

# Шпалы из искусственной древесины на железных дорогах Европы

Европейские железные дороги и операторы метрополитена постепенно начинают признавать достоинства композитных шпал, отличающихся более высокой износостойкостью по сравнению с деревянными. Такие шпалы широко применяются в Японии, Китае, на острове Тайвань и появляются на железнодорожных линиях Европы.

Древесина — самый старый и универсальный материал в истории человечества. Однако она, как природный материал, спустя относительно короткое время повреждается переменными температурами, ультрафиолетовым излучением и постоянной влажностью. При использовании деревянных шпал путь приходится ремонтировать через относительно короткие временные интервалы. Это означает большие затраты на персонал и материалы.

Против железобетонных шпал говорит их большая масса, осложняющая укладку и делающая проблематичным применение на мостах. К тому же для изготовления шпал разной длины требуются разные формы.

Достойной альтернативой деревянным являются шпалы<sup>1</sup> из армированного волокном пенополиуретана (fiber reinforced foamed urethane, FFU). Первую композитную шпалу Sekisui изготови-

ла в 1978 г., отреагировав на потребность железных дорог Японии в получении материала, более устойчивого к характерным для страны погодным условиям, чем дерево. Эти шпалы устанавливались с середины 80-х годов прошлого века, особенно на стрелочных участках пути, для которых приоритетным требованием было максимальное увеличение интервалов текущего содержания. Армированный пенополиуретан также широко используется в мостовых конструкциях по причине ограниченных подходов и стесненности рабочих площадок. Согласно расчетам Научно-исследовательского института Японских железных дорог, пластиковая шпала может выдержать 100 млн циклов нагружения в течение 50-летнего срока службы. С тех пор в Японии уложено более 1,3 млн таких шпал. Армированный полиуретан называют искусственной древесиной, она выглядит как природная и сочетает все положительные свойства натурального продукта и современного композита.

## Достоинства

Шпалы из искусственной древесины на основе армированного волокном пенополиуретана отличаются большим сроком службы. Удлиненные циклы обслуживания дают соответствующую экономию расходов на текущее содержание. Кроме того, точная и быстрая укладка даже отдельных шпал способствует снижению строительных издержек.

Прочность на изгиб композитных шпал даже после 15 лет эксплуатации заметно выше, чем деревянных. Эта же тенденция наблюдается при циклических и длительных испытаниях. В то время как при сжатии 40 МПа и 50 тыс. циклов нагружения большинство деревянных шпал разрушается, шпалы из полиуретана выдерживают даже 1 млн циклов при сжатии в 94 МПа.

Благодаря структуре с закрытыми порами полиуретан даже при интенсивных осадках имеет незначительное водопоглощение. Благоприятные электроизоляционные свойства поэтому не ухудшаются, что имеет особое значение зимой в обогреваемых стрелочных переводах. Кроме того, полиуретан устойчив к гидролизу, жирам и маслам, а также распыляемой соли. Из него можно изготавливать шпалы, которые в сравнении с такими же железобетонными отличаются лучшей плоскостностью.

Еще одно достоинство композитных шпал — экологическая совместимость. В противоположность деревянным они не требуют нагружающей природу пропитки химикатами для защиты от неблагоприятных воздействий окружающей среды. Однажды заложенные в них крепежные элементы могут использоваться повторно. Ненужные (или изношенные) шпалы могут подвергаться повторной переработке; это же относится к технологическим отходам.

<sup>1</sup>См. статью «Искусственная древесина в конструкции пути» в журнале «Железные дороги мира», 2009, № 11, с. 75 – 77.

### Композитные шпалы в Австрии

В Европе впервые решение об использовании шпал из искусственной древесины было принято транспортной компанией Wiener Linien (Вена). Первый проект — реконструкция моста Цольамтсбрюкке на линии метрополитена U4 — реализован в 2004 г. На этом мосту с открытой стальной проезжей частью, построенном в 1896–1898 гг., требовалось обновить защиту от коррозии и верхнее строение пути.

За 10 календарных дней, в течение которых мост был полностью закрыт для движения поездов, заменили сильно пострадавшее от непогоды верхнее строение пути, провели работы по защите от коррозии несущей конструкции, уложили путь на шпалах из искусственной древесины. В результате оказалось возможным принять следующую периодичность ремонтных работ на этой линии: замена рельсов и коррозионной защиты — не раньше чем через 30 лет, шпал и стальной конструкции — через 50 лет.

