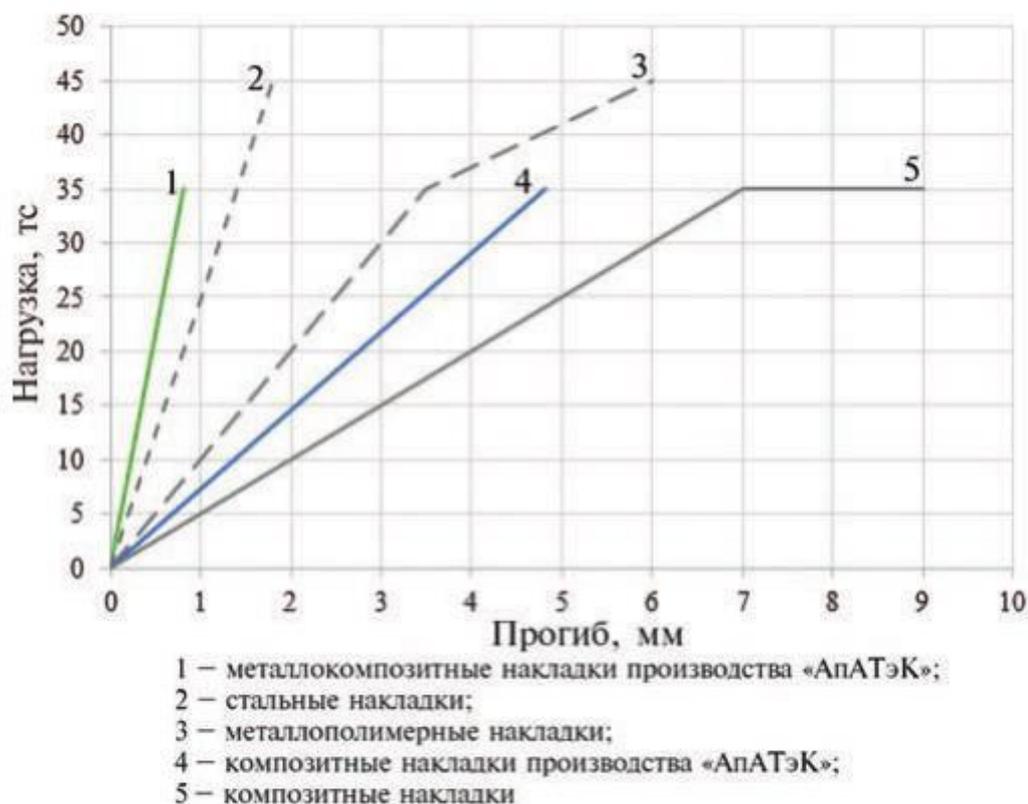


Рис. 1. Диаграммы нагружения при испытаниях стыков на трехточечный изгиб

Высокие технические характеристики изостыка МК обеспечивают его экономическую эффективность. Уже на стадии ремонта пути снижаются затраты на материалы, так как стоимость четырех пар стальных двухголовых накладок и рельсовых соединителей для устройства уравнильных пролетов и композитных изолирующих накладок выше, чем цена изостыка МК. На стадии проведения капитального ремонта пути экономия составляет 31,1 тыс. руб. на пару изостыков (по ценам 2021 г.).

Дополнительно к этому при эксплуатации благодаря исключению восьми рельсовых стыков в уравнильных пролетах ежегодное снижение затрат составит при грузонапряженностях 50 и 150 млн т-км брутто/км в год

соответственно 20,4 и 56,3 тыс. руб. Наименьший прогиб изостыка МК обеспечивает снижение темпа расстройств рельсовой колеи непосредственно в стыковой зоне. По сравнению с изостыком с композитными накладками это дает при грузонапряженности 150 млн т-км брутто/км в год дополнительную экономию 28,0 тыс. руб.

На российских железных дорогах бесстыковой путь без уравнильных пролетов с изостыками МК начали внедрять с 1997 г. [2, 3]. В настоящее время уже поставлено более 163 тыс. комплектов накладок для изостыков МК с рельсами типа Р65 (рис. 2). Имеется также опыт эксплуатации данной конструкции производства «АпАТЭК» за рубежом: 41,1 тыс. комплектов для рельсов S60 поставлено в Китай; 4,2 тыс. комплектов - в другие зарубежные страны, в том числе для рельсов UIC60.

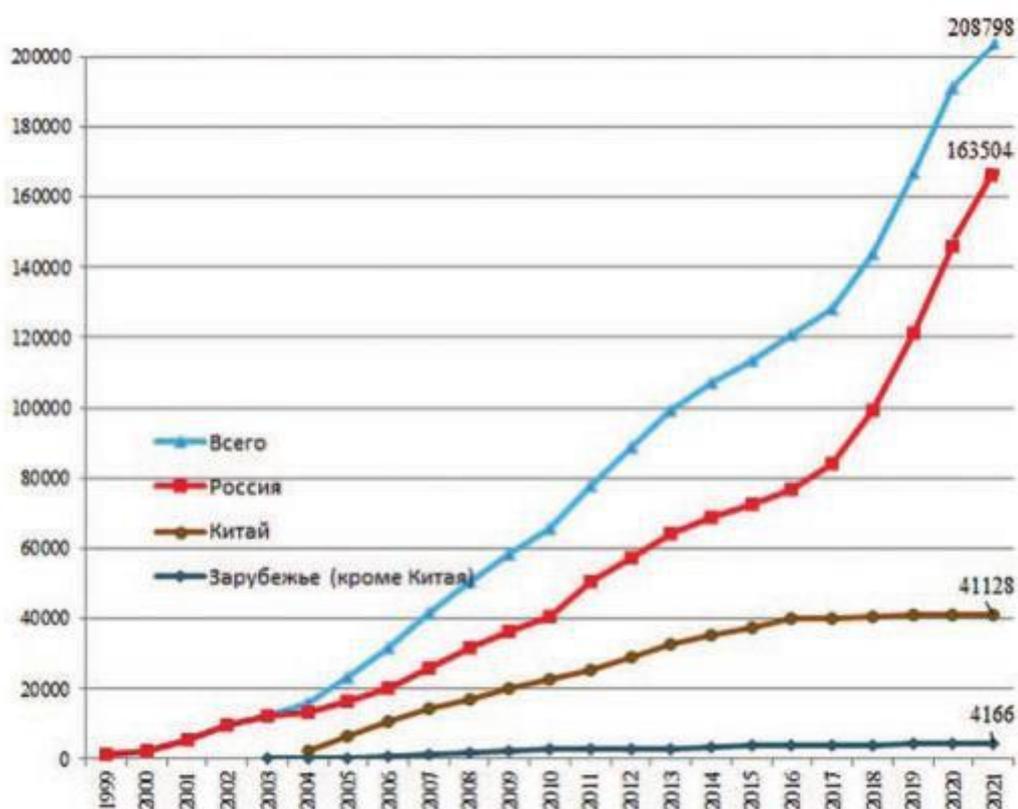


Рис. 2. Внедрение изостыков МК на российских и зарубежных железных дорогах (комплекты)

Данные накладки имеют сертификат соответствия № ЕАЭС RU С- RU.ЖТ02.В.00820/21 требованиям Технических регламентов Таможенного союза ТР ТС 002/2011 «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» и ТР ТС 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта».

Изостыки МК в условиях стационара и в действующем пути в технологические «окна» по соответствующим технологическим инструкциям могут монтировать работники, которые прошли обучение и аттестованы НТИЦ «АпАТЭК-Дубна», имеющим соответствующую аккредитацию.

По состоянию на начало 2021 г. на главных путях на сети ОАО «РЖД» с развернутой длиной 125 тыс. км эксплуатировалось 76,1 тыс. изостыков МК, или 20,3 % общего числа изостыков на главных путях, при средней грузонапряженности 38,8 млн т·км брутто/км в год. Однако по мере роста грузонапряженности доля изостыков МК растет. На рис. 3 приведены также доли изостыков МК (1-й столбец) на основных направлениях сети (развернутая длина 35,5 тыс. км, грузонапряженность 64,8 млн т·км брутто/км в год), на участках с грузонапряженностью более 80 млн т·км брутто/км в год (15,3 тыс. км) и более 100 млн т·км брутто/км в год (10,0 тыс. км).

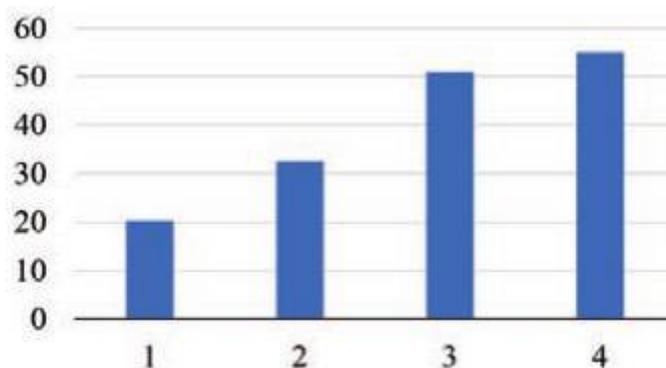


Рис. 3. Доли изостыков МК на разных участках:
1 — главные пути, всего; 2 — основные направления; 3 — участки с грузонапряженностью более 80 млн т·км брутто/км в год; 4 — участки с грузонапряженностью более 100 млн т·км брутто/км в год

Чем больше грузонапряженность, тем больший эффект обеспечивается при эксплуатации бесстыкового пути без уравнильных пролетов. Следует отметить, что на отдельных участках доля изостыков МК превышает 80 %, что свидетельствует о высоком уровне текущего содержания пути, обеспечивающим длительную работу данных изостыков и, как результат, минимизацию расходов на его текущее содержание и высокий уровень безопасности движения. И наоборот, на участках, где доля этих стыков существенно уменьшается с момента проведения капитального ремонта и их установки в рамках текущего содержания пути вышедшие из строя изостыки МК не восстанавливаются, имеют место рост эксплуатационных расходов и снижение уровня безопасности движения поездов.

В настоящее время производится и поставляется на сеть третье поколение накладок МК, усовершенствованных на основе анализа результатов эксплуатации (рис. 4) [4].



Рис. 4. Элементы изостыка с накладками третьего поколения «АПАТЭК Р65 МК»

Первое поколение накладок «АПАТЭК Р65 МК» (2724.01.000) выпускалось в 1997-2006 гг. (далее - МК-1). Конструкция состояла из полнопрофильного сердечника с изолирующим слоем, который сверху закрывался приклеиваемой стальной обечайкой.

В 2007-2016 гг. производились накладки второго поколения (2724.01.000-01) с двухголовым сердечником и стальной обечайкой (далее - МК-2).

С 2017 г. выпускаются накладки третьего поколения (2724.01.000-03) с полнопрофильным сердечником и без стальной обечайки (далее - МК-3).

С момента внедрения изостыков МК в 1997 г. специалисты «АПАТЭК» ведут мониторинг их эксплуатационной надежности на основе регулярных выездов на железные дороги, преимущественно на участки с высокой грузонапряженностью, с проведением детальных осмотров и измерений, включая оценку параметров текущего содержания пути в зоне изостыка. За истекший период осмотры проведены на 75 дистанциях пути 14 дирекций инфраструктуры (кроме Калининградской и Приволжской).

