

движения – мы можем решить принципиально иную задачу – обеспечить безопасность участников транспортной системы на принципиально ином уровне.

Основной вопрос, возникающий на первой стадии осмысления данного инженерного решения – это высокая стоимость такого вида сооружений. В среднем стоимость возведения водоотводной трубы, рассчитанной на пропуск пешеходов и животных без учета работ по монтажу-демонтажу земляного полотна и верхнего строения пути, составляет около 1,9 млн рублей на двухпутном участке пути. Для водопропускных труб, способных осуществлять также транзит транспортных средств, стоимость составляет 2,7 млн рублей. Если в расчет затрат включать работы, связанные с монтажом и демонтажом верхнего строения пути и земляного полотна, то есть при интеграции водопропускной трубы в уже функционирующий участок пути, стоимость возрастает в 2,5–3 раза.



Рисунок 1 – Многофункциональная водопропускная труба под земляным полотном железнодорожного пути

Соответственно, в первую очередь представляет практический интерес изучение перспективы внедрения данного подхода на вновь проектируемых участках или на участках, на которых планируется усиленный капитальный ремонт пути. Предположим, что рассматриваемое нами решение позволит снизить количество несчастных случаев и случаев травматизма, на 20 %, и это по самым пессимистическим расчетам. Соответственно, на 20 % сократится и объем материального ущерба, а это, по разным оценкам, от 3,2 до 12 млрд рублей в год. Соответственно, методом от обратного определяем, что данное мероприятие позволит окупить ежегодное обустройство от 1180 до 8000 единиц водопропускных труб в составе комплекса ремонтно-строительных работ или от 400 до 2000 водопропускных труб индивидуального проектирования и строительства.

Очевидно, что в реальности требуется в первую очередь осуществить инвестиции в техническое решение и лишь потом пожинать плоды его массовой реализации. Однако, на наш взгляд, приведенных данных достаточно для идентификации данного направления как эффективного и перспективного.

Вопросы, связанные с дополнительным влиянием роста количества водопропускных труб на долговечность и износостойчивость земляного полотна, требуют отдельного детального изучения.

УДК 625.143/.144

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПУТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ «КОЛЕСО – РЕЛЬС»**

*В. В. РОМАНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Геометрические параметры и формы контактирующих элементов в системе «колесо – рельс» взаимосвязаны, а следовательно, параметры и допускаемые отклонения в системе «колесная пара – рельсовая колея» находятся в прямой зависимости. Изменение какого-либо размера в этой системе непременно повлияет на работу как ответной составляющей, так и системы в целом.

Условия безопасного прохождения колесными парами прямолинейных и криволинейных участков пути, а также стрелочных переводов определяют минимальные и максимальные допускаемые значения толщин гребней колес подвижного состава и ширины рельсовой колеи (расстояние между рабочими гранями рельсов). Устойчивость колесной пары от схода с рельсов определяется соотношением вертикальных и боковых нагрузок колеса на рельс, геометрическими параметрами поверхности катания рельса и гребня колеса, а также коэффициентом трения в зоне их контакта.

В настоящее время на Белорусской железной дороге состояние геометрии рельсовой колеи проверяется вагонами-путеизмерителями, которые фиксируют ее изменения, отклонения и деформации. С апреля 2020 года введен в эксплуатацию диагностический комплекс объектов инфраструктуры, который позволяет контролировать порядка 120 параметров технических объектов инфраструктуры и порядка 140 параметров аналитической оценки результатов и функций аналитической обработки, в том числе ряд размеров, определяющих поперечное сечение рельсов, подуклонку рельсов, износы и т. п.

Во время движения подвижного состава от воздействия колес возникают динамические силы, при этом путь воспринимает горизонтальные силы как в поперечном, так и в продольном направлениях. К поперечным горизонтальным силам кроме центробежной, возникающей при проходе подвижного состава по кривым участкам пути, относятся боковые нажатия и удары гребней колес о рабочую грань головки рельсов [2, 3].

Безопасность движения поездов во многом обеспечивается условиями вписывания колесной пары, в первую очередь – в криволинейных участках малого радиуса. Независимо от параметров плана линии и скорости движения поездов необходимо обеспечить свободное вписывание колесной пары, которое создает наличие зазоров между гребнями колес и поверхности катания рельса. Принудительное и заклиненное вписывания создают особо неблагоприятные условия взаимодействия колеса и рельса, что сказывается на интенсивности роста бокового износа. Отсутствие зазора между рабочими гранями гребня колеса и головки рельса, наличие неисправности, пути по уровню, боковых толчков, перекосов пути, углов на стыках, плохая рихтовка и другие явления, при которых колеса подвижного состава набегают то на один, то на другой рельс, происходит бросание вагона из стороны в сторону и, как следствие, накопление остаточных деформаций положения пути в плане и по уровню, которые впоследствии могут существенно изменить положение как переходных, так и круговых кривых [2]. Таким образом, на нарушение нормальной работы системы «колесо – рельс» может повлиять наличие следующих факторов:

- изменение углов наклона рабочей грани головки рельса и гребня колеса (степень и форма их износа, изменение подуклонки рельса);
- увеличение силы трения взаимодействующих поверхностей (отсутствие смазки, отсутствие зазоров между рабочей гранью рельса и колеса при нарушении свободного вписывания);
- выкрашивание металла на боковой рабочей выкружке головки (дефект 11.1 или 11.2);
- вертикальные или горизонтальные неровности рельса;
- план и профиль пути (криволинейные участки малого радиуса, неодинаковое давление на оба рельса вследствие нарушения величины возвышения наружного рельса);
- наличие отступлений в содержании рельсовой колеи IV степени в плане, по уровню или сочетание отступлений III степени в плане, по просадкам, перекосам, приравняваемое к IV степени;
- максимальные отступления III степени от норм содержания пути, не устраненные в установленные сроки;
- превышение допустимого уклона отвода ширины колеи для фактической скорости вагона;
- превышение допустимых отклонений возвышения наружного рельса в кривых и уклона отвода возвышения наружного рельса в переходных кривых в зависимости от фактической скорости вагона;
- противошерстная горизонтальная ступенька в рельсовом стыке выше нормативной.