Шпалы из искусственной древесины высотой 100 мм уложили на мосту Флоридсдорфербрюкке через Дунай и на деревянном мосту на участке Вена — Хютельдорф линии U4. Поскольку второй мост находится в кривой, требовалось изготавливать новые шпалы с точностью до миллиметра. На заводе шпалы из искусственной древесины выполнили с учетом конкретных требований к каждой, пронумеровали их соответственно номерам заменяемых деревянных и доставили на место.

Wiener Linien в 2008 г. приняла долгосрочную программу по замене отслуживших свой срок шпал новыми из искусственной древесины.

Применение композитных шпал сопровождается сокращением затрат на эксплуатацию, в связи с чем Федеральные железные дороги Австрии (ÖBB) впервые использова-

ли их в 2005 г. при реализации проекта «Мост через улицу Хаккингерштрассе» в Вене. Мост расположен перед входным сигналом в кривой с большим возвышением наружного рельса на участке с очень высокой частотой движения грузовых поездов. В этих условиях при деревянных шпалах приходилось несколько раз в месяц подтягивать шпальные болты рельсовых скреплений. В течение нескольких месяцев на мосту вместо деревянных были установлены шпалы из искусственной древесины, при которых шпальные болты обеспечивают продолжительную устойчивость рельсовых скреплений.

Позитивные результаты использования шпал из искусственной древесины получены в 2007 г. при реконструкции моста Карвендель через р. Ин в Инсбруке, на котором одновременно были обновлены стальные конструкции и защита от коррозии.

Такие шпалы в 2009 г. применены для замены деревянных на мосту через реку Сава в Белграде, уложены на ряде переездов ÖBB. Предварительно также проводили замеры деревянных шпал, а потом на заводе из материала FFU изготавливали шпалы, соответствующие замеренным с точностью до миллиметра, которые и передавали заказчику как геометрически точно подготовленные изделия.

ÖBB планировали использовать шпалы из искусственной древесины при реконструкции двойного стрелочного перевода на станции Вена-Главная. В мае 2009 г. в Хайнбурге вблизи Вены впервые в Европе были применены шпалы из материала FFU со слоем, обеспечивающим защиту от шума.

### Шпалы из искусственной древесины на железных дорогах Германии

В июне 2008 г. Voestalpine BWG смонтировала на подъездном пути ChemPark компании Bayer в Левверкузене (Германия) первый стрелочный перевод длиной 74 м на 136 шпалах из искусственной древесины. Длина шпал стрелочного перевода изменяется от 2,2 до 4,5 м. Для получения отверстий и пазов нужной формы применяли фрезерование. К достоинствам с точки зрения монтажа можно отнести стабильность формы и гладкую поверхность шпал из материала FFU.

Для обоснования допуска шпал из искусственной древесины на сеть железных дорог Германии (DB) в Техническом университете Мюнхена в 2008 г. были проведены широкие исследования их свойств. Предприятие Komat предоставило 20 шпал размером 260 × 160 × 2600 мм. На шести из них были смонтированы рельсовые скрепления Vossloh KS. В ходе испытаний имитировали осевую нагрузку 225 кН (табл. 1).

Проведенные испытания шпал на длительное воздействие колебаний и вибраций (цикл 3 млн нагрузок) показали, что отклонения правого и левого рельсов при обычной (комнатной) и повышенной до 48 °С температуре находятся в допустимых пределах.

При испытаниях на выворачивание, проведенных на всех восьми шпальных шурупах (шурупы, соединяющие рельсовое скрепление со шпалой), установлено, что на шпалах из искусственной древесины выворачивание шурупа происходит в случае приложения силы 61 кН, на деревянных шпалах —