Осмотры изостыков МК проводятся на основании соответствующей методики, предусматривающей определение и фиксацию:

данных на момент монтажа изостыка в путь (место и дата установки; номера накладок; предприятие-изготовитель стыка (путевая машинная станция или дистанция пути); дата изготовления; температура закрепления плети, грузонапряженность; скорости движения поездов; радиус кривой);

условий эксплуатации на момент осмотра (величина шпального ящика и расстояние от оси стыка до оси принимающей шпалы; стыковой зазор и забег стыка; смятие концов и другие дефекты рельсов; вертикальные и горизонтальные ступеньки; состояние пути по данным путеизмерителя; дефекты шпал и скреплений; подвижка плетей бесстыкового пути).

Дефектами и повреждениями изостыка МК, требующими изъятия его из эксплуатации, являются:

сдвиг по клею - сдвиг накладок относительно рельса по границе пазуха рельса - стальная обечайка (или изолирующий слой при безобечачной конструкции - с 2017 г.);

сдвиг по препрегу - сдвиг накладок относительно рельса по границе металлический сердечник - изолирующий слой или изолирующий слой - стальная обечайка;

пробой изоляции - износ изолирующего слоя с созданием контакта между стальной обечайкой и сердечником, как правило, на принимающем рельсе вблизи его торца;

излом накладки.

В табл. 1 приведены результаты эксплуатационных наблюдений, проводимых специалистами «АПАТЭК» (хранятся в базе данных). За истекший период (с 1997 г.) осмотрено, как минимум, по одному разу 9620 накладок МК (4810 изостыков МК). Основной объем данных по накладкам МК-1 собран до 2012 г. Осмотры накладок МК-2 с пополнением базы данных продолжаются и в настоящее время.

Тип накладки	Годы выпуска	Количество комплектов накладок, поставленных на сеть	Количество подконтрольных накладок, шт.	Средняя грузо-напряженность на участках подконтрольных накладок, млн т км брутто/ км в год	Максимальный пропущенный тоннаж подконтрольных накладок, млн т брутто
МК-1	1997—2006	15354	3066	69	1171
МК-2	2007—2016	56008	4014	79	1194
МК-3	С 2017 по настоящее время	92144	2540	112	583

Следует отметить, что грузонапряженность подконтрольных участков существенно выше среднесетевой.

Из табл. 1 следует, что ресурс изостыков МК при их монтаже и эксплуатации в соответствии с нормативами может достигать 1171-1194 млн т брутто и более (ведь эти стыки продолжали эксплуатироваться после их осмотра в рамках мониторинга) и значительно превышает межремонтный период для верхнего строения пути.

Проводимый мониторинг позволил выделить три группы причин вывода изостыков МК из эксплуатации по недопустимым дефектам:

качество изготовления накладок МК - ответственность производителя накладок;

качество монтажа, погрузки-выгрузки изостыка МК - ответственность предприятия, осуществившего сборку (монтаж) стыка из комплектующих и его установку в путь;

качество текущего содержания зоны изостыка - ответственность дистанции пути.

При производстве накладок МК действует многоступенчатая система контроля качества, включающая в себя входной контроль материалов, пооперационный контроль при изготовлении, приемо-сдаточные испытания, в том числе ежемесячные испытания собранных изостыков на сдвиг (силой не менее 230 тс).

Фактические значения сил сопротивления сдвигу по результатам приемо-сдаточных испытаний в период с июня 2020 г. по сентябрь 2021 г. составили от 340,1 до 412,6 тс со средним значением 385,9 тс, что свидетельствует о существенном запасе прочности поставляемых накладок и клея для изостыков МК. За истекшее с 1997 г. время недопустимых дефектов по первой группе причин - качество изготовления накладок МК - в течение гарантийного срока не зафиксировано.

Характерные нарушения по второй группе причин - качество монтажа, погрузки-выгрузки изостыка МК, как правило, обусловлены:

несоответствием накладок по размерам пазухам рельса (расстояние между низом головки и верхом подошвы рельса) при подборе, что должно также контролироваться и при приемке стыка дистанцией пути от предприятия, осуществившего сборку стыка и его установку в путь;

сверлением болтовых отверстий без строгого соблюдения расстояний;

нарушением при зачистке, обезжиривании поверхности пазух рельсов;

нарушением режима термообработки стыка после сборки для полимеризации клея;

транспортировкой и выгрузкой с плетевозного состава с недопустимыми изгибными деформациями;

продольными перемещениями рельсовой плети с изостыком МК по щебню и шпалам волоком.

В табл. 2 приведена доля изостыков МК от обследованных (табл. 1), имеющих те или иные отклонения от норм устройства и содержания пути и влияющих на напряженно- деформированное состояние стыковой зоны.

Таблица 2

Изостыки МК с отклонениями от норм устройства и содержания пути, %

Неисправность пути	Тип накладок		
	МК-1	МК-2	МК-3
Ненормативное расстояние между стыковыми шпалами (более 460 мм)	73,3	89,2	82,4
Ненормативное расстояние от стыка до принимающей шпалы (более 250 мм)	45,2	49,8	43,9
Выплеск	0	2,2	1,7
Неисправность креплений на стыковых шпалах (отсутствие клемм, изолирующих уголков, излом анкера и др.)	0,4	17,7	20,8
Дефекты стыковых шпал (трещины)	0,1	1,3	0,9
Регулировочные прокладки суммарной толщиной 10 мм и более	0,1	4,6	12,7

Следует отметить, что наличие выплесков, регулировочных прокладок большой толщины свидетельствует о низкой несущей способности подшпального основания и периодической эксплуатации стыка с просадками.

Анализ результатов мониторинга в сочетании с расчетами по «Методике математического моделирования МК-стыков с учетом реальных условий их эксплуатации», разработанной «АпАТЭК», позволили ранжировать наиболее значимые отступления при текущем содержании зоны изостыка МК, влияющие на появление недопустимых дефектов (по мере убывания): просадки рельсовых нитей; дефектные шпалы; сверхнормативная величина шпального ящика и расстояния от оси стыка до оси принимающей шпалы; дефекты креплений, забег стыков по двум рельсовым нитям относительно друг друга.

Несмотря на то, что указанные выше отступления могут не требовать ограничения скоростей (например, при изломе одной принимающей шпалы в стыке скорости движения не ограничиваются), они негативно влияют на напряженно-деформированное состояние изостыка и, соответственно, снижают его долговечность.

На начальном этапе внедрения изостыков МК текущее содержание стыковых зон находилось на более высоком уровне. Количество подконтрольных изостыков МК-1 с выплесками, дефектами шпал и креплений, просадками (см. табл. 2) существенно меньше, чем изостыков МК-2 и МК-3 с этими отступлениями.

Для изучения опыта эксплуатации изолирующих стыков с металлокомпозитными накладками «АпАТЭК S60 МК» (далее - МК-К), поставленных на Китайские железные дороги (см. рис. 1), в 2018 г. работниками «АпАТЭК» были осмотрены участки пути с экстремально высокими температурами (станции Haikou Nan, Haikou-Sanya), а также с грузонапряженностью более 150 млн т-км брутто/км в год и пропущенным тоннажем более 1 млрд т брутто (станции Dong Gua Pu, Keng Kou).

Из осмотренных 108 эксплуатирующихся изолирующих стыков с накладками МК-К (двухголовый сердечник со стальной обечайкой и использованием при монтаже клея китайского производства) максимальная наработка составила 1168 млн т брутто, средняя - 441 млн т брутто.

При осмотрах изостыков МК-К выявилось, что при их эксплуатации допускаются отступления от норм содержания, включая просадки и выплески.

Проводимый мониторинг является источником достоверных данных о работоспособности конструкций и для разработки усовершенствований, в том числе с учетом изменяющихся условий эксплуатации. Рост грузонапряженности, увеличение доли грузовых вагонов с осевой нагрузкой 25 тс и пока ограниченное число вагонов с осевой нагрузкой 27 тс, сокращение штата монтеров пути определяют необходимость повышения надежности конструкций. В части накладок для изолирующих стыков одним из интегральных и наглядных показателей, характеризующих потенциальную надежность изолирующего стыка, является мощность поперечного сечения стальной части изолирующей накладки.

В табл. 3 приведены характеристики металлокомпозитных и металлополимерных (Пластрон Р65 и 1Р65 ИИП) накладок для изолирующих стыков российских (разработанных ПЖБ И) и китайских железных дорог, а на рис. 5 - поперечные сечения некоторых из них.

Таблица 3

Площадь сечения, мм², металлокомпозитных и металлополимерных накладок на железных дорогах России и Китая

Россия						Китай	
МК-1	МК-2	МК-3	Пластрон Р65 ЦП 71.300-03	1Р65 ИИП ЦП44.100	MT-P65 (Elektro-Thermit)	MT-S60 (Elektro-Thermit)	Chinese S60
4048	3870	4406	3242	3708	3688	4897	4579

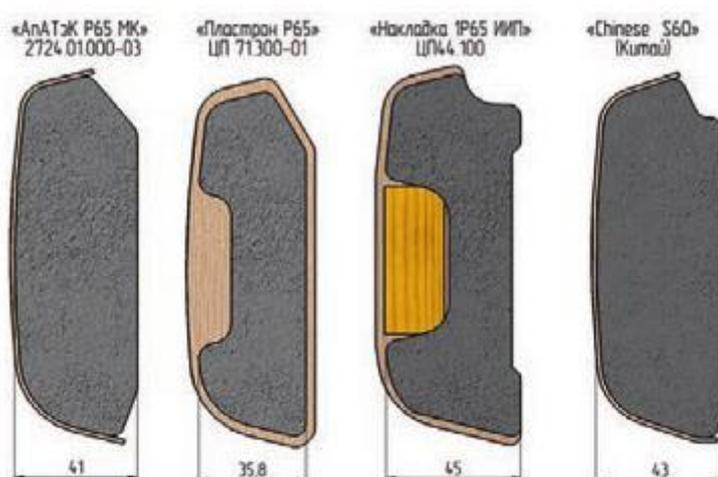


Рис. 5. Поперечные сечения различных конструкций металлокомпозитных и металлополимерных накладок для изолирующих стыков

По результатам проведенного мониторинга работоспособности изостыков с накладками МК-1 и МК-2, а также изучения зарубежного опыта накладки МК-3 были усовершенствованы. Они имеют более мощный и надежный иолиоирофильный сердечник. Стальная обечайка исключена, что позволило уменьшить количество клеевых соединений (с трех до двух).

Накладки МТ-Р65 в ограниченном объеме были введены в опытную эксплуатацию на Октябрьской дороге в середине 1990-х гг., однако не получили распространения на сети, так как произошло их разрушение во время полигонных испытаний на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа в Щербинке.

Металлополимерные накладки «Пластрон Р65» и «1Р65 ИИП» имеют меньшее поперечное сечение соответственно в 1,36 и 1,19 раза. Кроме того, первые полностью покрыты изолирующим слоем, что ухудшает показатели их безопасности. В случае зарождения трещины в стальном сердечнике ее невозможно будет своевременно выявить, так как внешняя вертикальная поверхность накладки покрыта изолирующим слоем.

Детальный анализ результатов мониторинга позволил определить не зависящий от работников путевого хозяйства фактор, влияющий на долговечность пути в целом и изостыков МК в частности - это величины средних осевых нагрузок, реализуемых на участке пути. Как правило, их показателем является грузонапряженность. Например, на Восточном полигоне (Тайшет-Находка) количество проходящих по 1-м и 2-м путям поездов (и вагонов) практически одинаково, а грузонапряженность и, соответственно, осевые нагрузки отличаются в три раза и более. Очевидно, что и напряженно-деформированное состояние элемента верхнего строения пути, определяющее его долговечность, будет существенно отличаться на четном (грузовом) и нечетном (порожняковом) пути.

