

воляет сделать вывод, что включение элементов *AR/VR*-технологий в издания является логичным развитием концепции иллюстрирования, сложившейся в учебном книгоиздании к настоящему моменту. При этом такие интерактивные учебники являются такой формой представления контента, которая отвечает и специфике взаимодействия целевой аудитории с гаджетами, и тенденциям к персонализации, востребованным в современном образовании.

Таким образом, можно сделать вывод, что реализация *AR/VR*-технологий в учебном процессе учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации» в качестве инновационного механизма восприятия учебного материала, а также как инструмента, дополняющего процесс обучения, позволит повысить эффективность образовательного процесса специалистов по авиационным специальностям.

УДК 625.033.3

ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДРЕЛЬСОВОГО СКРЕПЛЕНИЯ И ОЦЕНКА ИХ НАДЕЖНОСТИ

В. В. РОМАНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из условий обеспечения безопасности движения поездов является соответствие состояния элементов верхнего строения пути (ВСП) их нормативно-техническим требованиям и условиям эксплуатации. Каждый из элементов ВСП имеет свое назначение, должен быть надежным и отвечать требованиям, зависящим от вида железнодорожного пути (общего и необщего пользования), грузонапряженности, скоростей движения поездов, параметров кривых и т. п.

Обеспечение стабильной ширины рельсовой колеи в значительной степени зависит от вида и состояния подрельсового основания. Подрельсовое основание выполняется в виде шпал (для путей), переводных брусьев (для стрелочных переводов), мостовых брусьев (для мостов с ездой на балласте) и т. д. На Белорусской железной дороге (БЖД) подрельсовое основание изготавливают деревянным либо железобетонным. Сфера применения каждого из видов зависит от различных факторов и имеет как положительные, так и отрицательные стороны их эксплуатации. Все деревянные элементы ВСП для нужд БЖД выпускаются ОАО «Борисовский шпалопродиточный завод» (БШПЗ), в частности – пропитанные деревянные шпалы.

Для выпуска продукции БШПЗ закупает лесоматериалы, которые должны соответствовать требованиям СТБ 1711-2007, а именно – сосна либо ель

1, 2 и 3-го сортов, диаметром 0–26 см и длиной 5,50–6,00 м. Из этого лесоматериала нарезают шпалы и переводные брусья. Длина стандартной шпалы составляет 2,75 м, таким образом, из бревна длиной 5,50 м можно изготовить две шпалы, использовав это бревно полностью либо с незначительным остатком. В отличие от шпал, переводные брусья имеют различную длину – от 3,00 м до 5,50 м. После их нарезки образуются остатки лесоматериала максимальной длины 2,50 м и, так как их длина меньше 2,75 м, они не могут быть применены для изготовления шпал.

Ежегодная потребность белорусского рынка оценивается в 130 тыс. шт. деревянных шпал и 630 комплектов переводных брусьев. С учетом такого производства можно сделать вывод о значительных объемах остатков бревен различной длины – от 0,25 м до 2,50 м с шагом 0,25 м.

Ввиду существующей и перспективной потребности БЖД в деревянном основании применение таких остатков брусьев для изготовления подрельсового основания сможет снизить потребность в деловой древесине, пригодной для изготовления шпал. Конструктивным решением подобной задачи может стать изготовление составных деревянных шпал с максимально-рациональным применением остатков.

При разработке конструктивных схем составных шпал необходимо учитывать ряд требований, первым из которых является обеспечение надежности с целью недопущения снижения уровня безопасности движения поездов со скоростями, которые соответствуют условиям эксплуатации. На сегодня деревянные шпалы применяются на станционных путях и путях необщего пользования. Требования к содержанию таких путей несомненно ниже, чем к главным, но актуальность обеспечения движения поездов не снижается.

Проектирование новых конструкций шпал должно быть основано на проверке условий предельных состояний несущей способности и эксплуатационной пригодности. Целью проверки является обоснование того, что материал изделия, выбранные размеры и системы конструктивных соединений удовлетворяют всем необходимым требованиям, а также, что в процессе эксплуатации шпал в пути они будут воспринимать все возникающие воздействия от подвижного состава.

