

поездов составляет 28–31 % в пользу электрической тяги (в зависимости от соотношения стоимости 1 тонны топлива и 1000 кВт·ч электроэнергии).

При внедрении новых типов электровозов, увеличении массы грузовых поездов и росте средней скорости движения в 1,5–2,0 раза эффективность достигается также за счет сокращения парка электровозов по сравнению с тепловозной тягой.

При внедрении электровозов нового поколения следует также учитывать, что их мощность не используется в полной мере из-за ограничения нормы массы длиной приемо-отправочных путей, а скорости движения часто ограничиваются состоянием путевого хозяйства перегонов и станций. Следовательно, параллельно с электрификацией должны выполняться работы по модернизации железнодорожного пути, переустройству плана линии для устранения ограничений скорости по параметрам кривых, устранению других барьерных мест, ограничивающих максимальную скорость движения.

На направлении Чернигов – Горностаевка – Госграница (Гомель) при эксплуатационной длине участка 66 километров ожидаемое повышение пропускной способности до 25 % при экономической эффективности проекта – 67 млн грн в год.

Электрификация железнодорожных путей в направлении государственной границы – один из самых перспективных проектов для привлечения транзитных потоков. Кроме этого, электрификация участка Чернигов – Горностаевка – Гомель позволит значительно сократить время в пути пассажирских поездов в направлении Киев – Минск, а также ввести дневные ускоренные поезда сообщением Киев – Гомель и Чернигов – Минск.

Внедрение новых технологий, основанных на принципах безопасности перевозок, надежности подвижного состава и транспортной инфраструктуры, перевод участков с тепловозной на электрическую тягу будут способствовать развитию транспортного коридора Балтийское море – Черное море и экономического потенциала промышленных регионов.

УДК 625.112:625.033.3

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СОВМЕЩЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Д. Н. КУРГАН, Д. Л. КОВАЛЬСКИЙ

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

Благодаря своему географическому положению и развитой транспортной инфраструктуре такие страны, как Беларусь и Украина имеют значительный потенциал в развитии перевозок, в первую очередь для транзита в логистической цепи товарообмена между Азией и Европой. Однако возможности железнодорожного транспорта для организации таких перевозок используются не в полной мере, поскольку есть ряд технических причин несовместимости транспортных систем, а именно: разная ширина колеи, характеристики подвижного состава, напряжение в контактной сети, габариты и др.

К западной границе идет колея 1520 мм, а в Европе – 1435 мм. Одним из вариантов решения является использование совмещенной колеи, конструкция которой позволяет укладывать одновременно четыре рельса, что обеспечивает пропуск подвижного состава с разной шириной колеи.

Целью данной работы является анализ особенностей напряженно-деформированного состояния совмещенной конструкции пути, прежде всего изменений в работе подшпальной основы из-за применения специальной конструкции железобетонной шпалы с одновременным креплением четырех рельсовых нитей – шпал типа ШЗС-1. Такой тип шпал рекомендован «Техническими требованиями к конструкции железобетонных шпал совмещенной колеи 1520 мм и 1435 мм», утвержденными Комиссией ОСЖД.

В модели используется пространственная система координат, в которой железнодорожный путь задается как набор объектов, которые имеют геометрические размеры и физические свойства. Ее основу составляет описание напряженно-деформированного состояния подрельсовой основы, к которой прикладываются силы, действующие на опоры от прогиба рельса. В объектах подрельсовой

основы возникают напряжения, фронт распространения которых меняется во времени. Зона действия напряжений ограничивается поверхностью, описываемой множеством векторов, положение которых определяет скорость распространения в произвольном направлении, которая зависит от поперечной и продольной скоростей движения волн в среде с заданными модулем упругости Юнга, коэффициентом Пуассона и плотностью. С каждым временным шагом зона действия напряжений увеличивается, разделяя подрельсовую основу на условные сегменты. Каждый такой сегмент состоит из отдельных элементов – зон пространства, ограниченного четырьмя смежными векторами. Суммарные данные по каждому объекту составляют информацию о напряженном состоянии сегмента. Динамическая деформация сегмента подчинена системе дифференциальных уравнений. Ее решение определяет напряжение (деформации) любой точки подрельсового пространства.

