

В данном исследовании за основу были взяты матрицы напряжений в подшпальной основе. В разных точках возникают различные напряжения (см. рисунок 1), что приводит к образованию в балласте зон с различным давлением. Принята гипотеза, что девиация частиц балласта (которая особенно характерна для первой фазы деформаций) будет иметь приоритетные направления в зону с меньшими напряжениями.

Для шпалы Ш-1-1 девиация балласта имеет постоянные направления, симметричные относительно приложения нагрузки и по длине шпалы. Это способствует быстрому завершению первой фазы стабилизации и работе балластного слоя во второй фазе в стадии, приближенной к упругой.

Для шпалы Ш2С-1 наблюдается асимметричное распределение направлений девиации балласта для каждого из вариантов эксплуатации (движение по колею 1520 и 1435 мм) за счет как несимметричности конструкции шпалы, так и несимметричности приложения нагрузки. Кроме того, при движении по разной ширине колеи, меняется и направление девиации, в некоторых зонах – в основном в сечениях расположения рельсов – направление может меняться более чем на 90° или даже на противоположное. Наверное, при достаточном и равномерном первичном уплотнении балластного слоя это не будет причиной для осложнения работы пути, особенно, учитывая относительно небольшие значения общих напряжений. Однако при наличии отклонений в уплотнении балласта это становится существенным фактором, приводит к увеличению времени первой фазы стабилизации и росту интенсивности накопления остаточных деформаций при дальнейшей эксплуатации.

Полученные результаты могут быть полезны для выработки рекомендаций по уплотнению балласта и использования дополнительных средств для улучшения устойчивости, таких как георешетки или специальные связывающие вещества.

УДК 625.161.6:625.1.033

БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С АВТОМОБИЛЬНЫМИ

М. Б. КУРГАН, Д. М. КУРГАН, О. Ф. ЛУЖИЦЬКИЙ

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. акад. В. Лазаряна, Украина*

Пересечение автомобильных дорог с железной дорогой в одном уровне является зоной повышенной опасности для железнодорожного и автомобильного транспорта. В ведении «Укрзалізниця» находится 4945 железнодорожных переездов, из которых 2343 – с автобусным движением; 27,2 % оборудованы устройствами автоматики; 7,7 % – четырьмя шлагбаумами, которые обеспечивают вместе с основными шлагбаумами полное перекрытие проезжей части автодороги, и только восемь переездов оборудованы заградительными барьерными установками. В течение 2018 года произошло 79 дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах и путях вне переездов, в результате которых погибли 16 человек и еще 30 получили ранения. В Украине действует Государственная программа повышения безопасности дорожного движения до 2020 года, но в ней не нашли отражения вопросы строительства путепроводов, которые бы заменили переезды.

Почти половина всех переездов расположена на маршрутах основных пассажирских перевозок. Отсюда возникает проблема содержания и обслуживания мест пересечения железной дороги и автодороги. Известно, что при реконструкции железной дороги для введения скоростного движения поездов выполняются работы по выправке пути в профиле и в плане, однако в зоне переездов такие работы выполнить сложно, и, как показал анализ путеизмерительных лент, часто перед и за переездным настилом образуются неровности в плане, что приводит к снижению комфортабельности езды.

Целью данной работы является исследование влияния неровностей пути в зоне переездов на безопасность движения поездов. Результаты исследований проблемы пересечения железнодорожных путей и переездов с разной степенью детализации изложены в трудах отечественных и зарубежных ученых: В. Н. Образцов, Ф. И. Шаульский, С. В. Земблинов, К. Ю. Скалов, А. М. Корнаков, К. К. Таль, Б. Б. Штанге, А. А. Поляков, В. П. Ходатаев, В. А. Бураков, Н. С. Усков, В. Н. Правдин, Г. Поттгоф, Х. Крампе, К. Лейбрандт и др.