Проверка соответствующих предельных состояний несущей способности предусматривает применение сочетания воздействий путем использования метода частных коэффициентов с проверкой расчетного значения эффекта проектных воздействий, которое не должно превышать расчетное значение эквивалентного сопротивления. Поэтому расчет необходимо проводить при действии расчетного значения воздействия, которое оказывает наибольшее влияние на проектируемую конструкцию. В данном случае это горизонтальная сила, которую должен выдержать узел рельсового скрепления в поперечном направлении пути, равная 50 кН.

Для обеспечения надежности конструкции составной шпалы в пределах всего эксплуатационного срока службы необходимо учитывать следующие факторы:

- назначение конструкции составной шпалы и особенности ее работы в пути;
- условия хранения шпалы до укладки ее в путь и защита от атмосферных воздействий во время эксплуатации;
- состав, свойства и особенности применяемых материалов;
- форму элементов и деталей конструкций, а также способ соединений составных элементов;
- качество работ и степень контроля при изготовлении и укладке шпалы в путь и т. п.

Перечисленным выше требованиям должны отвечать выбор соответствующих лесоматериалов, расчетных моделей, назначение необходимых контрольных параметров при изготовлении, монтаже рельсошпальной решетки и эксплуатации шпалы.

При расчетах следует рассматривать все возможные условия, в которых конструкция выполняет свои функции, и выбирать наиболее неблагоприятные расчетные ситуации, для которых проверяются условия соответствующих предельных состояний.

Частично условия по данным требованиям решаются на БШПЗ, например для замедления процессов гниения шпалы в процессе эксплуатации она высушивается до определенной влажности и проходит механическую обработку в наколочном комплексе, а также подвергается обработке методом «вакуум – давление – вакуум», при которой обеспечивается равномерная пропитка антисептиком всей поверхности.

Для решения задач по надежности конструкции существует большое многообразие способов продольной стыковки элементов. Одним из них является «ласточкин хвост» – соединение, образованное шипами на одной детали и прорезанным пазом на второй. Оба элемента имеют формы равнобедренной трапеции, напоминающие хвост ласточки и при правильной подготовке они входят в точное зацепление, образуя надежную конструкцию даже без наличия клея или дополнительного крепления.

Шпалы, в зависимости от размеров поперечного сечения делятся на три типа, каждый из которых имеет свою сферу применения. Сорт древесины определяет ее прочностные характеристики (класс прочности), поэтому размеры элементов соединения будут отличаться. Размеры определены расчетным путем, и наиболее рациональные представлены в таблице 1. Показатели прочности на изгиб и растяжение против волокон приняты для класса прочности С-24.

Таблица 1 – Проверка прочности соединения составной шпалы

Тип шпалы	Длина шипа, мм	Длина узкой части шипа, мм	Длина неразрезаемой части шпалы, мм	Длина противолежащего тангенса угла шипа, мм	Длина широкой части шипа, мм	Момент сопротивления поперечного сечения элемента, м ³	Нормальное напряжение при изгибе, МПа
1	120	80	40	45	170	16,24	16,44
	115	80	40	45	170	16,06	16,44
	110	80	40	45	170	15,87	16,44
	105	80	40	45	170	15,65	16,44
2	150	60	30	55	170	15,03	15,79
	120	65	32,5	50	165	15,98	16,10
	100	65	35	47,5	160	16,11	16,27
	115	65	32,5	50	165	15,77	16,10
	110	65	32,5	50	165	15,54	16,10
3	145	55	30	57,5	170	15,03	15,65
	105	55	35	52,5	160	15,24	15,95
	140	60	30	55	170	15,75	15,79
	100	60	35	50	160	16,00	16,10

Проверка прочности выполняется при условии, что величина момента сопротивления поперечного сечения элемента не превышает величину нормального напряжения при изгибе. Из таблицы видно, что изготовление составных деревянных шпал для всех типов возможно. Так как в расчеты заложено максимальное значение воздействия, оказывающее наибольшее влияние на поверхность шпалы в зоне подрельсового узла, которое соответствует условиям эксплуатации главных путей, можно сделать вывод, что применение составных шпал на станционных путях и путях необщего пользования будет обеспечивать безопасность движения поездов в полной мере.

УДК 625.03

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КРИВЫХ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

В. В. РОМАНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одной из основных задач обеспечения безопасности движения поездов для путевого хозяйства является диагностика железнодорожного пути с целью установления и мониторинга его технического состояния. Диагностика