

Инфраструктура

Методика прогнозирования

Анатолий Абдурашитов, начальник отдела рельсов Проектно-конструкторского бюро по инфраструктуре



Исследования | Проектно-конструкторское бюро по инфраструктуре (ПКБ И) подготовило новую Методику оценки воздействия подвижного состава на рельсы в части их прочности и устойчивости. До конца года документ будет представлен на согласование в Центральную дирекцию инфраструктуры.

Методика заменит существующую, которой семь лет. Уточняется воздействие подвижного состава на путь, даётся оценка возможности зарождения и развития трещины в головке, шейке и подошве рельсов в зависимости от условий нагружения. По сути, прежняя методика по оценке прочности конструкции пути по первому предельному состоянию не перерабатывалась с 1954 года, и многие вопросы, такие как развитие трещин по всему сечению шейки подошвы и в головке рельса, в ней не затрагивались. По заказу Департамента технической политики в соответствии с рекомендациями 139-й Рельсовой комиссии ПКБ И внесло в документ необходимые изменения.

Цель создания новой методики – прогнозирование отказа рельсов по дефектам 5-й и 6-й групп, то есть дефектам повреждения шейки и подошвы рельса, а также по дефектам 1-й и 2-й групп (контактно-усталостные дефекты). В основе расчётов лежит алгоритм определения критериев прочности рельсов при наработке тоннажа до нормативных значений. Среди учитываемых параметров: осевая нагрузка, нагрузка от колёс подвижного состава; план линии; скорость движения подвижного состава; наличие отступлений в профиле; влияние шпифовки рельсов; кратность тяги, рекуперативное торможение и горно-перевальные условия; влияние климатических условий; специфика воздействия подвижного состава на конкретном рассматриваемом участке.

С помощью новой методики уже проведённые исследования рельсов типа Р65. Выявлено, что воздействующие на них при тяжёлом движении боковые силы почти в 1,5 раза выше допускаемых. Поэтому 6300 тонн они могут пропускать, а под 6700 и 7100, возможно, потребуется усиление конструкции пути. Эти исследования проводят АО «ВНИИЖТ» и АО «ВНИКИ».

Стендовые испытания перспективных рельсов типа Р71 дали лучшие результаты, чем у Р65. Результаты математического моделирования, анализа напряжённо-деформированного состояния (НДС) участка пути в зоне стыковых скреплений при использовании стыка болтового типа показывают снижение эквивалентных напряжений в среднем от 6% до 37% в сравнении с рельсами Р65 в зависимости от положения колеса.



СЕРГЕЙ ГУСОВ/ПРЕСС-СЛУЖБА ОАО «РЖД»

Результаты анализа НДС участка пути в зоне стыковых скреплений с рельсами Р71 при использовании стыка с композитными накладками показывают снижение эквивалентных напряжений в среднем на 16–27% относительно стыка с рельсами Р65 в зависимости от положения колеса.

В декабре рельсы Р71 будут уложены на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа в Щербинке, а впоследствии начнут подконтрольные накладки показывают снижение эквивалентных напряжений в среднем на 16–27% относительно стыка с рельсами Р65 в зависимости от положения колеса.

На 11,5 тыс. поездо-часов снижены потери после увеличения скоростей движения по остродефектным рельсам в 2023 году

Математика рассказывает о поведении дефекта

Константин Заграничек, заместитель директора научного центра «Инфраструктура» АО «ВНИИЖТ»



Разработки | Применение расчётного моделирования для прогнозирования скорости развития дефектов в рельсах может значительно снизить влияние поломок на пропускную способность железных дорог. При этом сохраняются условия безопасной эксплуатации путей инфраструктуры.

Согласно инструкции № 2499, при обнаружении дефектов рельсов необходимо принять определённые меры для снижения динамического воздействия. К ним относятся введение ограничений скорости в зависимости от вида, размера и месторасположения дефекта, проведение ремонтно-восстановительных работ и изъятие рельсов из пути в установленный срок.