Сопоставлена эксплуатационная стойкость изостыков с накладками МК-3 производства 2017-2018 гг. на участках с грузонапряженностью более 80 млн т-км брутто/км в год (644 подконтрольных изостыка) и менее этого значения (275 подконтрольных изостыков).

Все изъятые стыки эксплуатировались на участках с грузонапряженностью более 80 млн т-км брутто/км в год, что подтверждает существенное влияние средних осевых нагрузок на долговечность изостыков МК. При этом 96 % изъятых стыков имели неисправность «сдвиг по клею», т. е. по границе пазуха рельса - изолирующий слой, что, при условии содержания пути в зоне изостыка без нарушений нормативных требований, должно относиться к ответственности предприятия, производившего сборку стыка.

До 2018 г. монтаж стыков на сети выполняли четыре путевые машинные станции (ПМС-88 Октябрьской, ПМС-55 Московской, ПМС-42 Южно-Уральской и ПМС-20 Западно-Сибирской дирекций по ремонту пути), причем в стационарных условиях. Со второй половины 2018 г. монтаж стыков стали также производить обученные бригады дистанций пути, в том

числе в полевых условиях. Количество бригад по монтажу стыков в настоящее время - более 150. В данных условиях должна функционировать система обеспечения безукоснительного соблюдения высокотехнологичного процесса монтажа изостыков МК.

В этой связи показателен опыт внедрения на сети также высокотехнологичного процесса - алюминотермитной сварки рельсов (АТС) в начале 2000-х гг. Сначала было закуплено оборудование и проведено обучение бригад в дистанциях пути. Однако из-за текучести кадров, загрузки сварщиков работами текущего содержания, нарушений технологии в целях выполнения планов сварки необходимого уровня качества этого ответственного процесса достигнуть не удалось, и в течение нескольких лет АТС была передана на аутсорсинг.

В последние годы обострилась проблема излома рельсов на наиболее загруженных участках сети именно в зонах уравнильных пролетов, которые появляются после изъятия изостыка МК с установкой сборного с композитными или металлополимерными накладками. Причем изъятие проводится не только при неисправности самого изостыка, но и при замене плетей бесстыкового пути по боковому износу или по другому дефекту. В этих условиях задача внедренной технологии монтажа изостыков МК при текущем содержании заключается в восстановлении конструкции бесстыкового пути без уравнильных пролетов.

Начиная с 2019 г. мониторинг изостыков, в том числе изостыков МК, целевым порядком проводит и ПКБ И. Утверждена «Методика обследования и анализ состояния стыков изолирующих всех типов для рельсов типа Р65» от 27.09.2021 № ПКБ И-383. Комплексирование результатов наблюдений за изостыками МК, проводимых специалистами ПКБ И и «АпАТэК», позволит реализовывать необходимые меры по обеспечению работы этой ответственной конструкции и, соответственно, бесстыкового пути без уравнильных пролетов в течение всего межремонтного срока.

Выводы

1. Внедренная в 1997 г. на отечественных железных дорогах конструкция изостыка МК создала условия для эксплуатации бесстыкового пути неограниченной длины, обеспечивающемся существенное сокращение затрат и повышение безопасности движения поездов по сравнению с конструкцией с уравнильными пролетами.
2. Опыт эксплуатации изостыков МК как на российских, так и на китайских железных дорогах, свидетельствует об их высокой надежности.
3. Внедрение с 2017 г. накладок МК третьего поколения с усиленным стальным сердечником существенно повысило надежность изостыков.
4. Подавляющее количество изымаемых изостыков МК-3 имеет дефект «сдвиг по клею», относящийся к ответственности бригад по монтажу. В условиях внедрения технологии монтажа изостыков МК в полевых условиях

необходимо принять решения, которые обеспечат безусловное соблюдение технологии.

5. При монтаже и текущем содержании значительной доли стыков допускаются отступления, ухудшающие напряженно- деформированное состояние элементов стыков и, следовательно, влекущие за собой выход их из строя ранее наступления межремонтного срока по верхнему строению пути.

6. Одной из ключевых задач путевого комплекса должно стать обеспечение срока службы изостыков МК, равного межремонтному для верхнего строения, и эксплуатации в это время бесстыкового пути без уравнильных пролетов на основе реализации необходимых уровней качества их монтажа, мониторинга фактических условий работы и текущего содержания пути в стыковых зонах.

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДООТВОДОВ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ ЛОТКОВ

УДК 625.123

САЛМИН А.О., Российский университет транспорта (МИИТ), инженер НИЛ «Путеиспытательная», аспирант

Аннотация. В статье изложены результаты осмотров водоотводов из композитных лотков, проанализирована их деформация в процессе эксплуатации, а также показана необходимость учета в нормативной документации нагрузок от морозного пучения и подвижного состава.

Ключевые слова: водоотводные лотки, композитные материалы, морозное пучение грунта, воздействие подвижного состава.

В последнее время на сети железных дорог России получили широкое распространение водоотводные лотки, материалом для которых служит композиция из полимерного вяжущего вещества и армирования, выполненного из стеклоткани (далее композитные лотки). Композитные лотки разработаны НПП «АпАТЭК» совместно с МИИТом и впервые применены в 1999 г. при реконструкции линии Санкт-Петербург-Москва. Такие лотки обладают рядом преимуществ перед железобетонными. Это малый вес, допускающий их монтаж вручную, выше срок службы (до 50 лет), лучшие гидравлические характеристики за счет оптимальной формы сечения и низкого коэффициента шероховатости [1], подходят для размещения в стесненных условиях на станционных путях. Но эксплуатация композитных лотков связана с рядом особенностей, нехарактерных для железобетонных конструкций. Изделия из полимерных материалов требуют проверки своего поведения на прочность и деформативность при длительном нагружении [2]. Композитные лотки могут иметь поперечные деформации стенок, что проявляется в сужении лотка (уменьшении ширины). Такие деформации влекут за собой ряд проблем, связанных с эксплуатацией водоотвода, поэтому в [3] величину сужения лотков нормируют, а при превышении допускаемого значения лоток подлежит замене.

Причины сужения лотков были изучены автором статьи совместно со специалистами компании НПП «АпАТЭК» в период с октября 2017 по июль 2018 г. на участках Октябрьской, Московской, Северо-Кавказской и Северной дорог.

Дефекты водоотводов, их развитие и влияние на отведение поверхностных и грунтовых вод от земляного полотна выявляли по специально разработанной методике. При этом фиксировали следующие параметры: порядковый номер (от начала водоотвода), высоту (тип) лотка, длину секции, заводской номер с датой изготовления, завод-изготовитель, дату установки, наличие крышек. Ширину лотка измеряли в верхней его части в начале, середине и конце

каждой секции с помощью рулетки при погрешности не более 1 мм. Для определения причин выхода лотков из строя отмечались размеры и зона расположения повреждения, причины образования (укладка, эксплуатация, вандализм), заключение о работоспособности лотка по критериям отбраковки (исправен, неисправен, демонтирован). Результаты осмотров регистрировались в специальной ведомости.

Сужение лотка рассчитывалось как разность величин его ширины при производстве и на дату осмотра. Из трех значений сужения (в начале, середине и конце секции) принималось наименьшее.

Анализ конструкции был выполнен для композитных лотков высотой 0,5, 0,75, 1,0 м, соответствующих техническим требованиям [3]. Для каждой высоты составлены по две выборки значений: первая - композитные лотки с ребрами жесткости с пенопластовым наполнителем (условно названа «Пенопласт»), вторая - с монолитными ребрами («Монолит»). Из выборок исключены величины, не попадающие в доверительный интервал, равный трем стандартным квадратическим отклонениям на основании предположения об ошибке при записи. Используя критерий Колмогорова-Смирнова [4] было выявлено, что выборки «Пенопласт» и «Монолит» для каждой высоты лотков не принадлежат к одной генеральной совокупности. В табл. 1 приведены значения статистических параметров выборок сужения лотков для каждой их высоты.

Как видно из табл. 1, композитные лотки с ребрами жесткости с пенопластовым наполнителем имеют большую величину среднего сужения, чем с монолитными ребрами: для лотков высотой 0,5 м в 1,9 раза, 0,75 м - 4,4 раза, 1 м - 11,8. Это говорит о том, что они хуже сопротивляются давлению грунта, действующего на их стенки. В дальнейшем исследовании композитные лотки с пенопластовыми ребрами жесткости не рассматривались.

Т а б л и ц а 1

Статистические параметры выборок сужения лотков

Конструкция лотка	Высота лотка, м	Параметр		
		Количество лотков, шт.	Среднее сужение, мм	СКО, мм
«Пенопласт»	0,50	133	52	16
	0,75	239	93	58
	1,00	83	200	83
«Монолит»	0,50	610	27	15
	0,75	66	21	12
	1,00	109	17	7

В табл. 2 приведены результаты осмотра композитных лотков с монолитными ребрами жесткости различной высоты.

Таблица 2

Сужение композитных лотков с монолитными ребрами жесткости

Участок	Высота лотка, м	Срок эксплуатации, мес	Количество лотков, шт.	Среднее сужение, мм	СКО, мм
Москва Курская—Каланчевская Московской дороги	0,5	159,4	297	20	4
Сортировочная—Электrozаводская Московской дороги		157,3	112	22	5
Собь—Полярный Урал Северной дороги		168,5	77	25	7
Харп-Северное Сияние—Собь (120 км) Северной дороги		168,5	40	40	6
Тверская—Комсомольская Северо-Кавказской дороги	0,75	115,8	108	15	8
Сортировочная—Электrozаводская Московской дороги		157,3	22	35	4
Станция Аэропорт Московской дороги	1,0	150,4	109	17	7

Лотки с сужением, превышающем нормативное, на дату осмотра не обнаружены, что говорит об адекватности методики испытаний композитных лотков на ползучесть. Однако следует иметь в виду, что в данный анализ не попали лотки с разрушениями стенок и ребер. Такие лотки нуждаются в отдельном исследовании.

Влияние пучения грунта на композитные лотки

При устройстве водоотводов требование об обратной засыпке композитного лотка дренирующим материалом [5] зачастую игнорируется, что приводит к прилеганию пучинистых грунтов непосредственно к стенкам лотка снаружи. Сезонное промерзание пучинистых грунтов способствует деформации стенок лотков и сужению ширины конструкции (см. рисунок), а также выпиранию водоотвода. Аналогичные выводы также отмечены в исследованиях [6].



Воздействие подвижного состава на лотки в междупутье

Сравним интенсивность накопления остаточных деформаций сужения лотков высотой 0,5 м в междупутье на станции и на расстоянии более 2,1 м от оси пути (табл. 3). Согласно техническим требованиям [3] на расстоянии более 2,1 м от оси ближнего пути до оси лотка поездная нагрузка на лоток не учитывается. Данные о начальном сужении стенок лотка отсутствуют, поэтому примем, что при укладке все лотки не имели сужения стенок.

