

Исследования сконструированных подрельсовых опор

М. Ю. ХВОСТИК, М. А. СТАРОДУБЦЕВА

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

Аннотация. В последние десятилетия увеличивается применение сконструированных, в том числе композитных, шпал на железных дорогах мира: США, страны ЕС, Япония, Китай. Такие шпалы, обладая положительными эксплуатационными качествами деревянных шпал (хорошей упругостью и диэлектрическими свойствами, технологичностью при укладке в путь и при проведении ремонтных работ), не имеют отрицательных качеств древесины. Композитные шпалы не нуждаются в пропитке, балластный слой и почва не загрязняются вредными химическими соединениями, кроме того, возможна их повторная переработка.

Рассмотрены стандарты США и ЕС на испытания шпал из сконструированных материалов, дана классификация таких шпал. Приведены примеры испытаний шпал специалистами АО «ВНИИЖТ» с 1999 по 2016 г., в том числе шпал из модифицированной древесины, деревянных шпал с эластомерным покрытием, композитных шпал из переработанного полиэтилена высокой плотности со стеклонаполненным полимером. Рассмотрены особенности российских требований к сконструированным шпалам. Сформирован вывод о необходимости разработки российского и межгосударственного стандартов на требования безопасности и методы испытаний подрельсовых опор из сконструированных материалов.

Ключевые слова: композитные материалы; шпала сконструированная; испытания; лабораторные; стендовые; полигонные

Виды сконструированных шпал, их классификация и международные стандарты на их испытания. Сконструированные подрельсовые опоры представляют относительно новую технологию по сравнению с изделиями из пиломатериалов, бетона или стали.

На железных дорогах мира сконструированные шпалы находят все большее применение вместо деревянных, так как они имеют больший срок службы, высокую прочность и технологичны в процессе эксплуатации, экологичны (не используется креозот, который наносит ущерб окружающей среде), при их производстве часто применяются вторично переработанные изделия, в том числе и шпалы.

Сконструированные шпалы представляют собой как изделия из полимерных композитных материалов, так и из дерева с использованием полимеров. При их изготовлении используется два или большее количество материалов (например, армирующие элементы или наполнители) в связующей матрице для

получения свойств, которые превышают свойства отдельных элементов.

Основными видами сконструированных шпал, представленных на рис. 1, являются:

- шпалы из полимерного композитного материала, включающего армирующие элементы (например, стеклянные волокна) и/или другие модификаторы свойств в полимерной матрице (рис. 1, а);
- шпалы из сконструированного древесного материала, представляющие собой слои древесины, соединенные вместе с помощью конструкционного клея (рис. 1, б);
- шпалы из модифицированной древесины (рис. 1, в);
- шпалы из цельной древесины в полимерной оболочке (рис. 1, г).

За рубежом существуют специальные стандарты для испытания сконструированных шпал (мостовых и стрелочных брусев). К таким документам относится международный стандарт Европейского союза ISO 12856–1:2014 «Пластмассы. Пластмассовые железнодорожные шпалы для железнодорожных путей (железнодорожные стяжки). Часть 1. Характеристики материалов» [1]. Типы композитов и технологии изготовления могут оказывать различное влияние на эксплуатационные характеристики подрельсовых опор, поэтому стандарт ISO 12856–1:2014 (Часть 1) охватывает общие характеристики материалов, из которых изготавливаются композитные шпалы, с целью определения их эксплуатационных показателей. В приложении к указанному стандарту приводятся

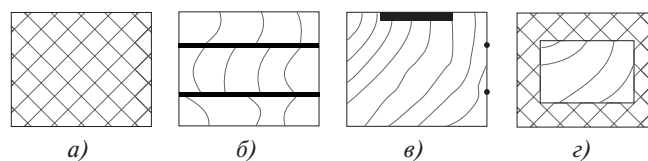


Рис. 1. Сконструированные шпалы (поперечное сечение):
а — шпалы из композитного материала; б — шпалы из древесины;
в — шпалы из модифицированной древесины; г — шпалы из древесины в полимерной оболочке

Fig. 1. Designed sleepers (cross-section):
а — sleepers made of composite material; б — sleepers made of wood;
в — sleepers from modified wood; г — sleepers from wood in a polymeric shell

технические характеристики типовых композитных и армированных материалов, которые рекомендуется применять при изготовлении подрельсовых опор. Вторая часть стандарта ISO 12856, выпуск которой планируется, будет содержать методы испытаний различных конструкций шпал из композитных материалов.

