

УДК 625.142.1; 678.742.2

Шпалы композитные как альтернатива деревянным

М. Ю. ХВОСТИК

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»),
Москва, 129626, Россия

Аннотация. Незначительный срок службы деревянных шпал и их низкая дефектостойкость увеличивают расходы на ремонты и текущее содержание железнодорожного пути, особенно в сложных эксплуатационных условиях (повышенная влажность, агрессивная среда, высокие нагрузки от подвижных единиц).

В статье приведены результаты исследования шпал композитных, материалом которых является полимерная матрица из переработанного полиэтилена высокой плотности в качестве основного компонента со стеклонаполненным полимером. Выполнено сопоставление физико-механических и эксплуатационных характеристик композитных шпал со шпалами деревянными. Сделаны выводы. Предложены сферы рационального применения композитных шпал.

Ключевые слова: шпала композитная; лабораторные, стендовые, полигонные испытания; пропущенный тоннаж; ремонтпригодность; вероятность безотказной работы

Введение. Заинтересованность предприятий инфраструктуры железнодорожного транспорта и метрополитенов в применении композитных шпал и стрелочных брусьев обусловлена тем, что такие подрельсовые опоры имеют значительные преимущества перед деревянными, прежде всего — большой эксплуатационный ресурс.

Работа деревянных шпал со значительным сроком службы на грузонапряженных участках связана с интенсивным выходом их из строя, что не обеспечивает в полной мере безопасность движения поездов.

Замена рельсошпальной решетки на таких участках при капитальном ремонте затрудняется высокой стоимостью работ и необходимостью предоставления технологических окон. Поэтому весьма актуальной является проблема разрядки «кустов» негодных деревянных шпал более прочными. В этих условиях применение композитных шпал вместо старогонных железобетонных или новых деревянных шпал может оказаться эффективным мероприятием.

Деревянные шпалы обрабатываются антисептиками, и их использование и утилизация требуют больших затрат и наносят вред окружающей среде, а полимерные шпалы повторно перерабатываются для производства новых.

Эти очевидные достоинства шпал из композиционных материалов явились предпосылкой для

всестороннего исследования изготавливаемых АО «Фирма «ТВЕМА» шпал и брусьев для стрелочных переводов, материалом которых является полимерная матрица из переработанного полиэтилена высокой плотности в качестве основного компонента со стеклонаполненным полимером.

Геометрические размеры шпал соответствуют размерам деревянных обрезных шпал I типа [1]. Максимальная длина шпалы для применения в комплекте стрелочных брусьев для перекрестных съездов типов Р65 (Р50) марки 2/9 путей метрополитена составляет 6750 мм.

На рис. 1 представлена структура композитной шпалы.

Методы испытаний. В основу методов лабораторных испытаний композитных шпал лег североамериканский стандарт AREAM «Оценочные испытания систем шпал» [2] и приведенные в нем минимальные величины рабочих характеристик при их отсутствии в российских и межгосударственных стандартах.

Это относится к определению:

1. Модуля упругости (п. 5 таблицы);
2. Модуля разрушения (п. 6 таблицы);
3. Коэффициента термического расширения (п. 8 таблицы).

В отличие от деревянных и железобетонных характерным свойством шпал из полимерных композиционных

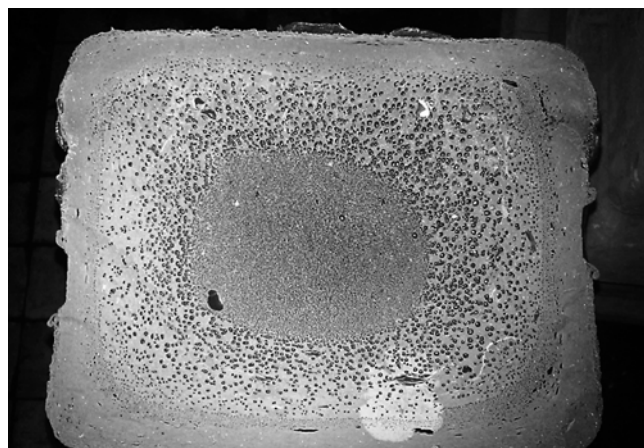


Рис. 1. Шпала композитная в разрезе
Fig. 1. Composite sleeper sectional

■ E-mail: mx_tail@mail.ru (М. Ю. Хвостик)