Т а б л и ц а 3

Интенсивность накопления остаточных деформаций сужения лотков

Параметр	В междупутье				Более 2,1 м от оси пути			
	Год измерения							
	2003 (укладка)	2006	2013	2017	2004 (укладка)	2013	2014	2017
Среднее сужение, мм	0	18	25	31	0	13	14	15
СКО, мм	-	8	7	4	-	6	12	7

Разделив величину сужения стенок лотка на срок службы водоотвода, получим интенсивность накопления остаточных деформаций сужения в междупутье на станции - 2,4 мм/год, а на расстоянии более 2,1 м от оси пути - 1,2 мм/год. В виду наличия обратной засыпки из дренирующего материала пучение грунтов не может быть причиной такой разницы. Одно из отличий заключается в том, что на водоотвод действует нагрузка от подвижного состава, проходящего по станционным путям.

Подводя итоги, можно сделать следующие выводы: композитные лотки, в виду особенностей полимерного материала, из которого они изготовлены, требуют проверки на долговременную прочность и деформативность;

лотки с ребрами жесткости с пенопластовым наполнителем значительно уступают лоткам с монолитными ребрами жесткости и в дальнейшем не могут использоваться для сооружения водоотводов;

необходимо строго соблюдать требования к устройству обратной засыпки при монтаже водоотводов из композитных лотков, а также уточнить и обосновать параметры обратной засыпки для исключения влияния пучения грунтов на композитные водоотводы;

водоотводы из композитных лотков в междупутье на станционных путях испытывают большие динамические нагрузки от подвижного состава. Это требует дальнейшего исследования и учета в нормативной документации.

ПРИЧИНЫ СРАБАТЫВАНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ ХОДА ВАГОНОВ ПОЕЗДА «САПСАН»

УДК 625.03.1:625.03.3

ГРИШАН А.А., ОАО «Российские железные дороги», начальник службы по организации скоростного и высокоскоростного движения поездов ЦДИ, **ЛЕВИНЗОН М.А.**, ООО «Испытательный центр взаимодействия экипажа и пути железных дорог» (ООО «ИЦ ВЭИП»), докт. техн. наук, **ХАРИТОНОВ Б.В.**, ООО «ИЦ ВЭИП», канд. техн. наук, **ЗАМУХОВСКИЙ А.В.**, Российский университет транспорта (МИИТ), канд. техн. наук, **ЛУКА З.С.**, ООО «ИЦ ВЭИП»

Аннотация. Проведен анализ причин срабатывания датчиков курсовой устойчивости хода (КУХ) на линии Москва-Санкт-Петербург. Выявлены места срабатывания датчиков, связанные с факторами, возмущающими движение со стороны пути и наличием в поездах «Спасан» вагонов, требующих контроля ходовой части.

Предложено разработать систему контроля ускорений кузова и тележек вагонов высокоскоростных поездов для выявления отклонений в состоянии пути и ходовой части вагонов.

Ключевые слова: датчики курсовой устойчивости хода, состояние пути, состояние ходовой части вагонов, поезд «Сапсан».

Уровень обеспечения безопасности движения поездов и комфорта пассажиров определяет качество железнодорожных перевозок. Безопасность движения зависит от соотношения сил взаимодействия экипажа и пути, а комфорт - от величины и частоты ускорений, испытываемых пассажирами в кузове вагона. При этом силы взаимодействия и ускорения определяются в разных частотных диапазонах. Силы взаимодействия экипажа и пути следует определять в соответствии с ГОСТ Р 55050 [1] в частотном диапазоне до 250 Гц, а ускорения в соответствии с ОСТ 24 050.16-85 - в частотном диапазоне до 20 Гц, т.е. при скорости 250 км/ч на силы взаимодействия влияют неровности пути длиной более 25 см, а на ускорения - длиной более 3,5 м.

Требования к обеспечению комфорта пассажиров, особенно при высокоскоростном движении, в последние годы постоянно возрастают. Как уже было сказано, в основе оценки комфорта лежат ускорения, воздействующие на пассажира при движении, которые зависят от скорости поезда, геометрии рельсовой колеи и состояния ходовых частей подвижного состава. Таким образом, ускорения могут служить инструментом контроля комфорта пассажиров, состояния экипажа и пути. Однако, чтобы эффективно отслеживать с помощью ускорений состояние пути и подвижного состава,

необходимо разработать методику, позволяющую разделить влияние двух этих факторов. Авторы настоящей статьи предлагают в основу такой методики положить следующий принцип. Все вагоны поездов регулярного обращения должны быть оборудованы устройствами контроля и обработки ускорений. Если вагоны реагируют на возмущающий фактор превышением нормированных значений ускорений в одном и том же месте линии, то причиной таких нарушений является путь, а если нарушения происходят в одном и том же вагоне, то причина кроется в неудовлетворительном состоянии вагона.

Тележки обращающихся на линии Санкт-Петербург- Москва высокоскоростных поездов «Сапсан» оборудованы системами контроля устойчивости хода (в терминах работ [2 и 3]) или курсовой устойчивости хода (в терминах работы [4]). Хотя эти системы нельзя напрямую использовать для оценки комфорта пассажиров, так как они контролируют ускорения тележки только в определенном частотном диапазоне, но некоторая аналогия с системами контроля ускорений кузова присутствует. С целью проверки их применимости для выявления неисправностей состояния пути или ходовой части вагонов был проведен анализ срабатываний систем курсовой устойчивости хода (КУХ) за последние годы.

В настоящее время установленные скорости поезда «Сапсан» достигли 250 км/ч, при этом осуществляется разработка проектной документации для строительства новой высокоскоростной магистрали (ВСМ) между Москвой и Санкт-Петербургом, где скорости будут на порядок выше - до 360 км/ч. Значительное повышение скоростей в ближайшей перспективе требует детального исследования вопросов взаимодействия колеса с рельсом.

Обращение поездов со столь высокими скоростями заставляет конструкторов уделять особое внимание предотвращению возможности возникновения высокочастотных автоколебаний виляния вагонов. Результаты выполненных ранее исследований показывают, что появление автоколебаний зависит от параметров подвижного состава, эквивалентной конусности колесных пар и трибологических параметров контакта колеса и рельса.

На железных дорогах Российской Федерации параметр эквивалентной конусности малоизучен и контролю не подлежит. Однако положительный зарубежный опыт эксплуатации ВСМ показывает необходимость учета и контроля возникновения высокочастотных автоколебаний экипажа (потери динамической устойчивости в формулировке А.М. Ляпунова [5]) при отклонении эквивалентной конусности от норм, введенных на дорогах Евросоюза. Если выявляется возможность потери динамической устойчивости, скорость движения поездов должна быть снижена.

Безопасность движения обеспечена только в том случае, когда конструктивная скорость экипажа (для поезда «Сапсан» в условиях ОАО «РЖД» конструктивной можно считать максимальную в эксплуатации скорость 250 км/ч) не превышает критической, т. е. скорости, при

превышении которой подвижной состав переходит в автоколебательный режим. (Оценку критической скорости в наших исследованиях мы проводим по критериям А.М. Ляпунова.)

Системы КУХ установлены на каждой тележке всех поездов «Сапсан». Согласно алгоритму действия системы КУХ пороговое значение формируется при фиксации 33 последовательных волн поперечных ускорений в диапазоне 3-9 Гц амплитудой более 5,0 м/с(2). При этом предупреждение формируется системой при трехкратном в течение 10 мин превышении данного порога при движении поезда со скоростью не менее 205 км/ч. Применение таких распределенных алгоритмов приводит к тому, что при высоких скоростях движения сообщение о предупреждении накапливается на протяжении расстояния в несколько десятков километров.

На рис. 1 приведены данные по количеству срабатываний системы КУХ при движении поездов «Сапсан» на линии Москва-Санкт-Петербург для различных лет эксплуатации, полученные в исследовании А.А. Киселева [4]. Рост количества срабатываний в 2017 г. автор связывает с переходом профиля колеса S3G компании «Сименс» (профиль «Сименс») на профиль колеса ВНИИЖТ-РМ-70, разработанный ВНИИЖТом в 2014 г. Необходимость создания профиля ВНИИЖТ-РМ-70 была вызвана возникновением на поверхности катания колес с профилями «Сименс» выщербин в зимний период.

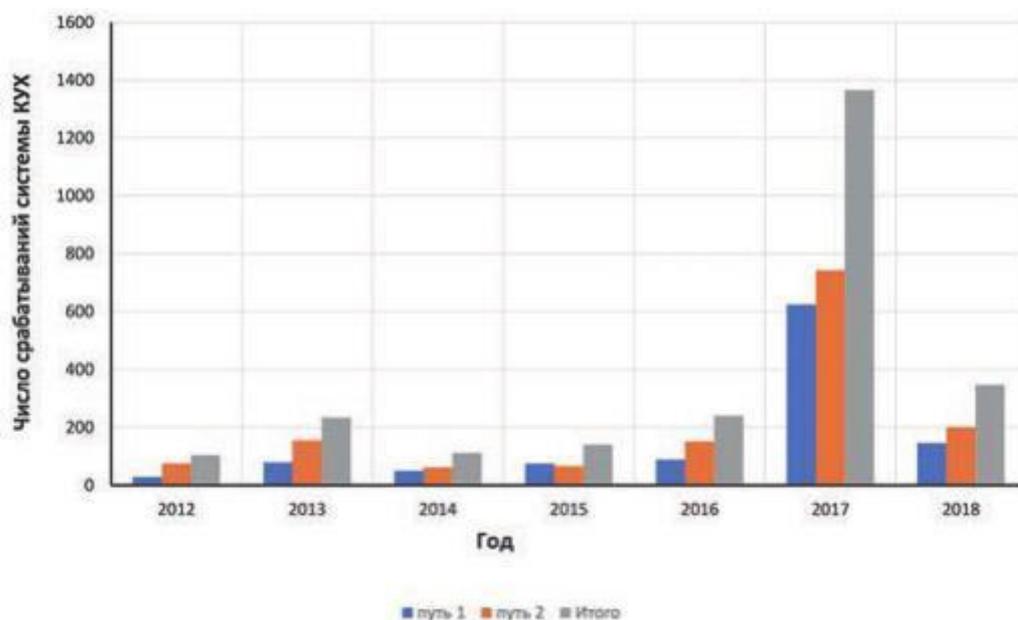


Рис. 1. Распределение срабатываний системы КУХ на 1 и 2 пути линии Москва—Санкт-Петербург для различных лет эксплуатации

Связь между внедрением нового профиля и количеством срабатываний системы КУХ, отмеченная в работе [4], вызывает большие сомнения, так как всплеск срабатываний произошел только через три года в 2017 г., а уже в следующем 2018 г. он существенно снизился.

Наиболее полный по состоянию на 2014 г. анализ причин срабатывания датчиков системы КУХ был сделан в работе [3]. Однако некоторые выводы, приведенные в ней, в дальнейшем не подтвердились.

Наибольшее количество срабатываний датчиков системы КУХ на линии Москва-Санкт-Петербург произошло в 2017 г., потому мы будем рассматривать именно этот год. Общая статистика была проанализирована по месту срабатывания КУХ с привязкой к этой точке стрелочных переводов, уравнительных приборов и других факторов, возмущающих движение с точки зрения оценки влияния пути, а также по номеру состава, вагона и тележки, на которой произошло срабатывание, для оценки влияния подвижного состава.

На рис. 2 приведено распределение срабатываний системы КУХ по длине I пути линии Москва-Санкт-Петербург, а на рис. 3 - по вагонам поездов «Сапсан».