Понимание интенсивности развития дефектов для различных условий эксплуатации даёт возможность наиболее точно и дифференцированно подбирать необходимые мероприятия, оптимизировать скоростные режимы пропуска поездов и порядок замены. Для решения поставленной задачи используется имитационное математическое моделирование. Этим вопросом мы занимаемся совместно с коллегами из Приволжского государственного университета путей сообщения.

На основе имеющихся данных о технических характеристиках пути и подвижного состава методом математического моделирования разрабатывается динамическая модель взаимодействия системы «подвижной состав – путь». Далее проводятся расчёты вариантов

силового воздействия на путь. Для расчётов скорости развития дефекта рельсов разрабатывается конечно-элементная модель с дефектом в виде усталостной трещины, учитывающая нагрузки, свойства металла, внутренние остаточные напряжения и температурные параметры. Полученные данные верифицируются экспериментами на лабораторном и стендовом оборудовании, а также при реальной эксплуатации. Далее производится корректировка модели и выводится окончательный расчёт, позволяющий более эффективно применять ограничительные меры.



Благодаря расчётному моделированию ОАО «РЖД» получает значительный экономический эффект

Благодаря применению имитационного математического моделирования ОАО «РЖД» получает значительный эксплуатационный и экономический эффект. Так, в 2020 году на основе этой методологии было пересмотрено ограничение скорости движения при низких температурах: с 60 км/ч при –30°C на 70 км/ч при –40°C и ниже. Соответствующие изменения в инструкции по снегоборьбе позволили за последние три года значительно сократить среднесуточное количество выдаваемых ограничений скорости по температуре.

В 2022 году была обоснована возможность увеличения скоростей при движении по остродефектным рельсам. Ранее скорость ограничивалась до 25 км/ч до замены рельса в течение трёх часов или до принятия специальных мер – взятия дефектного места в накладки или струбцины. В настоящее время после обнаружения остродефектного рельса при непосредственном «окна» для замены допускается поэтапное снижение скорости от 80 до 25 км/ч в течение восьми часов, что снизило потери на 11,5 тыс. поездо-часов в 2023 году.

Диалоги о надёжном пути

Взаимодействие | Ассоциация разработчиков, производителей и поставщиков элементов инфраструктуры железнодорожного транспорта (АРППЭИ) организует и активно работает в мероприятиях с участием разработчиков, производителей, эксплуатационников и поставщиков элементов верхнего строения пути железнодорожного транспорта.

В Санкт-Петербурге с 9 по 12 сентября 2024 года под председательством ОАО «РЖД» и при поддержке АРППЭИ состоялся выездной научно-технический совет по теме «Улучшение плавности хода поездов и повышения комфорта следования пассажиров на участках скоростного, высокоскоростного и пассажирского движения поездов и взаимодействия колесо–рельс».

Практическая часть мероприятия включала осмотр безбалластного участка верхнего строения пути перегона Саблино – Тосно на высокоскоростном направлении пассажирского движения на участке скоростного, высокоскоростного и пассажирского движения поездов и взаимодействия колесо–рельс.

В ОАО «РЖД» принята на вооружение дорожная карта, направленная на обеспечение уровня комфортности следо-

вания пассажиров и плавности хода поездов на период с 2023 по 2025 год на направлениях: Москва – Санкт-Петербург; Москва – Красное, Москва – Нижний Новгород, Москва – Адлер, Москва – Казань. В связи с этим холдинг внимательно отслеживает новейшие предложения по разработке и внедрению современных конструкций подпольного основания. Специалисты рассмотрели итоговые результаты разработки, испытаний и внедрения стыка уравнительного проекта СП1060.00.000 для скоростных и высокоскоростных железнодорожных линий.

Как отметил представитель АО «БЭТ» Олег Воробьёв, компания предлагает широкий спектр элементов железобетонного основания пути для скоростных и высокоскоростных перевозок, в частности варианты безбалластной конструкции верхнего строения пути (БВСП).