В начале 90-х годов прошлого века проводились исследования, касающиеся формирования оптимальной схемы пересечения железной дороги с автомобильными. Этим вопросам посвящена,

например, диссертация Н. В. Довгелюк. При всей важности выполненных исследований проблема безопасности движения на переездах не утратила актуальности. При весьма детальной проработке ряда технических вопросов (размещение переездов, их оборудования, обеспечение безопасности движения на переездах средствами сигнализации и др.) многие аспекты проблемы остаются недостаточно изученными. Остановимся на некоторых исследованиях, проведенных в последние годы. Основываясь на теории случайных процессов, А. И. Ганичев разработал модель, с помощью которой исследована система обеспечения безопасности движения на железнодорожных переездах. Недостатком можно считать то, что исследования проведены применительно к нерегулируемым переездам, удельный вес которых на основных направлениях международных транспортных коридоров невелик.

Научный интерес представляет определение задержек транспортных средств, грузов и пассажиров на переездах, которые являются барьерными местами на направлениях международных транспортных коридоров. Так, С. Т. Гатгаулин приводит рекомендации по определению экономического ущерба, наносимого задержкой автотранспорта на переездах. В. П. Мохонько предложены новые алгоритмы функционирования железнодорожных переездов, позволяющие существенно повысить безопасность движения и улучшить экологическую обстановку на переездах. Следует отметить актуальность работы Н. А. Тарадина, посвященной разработке теоретических методов оценки показателей безопасности функционирования систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики с учетом условий эксплуатации.

Но, как следует из краткого обзора работ, вопросы влияния на плавность и безопасность движения поездов состояния железнодорожного пути в зоне переездов, наличия отступлений в профиле и плане недостаточно изучены.

При проведении реконструкции пути должны выполняться работы по восстановлению проектных параметров профиля, плана, ремонту или переустройству переездов. Но при отсутствии достаточного финансирования и других объективных причин вышеуказанные работы не выполняются в полном объеме, что влияет на плавность и безопасность движения поездов. Анализ проектов капитальных ремонтов и модернизации пути, а также натурные обследования показали, что на подходах в зоне расположения переездов возникают неровности в плане, так называемые «изломы», которые в некоторых проектах не показывают из-за отсутствия соответствующей нормативной базы.

Анализ путеизмерительных лент в пределах переездов и выполненные авторами расчеты показали, что наличие отступлений в плане и профиле в пределах железнодорожных переездов и на подходах к ним ухудшают состояние железнодорожного пути и, как следствие, снижается плавность и комфортабельность езды.

Конструкции и состояние пути в пределах переезда влияют на условия взаимодействия пути и подвижного состава, плавность и безопасность движения. Сегодня существуют возможности для съемки натурной геометрии железнодорожного пути. Для проведения исследований по большому количеству участков и за длительный срок эксплуатации наиболее удобным, прежде всего, учитывая регулярность заездов, остается лента путеизмерительного вагона.

На путеизмерительных лентах, которые были приняты к анализу, отделялись участки длиной 30 м в зоне переезда и на расстоянии 100 м до и после него. Вычисления выполнялись для неровностей в горизонтальной (в плане) и в вертикальной плоскостях.

Проведенный статистический анализ показал устойчивую тенденцию роста неровностей пути в зоне расположения переезда. Как правило, показатель, характеризующий отклонение в вертикальной плоскости, изменялся в 1,3–3,2 раза и в 1,2–2,0 раза – в горизонтальной плоскости по сравнению с участками за пределами переезда. Исследования показали, что для зоны переезда появление и развитие отклонений в пути в основном является следствием двух факторов: особенности выполнения выправочно-подбивочно-рихтовочных работ и изменения в конструкции пути. Для решения задач взаимодействия экипажа и пути при движении по пути с различными отступлениями в ее содержании было применено математическое моделирование.