Результаты испытаний композитных шпал
Test results of composite sleepers

№ п/п	Наименование показателя	Нормативное значение	Фактическое значение
1	Плотность материала, кг/м ³ , не менее	850	850
2	Условная прочность при растяжении, МПа, не менее	8,0	10,5
3	Изменение массы после воздействия агрессивной среды в течение 24 ± 1 ч при температуре 23 ± 2 °С, %, не более: СЖР-3 воды	2 1	0,80 0,25
4	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см, не менее	1·10 ⁹	11,2·10 ¹⁰
5	Модуль упругости, МПа, не менее	1170	1200
6	Модуль разрушения, МПа не менее	13,8	24,78
7	Сопротивление вытягиванию шурупа, кН, не менее	30	57
8	Коэффициент термического расширения, см/см/°С, не более	1,35·10 ⁻⁴	7,74·10 ⁻⁵
9	Сопротивление поперечному сдвигу одной шпалы в щебеночном балласте, кН, после пропуска 10 ⁵ т брутто, не менее	3,0	3,5
10	Электрическое сопротивление шпалы, кОм, не менее	20	Более 20
11	Удерживающая способность при циклической нагрузке: остаточное поперечное перемещение головки рельса, мм, не более остаточное поперечное перемещение подошвы рельса, мм, не более трещины, разрушения шпалы в зоне отверстий	3 2 Не допускаются	2 1,5 Нет
12	Вероятность безотказной работы при наработке 5·10 ⁸ т брутто, %	98	100

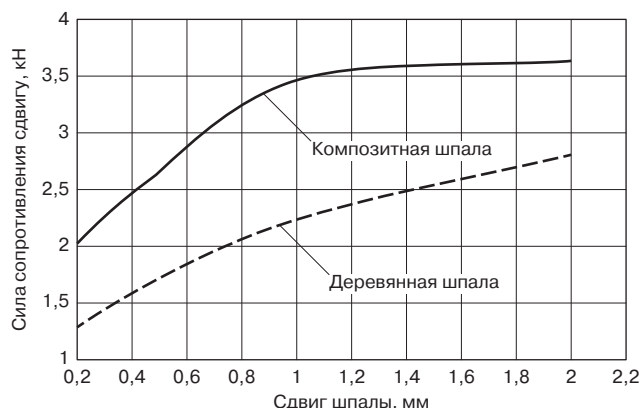


Рис. 2. Изменение сопротивления поперечному сдвигу композитных и деревянных шпал

Fig. 2. Variation of resistance to transverse shift of composite and wooden sleepers

материалов является более высокий коэффициент термического расширения. При большой амплитуде температур возможно изменение величины колесобразующих размеров.

Коэффициент линейного термического расширения рассчитывался в соответствии с международным стандартом D 6341 – 2005 [3] по формуле при измерении температуры шпалы от +60 до –35 °С:

$$\alpha = \frac{1}{L_0} \frac{L_2 - L_1}{T_2 - T_1} = \frac{1}{L_0} \frac{\Delta L}{\Delta T},$$

где L_0 — начальная длина образца; L_1 и L_2 — длины образца при температурах соответственно T_1 и T_2 .

На основании результатов испытаний, проводимых с использованием методов, изложенных в межгосударственных стандартах и стандартах Российской Федерации [4 – 10], сформулированы новые и уточнены имеющиеся технические требования к материалу шпал и шпалам как изделию, обеспечивающему безотказную работу под поездной нагрузкой.

С целью определения фактических величин вероятности безотказной работы проведены полигонные испытания композитных шпал на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» в подмосковной Щербинке.

Полигонные испытания. В декабре 2013 г. композитные шпалы были уложены вместо деревянных в колею 1530 мм на звеньях № 2 и № 3 в стыковой зоне в количестве 10 шт. на 1-м километре II пути. В октябре 2015 г. после их наработки более 400 млн т брутто на 5-м километре в кривой радиусом 407 м уложили рельсошпальную решетку со шпалами композитными на звеньях № 355 – 358 и прилегающей стыковой зоне, всего 106 шпал.

Результаты испытаний композитных шпал представлены в таблице. Из таблицы видно, что композитные шпалы имеют более высокие значения прочностных характеристик, нежели деревянные.

Так, сопротивление вытягиванию шурупов, установленных в композитные шпалы (п. 7 таблицы), выше до 1,5 раза, чем в новые деревянные шпалы.

На графике (рис. 2) представлены результаты испытаний шпал по определению усилия поперечному сдвигу, выполненных на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» (см. таблицу).