В стандарте ISO 12856—1:2014 требования к подрельсовым опорам из различных искусственных материалов соответствуют требованиям к опорам из различных пород древесины для укладки на участках с различными осевыми нагрузками и скоростями движения:

- тип материала А соответствует шпалам из тропических лиственных пород; применяется при изготовлении опор для безбалластного пути при осевых нагрузках до 137 кН (13,97 тс) и скорости 300 км/ч, а также специальных путей при осевых нагрузках до 196 кН (19,98 тс) и скорости движения до 130 км/ч;

- тип материала В соответствует стандартным шпалам; применяется при изготовлении опор для железнодорожных путей с осевыми нагрузками до 221 кН (22,53 тс) и скорости движения до 160 км/ч;

- тип материала С соответствует шпалам из лиственных пород; применяется при изготовлении опор для тяжеловесного движения с осевыми нагрузками до 343 кН (34,96 тс) и скорости движения до 80 км/ч.

В США и Канаде действует стандарт ассоциации AREMA «Оценочные испытания систем шпал» [2]. В стандарте AREMA методы испытания и требования к изделию зависят от типа шпалы (полимерная конструкционная, слоистая склеенная, композиционная из древесного материала).

При внедрении на железных дорогах Германии японских шпал из искусственной древесины в 90-е гг. XX в. еще отсутствовали нормативные документы и требования к деревянным шпалам для определенных условий эксплуатации, поэтому они должны были отвечать требованиям, предъявляемым к железобетонным шпалам.

Особенности применения отечественных сконструированных шпал. При разработке требований к сконструированным подрельсовым опорам следует учитывать особенности применения деревянных шпал и брусев в России и странах СНГ.

Наибольшее распространение в России имеют шпалы из сосны, которая по сравнению с другими хвойными породами для шпал и брусев менее подвержена растрескиванию, более упруга, прямоствольна. Однако сосна значительно мягче дуба, бука и других твердых пород, быстрее загнивает. В меньшем объеме применяются шпалы из лиственницы, имеющей твердую древесину, которая плохо пропитывается, подвержена растрескиванию и при перебивках колеи раскалывается.

Альтернативой цельным шпалам из хвойных пород являются подрельсовые опоры из модифицированной древесины лиственных пород деревьев (бере-

зы, ольхи, осины). Оцилиндрованная сырая древесина определенного размера укладывается в металлические пресс-формы, которые помещаются в пропиточную установку с антисептиком, где осуществляется сушка с одновременным механическим уплотнением (формованием) древесины. Для увеличения срока службы шпал на дно пресс-формы в местах будущего крепления подкладок (прокладок) укладываются пластины из твердой древесины. В процессе прессования пластины вдавливаются в шпалу заподлицо с пластью.

В ГОСТ 78—2004 «Шпалы деревянные для железных дорог широкой колеи. Технические условия» [3] указаны только методы контроля геометрических размеров шпал, маркировки и качества древесины, но не содержится прочностных характеристик шпал и способов их определения, так же как и для мостовых брусьев и брусев стрелочных переводов.

Другой документ, ГОСТ 56879—2016 «Древесина модифицированная. Заготовки для шпал и столбов ЛЭП. Технические условия», также содержит требования к отдельным характеристикам модифицированной древесины (твердость, плотность), которые являются физико-механическими свойствами материала, а не изделия [4].

Требования к прочности и трещиностойкости сконструированных шпал при статическом изгибе с растяжением нижней пласти содержит межгосударственный стандарт ГОСТ 28469—90 «Шпалы и брусья деревянные клееные для трамвайных путей. Технические условия» [5]. Эти требования аналогичны требованиям, предъявляемым к железобетонным шпалам, которые также являются сконструированными изделиями. В связи с этим испытания сконструированных шпал при необходимости могут сопровождаться испытаниями деревянных шпал. Анализ их результатов носит сравнительный характер, при этом применяются отдельные виды испытаний для шпал железобетонных по ГОСТ 33320—2015 [6].