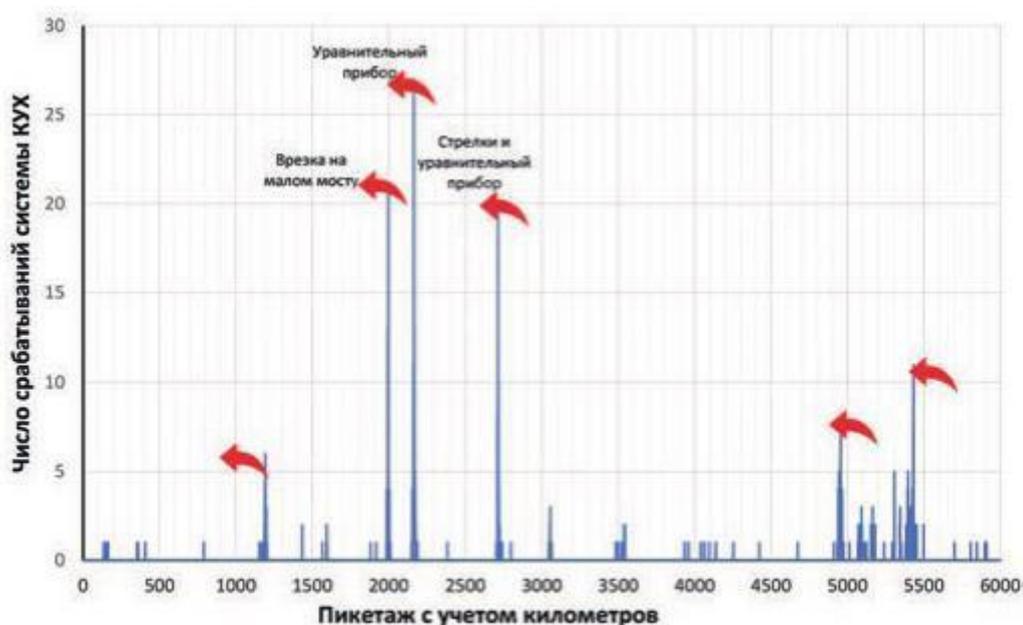


Рис. 2. Распределение числа срабатываний системы КУХ по длине I пути линии Москва—Санкт-Петербург

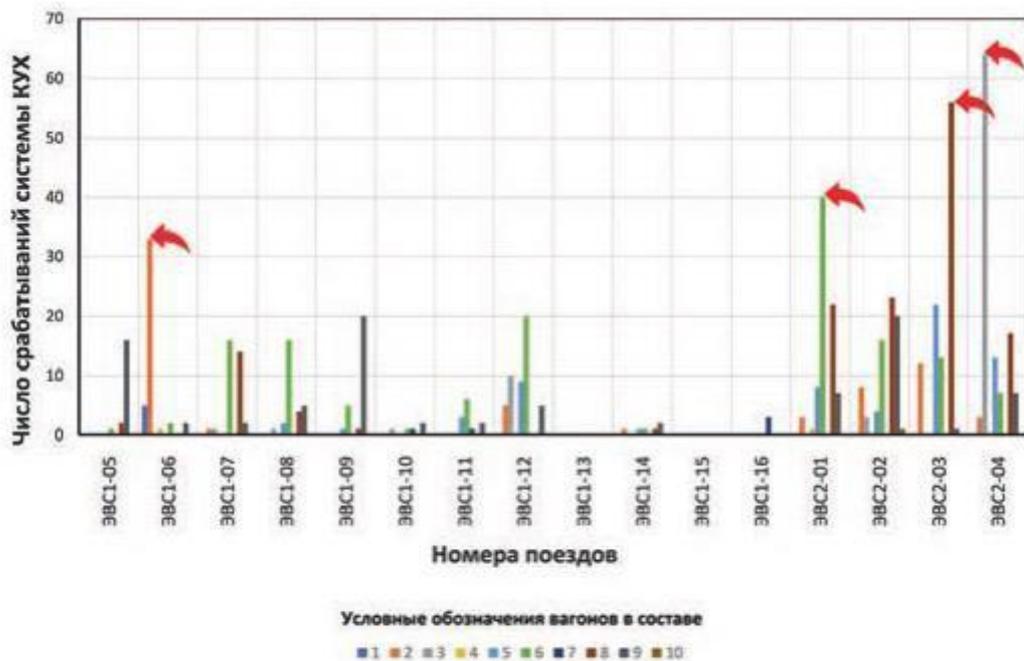


Рис. 3. Распределение числа срабатываний системы КУХ по вагонам поездов «Сапсан»

На этих рисунках четко видно шесть точек повышенного влияния состояния пути на длине маршрута Москва-Санкт-Петербург и четыре вагона в различных составах поезда «Сапсан», требующих контроля ходовой части.

Восприятие системой КУХ не только неровностей пути, но и несовершенств ходовой части вагонов подтверждает и рис. 4, где приведено распределение срабатываний датчиков системы КУХ в вагонах состава ЭВС2-04 по длине I пути линии Москва-Санкт-Петербург. На графике видно, что срабатывания КУХ на третьем вагоне происходят значительно чаще, чем на других вагонах, а на вагонах № 1, 4 и 7 они вообще не случаются.

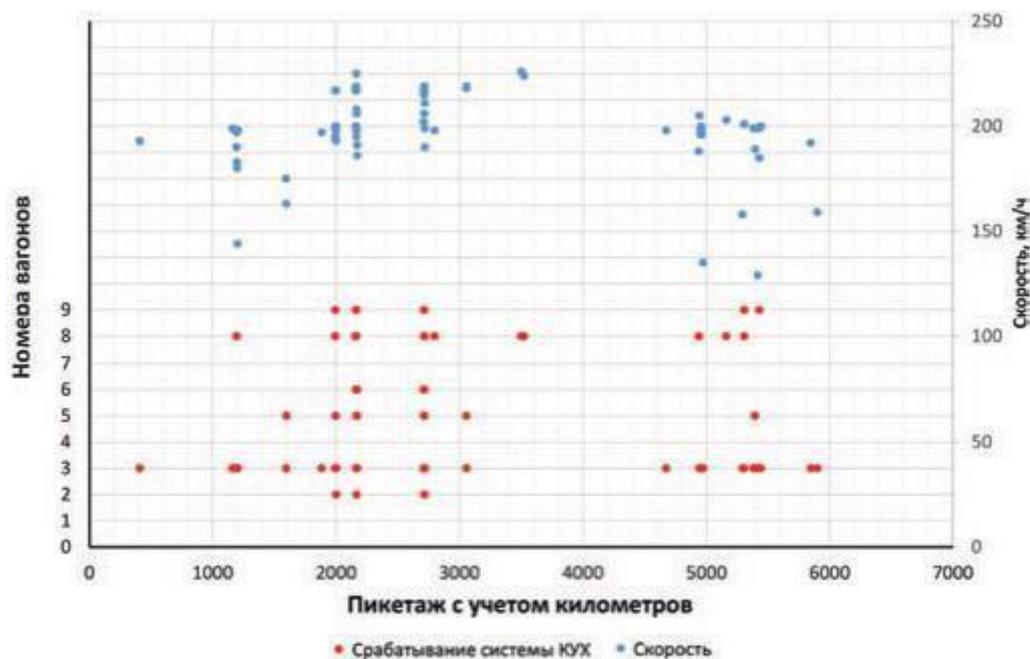


Рис. 4. Распределение срабатываний датчиков системы КУХ в вагонах состава ЭВС2-04 по длине I пути

Анализ срабатывания системы КУХ позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Причиной срабатывания датчиков системы КУХ с точки зрения оценки влияния пути являются стрелочные переводы, уравнильные приборы и другие факторы, возмущающие движение высокоскоростного поезда.

На линии Москва-Санкт-Петербург четко прослеживается шесть таких мест.

2. В 2017 г. в составах поездов «Сапсан» эксплуатировались четыре вагона, требующих контроля ходовой части.

3. Проведенный анализ показывает работоспособность принципа выявления причин динамической неустойчивости подвижного состава по состоянию пути и ходовой части вагонов с помощью ускорений кузова и/или тележек вагонов.

4. Все вагоны поездов регулярного обращения должны быть оборудованы устройствами контроля и обработки ускорений кузова, что позволит выявлять нарушения пути (при реакции датчиков с превышением нормированных значений в одном и том же месте трассы) и технического состояния вагонов (при повышенной реакции датчиков в одном и том же вагоне).

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ НА СЕВЕРЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

ПЕРЕСЕЛЕНКОВ Г.С., докт. техн. наук, академик РАТ и МАНЭБ



Технический прогресс в России очень зависит от развития транспортных систем в силу огромных территорий страны, разнообразных климатических условий и грунтов, в том числе многолетнемерзлых.

Коренное преобразование условий хозяйствования в XX в., на долю которого выпало три войны (Первая мировая, Гражданская и Великая Отечественная), повлекло за собой урбанизацию и рурбанизацию регионов, но в конечном итоге способствовало развитию сети путей сообщения и транспортных инфраструктур.

Развитие транспорта - автомобильного, трубопроводного и воздушного с модификацией тяги (дизельной, электрической, реактивной), а также подвижного состава сопровождалось большими трудностями при создании соответствующих инфраструктур вследствие их высокой стоимости.

Постепенно исторически сложившаяся транспортная сеть перестала удовлетворять потребности в перевозках часто меняющихся производителей и потребителей грузов, изменились направления грузопотоков. Возросшая роль временного фактора и многокомплексность привели к необходимости вариантного выбора видов транспорта, средств и методов логистики для минимизации затрат на развитие существующей сети, модернизации ее статической (путь и сооружения) и динамической (подвижной состав, управление, связь) подсистем.

Динамическая подсистема транспорта (любого вида) более приспособлена к модернизации, чем статическая. Поэтому на территориях с достаточно развитой сетью путей сообщения длительное время удавалось обеспечивать транспортное обслуживание только за счет развития логистических мер и модернизации инфраструктуры (развитие узлов и терминалов, специализация подвижного состава).

Необходимость создания новых трасс стала проявляться, прежде всего, в регионах, где транспортная сеть была развита слабо или вовсе отсутствовала,

но уже определились наиболее вероятные направления грузопотоков при общем освоении территорий [1]. В таких местах достаточно четко можно проследить последовательность развития сети.

Первый этап - развитие наименее затратных видов транспорта для освоения малых начальных грузопотоков: речного, в том числе на малых реках, и автодорожного, в том числе вездеходного. Следующий этап - модернизация судовых ходов, устройство покрытий и сооружений на автодорогах. Заключительный этап - строительство железных дорог для массовых, тяжелых и крупногабаритных грузов с включением их в государственную сеть.

Воздушный транспорт в XX в. стал одним из ведущих видов пассажирского сообщения.

Такая последовательность развития Единой транспортной сети, укоренившаяся в период планового хозяйствования, в современных условиях оказалась недостаточно гибкой. В настоящее время возникает необходимость не только пересмотра последовательности наращивания мощности по отдельным ветвям принятой (действующей) сети, но и изменения ее конфигурации с добавлением новых ветвей и узлов. Так, все актуальнее становится вопрос транспортной обеспеченности северных районов Дальнего Востока для решения ряда проблем:

развития геологоразведки, организации морского бурения и вовлечения в оборот крупнейших нефтегазовых месторождений с их защитой на акваториях Охотского и Шантарского морей;

развития рыболовства, добычи и производства морепродуктов с организацией береговых ремонтно-эксплуатационных баз и терминалов на восточном и западном берегах Охотского моря и Сахалина;

создания прямого железнодорожного выхода Якутии к морю с морским портом на стыке внутренних морей в устье рек Удд и Тором для экспорта угля и леса.