Рассмотрено движение пассажирского вагона по железнодорожному пути обычной конструкции, взятой в качестве эталона для дальнейшего анализа: рельсы Р65, железобетонные шпалы Ш-1-1, щебеночный балласт толщиной 60 см. В приведенных примерах модуль деформации балласта был принят 200 МПа, земляного полотна – 35 МПа, что соответствует общему модулю упругости подрельсового основания указанной конструкции железнодорожного пути на уровне 50 МПа – принятое значение для большинства типовых расчетов пути на прочность; величина силы, действующей от рельса на опору, получена на уровне 30 кН. Аналогично была рассмотрена конструкция пути для совмещенного движения, отличная от эталонной применением шпал типа Ш2С-1.

Основные результаты расчетов составили матрицы напряжений в подшпальной основе на момент размещения колеса в сечении рассматриваемой шпалы, пример в изолиниях показан на рисунке 1. Такой подход дает возможность проанализировать значения максимальных напряжений, их распространение и затухание как по длине шпалы, так и по глубине (в балласте, в земляном полотне и при переходе между слоями).

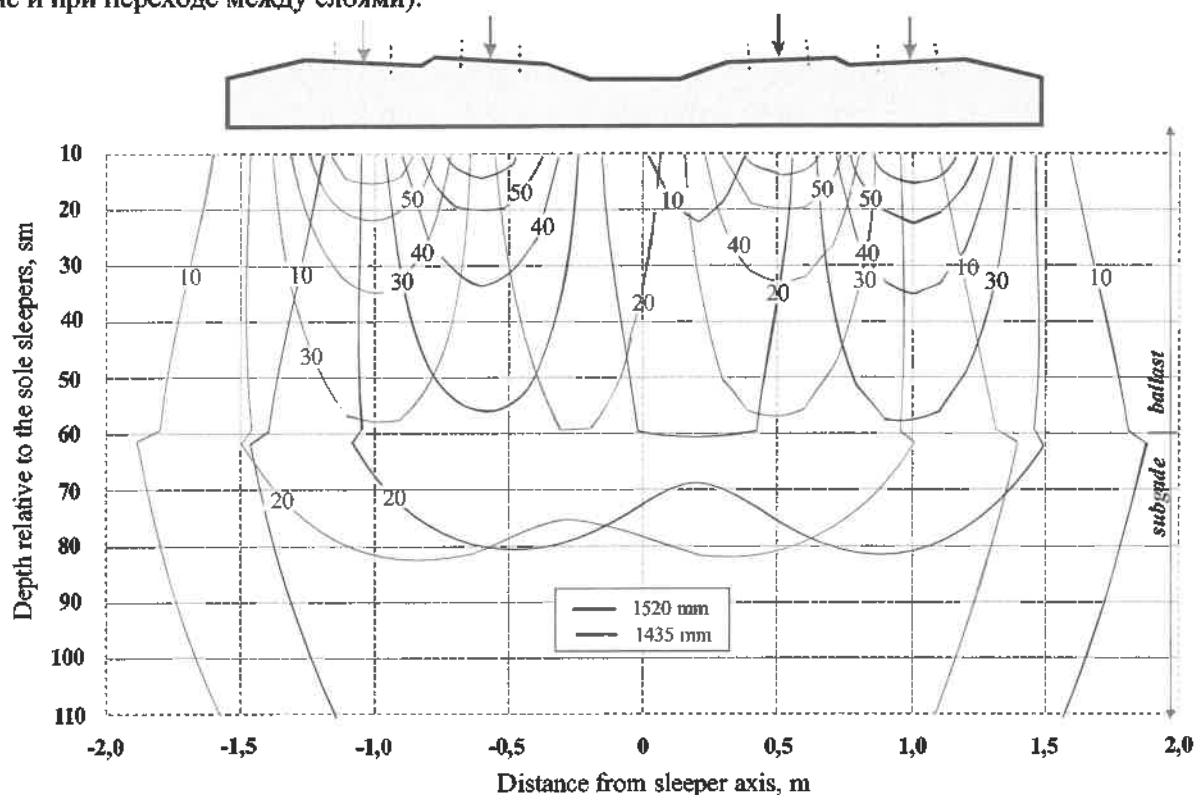


Рисунок 1 – Результат моделирования распределения напряжений под шпалой Ш2С-1, кПа

Процесс накопления деформаций балластного слоя при прохождении поездов можно разделить на две фазы: первая происходит сразу после введения участка в эксплуатацию как стабилизация пути благодаря уплотнению структуры балласта; вторая (существенно медленнее) длится весь дальнейший срок эксплуатации за счет многоциклической нагрузки, попадания загрязнителей, появления отступлений в геометрии пути и др. В настоящее время существует много методик, описывающих процесс накопления деформаций от количества циклов нагрузок и ряда других факторов.

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,