Опыт проведения испытаний сконструированных шпал. Во ВНИИЖТ за последние 10 лет авторами были испытаны различные виды отечественных и зарубежных сконструированных шпал: полушпалы из модифицированной древесины (технология изготовления разработана специалистами Воронежской государственной лесотехнической академии), деревянные шпалы с эластмерным покрытием — разработка ОАО «НИИР», шпалы из переработанного полиэтилена высокой плотности со стеклонеполненным полимером производства АО «Фирма ТВЕМА». Для каждого типа шпал разрабатывались отдельные технические требования и своя методика испытаний с учетом особенностей конструкции изделия.

В 1999—2001 гг. специалистами института были выполнены стендовые и полигонные испытания полушпал из модифицированной древесины различных

пород, изготовленных на опытно-промышленной установке по технологии Воронежской государственной лесотехнической академии. Технология изготовления таких шпал предусматривает оцилиндровку сырой древесины, ее пропитку и формование. Для увеличения срока службы шпал в местах их будущего крепления впрессовывались пластины из древесины с направлением волокон параллельно направлению износа. При пропитке шпал применялся нефтяной антисептик ЖТК — менее вредный, чем креозот.

Стендовые испытания включали исследования по определению усилия на вырыв шурупа, жесткости подрельсового основания, а также испытания с узлами креплений типа «Метро» и КДП-65 на воздействие циклической нагрузки.

Проведенные испытания показали, что физико-механические свойства модифицированных шпал остались на уровне подрельсовых оснований из цельной древесины. Наблюдалось местное упрочнение древесины в районе сформированных пластей, которое приводит к уменьшению механического износа шпал под подкладкой. Для повышения прочностных характеристик институтом рекомендовалось увеличить степень прессования древесины с 10–15 до 25 %.

В результате полигонных испытаний при наработке 500 млн т брутто отмечалось удовлетворительное состояние полушпал (без отслоения уплотнений, трещин и разбалтывания шурупов) при механическом износе древесины под металлическими подкладками в 1,5–1,7 мм.

По причине большей трудоемкости и энергоемкости изготовления шпал из модифицированной древесины и, соответственно, более высокой их стоимости при близких величинах прочностных и эксплуатационных характеристик модифицированные шпалы не нашли промышленного применения.

В 2005–2007 гг. при непосредственном участии авторов проходила испытания новая конструкция шпалы, разработанная ОАО «НИИР», представляющая собой композицию из традиционной деревянной шпалы с покрытием на основе смеси полиуретана с резиновыми отходами. Деревянные шпалы с эластомерным покрытием не наносят ущерб окружающей среде: почва под путевым полотном и балластный слой не загрязняются вредными химическими соединениями (креозот, соли фосфора, магния и органические смолы).

Программа лабораторных исследований предусматривала проведение ускоренных испытаний самого эластомерного покрытия и натурных образцов деревянных шпал с эластомерным покрытием. Определялись такие характеристики, как стойкость воздействия ультрафиолетового облучения, влагонасыщение, адгезия покрытия к древесине, стойкость древесины на загнивание, стойкость древесины при образовании дефектов покрытия, термостойкость по-

Рис. 2. Шпалы с полимерной оболочкой на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» (ст. Шербинка)

Fig. 2. Sleepers with polymeric shell on the Test Loop of JSC «VNIIZhT» (Shcherbinka station)



крытия. Результаты лабораторных и сравнительных стендовых испытаний выявили преимущества опытных шпал перед типовыми.