В XX в. связь Дальнего Востока с центром страны в основном обеспечивалась сухопутными видами транспорта и была исторически ориентирована на создание выхода сети дорог из центра страны на южную часть региона; в северной части региона преобладали воздушный и морской виды транспорта [2].

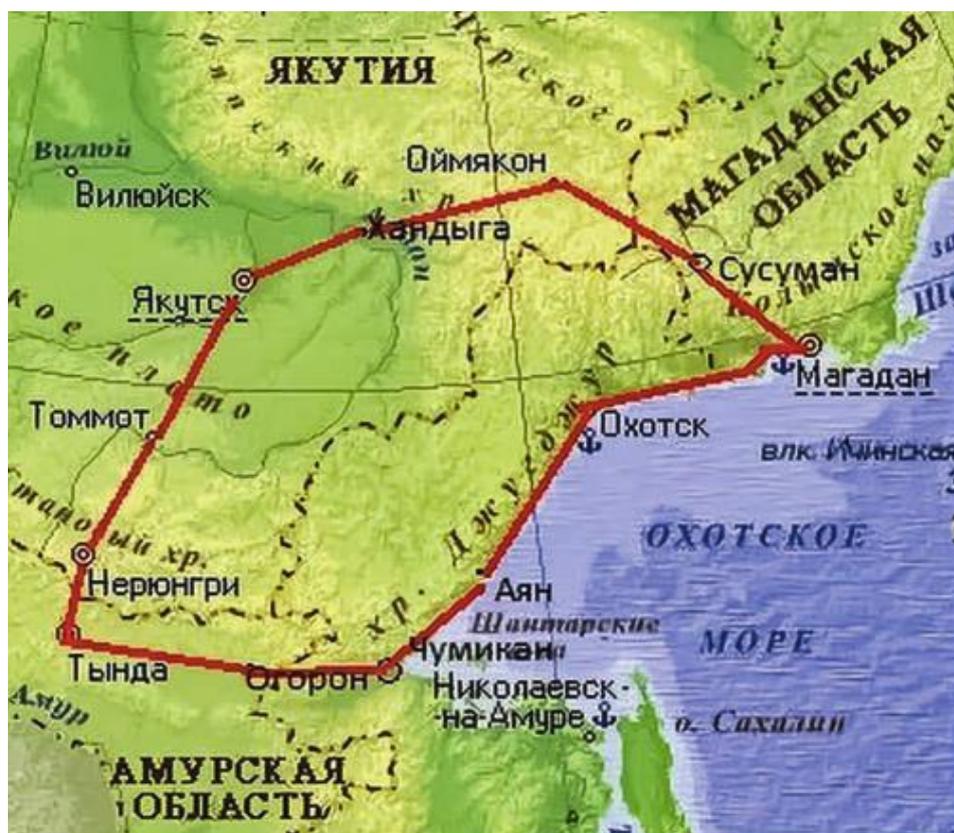
Для решения приведенных выше проблем, а также в целях самообеспечения экономики Дальнего Востока необходима детальная проработка вариантов развития всех видов транспорта в северной части полигона транспортной сети (см. рисунок) в границах:

на западе - рек Лена и Алдан с притоками с усилением речного судоходства, включая его всепогодные виды с внедрением судов на воздушной подушке и экранолетов;

на севере - автодорожной федеральной магистрали Якутск-Хандыга-Оймяконн-Магадан с перспективой завершения ее строительства и продолжения на Анадырь (Чукотка) и Палану (Камчатка);

на юге - участка строительства железнодорожных вторых путей БАМа Тында-Совгавань и хода на раздельном полотне от Огорона до Чумикана с развитием порта Чумикан;

на востоке - федеральной рокады (железнодорожная магистраль с притрассовой автодорогой) по берегу внутреннего Охотского моря, связывающей порты Магадан, Охотск, Аян, Чумикан с паромной переправой на север Сахалина (порт Москальво) для подключения к железнодорожной сети острова.



Строительство такой рокады кроме широкого выхода общей сети сухопутных дорог страны к ресурсам внутренних Охотского и Шантарского морей обеспечит и более короткое соединение этого полигона с Центральными регионами России. Трасса Магадан-Охотск-Чумикан-Тында более чем на 500 км короче трассы Магадан-Хандыга-Якутск-Тында [3].

Площадь развития транспортной сети на северном полигоне превышает 1,5 млн км(2), поэтому на начальном этапе следует выявить первоочередные направления трасс с учетом ресурсоемкости их создания, включая временной ресурс (затраты времени на исследование, изыскания, проектирование и строительство). Для выполнения поставленных задач необходимо привлекать научные организации и кооперироваться с заинтересованными ведомствами и территориальными организациями Якутии, Хабаровского края, Магаданской области и федеральными органами власти [4, 5].

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ПУТИ В УСЛОВИЯХ МОДЕРНИЗАЦИИ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА

625.173

ЩЕПОТИН Г.К., Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС), докт. техн. наук



Аннотация. В связи с модернизацией Восточного полигона возрастает плотность грузопотока, уменьшается время на текущее содержание и плановые ремонты пути. Вместе с этим увеличивается интенсивность отказов элементов пути из-за роста осевых нагрузок и грузонапряженности.

Для повышения эффективности управления техническим состоянием пути в этих новых условиях необходима технология технического обслуживания на основе оценки и прогноза надежности его элементов.

В условиях ограниченных ресурсов необходим компетентный обслуживающий персонал. Поэтому так важно совершенствовать процесс обучения и профессиональной подготовки специалистов путейского профиля.

Ключевые слова: железнодорожный путь, модернизация, техническое обслуживание пути, надежность пути, совершенствование профессиональной подготовки.

Согласно паспорту проекта модернизации Транссиба и БАМа к 2024 г. грузонапряженность путей Восточного полигона должна увеличиться в 1,5 раза. Реализовать планы, существенно повысив провозную и пропускную способность дорог, планируется за счет строительства вторых путей, увеличения числа поездов и внедрения новых грузовых вагонов с большой грузоподъемностью.

Перед путейцами встают более сложные задачи, так как с ростом плотности грузопотока уменьшается доступное время для технического обслуживания

пути, а интенсивность отказов увеличивается из-за роста осевых нагрузок и грузонапряженности [1].

Особенно остро для успешной модернизации Восточного полигона стоит задача повышения надежности рельсов [2], так как их долговечность в суровых климатических условиях вызывает много нареканий.

Очевидно также, что новые транспортные потоки будут способствовать усилению дефицита материалов верхнего строения пути. Под реализуемые в настоящее время и планируемые силовые нагрузки БАМ и Транссиб не проектировались [3].

При большой грузонапряженности каждый отказ пути тормозит не только проходящий состав, но и все составы, следующие за ним. При увеличенной плотности потока вся «очередь» движется с ограниченной скоростью, поэтому потери дорог растут экспоненциально [4].

С точки зрения потребителя надежность железнодорожного транспорта оценивается гарантированной доставкой грузов в указанные сроки. Следовательно, основной задачей работников путевого хозяйства является обеспечение безопасного движения поездов с установленными скоростями. Необходимо знать, с какой скоростью может быть пропущен транспортный поток по участку с учетом фактической надежности пути [5].

Таким образом, для повышения эффективности управления техническим состоянием пути в условиях модернизации Восточного полигона необходима технология технического обслуживания на основе оценки и прогноза надежности его элементов с учетом имеющихся ресурсов для выполнения путевых работ. Основной упор делается на принятие решения, заключающегося в сравнении вариантов технического обслуживания и выборе такого варианта, при котором при известных ограниченных ресурсах [С] достигается максимальная надежность пути.

Цель данной системы технического обслуживания - создать равнонадежный путь по направлению для обеспечения движения тяжеловесных грузовых поездов без снижения скорости [6].

Надежность пути может быть описана математической моделью, согласно которой его состояние характеризуется некоторым набором параметров:

$$x = (x_1, x_2, x_3, \dots), \quad (1)$$

где x_1 — ширина колеи; x_2, x_3, \dots — положение пути соответственно по уровню, в плане и т. д.

Таким образом, состояние системы изменяется со временем в пространстве X и описывает траекторию $x(t)$, которая дает картину изменения свойств технической системы «путь».

В пространстве X есть множество A , попадание в которое считается отказом. Для выхода системы из множества A необходимо выполнить ремонт.

Множество А определяется действующими нормативно-техническими документами.

Траектория $x(t)$ для Восточного полигона изучена недостаточно (например, работа бесстыковой конструкции пути в условиях холодного климата). Исследование же функции $x(t)$ для решения задач теории надежности имеет принципиальное значение, так как она полностью описывает состояние системы и позволяет определять характеристики ее надежности.

Выполненные эксперименты по оценке надежности элементов пути показывают, что $x(t)$ - случайная функция. Это требует постоянного наблюдения за работой пути под поездами [2].

Общее выражение для вероятности безотказной работы имеет вид

$$P(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right), \quad (2)$$

где $\lambda(t)$ — интенсивность отказов.

С помощью зависимости (2) можно получить формулу для вероятности безотказной работы любого элемента пути при любом известном распределении времени наработки на отказ.

Исследования динамики отказов свидетельствуют о том, что число отказов различных элементов пути на единицу наработки (пропущенного тоннажа) не только возрастают со временем в результате износа и необратимого процесса накопления усталостных повреждений, но и имеют сезонный характер, т. е. меняются в зимне-весеннее время под воздействием природно-климатических факторов [3]. Поэтому необходим учет сложного нелинейного вида потока отказов для оценки надежности пути.

В то же время техническое обслуживание заключается в проверке через определенные интервалы времени состояния системы, замене некоторых элементов и регулировке параметров при их отклонении за допустимые пределы.

Управляющее воздействие на эксплуатируемую систему может осуществляться либо в соответствии с программой эксплуатации, которую составляют заранее исходя из априорных сведений о системе, либо в соответствии с управлением системы по принципу обратной связи (позиционная стратегия).

Техническое обслуживание формируется на основе большого количества информации о безотказности и ремонтпригодности системы, статистике случайных процессов изменения ее параметров и др.

На рис. 1 приведена блок-схема решения задач технического обслуживания (ТО).



Рис. 1. Блок-схема решения задач технического обслуживания

Исходные данные об отказах элементов пути первоначально фиксируются в соответствующих учетных документах дистанций согласно установленным формам первичной документации [6].

В результате расходования ресурса и деятельности обслуживающего персонала интенсивность отказов пути, с одной стороны, имеет тенденцию к увеличению, а с другой - к уменьшению. Только преодолев эти противоречия, можно определить оптимальные соотношения между техническим обслуживанием и надежностью пути.

Модель эксплуатации по наработке представлена на рис. 2.

