

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ШПАЛ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

кандидат технических наук, доцент **Т.К. Курьянова**¹

доктор технических наук, доцент **А.Д. Платонов**¹

старший преподаватель, **М.А. Михеевская**²

младший научный сотрудник, **Д.А. Паринов**¹

доктор технических наук, профессор **А.О. Сафонов**¹

доктор технических наук, профессор **Н.В. Мозговой**³

преподаватель **Е.А. Первакова**²

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», Ухта, Российская
Федерация

3 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» Воронеж, Российская
Федерация

Элементом верхнего строения железнодорожного пути являются шпалы. При выборе материала для изготовления шпал исходят из таких основных факторов, как стоимость в расчете на весь срок службы и эксплуатационные характеристики. При выборе материала для изготовления шпал исходят из их стоимости в расчете на весь срок службы и эксплуатационных характеристик. В связи с истощением запасов древесины в мире и малым сроком службы деревянных шпал в настоящее время интенсивно идет процесс использования шпал из железобетона, металла и пластика. Срок службы сосновой шпалы составляет не более 12-15 лет, железобетонных шпал – порядка 30-50 лет, пластиковых – до 40 лет, а металлических – 50-60 лет. Однако деревянные шпалы отличаются наименьшей стоимостью, практически не имеют ограничений по зонам укладки, а в некоторых случаях имеют явное преимущество перед другими материалами. Железобетонные, металлические и пластиковые шпалы дороже деревянных, имеют больший срок окупаемости, и их рекомендуется укладывать на путях с высокой грузонапряженностью, где они могут максимально быстро окупаться. Уменьшить недостатки шпал из натуральной древесины возможно, если для их изготовления использовать модифицированную древесину лиственных пород, которая за счет прессования будет по прочности превосходить шпалы из натуральной древесины, которая по своим физико-механическим показателям не уступает шпалам из натуральной хвойной древесины. Однако определенным недостатком модифицированной древесины является ее способность изменять размеры и форму при повышении влажности. Стабилизацию размеров и формы модифицированной древесины возможно повысить, пропитав ее составом антисептика со стабилизатором. Прогнозируемый срок службы шпал из модифицированной древесины может быть существенно выше, чем у деревянных шпал из натуральной хвойной древесины.

Ключевые слова: шпала, модифицированная древесина, прессование, антисептик, влажность, стабилизатор, физико-механические свойства, анатомическая структура древесины

CONDITION OF PRODUCTION AND OPERATION OF RAILWAY SLEEPERS FROM VARIOUS MATERIALS

PhD (Engineering), Associate Professor **T.K. Kuryanova**¹

DSc (Engineering), Associate Professor **A.D. Platonov**¹

Senior Lecturer, **M.A. Mikheevskaya**²

Junior research scientist, **D.A. Parinov**¹

DSc (Engineering), Professor **A.O. Safonov**¹

DSc (Engineering), Professor **N.V. Mozgovoy**³

Lecturer **E.A. Pervakova**²

1 – FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»,
Voronezh, Russian Federation

2 – FSBEI HE «Ukhta State Technical University», Ukhta, Russian Federation

3 – FSBEI HE «Voronezh State Technical University», Voronezh, Russian Federation

Abstract

Sleepers are elements of the upper structure of the railway track. When choosing a material for the manufacture of sleepers, we are based on such basic factors as cost for the whole life cycle and performance characteristics. In connection with the depletion of wood stocks in the world and the short life of wooden sleepers, the process of using sleepers made of reinforced concrete, metal and plastic goes intensively. The service life of pine sleepers is no more than 12-15 years, reinforced concrete sleepers are about 30-50 years old, plastic ones are up to 40 years old, and metal ones are 50-60 years old. However, wooden sleepers differ in the least cost, they practically do not have restrictions on the laying areas, and in some cases have a clear advantage over other materials. Reinforced concrete, metal and plastic sleepers are more expensive than wooden ones, have a longer payback period and are recommended to be laid on roads with high freight intensity, where they can pay off as quickly as possible. It is possible to reduce the shortcomings of sleepers made of natural wood, using modified hardwood for their manufacture, which, by pressing, will be stronger than the sleepers made of natural wood, which, in its physical and mechanical properties, is not inferior to sleepers made of natural coniferous wood. However, a certain disadvantage of the modified wood is its ability to change size and shape with increasing humidity. Stabilization of sizes and forms of modified wood can be increased by impregnating it with the composition of antiseptic with stabilizer. The predicted service life of sleepers from modified wood can be significantly higher than that of wooden sleepers made of natural coniferous wood.

Keywords: sleepers, modified wood, pressing, antiseptic, moisture, stabilizer, physical and mechanical properties, anatomical structure of wood

Введение

Железнодорожный транспорт России – одна из крупнейших железнодорожных сетей мира. По данным Росстата на 2016 год эксплуатационная длина железнодорожных путей общего назначения в РФ составляет 85,3 тыс. км. Общая протяженность железнодорожных путей составляет 121 тыс. км. По протяженности железнодорожных путей Россия занимает 3-е место после США и Китая. По грузообороту РФ занимает лидирующее место в Европе и второе место в мире.

