

УДК 624.016

КОМПОЗИТНЫЕ ШПАЛЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Егоров М.В., студент гр. 2131-СЖД, IV курс
Научный руководитель: Коломынцев В. М., ст.пр.,
Оренбургский институт путей сообщения – филиал ФГБОУ ВО
«Приволжский государственный университет путей сообщения»

В разных странах мира разработан ряд технологий изготовления композитных шпал. Эти технологии стали потенциальной альтернативой деревянным шпалам. А сами композитные шпалы выступают инновационными строительными конструкциями не только на железнодорожном транспорте, но и для трамвайного городского транспорта или городского уличного железнодорожного транспорта, так и для городского внеуличного железнодорожного транспорта (метрополитен).

В отличие от стали и бетона, композитные шпалы могут имитировать поведение дерева. При этом железнодорожные пути с деревянными шпалами требуют обязательного ухода, а композитные шпалы практически не требуют ухода и более экологичны.

Сегодня существует широкая типизация композитных шпал в зависимости от количества, длины и ориентации волокон в них, с учетом как шпал, применяемых на линейных объектах и на различных инфраструктурах транспорта в настоящее время, так и с учетом технологий, которые все еще находятся в стадии исследований и разработок.

Тип 1 - Шпалы, армированные короткими волокнами или не армированные вовсе.

Шпалы типа 1 изготавливаются из переработанного пластика или битума с наполнителями (песок, гравий, переработанное стекло или резаное стекловолокно (длина <20 мм)).

Прочностные свойства этих шпал в основном определяются используемым полимером.

Хотя некоторые из этих конструкций содержат рубленое стекловолокно для повышения жесткости и/или сопротивления разрыву, это не значительно улучшает конструктивные характеристики, так необходимые в свою очередь для наиболее часто используемых в путевом хозяйстве тяжелых железобетонных шпал.

Высокий спрос на альтернативные материалы для шпал побудил некоторые компании по обслуживанию железных дорог различной путевой инфраструктуры изучить эти материалы и испытать их.

«С точки зрения материалов шпалы типа 1 имеют ряд преимуществ, среди которых простота обработки (резка, сверление), возможность

использования отходов при производстве шпал, приемлемая ценовая позиция по экономическим показателям.

Однако недостатками этих шпал являются низкая прочность и жесткость, ограниченная свобода выбора конструктивных решений, чувствительность к температуре и ползучести, а также низкая огнестойкость» [2].

Тип 2 – шпалы, армированные непрерывными волокнами в продольном направлении.

Шпалы типа 2 – это шпалы, которые армированы в продольном направлении непрерывными стекловолокнами и иногда содержат очень короткие волокна или вообще не содержат их в поперечном направлении. «Прочность и жесткость в продольном направлении в основном определяется непрерывным стеклянным волокном, тогда как в поперечном направлении эти показатели в основном определяются используемым полимером. Эти шпалы особенно подходят для балластированных путей, где напряжения в шпалах определяются изгибающими нагрузками, но материал не идеален для применения в мостах (например, мостовых балок), где шпалы подвергаются сочетанию значительных изгибающих и сдвигающих усилий»[3].

Достоинствами этого типа шпал являются простота обработки (резка, сверление), хорошая длительная прочность, высокая прочность на изгиб и столь же высокий модуль упругости.

Однако с этими шпалами связан ряд сложных проблем, а именно: их низкая прочность на сдвиг и низкий модуль сдвига, ограниченная свобода выбора конструктивных решений, предельная огнестойкость, высокая цена. К этой категории относятся синтетические шпалы из вспененного уретана (FFU), армированные волокном.

Основными особенностями этого материала являются малый вес, хорошая гидрофобность, термостойкость и коррозионная стойкость, простота обработки и срок службы более 50 лет. Армированный волокном пеноуретан используется в железнодорожной отрасли для производства шпал путей, мостов и стрелок с широким диапазоном высоты шпал - от 100мм до 450мм. Изучение акустических и динамических свойств шпал из этого материала показало, что их свойства эквивалентны свойствам шпал из твердой древесины.

