

УДК 625.142.212

А. А. ГОЛИК (СП-41), *А. О. ВЛАСЕНКО* (ЗСс-61)

Научный руководитель – ст. преп. *В. В. РОМАНЕНКО*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ

Процесс изготовления шпалопродукции предполагает образование остатков бревен длиной менее 2,75 м, которые не могут быть использованы для изготовления шпал. Одним из вариантов рационального использования таких остатков может стать изготовление составных шпал из двух либо трех частей, соединенных между собой различными способами, при этом должна обеспечиваться их надежность.

Надежность элемента верхнего строения пути (ВСП) – его свойство сохранять (в установленных пределах) значения параметров, характеризующих способность пути выполнять требуемые функции (бесперебойный и безопасный пропуск поездов с установленной скоростью) в заданных условиях эксплуатации и технического обслуживания [1]. Железнодорожный путь как объект прочности имеет существенные особенности – тысячи километров протяженности, поэтому повреждение (полный отказ) какого-либо элемента ВСП не означает отказа пути в целом [2, 3].

Основными элементами ВСП являются рельсы, промежуточные и стыковые скрепления, подрельсовое основание (шпалы, переводные и мостовые брусья) и балласт. В настоящее время в качестве подрельсового основания на путях применяют деревянные и железобетонные шпалы, а на стрелочных переводах – брусья. Деревянные шпалы и брусья изготавливают трех типоразмеров из древесины хвойных пород 1, 2 и 3-го сортов. Применяемые шпалы представляют собой цельный брус длиной 2,75 м с поперечным сечением, которое соответствует типу. Изготавливают деревянные шпалы и переводные брусья в ОАО «Борисовский шпалопродуктовый завод» из лесоматериалов (пиловочное бревно) длиной не менее 5,50 м.

С целью целесообразности использования остатков пиловочных бревен после нарезки переводных брусьев, размер которых от 3,0 до 5,50 м с шагом 0,25 м, возможно изготавливать составные шпалы. Эти шпалы возможно укладывать на малодетальных станционных путях и путях необщего пользования, где движение поездов реализуется с низкими скоростями и требования к содержанию путей не такие строгие, как к главным либо приемоотправочным.

Конструкционным решением подобных шпал может стать продольное сращивание трех элементов, соединенных между собой соединением «ласточкин хвост». Для исследования возможности применения составных деревянных шпал в пути необходимо определить напряжения от подвижного состава на балласт под шпалой σ_b и на основной площадке земляного полотна в зависимости от толщины балластной призмы σ_h , сравнить σ_b и σ_h с допускаемыми значениями, а также проверить надежность соединения на прочность против распора [4].

Под воздействием подвижного состава в пути возникают напряжения, которые постепенно передаются от рельсов на основную площадку земляного полотна (рисунок 1). Величины этих напряжений отражают надежность и долговечность всей конструкции [5].

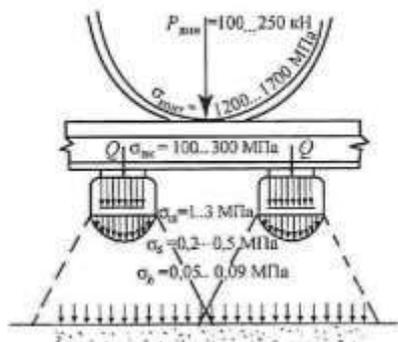


Рисунок 1 – Схема передачи вертикальной нагрузки от колеса на ВСП

На основании значений сил Q , полученных при расчете, вычисляются напряжения в шпалах и балластном слое по формулам:

$$\sigma_{ш} = \frac{Q}{\omega}, \quad (1)$$

$$\sigma_b = \frac{Q}{\frac{1}{2} \alpha ab}, \quad (2)$$

где α – коэффициент изгиба шпалы; a – длина шпалы, м; b – ширина шпалы, м; ω – площадь рельсовой подкладки, м².

Расчет напряжений на основной площадке земляного полотна производится в соответствии с формулой

$$\sigma_h = \sigma'_h + \sigma'_{hc} + \sigma''_{hc}, \quad (3)$$

где σ'_h , σ_{hc} , σ_{hc} – напряжения на расчетной шпале, на соседней шпале справа и на соседней шпале слева соответственно, МПа.