При наработке 650 млн т брутто результаты обследования показали полностью работоспособное состояние шпал с полимерным покрытием: на поверхности отсутствовали трещины, механические повреждения, вырывы в местах крепления металлической подкладки, вздутия и расслоения покрытия; в области креплений образования гнилостности не было обнаружено (см. рис. 2). Было отмечено более стабильное состояние пути со шпалами в оболочке, чем с деревянными, меньшая интенсивность изменения ширины колеи, стабильная подуклонка рельсов. Положительные результаты испытаний позволили рекомендовать изготовление установочной партии шпал с эластомерным покрытием для укладки на станции Бекасово Московской железной дороги. В связи с прекращением деятельности ОАО «НИИР» постановка сконструированных шпал с полимерной оболочкой на производство не была завершена.

В 2012–2016 гг. авторами были проведены комплексные испытания композитных шпал АО «Фирма ТВЕМА», материалом которых является полимерная матрица из переработанного полиэтилена высокой плотности в качестве основного компонента со стеклонаполненным полимером (см. рис. 3). В основу методики испытаний шпал лег стандарт AREMA, также использовались приведенные в нем минимальные величины рабочих характеристик ввиду их отсутствия в российских и межгосударственных стандартах. Результаты испытаний композитных шпал показали, что физико-механические характеристики, влияющие на эксплуатационную надежность и работоспособность таких подрельсовых оснований, выше, чем у деревянных шпал [7].

На рис. 4 представлены результаты испытаний одного из вариантов композитных и стандартных деревянных шпал для определения модуля упругости по графику максимального прогиба, выполненных в АО «ВНИИЖТ».

Композитные шпалы из полимерного материала более подвержены температурному влиянию, чем деревянные, и при отрицательных температурах (менее



Рис. 3. Композитные шпалы из переработанного полиэтилена высокой плотности

Fig. 3. Composite sleepers from recycled high-density polyethylene

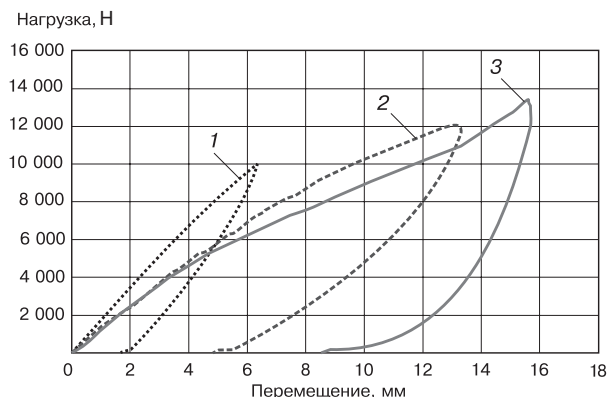


Рис. 4. Определение модуля упругости шпал по графику максимального прогиба: 1 — шпала деревянная; 2 — шпала композитная; 3 — шпала композитная замороженная
Fig. 4. Determination of the module of sleeper elasticity according to the maximum deflection schedule: 1 — wooden sleepers; 2 — composite sleeper; 3 — frozen composite sleepers

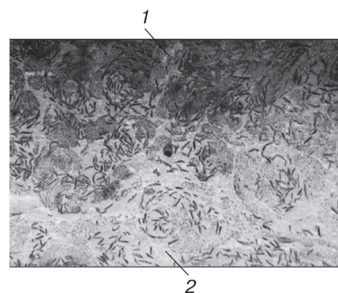


Рис. 5. Шпалы из искусственной древесины SEKISUI (поперечный разрез): 1 — верхняя поверхность шпалы; 2 — нижняя поверхность шпалы

Fig. 5. SEKISUI sleepers made of artificial wood (cross-section): 1 — the upper surface of the sleeper; 2 — the bottom surface of a sleeper

–20 °C) изменение модуля упругости происходит до 2-х раз. Изломы таких шпал зафиксированы в зимнее время при их полигонных испытаниях на участках с неравномерно уложенным и уплотненным щебеночным балластом.

В настоящее время растет количество предложений от производителей сконструированных шпал. Представляют интерес японские шпалы из искусственной древесины (FFU) SEKISUI, обладающей достоинствами древесины (достаточной упругостью, хорошей обрабатываемостью, низкой электропроводностью) и не имеющей ее недостатков (пористости, подверженностью гниению), с более высокой износостойкостью, низкими затратами на жизненный цикл и эксплуатацию (см. рис. 5). Верхняя поверхность шпалы может иметь большую плотность для повышения эксплуатационной стойкости изделия. На японских железных дорогах такие шпалы используются с 1985 г.