Тип 3 – шпалы, армированные продольными и поперечными волокнами [4].

Шпалы типа 3 имеют длинные армирующие волокна как в продольном, так и в поперечном направлениях, поэтому волокна работают как на изгиб, так и на сдвиг.

Конструктивные особенности этих шпал можно уточнять, укладывая армирующие волокна под разными углами в каждом направлении, в соответствии с заданными эксплуатационными требованиями.

В некоторых случаях отсутствие недеформируемых характеристик стеклопластиковых шпал можно компенсировать включением в конструкцию

нескольких стальных арматурных стержней. Вязкостные свойства особенно важны, когда шпалы устанавливаются на мостах, где ожидаются достаточные предупредительные сигналы до того, как произойдет разрушение.

Большая свобода дизайна, хорошая прочность на изгиб и сдвиг, простота обработки и хорошая огнестойкость – основные преимущества этих шпал. Однако процесс изготовления композитных шпал этого типа довольно медленный, что может увеличить производственные затраты. В эту категорию входят шпалы из полимерной сэндвич-конструкции и шпалы из гибридных композитов, в которых волокна ориентированы в двух направлениях, чтобы выдерживать как напряжения изгиба, так и силы сдвига [1].

Сегодня в перспективном направлении предлагается практикоприменение трех типов композиционных шпал, в зависимости от особенностей пути, климата, грузонапряженности. При этом каждому типу свойственны как положительные, так и существенные отрицательные характеристики, проявляющиеся в процессе эксплуатации, текущем содержании пути.

Основными проблемами при использовании композитных железнодорожных шпал типа 1 являются их ограниченная прочность и жесткость, а также низкие динамические свойства, которые в большинстве случаев несопоставимы с деревянными.

Ограничения, вызванные плохими конструктивными особенностями шпал типа 1, были преодолены в шпалах типа 2 и 3, но их высокая стоимость по сравнению со шпалами из стандартных материалов по-прежнему остается серьезной проблемой. Кроме того, отсутствие в настоящее время информации об их долгосрочных характеристиках и отсутствие рекомендаций по проектированию ограничивают их широкое применение. Необходимы дополнительные исследования для устранения ограничений существующих композитных шпал. Для преодоления существующих ограничений композитных шпал предлагаются следующие подходы.

Шпалы из переработанного пластика (тип 1) обладают конструктивными свойствами, не сравнимыми со свойствами дерева [2].

Композитные шпалы из армированного волокном пеноуретана (тип 2) обладают более высокой прочностью и жесткостью по сравнению с композитными шпалами типа 1 благодаря наличию непрерывных армирующих волокон, но в настоящее время достаточно дороги, и их применение в основном ограничивается стрелочными переводами.

Поскольку прочность и жесткость шпал из вторичного пластика (тип 1) значительно ниже, чем у традиционных деревянных шпал, для улучшения этих свойств предлагается использовать армирующие волокна.

Однако необходимы серьезные исследования для разработки технологий, в которых волокна работают в сочетании с термопластичным полимером. «Что касается концепции композитных шпал с деревянным сердечником, то выполнение требований по склеиванию пластика с деревом

может оказаться критическим вопросом. Более того, эти шпалы были разработаны в то время, когда исследователи искали материал, альтернативный дереву благодаря его экологически чистым свойствам чувствительности» [2].

Первые результаты с kleеными многослойными балками (тип 3) показали, что они работают намного лучше, чем шпалы из переработанного пластика (тип 1). Это связано с тем, что высокопрочные волокнистые композитные оболочки на сэндвич-конструкции, действующие как в продольном, так и в поперечном направлениях, тем самым позволяют шпалам этого типа соответствовать требованиям по жесткости 4 ГПа для обеспечения безопасности и надежности пути.