Так как основным предполагаемым объектом эксплуатации составных деревянных шпал являются малодеятельные станционные пути и пути необщего пользования, расчеты пути на прочность выполнены для маневровых локомотивов ЧМЭ-3, ТЭМ-1, ТГМ-3 со скоростями движения до 25 км/ч для рельсов типа Р65 и Р50 на щебеночном и песчано-гравийном балласте с эпохой шпал 1840 и 1600 шт/км. На рисунке 1 приведены результаты зависимости Q от воздействия локомотива ЧМЭ-3 со скоростями от 5 до 25 км/ч.

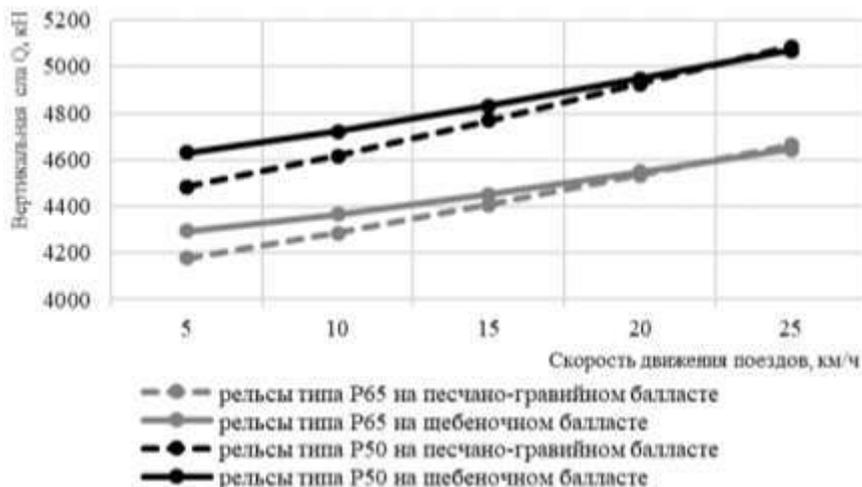


Рисунок 1 – Результаты зависимости Q от воздействия локомотива ЧМЭ-3

При сравнении аналогичных зависимостей от локомотивов ЧМЭ-3, ТЭМ-1, ТГМ-3 было определено, что локомотивом, оказывающим наилучшее влияние на путь, является ЧМЭ-3, поэтому на его примере выполнялись все дальнейшие исследования.

В зависимости от нагрузки на шпалу проверяется надежность соединения «ласточкин хвост» на прочность, которая обусловлена не превышением допустимых напряжений на растяжение, а геометрическими размерами элементов соединения и проверкой соединения с выбранными параметрами на прочность от распора.

Надежность сопротивления на растяжение в соединении определяется по соответствию

$$\sigma_{t,0,d} = N_d / A_{\text{net}} \leq f_{t,0,d} = f_{t,0,k} (k_{\text{sys}} k_h k_{\text{mod}} / \gamma_m), \quad (4)$$

где N_d – боковая сила, действующая на шпалу от подвижного состава, кН; A_{net} – площадь поперечного сечения шпалы, м²; k_{sys} , k_h , k_{mod} , γ_m – коэффициенты, зависящие от качества древесины, класса эксплуатации, нагрузок, применения конструкции и т. п.

Надежность прочности от распора определяется по соответствию

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_d \leq f_{m,d} = f_{m,k} (k_{\text{sys}} k_h k_{\text{mod}} / \gamma_m), \quad (5)$$

где M_d – крутящий момент в соединении по нагрузке от подвижного состава, м^3 ; W_d – момент сопротивления, $\text{кН} \cdot \text{м}$.

Результаты теоретических исследований надежности составных деревянных шпал сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты теоретических исследований проверки прочности соединений для составных деревянных шпал 1-го сорта