При наработке 500 млн т брутто среднее изменение ширины колеи составило 1,1 мм. Возвышение рельса уменьшилось на 2 мм. Подуклонка рельсов по обеим направлениям практически без изменения и находится в диапазоне 1/19 – 1/24 при нормативе 1/12 – 1/60.

Изменение величин характеристик рельсовой колеи вызвано сменой рельсов на опытном участке, так как при осмотрах шпал износа в зоне отверстий и на подрельсовых площадках не зафиксировано.

Сезонных изменений ширины колеи ни на участке с 10 шпалами на звене, ни на двух отдельных звеньях с композитными шпалами не отмечалось.

Одним из основных преимуществ шпал композитных является их ремонтпригодность. Применение ремонтной смеси позволяет полностью восстанавливать отверстия в композитных шпалах и обеспечивать нормативную величину усилия вытягивания. Также возможен ремонт шпал (заливка сколов) в случае схода подвижных единиц на участке с такими шпалами.

Значимым преимуществом композитных шпал перед деревянными и железобетонными является возможность их полной утилизации при невозможности восстановления дефектов, т. е. эксплуатирующая организация может отправлять изломанные шпалы предприятию-изготовителю в качестве сырья для новой продукции.

По результатам испытаний отмечается:

1. Рельсовая колея на участках с композитными шпалами имеет большую стабильность по ширине, уровню и подуклонке за счет высокой износо- и деформатостойкости этих шпал относительно деревянных.

2. При необходимости может выполняться ремонт шпал в зоне отверстий от крепежных элементов заливкой ремонтной смеси без потери прочности конструкции.

3. Преимущество шпал из композиционного материала перед деревянными в части сопротивления поперечному сдвигу обеспечивается за счет текстурирования боковых поверхностей и нижней пласти.

Выводы. 1. Физико-механические характеристики, влияющие на эксплуатационную надежность и работоспособность шпал композитных из переработанного полиэтилена высокой плотности в качестве основного компонента со стеклонаполненным полимером, выше, чем у шпал деревянных.

2. Шпалы из полимерных материалов, нашедшие широкое применение на железных дорогах мира, при технико-экономическом обосновании могут заменить деревянные шпалы на участках, где укладка железобетонных шпал нецелесообразна, в первую очередь на пучинистых участках и участках со слабым подбалластным основанием, а также при разрядке «кустов» с дефектными деревянными шпалами.

3. На основании положительных результатов испытаний заложены опытные участки с композитными шпалами в Московском и Санкт-Петербургском метрополитенах, а также разработаны рекомендации для их опытной укладки на сети железных дорог ОАО «РЖД».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 78–2004. Шпалы деревянные для железных дорог широкой колеи. Технические условия. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2007. 8 с.
2. AREAM. Оценочные испытания систем шпал. Ч. 5: Структурированные шпалы из композиционных материалов. AREAM, 2010. 125 с.
3. ASTM D6341–13. Standard Test Method for Determination of the Linear Coefficient of Thermal Expansion of Plastic Lumber and Plastic Lumber Shapes Between –30 and 140 °F (–34.4 and 60 °C). Publ. juny 1, 2013, 5 p.
4. ГОСТ 25.601–80. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах. М.: Стандартинформ, 2005. 9 с.
5. ГОСТ Р 50583–93. Материалы композиционные полимерные. Номенклатура показателей. М.: Госстандарт, 1993. 12 с.
6. ГОСТ 6433.1–71. Материалы электроизоляционные твердые. Условия окружающей среды при подготовке образцов и испытании. М.: Госстандарт, 1994. 9 с.
7. ГОСТ 4650–2014. Пластмассы. Методы определения водопоглощения. М.: Стандартинформ. 2014. 20 с.
8. ГОСТ 11262–80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение. М.: Госстандарт, 1986. 16 с.
9. ГОСТ 12020–72. Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред. М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. 22 с.
10. ГОСТ 6433.2–71. Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения электрического сопротивления при постоянном напряжении. М.: Госстандарт, 1994. 23 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

ХВОСТИК Михаил Юрьевич,
канд. техн. наук, заведующий лабораторией
«Совершенствование конструкций верхнего строения пути»,
отделение «Путь и путевое хозяйство», АО «ВНИИЖТ».

Статья поступила в редакцию 1.03.2016 г., актуализирована 3.05.2016 г., принята к публикации 10.05.2016 г.