Композитные опоры успешно конкурируют и с железобетонными подрельсовыми основаниями.

Так, применение композитных брусьев решает проблему изготовления дорогостоящей формооснастки (индивидуальной для каждого проекта) для железобетонных стрелочных брусьев и обеспечивает высокоточную постановку металлических элементов в проектное положение непосредственно на месте сборки.

На основании многолетнего опыта испытаний конструкций шпал из композитных материалов и анализа зарубежных технических требований, изложенных в базовых нормативных документах на их изготовление и эксплуатацию, сформированы технические требования, которые целесообразно использовать при разработке отраслевых, государственных и межгосударственных стандартов на подрельсовые опоры из композитных материалов (шпалы, мостовые и стрелочные брусья и пр.).

Требования к геометрическим характеристикам

а) Геометрические размеры подрельсовых опор из композитных материалов должны соответствовать

Таблица 1

Свойства материала

Table 1

Material properties

№ п/п	Наименование показателя	Полимерный композиционный материал	Сконструированный древесный материал	Цельная древесина в полимерной оболочке
1	Плотность материала, кг/м ³	800	720	1100
2	Температурный интервал работоспособности, °C	от –60 до +80	—	от –60 до +80*
3	Прочность при растяжении, МПа, не менее	8	—	5*
4	Химическая стойкость. Изменение массы после воздействия агрессивной среды в течение (24±1) ч при температуре (23±2 °C), % — СЖР-3 — воды	2 1	— —	1,0* 0,7*
5	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	1·10 ⁹	—	1·10 ⁹ *
6	Долговременная стойкость к атмосферному воздействию (ультра-фиолетовому излучению) — изменение начальных величин п. 3 табл., %	100	—	100*
7	Термическое старение — изменение начальных величин п. 3 табл., %	5	—	20*
8	Стойкость к возгоранию	Пламя не должно проникать в образец	—	Пламя не должно проникать в образец

*свойство полимерной оболочки шпалы

традиционным размерам шпал, стрелочных или мостовых брусьев.

б) При обеспечении прочностных и эксплуатационных характеристик по согласованию с владельцем инфраструктуры допускается уменьшение размеров поперечного сечения сконструированных подрельсовых опор.

в) Для участков с ездой по балласту с целью повышения сопротивления сдвигу выполняется текстурирование (рифление) боковых и нижней сторон шпал.

Требования к эксплуатационным характеристикам

а) Срок службы подрельсовых опор должен составлять не менее 50 лет с учетом их ремонтпригодности за счет восстановления отверстий для крепежных элементов скреплений (шурупов, закладных болтов и пр.).

Таблица 2

Свойства подрельсовых опор из различных материалов

Table 2

Properties of rail seat supports of various materials

№ п/п	Наименование показателя	Полимерный композиционный материал	Сконструированный деревянный материал	Цельная древесина в полимерной оболочке
1	Модуль упругости (изгиб), МПа	1200	11700	12000
2	Модуль разрушения, МПа	13,8	66,9	53,8
3	Жесткость подрельсовой площадки, МПа	6,2	4,5	2,8
4	Коэффициент термического (линейного) расширения	$1,35 \cdot 10^{-4}$	—	—
5	Ударная прочность при температуре +20 °С и –20 °С, Дж/см ²	40	—	—
6	Электрическое сопротивление, кОм	20	—	—
7	Удерживающая способность при циклической нагрузке: — остаточное поперечное перемещение подошвы рельса, мм; — наличие трещин, разрушения опоры в зоне отверстий	2 не допускается		
8	Сопротивление вытягиванию крепежного элемента скрепления, кН	30		
9	Сопротивление поперечному сдвигу опоры в щебеночном балласте после пропуска 10 ⁵ т брутто, кН	3,0		
10	Вероятность безотказной работы при заданной нагрузке, %	98		
11	Заявленный срок службы, лет	50	20	25

б) Обязательным является наличие сертификата пожарной и экологической безопасности в соответствии с требованиями владельца инфраструктуры.