Таблица 1

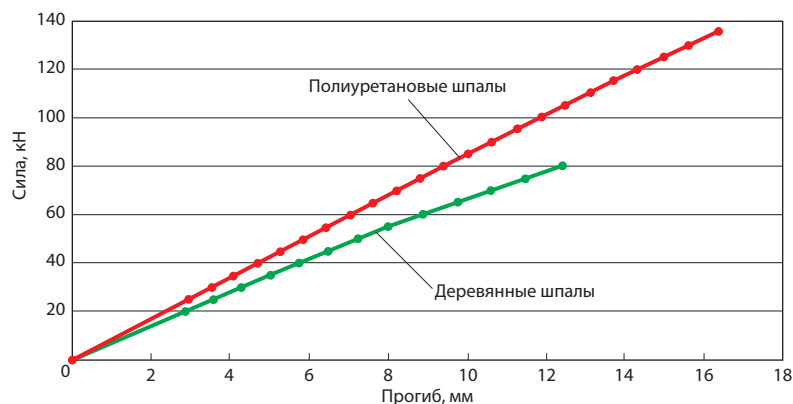
Смещение головок рельсов после приложения 3 млн циклов нагружения, мм

Смещение	Правый рельс	Левый рельс
Упругое	2,12	1,71
Постоянное	0,42	0,29

Таблица 2

Сравнение шпал деревянных и из искусственной древесины

Материал	Усилие выворачивания, кН	Максимальная ударная нагрузка, кН	Примечание
FFU	61	240	Отсутствие пороков в зоне воздействия
Дерево	35	80	Разрушение в зоне воздействия



Прогиб шпал из натуральной и искусственной древесины

35 кН. Были также проведены ударные испытания в соответствии с требованиями к закупаемым DB Netz компонентам верхнего строения пути. Они показали, что шпалы из FFU выдерживают значительно более высокий уровень ударных нагрузок, чем деревянные шпалы, при максимальных нагрузках появились только небольшие вмятины (табл. 2).

Испытания на удар выполняли в связи с тем, что на шпалы при сходе поезда с рельсов действует ударная нагрузка. Установлено, что несущая способность шпал под действием такой нагрузки не снижалась, на шпалах не возникало волнистости, не происходило их искривления. Ширина колеи оставалась неизменной.

Электрическое сопротивление шпалы из материала FFU, изоли-

рованной от земли, было измерено между двумя смонтированными рельсами МСЖД 60. На рельсы подавали напряжение 30 В переменного тока частотой 50 Гц. Испытания показали, что шпалы из искусственной древесины обладают высоким сопротивлением (71,9 кОм), обеспечивающим безопасность в отношении поражения электрическим током.

Жесткость шпал материала FFU на изгиб значительно выше, чем классических буковых, вследствие чего при нагрузке 240 кН (что соответствует напряжению изгиба 74 Н/мм<sup>2</sup> на подошве шпалы) трещины в зоне изгиба (в центре шпалы) не возникали. В шпалах из бука трещины в этой зоне появились при нагрузке 80 кН (рисунок).

Испытаниями на усталость в чрезвычайно критических услови-

ях (цикл из 2,5 млн нагрузок, полная нагрузка 86 кН, неполная нагрузка 21,5 кН, частота вибраций 2 Гц) установлено, что на шпалах из искусственной древесины ни в их середине, ни в местах крепления рельсов повреждений не было. Эластичный изгиб в середине шпалы увеличился на 0,4 мм, в местах крепления рельсов — на 0,2 мм. Изменений формы и каких-либо проявлений усталости не наблюдалось.

В процессе статических испытаний на сжатие при вертикальной нагрузке 150 кН не было установлено никаких пластических деформаций шпал из искусственной древесины. При нагрузке 300 кН зафиксированы такие деформации с максимальным размером 0,8 мм.

Определяли также деформации шпал из материала FFU под действием статического изгиба в зависимости от температуры: комнатной и -10 °С. Расстояние до опоры составляло 1 м, максимальная сила — 200 кН. Результаты исследования показали, что деформации шпал из FFU незначительны. При низкой температуре хрупкость шпал не наблюдалась.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили позитивные свойства шпал из искусственной древесины. На основании этого шпалы из материала FFU в марте 2009 г. получили допуск для применения на железных дорогах Германии, а в 2010 г. Hamburg Hochbahn начала укладку стрелочных переводов на шпалах из искусственной древесины.

По материалам компании Sekisui ([www.sekisui-bahntechnik.de](http://www.sekisui-bahntechnik.de)); G. Koller. *Railway Gazette International*, 2010, № 8, p. 42–43.