Устранение деформаций железнодорожных путей, полученных при длительном постоянном воздействии подвижного состава на них, затруднительно, особенно при значительных отступлениях от проектных значений. Поэтому актуальным является не определение конечных результатов диа-

гностики отступлений и их анализ, а систематический мониторинг данных о причинах деформации и изменения состояния как пути, так и элементов верхнего строения пути. Таким образом, дополнительное динамическое воздействие на путь и подвижной состав оказывает сочетание нескольких видов деформаций. В свою очередь, эти деформации оказывают непосредственное влияние на плавность подвижного состава, особенно при вписывании в кривых. При этом преждевременно выходят из строя рельсы и другие элементы верхнего строения пути, колеса подвижного состава, что в свою очередь поднимает проблему безопасности движения поездов. Установленные параметры деформации, получаемые от воздействия подвижного состава и внешних условий системы «колесо – рельс», оцениваются при помощи автоматизированной системы комплексной диагностики объектов инфраструктуры АСКДИ «Эксперт» [3] (рисунок 1).

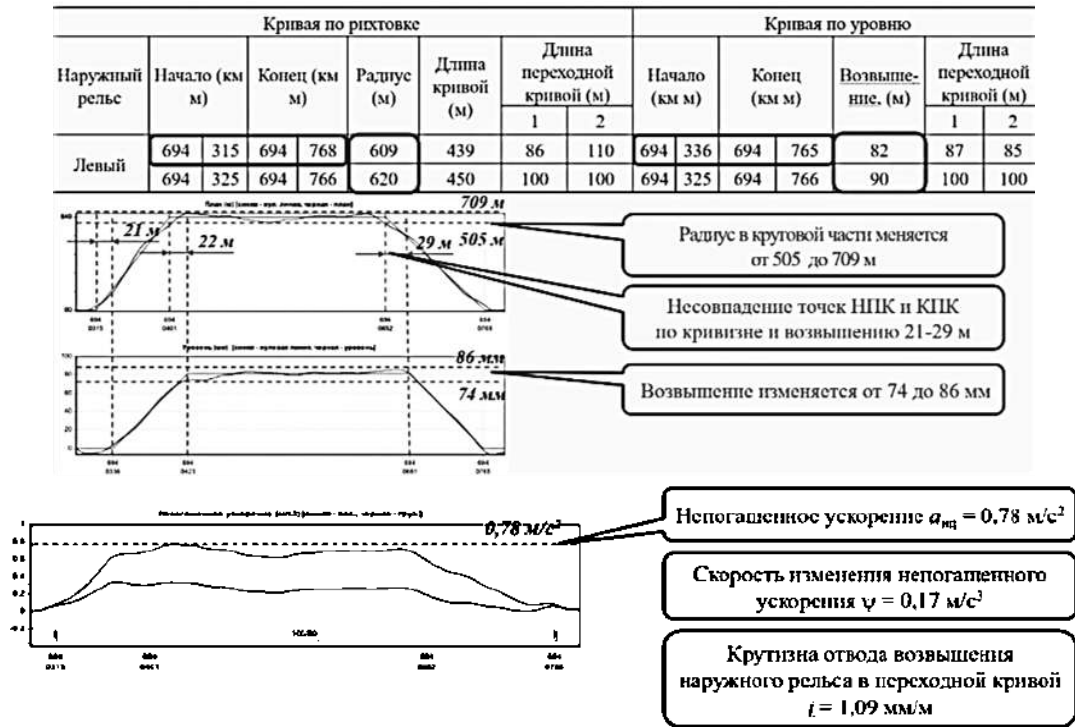


Рисунок 1 – Отчетная форма ФП-3.3, формируемая АСКДИ «Эксперт», с указанием обнаруженных отступлений

Своевременное получение данных о состоянии геометрии положения рельсовой колеи позволит определить порядок вписывания подвижного состава. Свободное вписывание колесной пары обеспечит минимальное силовое воздействие ходовых частей подвижного состава и колеи, что в свою очередь будет обеспечивать стабильность параметров пути.

#### Список литературы

- 1 Курган, Д. Н. Определение динамической нагрузки от колеса на рельс для скоростных поездов // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта [Электронный ресурс]. – 2015. – № 3 (57). – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-dinamicheskoy-nagruzki-ot-kolesa-na-rels-dlya-skorostnyh-poezdov>. – Дата доступа : 24.10.2020.
- 2 Романенко, В. В. Деформирование криволинейных участков железнодорожного пути под воздействием подвижного состава / В. В. Романенко, А. Б. Невзорова // Механика. Исследования и инновации : междунар. сб. науч. тр. – 2020. – Вып. 13. – С. 122–127.
- 3 Информационно-аналитическая система комплексной диагностики и мониторинга состояния технических объектов железнодорожной инфраструктуры «ЭКСПЕРТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.infotrans-logic.ru>. – Дата доступа : 20.09.2021.