Одним из основных препятствий для широкого применения на железнодорожных путях составных шпал 2-го и 3-го типов считается их цена, которая примерно в 5-10 раз превышает цену стандартных деревянных шпал, о чем говорилось выше. Стандартно здесь рекомендуется оптимизировать конструкцию и структуру композитных шпал с сохранением необходимого уровня физико-механических характеристик, снижением первоначальных затрат на сырье и недопущением ненужных отходов материала.

Кроме того, существуют затраты, связанные с конструкцией пути, которые могут варьироваться в зависимости от типа используемых шпал. Например, «требуемая толщина балласта для железобетонных шпал почти вдвое больше, чем для деревянных шпал. Это связано с плохими динамическими свойствами и высокой жесткостью бетона, что приводит к большому изгибающему моменту и требует применения фундамента с опорой средней жесткости» [1].

Установка рельсовых подкладок увеличивает себестоимость пути, а также снижает скорость строительства, хотя необходимо обеспечить электрическую и виброзоляцию, шумоизоляцию и т. д. Поэтому следует сосредоточить внимание на разработке конструкций составных шпал с улучшенными динамическими свойствами, способных работать с небольшой балластной подушкой. толщины и без рельсовых подкладок.

Оптимизация конструкции шпал также может быть достигнута за счет снижения качества материалов в тех местах, где напряжения пренебрежимо малы. Это метод, который может быть полезен при разработке рентабельных композитных железнодорожных шпал. Эта технология уже реализована в шпалах из предварительно напряженного бетона, а бетонные шпалы В70 оптимизированы на основе распределения нагрузки на колеса.

Помимо требований к рабочей нагрузке, эксплуатационные характеристики композитного материала определяются его долговременной прочностью и способностью противостоять воздействиям окружающей среды, таким как ультрафиолетовое излучение, высокий pH, высокие и низкие температуры, влажность и т. д.

«Поскольку композитные железнодорожные шпалы являются относительно новыми продуктами с относительно короткой историей в

железнодорожной отрасли по сравнению со шпалами, изготовленными из более традиционных материалов, краткосрочные и долгосрочные исследования поведения композитных шпал имеют большое значение для развития рынка и улучшения качества продукции. их конкурентоспособность. Кроме того, важен регулярный контроль технических характеристик в процессе эксплуатации»[2].

«В связи с отсутствием в настоящее время общепринятого стандарта на композитные шпалы (особенно типа 3) следует разработать рекомендации по их конструкции, чтобы их реальные возможности можно было использовать для достижения удовлетворительного уровня конструктивной надежности. Разработка национальных и международных стандартов будет стимулировать внедрение новых композитных шпал в качестве альтернативы традиционным материалам. Для составных железнодорожных шпал необходимо определить расчетные уравнения предельных состояний со значениями коэффициентов частичной нагрузки и коэффициентов снижения несущей способности» [1].

Список литературы:

1. Адер, А. В. Экономическая компонента внедрения инновационного строительного материала в строительное производство / А. В. Адер, В. М. Коломынцев // Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики : материалы Международной научно-методической конференции, Оренбург, 23 марта 2021 года / Оренбургский институт путей сообщения. – Оренбург: Оренбургский институт путей сообщения – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Самарский государственный университет путей сообщения", 2021. – С. 313-315. – EDN JRLRIZ.
2. Современные акценты, проблемы и перспективы профессионального экологического образования в России : монография / Н. Е. Рязанова, Ю. Л. Мазуров, В. А. Горбанёв [и др.] ; под редакцией Н. Е. Рязановой. — Москва : МГИМО, 2018. — 426 с. — ISBN 978-5-9228-1860-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/294989> (дата обращения: 08.03.2025).
3. Муртазаев, С. Ю. Технология вяжущих веществ : учебное пособие / С. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова. — Грозный : ГГНТУ, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/202613> (дата обращения: 08.03.2025).
4. Критерии стоимостных показателей природных ресурсов при техногенности экономических процессов / А. В. Адер, А. В. Дудко, М. С. Емец [и др.] // ЦИТИСЭ. – 2024. – № 2(40). – С. 226-240. – EDN HNNOLN.