«Здесь есть возможность регулировать высоту путевой



АРППЭИ

Председатель правления АРППЭИ Сергей Кузнецов (в центре) с коллегами на 140-м заседании НП «Рельсовая комиссия»

плиты до 50 мм за счёт встроенных винтовых домкратов, а сама плита – высокопрочная, из армированного железобетона класса более В40, морозостойкостью F1300 и водонепроницаемостью W12, – говорит Олег Воробьёв. – Между плитами есть разделительный слой из эластомерного материала, а сами они могут быть заменены при текущем содержании в шестичасовое «окно». Срок службы плит не менее 50 лет».

При этом БЭТ предлагает варианты устройств переходных участков «балласт–безбалласт», систему БВСП для стрелочных переводов уравнительных стыков, отдельные элементы для балластного и безбалластного

пути. Эти решения смогут увеличить и скорость, и показатель плавности движения пассажирских поездов.

Одним из наиболее значимых мероприятий в начале октября стало 140-е заседание неформальной партнёрства «Рельсовая комиссия» в Новокузнецке. Здесь традиционно обсуждаются вопросы улучшения качества рельсовой и стрелочной продукции, совершенствования технологий со-

держания и диагностики пути, разработки моделей путевой техники.

На заседании были рассмотрены требования к характеристикам элементов подпольного основания и их свойствам с учётом эксплуатации.

Если говорить о перспективах развития холода, то для ОАО «РЖД» особенно важно строительство пути, рассчитанного на эксплуатацию 2,5 млрд тонн брутто, а также высокоскоростной магистрали. Предприятия, входящие в АРППЭИ, участвуют в разработке новых элементов пути, которые будут отличаться особой прочностью и надёжностью при повышенных нагрузках, как в грузовом, так и в скоростном вариантах будущих трасс. Провозная способность Восточного полигона к 2027 году возрастёт до 185 млн тонн грузов, в 2028-м – до 197 млн тонн, а к 2035 году – до 255 млн тонн при минимальном количестве «окон». Кроме того, компании требуется облегчённая и недорогая конструкция железнодорожного пути для организации пассажирских перевозок внутри городов и между регионами.

Также представители АРППЭИ приняли участие

в XXII Всероссийской научно-практической конференции «Безопасность движения поездов», которая прошла в РУТ (МИИТ). Цель мероприятия – объединить усилия железнодорожников, транспортных машиностроителей, проектировщиков и производителей компонентов для разработки новых решений в отрасли. Особое внимание уделено импортозамещению и изменению цепочек поставок комплектующих для железнодорожной продукции, обеспечению её соответствия обязательным требованиям.

Как отметил председатель правления АРППЭИ Сергей Кузнецов: «Мы постоянно принимаем участие в обсуждении проблем, связанных с применением и внедрением новых конструкций и элементов верхнего строения пути. Объединяем на площадках при обсуждении основных производителей и поставщиков, представителей отраслевой науки и основного заказчика – ОАО «РЖД». Вот этот симбиоз производителей и эксплуатантов является залогом для успешного развития в стране тяжёлового и высокоскоростного движения».

Олег Камнев

АО «НСЗ» испытывает стрелки на прочность

Решения | С ростом осевых нагрузок подвижного состава на путь и объёмов перевозок, в особенности на полигонах восточного направления, «Новосибирский стрелочный завод» (АО «НСЗ») сталкивается с новыми вызовами. Первоочередная задача – увеличение сроков службы стрелочной продукции и отдельных её элементов.

Специалисты АО «НСЗ» ведут мониторинг стрелочной продукции и анализируют случаи отказов и причины преждевременного выхода из строя её элементов. На основе полученных данных они выделили три главных направления в работе над повышением надёжности стрелочной продукции: изменение технологии, модернизация конструкции, изготовление отдельных элементов с применением износостойких материалов.

Чтобы подтвердить характеристики, усовершенствованные элементы укладываются в действующую инфраструктуру для мониторинга их состояния.

Так, чтобы повысить надёжность крестовин, была возобновлена технология упрочнения поверхности катания энергией взрывной волны.