Требования к методам испытаний

Методы испытаний композитных опор, основанные на межгосударственных стандартах и стандартах Российской Федерации [8–11] должны обеспечивать достоверность результатов при контроле характеристик, указанных в табл. 1 и 2. Величины, представленные в табл. 1 и 2, приведены в качестве рекомендуемых и при использовании сконструированных подрельсовых опор должны согласовываться с владельцем инфраструктуры.

Отмечается, что полимерные шпалы из композитных материалов имеют меньший модуль упругости и модуль разрушения, нежели сконструированные деревянные шпалы, при этом имеют больший срок службы, в том числе за счет большей химической стойкости материала.

Выводы. 1. Сконструированные подрельсовые опоры перспективны в применении. Обладая достоинствами деревянных шпал (брусьев), они имеют более высокую износостойкость, низкие затраты на жизненный цикл (возможна повторная переработка), более однородны и не подвержены гниению. Демпфирующие свойства композитных шпал способствуют решению проблемы снижения шума и вибрации от подвижного состава. При технико-экономическом обосновании такие шпалы с успехом заменят другие виды подрельсовых опор.

2. Сферами рационального применения композитных подрельсовых опор являются пучинистые участки железнодорожного пути, участки со слабыми грунтами, стрелочные переводы, путь на мостах, в железнодорожных тоннелях, а также пути метрополитенов.

3. Одним из способов снижения негативного воздействия железнодорожного транспорта на окружающую среду является замена пропитанных деревянных шпал пластиковыми (композитными), полученными путем переработки резиновых и полимерных отходов.

4. Учитывая тенденцию к расширению полигона укладки композитных шпал, включая железнодорожные пути, пути метрополитенов и наземного городского транспорта, как в Российской Федерации, так и в Казахстане и других странах СНГ, целесообразно разработать единый межгосударственный стандарт, содержащий требования безопасности и методы испытания сконструированных подрельсовых опор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO 12856–1:2014. Пластмассы. Пластмассовые шпалы для железнодорожных путей (железнодорожные стяжки). Часть 1. Характеристики материалов. М.: Стандартинформ, 2014. 36 с.
2. Оценочные испытания систем шпал. Ч. 5. Структурированные шпалы из композиционных материалов / AREMA. [Б. м.], 2010. 125 с.
3. ГОСТ 78–2004. Шпалы деревянные для железных дорог широкой колеи. Технические условия. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2007. 8 с.

4. ГОСТ 56879–2016. Древесина модифицированная. Заготовки для шпал и столбов ЛЭП. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 11 с.
5. ГОСТ 28469–90. Шпалы и брусья деревянные клееные для трамвайных путей. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2005. 7 с.
6. ГОСТ 33320–2015. Шпалы железобетонные для железных дорог. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 37 с.
7. Хвостик М. Ю. Шпалы композитные как альтернатива деревянным // Вестник ВНИИЖТ. 2016. Т. 75. № 3. С. 179–182. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-3-179-182>.
8. 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.: Изд-во стандартов, 1980. 13 с.
9. ГОСТ Р 50583–93. Материалы композиционные полимерные. Номенклатура показателей. М.: Изд-во стандартов, 1993. 9 с.

10. ГОСТ 4650–2014. Пластмассы. Методы определения водопоглощения. М.: Стандартинформ, 2014. 16 с.
11. ГОСТ 11262–80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение. М.: Изд-во стандартов, 1986. 16 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

ХВОСТИК Михаил Юрьевич,

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, научный центр «Путевая инфраструктура и вопросы взаимодействия колеса — рельс» (НЦ «ЦПРК»), АО «ВНИИЖТ»

СТАРОДУБЦЕВА Марина Алексеевна,

научный сотрудник, научный центр «Путевая инфраструктура и вопросы взаимодействия колеса — рельс» (НЦ «ЦПРК»), АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 25.07.2017 г., актуализирована 09.10.2017 г., принята к публикации 03.11.2017 г.