Боковая сила N_d , кН	Шпалы I типа			Шпалы II типа			Шпалы III типа		
	Изгибающий момент в соединении, $\text{кН} \cdot \text{м}$	Момент сопротивления, м^3	Обеспечение надежности	Изгибающий момент в соединении, $\text{кН} \cdot \text{м}$	Момент сопротивления, м^3	Обеспечение надежности	Изгибающий момент в соединении, $\text{кН} \cdot \text{м}$	Момент сопротивления, м^3	Обеспечение надежности
100	21,587	17,18	Нет	38,226	18,49	Нет	54,192	19,45	Нет
95	20,508	17,18	Нет	36,315	18,49	Нет	38,736	18,49	Нет
90	19,429	17,18	Нет	27,046	17,77	Нет	36,697	18,49	Нет
85	18,349	17,18	Нет	25,543	17,77	Нет	34,659	18,49	Нет
80	14,222	16,7	Да	24,041	17,77	Нет	25,643	17,77	Нет
75	13,333	16,7	Да	18,214	17,18	Нет	24,041	17,77	Нет
70	12,444	16,7	Да	17	17,18	Да	18,133	17,18	Нет
65	9,6473	16,28	Да	15,786	17,18	Да	16,838	17,18	Да
60	8,9052	16,28	Да	12	16,7	Да	15,543	17,18	Да
55	8,1631	16,28	Да	11	16,7	Да	11,733	16,7	Да
50	6,2607	15,93	Да	10	16,7	Да	10,667	16,7	Да
45	5,6346	15,93	Да	7,5137	16,28	Да	9,6	16,7	Да
40	5,0086	15,93	Да	6,6789	16,28	Да	7,1241	16,28	Да
35	4,3825	15,93	Да	5,844	16,28	Да	6,2336	16,28	Да
30	3,1959	15,61	Да	4,226	15,93	Да	5,3431	16,28	Да
25	2,6633	15,61	Да	3,5216	15,93	Да	3,7564	15,93	Да
20	2,1306	15,61	Да	2,8173	15,93	Да	3,0051	15,93	Да

Анализируя результаты, приведенные в таблице 1, можно сделать выводы, что для всех типов шпал возможно определить условия, при которых можно эксплуатировать составные деревянные шпалы, состоящие из трех элементов, соединенных системой «ласточкин хвост». Так, например, при действующей силе 65 кН и менее конструкционную схему возможно разработать для I, II и III типов шпал, 70 кН – I и II типов и 80 кН – I типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лысюк, В. С. Прочный и надежный железнодорожный путь / В. С. Лысюк, В. Н. Сазонов, Л. В. Башкатова. – М. : Академкнига, 2003. – 589 с.
- 2 Расчеты и проектирование железнодорожного пути : учеб. пособие для студентов вузов ж.-д. трансп./ В. В. Виноградов [и др.] ; под. ред. В. В. Виноградова и А. М. Никонова. – М. : Маршрут, 2003. – 486 с.

3 Волков, С. Д. Проблемы прочности и механика разрушения / С. Д. Волков // Проблемы прочности. – 1978. – № 7. – С. 3–10.

4 Ашпиз, Е. С. Подход к расчету показателей надежности элементов пути / Е. С. Ашпиз // Мир транспорта. – 2011. – № 5. – С. 33–41.

5 Карпушенко, Н. И. Оценка состояния пути в кривых по динамическим показателям / Н. И. Карпушенко, Д. В. Величко, А. М. Абрамовский // Вестник СГУПС. – 2010. – № 22. – С. 43–48.

Получено 01.06.2023

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.
Вып. 28. Гомель, 2023

УДК 625.11

В. Г. ГРЕБЕНЬ (С-31), В. В. КОВАЛЬ (С-41)

Научный руководитель – канд. техн. наук *Т. А. ДУБРОВСКАЯ*

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СКОРОСТНЫМ ЖЕЛЕЗНЫМ ДОРОГАМ

Проблема повышения технической скорости движения поездов является важной задачей, стоящей перед Белорусской железной дорогой. Реконструктивные мероприятия по повышению скоростей движения на железной дороге должны проектироваться так, чтобы были гарантированы безопасность и бесперебойность движения поездов, сократилось время нахождения пассажиров в пути при обеспечении потребных размеров перевозок и наименьших строительно-эксплуатационных затратах.

В настоящее время скоростные железные дороги обеспечивают не только высокую скорость передвижения, но и высокий уровень надежности и безопасности, комфорта, экономичности. Новые поезда, построенные на основе инновационных технологий, достигают скорости 300–350 км/ч, благополучно соперничают со всеми типами транспорта.

Высокоскоростной наземный транспорт в современном представлении – это железнодорожный транспорт, гарантирующий движение поездов со скоростью более 200 км/ч. Его движение осуществляется либо колесным подвижным составом по рельсовому пути, либо подвижным составом на магнитной подушке.

Проблема повышения технической скорости движения поездов является важной задачей, стоящей перед Белорусской железной дорогой. Реконструктивные мероприятия по повышению скоростей движения на железной дороге должны проектироваться так, чтобы были гарантированы безопасность и бесперебойность движения поездов, сократилось время нахождения