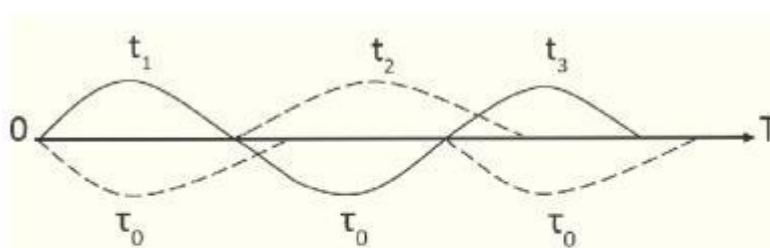


Рис. 2. Модель эксплуатации по наработке

В момент $T = 0$ элемент устанавливается в систему, и планируется его профилактическая замена через время τ_0 . Однако отказ происходит через время $t_1 < \tau_0$. Поэтому при $T = t_1$ его замену перепланируют и назначают на момент $t_1 + \tau_0$. Если до указанного момента времени элемент не отказывает, то выполняют плано-предупредительную замену, и т. д.

При эксплуатации по состоянию (рис. 3) замену элементов назначают при достижении контролируемого параметра D предельного состояния $[D]$ (например, допустимый выход рельсов, шт/км).

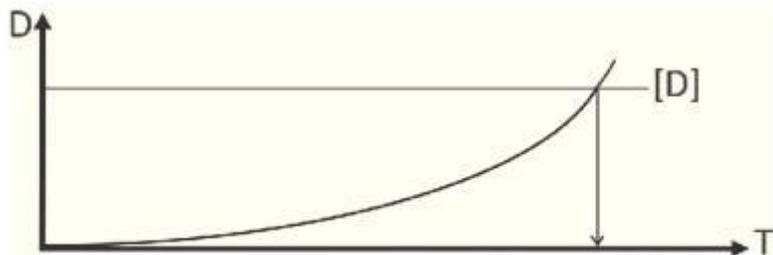


Рис. 3. Модель эксплуатации по состоянию

Обоснование программы технического обслуживания всегда сводится к поиску оптимального решения задачи, у которой в качестве исходных данных используются оценки технического состояния эксплуатируемой системы.

На основе изложенных ранее принципов строится планово-предупредительная система технического обслуживания пути, при которой объем операций обслуживания и их периодичность неизменны. При этом априори принимается, что необходимые для этого ресурсы имеются в наличии.

Более реальным на практике является планирование технического обслуживания пути по состоянию при ограниченных ресурсах (см. рис. 1). В этом случае основной упор делается на задачу принятия решения. Она заключается в сравнении вариантов технического обслуживания и выборе такого (оптимального) варианта, при котором при заданных ресурсах $[C]$ будет достигнута максимальная надежность пути ($\max P$).

При этом необходимо выполнить прогноз состояния элементов пути в зависимости от возможных вариантов технического обслуживания, что влечет за собой дополнительные требования к разработке моделей отказов по показателю точности прогноза (рис. 4).

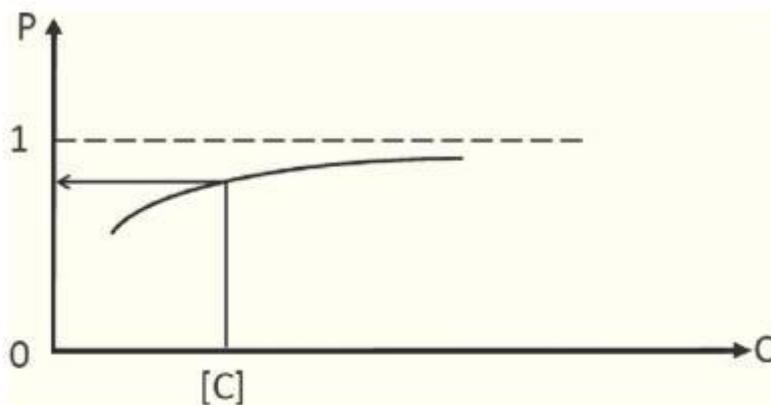


Рис. 4. Модель эксплуатации по состоянию при ограниченных ресурсах (принятие решения: $\max P$ при заданных $[C]$)

Задача разработки метода прогнозирования и внедрения его в инженерную практику стоит очень остро, так как от точности прогноза зависит сокращение эксплуатационных расходов [6].

Прогнозирующая система должна иметь контуры обратных связей с результатами. Необходима апостериорная информация для разработки прогноза и уточнения модели отказов при каждом шаге принятия решения на техническое обслуживание. В этом случае будет происходить адаптация модели прогноза отказов к изменившимся эксплуатационным условиям, качеству материалов и др. [6].

В связи с внедрением в сложных инженерно-геологических и климатических условиях Сибири современных технологий управления и конструкций пути необходимо значительное повышение квалификации инженерно-технических работников путевого хозяйства дорог. Для подготовки кадрового обеспечения требуются время и квалифицированные специалисты с практическим опытом работы на объектах сооружений инфраструктуры.

К сожалению, в настоящее время выпускники транспортных вузов зачастую имеют несистематизированные и противоречивые знания по вопросам управления техническим состоянием пути. Очевидно, сказываются недостатки учебно-методического обеспечения и нехватка квалифицированного кадрового персонала.

Путевое хозяйство - сложная организационная система управления, в которой важна степень участия человека в управлении надежностью пути. Практически нет таких ошибок, которые не может совершить обслуживающий персонал. Поэтому важно защищать техническую систему (путь) от ошибок человека [7].

В первом приближении для оценки безаварийной работы пути $P_{\text{путь}}$ с учетом «человеческого фактора» можно записать

$$P_{\text{путь}} = P_{\text{всп}} P_{\text{зп}} P_{\text{тд}} P_{\text{оп}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{всп}}$ — вероятность безотказной работы верхнего строения пути; $P_{\text{зп}}$ — вероятность безотказной работы земляного полотна; $P_{\text{тд}}$ — вероятность безотказной работы средств технической диагностики; $P_{\text{оп}}$ — вероятность безотказной работы обслуживающего персонала (путейцев).

Работая в условиях ограниченных ресурсов, обеспечить максимальную безопасность только техническими средствами затруднительно. Необходим подготовленный обслуживающий персонал. Однако качественное улучшение специалистов путейского профиля невозможно без совершенствования процесса обучения и профессиональной подготовки.

В настоящее время в транспортных вузах учебный курс (кадровое, учебно-методическое и материально-техническое обеспечение) «Надежность пути и безопасность движения поездов» отсутствует. Поэтому в кратчайшие сроки подготовить управленцев-путейцев затруднительно.

Решать эту задачу следует на базе специализированного путейского учебного центра на основе комплексного подхода: учебно-методическая работа, связь с производством, обучение и проверка знаний по нормативнотехнической документации, повышение квалификации.

ИЗМЕРИТЕЛЬНО - УПРАВЛЯЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДОЗИРОВАННОЙ ВЫГРУЗКИ БАЛЛАСТА

681. 518

СЫЧЁВ В.П., Российский университет транспорта (МИИТ), докт. техн. наук,

КУЛЕШОВ П.Н., ЗАО «ПИК Прогресс», генеральный директор,

СЫЧЁВ П.В., ООО «ВАГОНПУТЬМАШ», генеральный директор, канд. техн. наук



Аннотация. Предложено устройство по контролю и управлению дозированной выгрузкой балласта из хоппер-дозатора при выполнении технологических операций по укладке балласта в путь при ремонтах и техническом обслуживании колеи, преимущественно при восстановлении очертаний рельсовых нитей и балластной призмы в пределах установленных допусков их содержания.

Ключевые слова. Измерение, выгрузка, балласт, железнодорожный путь, рельсовая нить, хоппер-дозатор.

Работа с балластом - наиболее трудоемкая среди прочих операция текущего содержания и ремонта пути. Переход от ранее выпускавшейся модели хоппер-дозаторов ЦНИИ-ДВЗМ с непрерывной схемой выгрузки балласта к модели ВПМ-770 с прерывистой выгрузкой позволил вплотную подойти к расходованию балласта в более экономном объеме, ограниченном технологическими потребностями, и добиться при этом снижения доли ручного труда [1, 2].

Тем не менее в управлении разгрузочно-дозирующими механизмами хоппер-дозаторов модели ВПМ-770 по-прежнему участвуют люди, что определяет субъективный подход к оценке необходимого объема выгружаемого балласта. Поэтому дальнейшее развитие технологии текущего содержания и ремонтов пути должно быть направлено на практически полную автоматизацию процессов выгрузки и распределения балласта с расчетом

требуемого объема по результатам оценки состояния пути. Развитие инфраструктуры железных дорог и современные подходы к решению задач повышения эффективности ее эксплуатации [3, 4] требуют создания технических средств, максимально снижающих влияние «человеческого фактора».

В этих целях была разработана измерительно-управляющая система (ИУС) дозирования балласта [5] на основе хоп-пер-дозаторов с прерывистой системой выгрузки, в частности, модели ВПМ-770 и путеобследовательской станции ЦНИИ-4 в качестве измерительного модуля. Ее цель - обеспечить контроль дозировки балласта в путь с минимальным участием человека.

Блок непрерывного измерения массы выгружаемого и остающегося в емкости балласта содержит измерительные датчики, преобразователи, приемник и передатчик для входа в информационно-вычислительный модуль, который, в свою очередь, связан с модулем управления выгрузкой и дозированием балласта. Блок целиком или отдельные его составляющие устанавливаются на тележке или раме подвижного средства или раме дозатора. При этом в качестве одного из элементов такого блока может служить счетчик времени открытия и закрытия крышек. Распределение массы балласта на всем протяжении участка, где показатели оценки состояния пути выходят за пределы нормированных допусков отклонений, осуществляется с помощью датчика местоположения системы, который определяет начало и конец рассматриваемого участка и связан с блоком измерения показателей состояния пути и блоком контроля за массой выгружаемого балласта в сравнении с расчетными параметрами. Этот блок тоже связан с блоком управления приводом механизмами выгрузки и дозирования балласта.

Датчик определения местоположения может быть установлен на кузове или раме транспортного средства, например, в виде антенны, принимающей сигналы от навигационной спутниковой системы, обеспечивая привязку к географическим и геодезическим координатам нахождения комплекса, выявленных и спланированных мест выгрузки балласта для выполнения неотложной или плановой технологической операции. На раме ИУС размещают приспособления, которые служат модулем для измерения геометрических очертаний рельсовых нитей, их взаимного положения, стрел изгиба пути в плане и в продольном профиле, очертаний балластной призмы, других элементов опорной поверхности рельсов и их отклонений от эталонных значений, задаваемых в виде априорной информации перед измерением и включающей также сведения об эксплуатационных и технических характеристиках исследуемого участка.

Расчет потребного количества балласта выполняется на основе сравнения фактического профиля пути с тем, который должен быть после проведения ремонта. Измерение профиля пути проводится путеобследовательской станцией ЦНИИ-4 [6], сравнение измеренных и паспортных профилей - с помощью программно-математического обеспечения ЦНИИ-4 «Анализ».

На рис. 1 вверху представлены измеренный и паспортные профили главного пути, ниже - отклонения измеренного профиля от паспортных данных.