Composite sleepers as an alternative to wooden

M. YU. KHVOSTIK

Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. The infrastructure undertakings of a rail transport and underground are interested in application of composite and switch sleepers. It is connected with the fact that insignificant service life of wooden sleepers and their low resistance to defects increase expenses on repairs and the current maintenance of railway track, especially in difficult operational conditions (the increased humidity, hostile environment, high loadings from vehicle units), and composite under-rail supports have considerably bigger operational resource.

Results of research of composite sleepers which material is the polymeric matrix from the processed high-density polyethylene as a main component with glass-filled polymer are given. It is shown that the physical and mechanical characteristics, influencing on operational reliability and operability of composite sleepers of the processed high-density polyethylene as a main component with glass-filled polymer, are above than wooden sleepers have. Spheres of rational application of composite sleepers are offered. For example, on sites where laying of ferroconcrete sleepers is inexpedient, first of all, on the soil blister sites and sites with the weak subballast basis, and also when spacing "bushes" with defective wooden sleepers.

On the basis of positive results of tests pilot sites with composite sleepers are put in the Moscow and St. Petersburg underground systems, and also recommendations for their pilot laying on a network of the railroads of JSC RZHD are developed.

Keywords: composite sleeper; laboratory tests; bench tests; tests at testing area; passed tonnage; maintainability; probability of non-failure operation

REFERENCES

1. *GOST 78–2004 Wooden sleepers for full gauge railways. Specifications.* Minsk, Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification Publ., 2007, 8 p. (in Russ.)

2. AREAM. *Assessment tests of sleeper systems.* Part 5. Structured sleepers made of composite materials. 2010, AREAM, 125 p.

3. *ASTM D6341–13. Standard Test Method for Determination of the Linear Coefficient of Thermal Expansion of Plastic Lumber and Plastic Lumber Shapes Between –30 and 140 °F (–34.4 and 60 °C).* ASTM Publ., 2013, 5 p.

4. *GOST 25.601–80. Methods for mechanical testing of composite materials with polymer matrix (composites). Method of testing flat samples on tension at normal, low and high temperatures.* Moscow, Standartinform Publ., 2005, 9 p. (in Russ.).

5. *GOST R 50583–93. Polymeric composite materials. Nomenclature of indices.* Moscow, Gosstandart Publ., 1993, 12 p. (in Russ.).

6. *GOST 6433.1–71 Solid electrical insulating materials. Environmental conditions during preparation and testing of samples.* Moscow, Gosstandart Publ., 1994, 9 p. (in Russ.).

7. *GOST 4650–2014. Plastics. Methods for determination of water absorption.* Moscow, Standartinform Publ., 2014, 20 p. (in Russ.).

8. *GOST 11262–80. Plastics. Tensile Test Method.* Moscow, Gosstandart Publ., 1986, 16 p. (in Russ.).

9. *GOST 12020–72. Plastics. Methods for determination of resistance to chemical environments.* Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 1997, 22 p. (in Russ.).

10. *GOST 6433.2–71 Solid electrical insulating materials. Methods for determining electrical resistance at a constant voltage.* Moscow, Gosstandart Publ., 1994, 23 p. (in Russ.).

ABOUT THE AUTHOR

KHVOSTIK Mikhail Yur'yevich,

Cand. Sci. (Eng.), Head of Laboratory "Improving the structure of track super structure", Department "Tracks and track facilities", JSC "VNIIZhT"

Received 1.03.2016

Revised 3.05.2016

Accepted 10.05.2016

■ E-mail: mx_tail@mail.ru (M. Yu. Khvostik)

ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

Дыдышко П. И. Земляное полотно железнодорожного пути. Справочник: науч. тр. ОАО «ВНИИЖТ». М.: Интекст, 2014. 416 с.

Изложены справочные данные и научное обоснование обеспечения стабильности земляного полотна железнодорожного пути, включая инновационные решения, на основе исследований процессов тепломассопереноса в грунтах. Представлено неизвестное ранее термоэлектрокинетическое явление, обуславливающее перенос влаги в капиллярных анизотермических системах, который влияет на несущую способность и устойчивость основания пути. Материалы справочника включают в себя порядок прове-

дения инженерных изысканий, методы расчетов, конструкции земляного полотна новых линий, дополнительных главных путей и усиления (реконструкции) эксплуатируемых линий. Рассмотрены объекты в различных инженерно-геологических условиях. Приведены порядок содержания земляного полотна, правила приемки объектов в эксплуатацию и правила охраны окружающей среды.

По вопросам предварительного заказа на приобретение книги обращайтесь в редакционно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ», тел. (499) 260-43-20.