Studies of the constructed rail seat supports

M. Yu. KHVOSTIK, M. A. STARODUBTSEVA

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

Abstract. In recent decades, the use of constructed sleepers on the world's railways has been increasing: the United States, the EU countries, Japan and China. Such sleepers, having positive performance qualities of wooden sleepers (good elasticity and dielectric properties, manufacturability during laying and during repair work), do not have negative qualities of wood.

The article reviews the US and EU standards for testing sleepers made of constructed materials. The classification of such sleepers is given. Examples of testing of such sleepers by specialists of JSC "VNIIZhT" for the period from 1999 to 2016 are given, including sleepers from modified wood, wooden sleepers with elastomeric coating, composite sleepers from recycled high-density polyethylene with glass-filled polymer. Features of the Russian requirements to the constructed sleepers are considered.

Composite rail seat supports are promising in application. Possessing the advantages of wooden sleepers (bars), they have higher wear resistance, lower life cycle costs (recyclable), are more homogeneous and do not rot. Damping properties of composite sleepers contribute to solving the problem of reducing noise and vibration from rolling stock. In addition, their use is one of the ways to reduce the negative impact of rail transport on the environment. With a feasibility study, such sleepers will successfully replace other types of rail seat supports.

Spheres of rational application of composite rail seat supports are heaving sections of the railway track, areas with weak soils, turnouts, tracks on bridges, railway tunnels, and underground tracks.

Taking into account the tendency to expand the polygon for laying composite sleepers, including railway tracks, metro routes and land transport in the Russian Federation, Kazakhstan and other CIS countries, it is advisable to develop a single interstate standard containing safety requirements and test methods for constructed rail seat supports.

Keywords: composite materials; designed sleeper; tests; laboratory test; bench test; polygon test

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-6-371-376>

REFERENCES

1. ISO 12856–1:2014. *Plastics. Plastic sleepers for railway tracks (railway ties). Part 1. Material characteristics*. Moscow, Standartinform Publ., 2014, 36 p.

2. *Evaluation tests of sleepers systems. Part 5. Structured sleepers made of composite materials*. AREMA Publ., 2010, 125 p.

3. ГОСТ 78–2004. *Ties wooden for wide gauge railways. Technical specifications*. Minsk, Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification Publ., 2007, 8 p.

4. ГОСТ 56879–2016. *Wood modified. Blanks for sleepers and poles of power lines. Technical specifications*. Moscow, Standartinform Publ., 2016, 11 p.

5. ГОСТ 28469–90. *Ties and beams are wooden glued for tram ways. Technical specifications*. Moscow, Standartinform Publ., 2005, 7 p.

6. ГОСТ 33320–2015. *Reinforced concrete sleepers for railways. General specifications*. Moscow, Standartinform Publ., 2016, 37 p.

7. Khvostik M. Yu. *Shpaly kompozitnye kak al'ternativa derevyannym* [Sleepers composite as an alternative to wooden]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2016. Vol. 75, no. 3, pp. 179–182. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-3-179-182>.

8. ГОСТ 25.601–80. *Methods of mechanical testing of composite materials with a polymer matrix (composites). Method for testing flat tensile specimens at normal, elevated and lower temperatures*. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1980, 13 p.

9. ГОСТ Р 50583–93. *Composite polymer materials. Nomenclature of indicators*. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1993, 9 p.

10. ГОСТ 4650–2014. *Plastics. Methods for determination of water absorption*. Moscow, Standartinform Publ., 2014, 16 p.

11. ГОСТ 11262–80. *Plastics. Tensile test method*. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1986, 16 p.

ABOUT THE AUTHORS

Mikhail Yu. KHVOSTIK,

Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher, Research Center "Track Infrastructure and Interoperability issues of wheel — rail interface" (NTs "TsPRK"), JSC "VNIIZhT"

Marina A. STARODUBTSEVA,

Researcher, Research Center "Track Infrastructure and Interoperability issues of wheel — rail interface" (NTs "TsPRK"), JSC "VNIIZhT"

Received 25.07.2017

Revised 09.10.2017

Accepted 03.11.2017

■ E-mail: vsp311@yandex.ru (М. Ю. Хвостик)