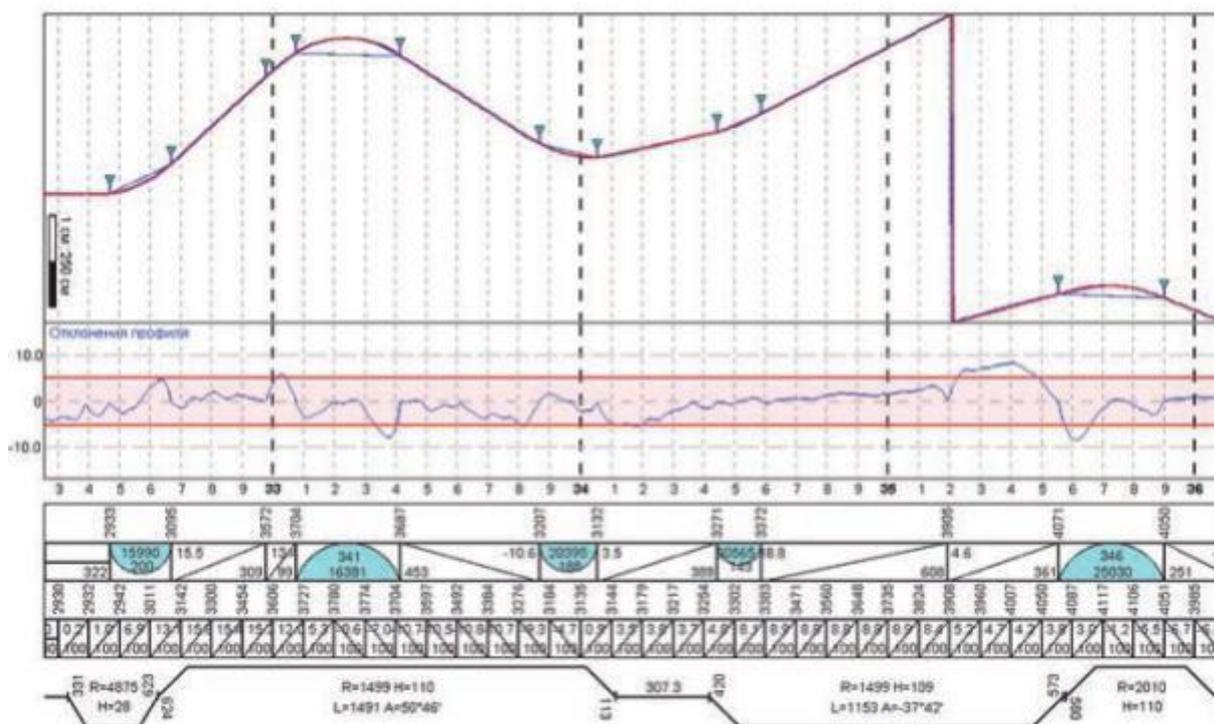


Рис. 1. Профили главного пути

Интегрируя эти отклонения по пути, можно получить объем требуемого дополнительного балласта на каждом участке. Так, при среднем отклонении профилей 8 см с учетом объема шпал необходима подсыпка 0,14 м(3).

Отклонения профилей в зонах стрелочных переводов и мостов, как правило, более значительные и неравномерные. Они требуют индивидуального расчета потребного балласта (рис. 2).

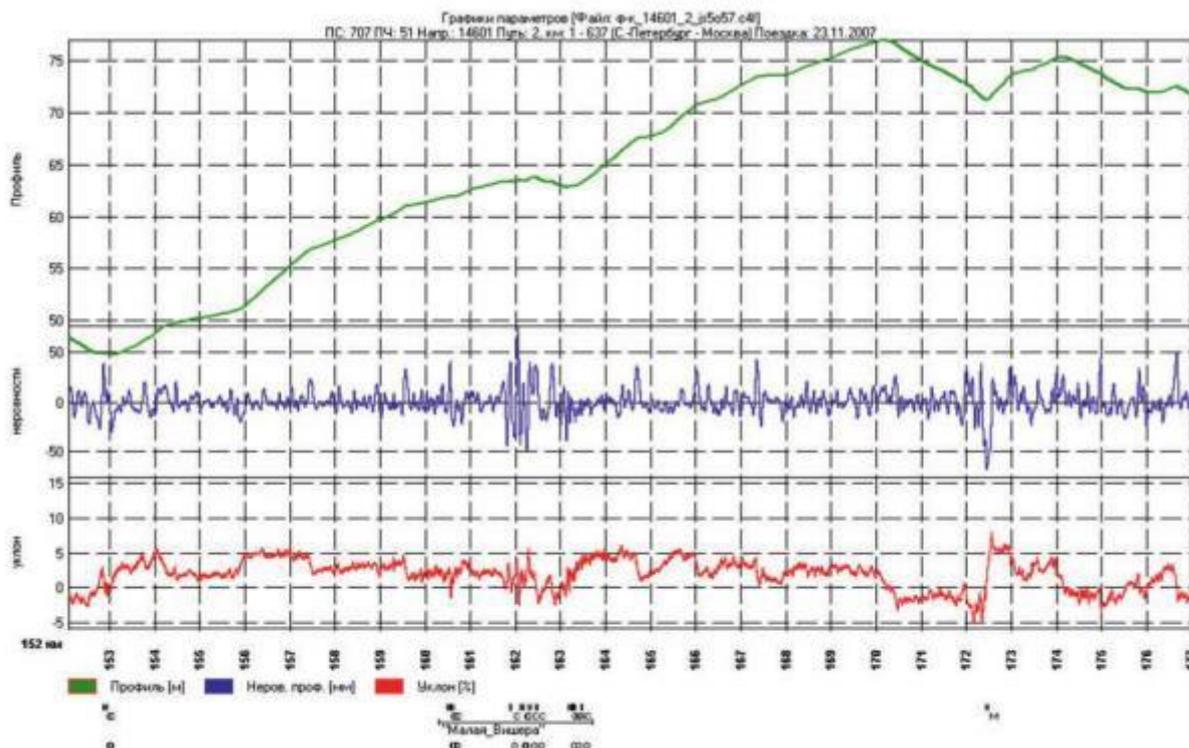


Рис. 2. Отклонения профилей в зонах стрелочных переводов и мостов

Измерительный модуль формирует матрицу измеренных величин, превышающих пороговые значения, что говорит о неисправностях пути, подлежащих устранению подсыпкой или вырезкой балласта.

При этом модули устройства могут быть конструктивно объединены и установлены как на одно техническое средство системы обслуживания и ремонтов пути, например, на хоппер-дозатор, так и на разные, например, измерительный модуль - на вагон-путеизмеритель ВПС ЦНИИ-4, информационно-вычислительный модуль - дистанционно, в частности, на вагон сопровождения хоп-пер-дозаторов, а модуль управления выгрузкой - на хоппер-дозатор.

Схема измерительно-управляющего устройства дозированной выгрузки и распределения балласта на железнодорожный путь приведена на рис. 3. Устройство разделено на три модуля, размещенные на одной или разных рамах, опирающихся на ходовые тележки: I - измерительный; II - информационно-вычислительный, III - управляющий.

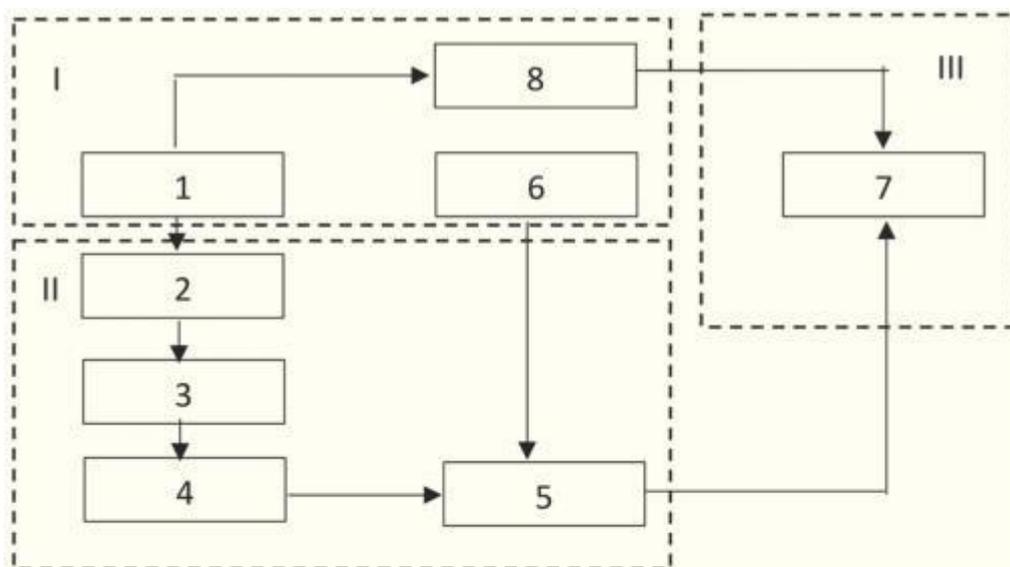


Рис. 3. Схема измерительно-управляющего устройства дозированной выгрузки и распределения балласта:

1 — блок измерения параметров состояния пути; 2 — вычислительное устройство; 3 — блок оценки содержания параметров пути; 4 — блок расчета массы балласта; 5 — блок сравнения рассчитанной и измеренной массы балласта; 6 — блок непрерывного измерения массы балласта в емкости, установленной на транспортном средстве; 7 — блок управления приводом дозирования и разгрузки; 8 — датчик местоположения

Устройство работает следующим образом. Блок 1 определяет параметры состояния пути, в частности, геометрическое положение рельсовых нитей с фиксацией места нахождения по показаниям датчика местоположения с привязкой к геодезическим и географическим координатам пути (блок 8). С помощью вычислительного устройства в блоке 2 формируется база данных о состоянии колеи. В блоке 3 оценивается соответствие измеренных показателей установленным нормативными документами допуском, преимущественно по величинам отступлений от норм содержания рельсовых нитей. В блоке 4 определяется необходимое для восстановления положения рельсовых нитей количество балласта и протяженность участка, где показатели состояния пути сильно отступают от нормы. В блоке 5 идет контроль за выгружаемым балластом посредством сравнения рассчитанной массы с фактической, непрерывно измеряемой в блоке 6, с одновременной подачей сигнала на управление приводом 7 разгрузочно-дозировочного механизма. Если рассчитанная масса балласта не больше, чем измеренная, блок 7 подает сигнал на силовые цилиндры на закрытие крышек разгрузочно-дозировочного механизма. (При практической реализации устройства, как вариант, можно дополнительно установить счетчик контроля времени нахождения крышки в открытом состоянии, при этом массу фактически выгружаемого балласта вычислять как функцию площади разгрузочного отверстия емкости и времени удержания крышки в открытом состоянии.)

Таким образом, способ контроля дозировки балласта во время приведения пути в соответствие с допусками осуществляется на основе суммирования

информации о непрерывно измеряемых геометрических параметрах рельсовых нитей, оценки отступлений от установленных норм, расчета и сравнения необходимой с непрерывно измеряемой массой балласта, выгружаемого из емкости и остающегося в ней в процессе выгрузки, с последующей остановкой выгрузки по достижению рассчитанных значений.

Внедрение ИУС позволит рассчитать подсыпку или вырезку балласта в объеме, необходимом для приведения стальной колеи в состояние, соответствующее нормам. Как видно из вышесказанного, измерительно-управляющее устройство выгрузки балласта на путь и возможный при этом способ контроля дозировки высыпаемого материала обеспечивают оптимальное расходование балласта, требуемое для выполнения технологических операций при минимальном влиянии «человеческого фактора», за счет чего повышается уровень безопасности труда при производстве путевых работ.

Вычислительное устройство измерительно-управляющего комплекса можно разместить и вне транспортного средства, тогда взаимодействие с блоками будет осуществляться дистанционно.

По результатам исследований получены патенты на изобретение [7, 8].