Определён полигон подконтрольной эксплуатации стрелочных переводов с крестовинами, упрочнёнными взрывом. Наблюдение за крестовинами проводилось в условиях Забайкальской, Восточно-Сибирской, Западно-Сибирской, Свердловской, Южно-Уральской, Куйбышевской, Октябрьской, Северной и Горьковской железных дорог в соответствии с программой и методикой испытаний, которая включала в себя оценку интенсивности износа и образования дефектов. Под наблюдение в 2022–2023 годах были взяты 77 крестовин – как упрочнённые взрывом категории ВВ, так и не упрочнённые, для сравнения полученных результатов.

При обработке полученной информации по каждой дороге были рассчитаны минималь-

ные, средние и максимальные значения пропущенного тоннажа. Средний минимальный пропущенный тоннаж до изъятия из пути составил 102,2 млн тонн брутто (причины изъятия не связаны с упрочнением поверхности катания). Максимальные наработанные тоннажи зафиксированы на Забайкальской, Западно-Сибирской, Свердловской и Октябрьской дорогах, где тоннажи превысили 200 млн тонн брутто, а подконтрольные крестовины продолжают эксплуатироваться.

Ещё одним направлением повышения надёжности крестовин было выбрано улучшение качественных характеристик марганцевой стали. На станции Камень-на-Оби были уложены опытная крестовина с литым сердечником из стали с улучшенными качественными характеристиками и серийная. Обе крестовины не упрочнены энергией взрывной волны и уложены в один день, по одному пути с одинаковой грузонапряжённостью. После пропуска 60 млн тонн на крестовине с литым сердечником, изготовленным из стали с улучшенными качественными характеристиками, развитие дефектов на поверхности катания от динамических нагрузок меньше, чем на серийной крестовине.

Не остались без внимания и другие элементы стрелочных переводов. На основании анализа выхода из строя контрольных подкладок с упором по сети дорог АО «НСЗ» принято решение о разработке в 2024 году цельнолитых подкладок с упором вместо сварных. Опытные образцы подкладок были изготовлены, уложе-

ны и взяты под наблюдение на станциях Чита-2 и Маккавеево Забайкальской железной дороги, Жеребцово и Камень-на-Оби Западно-Сибирской железной дороги. Были выбраны наиболее подверженные развитию этого дефекта стрелочные переводы: например, на станциях Маккавеево и Чита-2 периодичность выхода из строя серийных подкладок с упорами в зоне переката колеса по крестовине составляла две недели.

Укладка подкладок с упорами была произведена поэтапно согласно программе и методике испытаний. В качестве эксперимента было из-



Цельнолитые подкладки с упором

АО «НСЗ»

готовлено два комплекта подкладок с упором, один из которых подвергался термообработке, второй укладывался в путь нетермообработанным. Анализ укладки показал, что подкладки с термообработкой надёжнее. Так, на комплекте без термообработки за период подконтрольной эксплуатации выявлен излом одного упора. Весь комплект нетермообработанных подкладок с упорами был изъят, вместо него уложен комплект, прошедший процесс нормализации. На момент последнего обследования период эксплуатации составил два месяца. Ни одного дефектного упора не выявлено.

Для снижения износа контрольных рассматривается возможность применения контрольного уголка из стали повышенной износостойкости.

Чтобы сравнить динамику износа и подготовить технико-экономическое обоснование, были изготовлены, уложены и взяты под наблюдение контрольные СП1850 из стали 70ХГЦ.

Контроль из этой стали эксплуатируется в Инской дистанции пути Западно-Сибирской дирекции инфраструктуры на 10 стрелочных переводах по станции Инская – марки 1/6 проекта 2628 и 1/9 проекта 2769.

Промежуточные результаты сравнительных испытаний показали снижение интенсивности износа, однако окончательные выводы будут сделаны после изъятия контрольных по достижении предельно допустимого износа.

Применённые решения, направленные на повышение надёжности, доказали свою эффективность в условиях эксплуатации. АО «НСЗ» и дальше продолжит работу над созданием принципиально новой стрелочной продукции и совершенствованием серийно выпускаемой. Игнат Вьюгин