При повышении скоростей движения поездов увеличивается динамическое воздействие на путь подвижного состава, в связи с чем имеет место рост вертикальных и горизонтальных сил и, как следствие, изменяются показатели, характеризующие безопасность движения поездов. Вертикальные и горизонтальные неровности для участков вне переездов приняты по результатам прохода путеизмерительного вагона. В зоне переездов учитывались дополнительные неровности.

Моделирование движения экипажа выполнялось для максимальных скоростей 80, 100 и 120 км/ч на пути с неровностями, которые оценивались как отступления I, II и III степени.

Установлено, что при повышении скорости движения имеет место резкий рост поперечных сил в сочетании с кратковременным уменьшением вертикальной нагрузки. Чтобы исследовать как влияет уровень неровностей пути на безопасность движения рассматривались следующие показатели: условие обеспечения устойчивости рельсошпальной решетки против сдвига по балласту, коэффициент горизонтальной динамики пути, который является критерием безопасности от сдвига рельсошпальной решетки, проверка устойчивости колес против вкатывания на головку рельса.

Расчеты показали, что при максимальной скорости 120 км/ч коэффициент горизонтальной динамики меньше 0,40, то есть условие безопасности от поперечного смещения рельсошпальной решетки обеспечивается. Проверка по обеспечению безопасности от схода колес с рельсов показала, что при скорости движения 120 км/ч коэффициент запаса устойчивости колеса против вкатывания на головку рельса меняется от 2,6 до 1,5 и при дальнейшем росте неровностей пути с учетом неравноупругости подрельсового основания может стать меньше допустимого значения 1,4, что вызовет угрозу безопасности движения поездов.

Из приведенных результатов следует, что локальные изменения жесткости пути, которые имеют место на железнодорожных переездах, оказывают влияние на условия взаимодействия пути и подвижного состава, плавность движения и комфортабельность езды и при росте скорости движения с одновременным ростом неровностей пути в профиле и плане на подходах и в зоне переездов могут вызвать угрозу безопасности движения поездов.

Принятые технические и организационные меры как на зарубежных, так и на украинских железных дорогах, пока не решили проблему с безопасностью на железнодорожных переездах.

УДК 624.21.09

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ НЕРАЗРЕЗНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ

С. Н. ЛАЗБЕКИН

РУП «Гомельавтодор», Республика Беларусь

Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Основной задачей деформационных швов мостовых сооружений и путепроводов является компенсация температурных деформаций пролетных строений. Величина деформаций зависит от длины пролетного строения и материала, из которого оно сделано. В Республике Беларусь на сегодня достаточно большое число мостов и путепроводов имеют железобетонное пролетное строение. В городской черте на путепроводах можно встретить балочные разрезные, а на больших мостах – балочные неразрезные железобетонные пролетные строения. Конструкции деформационных швов этих сооружений нельзя назвать достаточно эффективными, так как чаще всего именно в районе швов образуются разного рода дефекты мостового полотна. Многочисленные дефекты и деформации приводят к нарушению гидроизоляции и возникновению различных динамических ударов от движения транспортных средств, что снижает срок службы сооружения. Металлические пролетные строения на автодорожных мостах раньше использовали довольно редко.

В последние годы на некоторых мостах транзитных направлений введены ограничения нагрузки на ось транспортного средства, и в единичных случаях всё мостовое сооружение признавалось аварийным и непригодным для движения транспорта. Подобные аварийные сооружения или практически полностью перестраивались, или рядом с существующими возводили новое мостовое сооружение. Причем устраивали на этих мостах металлические неразрезные пролетные строения, разработанные по индивидуальным проектам под каждый конкретный объект и условия эксплуатации. Металл и бетон имеют разные коэффициенты температурного расширения, что обусловлено различиями в структуре материалов.

Всю совокупность воздействий на деформационный шов мостового сооружения можно разделить на три большие группы факторов: погоднo-климатические (изменение температуры, вид и продолжительность осадков и т. д.); эксплуатационные (истирающее воздействие, частота приложения транспортной нагрузки, загрязнение шва и т. д.); конструкционные (различные перемещения