Шпалы – это элементы верхнего строения железнодорожного пути, предназначенные для обеспечения постоянства ширины колеи, передачи нагрузки от рельса на балластную подушку, закрепления пути на дорожном полотне. При выборе материала для изготовления шпал исходят из таких основных факторов, как стоимость в расчете на весь срок службы и эксплуатационные характеристики.

По информации Минтранса России, в настоящее время на железных дорогах мира применя-

ются следующие виды шпал: деревянные; железобетонные; металлические; полимерные (пластиковые) [1]. Срок службы сосновой шпалы составляет не более 12-15 лет, железобетонных шпал – порядка 30–50 лет, пластиковых – до 40 лет, а металлических – 50-60 лет.

К основным недостаткам железобетонных шпал можно отнести: отсутствие демпферных свойств, приводящих к разрушению колесных пар составов; увеличение случаев поражения людей электрическим током вследствие высокой проводимости тока железобетоном; вынужденные замены изношенных амортизационных прокладок каждые 7-8 лет, приводящие к большим затратам при эксплуатации железной дороги.

Стальные шпалы наряду с достоинствами подвержены коррозии, поэтому их использование ограничено. С 1990-х годов в Японии и США начали исследовать и ограниченно производить и использовать пластиковые шпалы, но их стоимость значительно выше стоимости других шпал.

Основными барьерами при выборе деревянных шпал являются малый срок службы, качество пропитки и истощенная сырьевая база. В то же время на лесосеках России ежегодно гнивает большое количество древесины мягких лиственных пород (береза, осина, ольха, тополь и др.). Изготовленные из модифицированной древесины лиственных пород шпалы с качественной пропиткой по своим физико-механическим показателям не уступают шпалам из натуральной хвойной древесины. Прогнозируемый срок службы шпал из модифицированной древесины может быть существенно выше, чем у деревянных шпал из натуральной хвойной древесины [6].

Изначально для производства железнодорожных шпал в основном использовалась древесина – это доступный в промышленных масштабах материал, который легко обрабатывается. Для изготовления деревянных шпал на один километр пути требуется вырубить практически два гектара леса, причем 80-100-летних сосен, которых становится все меньше. Поэтому даже при значительных запасах хвойной древесины в РФ изготавливать деревянные шпалы из натуральной древесины не ра-

ционально. В большинстве развитых стран Западной Европы, Японии, США, у которых большая протяженность железных дорог, запасы деловой древесины для производства шпал также исчерпаны. Шпалы деревянные в этих странах изготавливают из импортируемой древесины твердых пород.

Срок службы деревянных шпал, применяемых на железных дорогах России, изготовленных в основном из древесины сосны, незначительный (15-20 лет), требуется их частичная или полная замена, это дополнительно увеличивает объемы заготавливаемой древесины на ремонт железнодорожных путей.

Следовательно, удовлетворить потребности железной дороги в деревянных шпалах очень проблематично. Тем не менее, промышленность пытается своевременно реагировать на спрос на различные виды шпал и предпринимать соответствующие меры по его удовлетворению в количественном и качественном отношении. Так, например, ведутся разработки по совершенствованию конструкций комбинированных деревянных шпал. К ним относятся многослойные клееные шпалы и новые варианты слоистых шпал и переводных брусьев с параллельными усиливающими бандажами-стяжками. Кроме того, существует возможность внедрения модифицированной древесины (полноценный заменитель древесины твердых пород) в производство шпал.

От качества древесины зависит долговечность железнодорожных путей, а также безопасность передвижных составов.

Деревянные шпалы практически не имеют ограничений по зонам укладки. На некоторых участках железнодорожных путей используются преимущественно деревянные шпалы. Это участки:

- звеньевого пути с кривыми малых радиусов (менее 300 м), где необходимо уширение колеи до 1530-1535 мм;
- новостроек с нестабильным земляным полотном, на вечной мерзлоте и болотистых основаниях, где происходит пучение;
- засоряемые (угольно-рудные, торфяные), где периодичность ремонта железнодорожных путей,

связанного с очисткой щебеночного балласта, – всего 2-3 года;

- высоконагруженные (свыше 80-100 млн ткм брутто/км в год), где использование бесстыкового пути с железобетонными шпалами малоэффективно.

В связи с истощением запасов древесины в мире и малым сроком службы деревянных шпал в настоящее время интенсивно идет процесс использования шпал из других материалов: железобетона, металла и пластика. В РФ также неуклонно растет производство шпал из железобетона.

Железобетонные шпалы предварительно напряженные для железнодорожных путей с рельсовой колеей 1520 мм применяются уже более 50 лет во многих странах мира и в некоторых почти вытеснили деревянные.

Условия эксплуатации шпал в железнодорожном полотне обосновывают высокие требования к технологии предварительно напряженного железобетона для производства шпал. Важными критериями для изготовления шпал являются требования к точности размеров, требования к допускам по длине и углу наклона отдельных элементов, особенно в зонах опоры рельсов.

Технология изготовления железобетонных шпал довольно сложная, трудоемкая по сравнению с производством деревянных шпал. Следовательно, стоимость этих шпал намного выше деревянных, учитывая, кроме технологии изготовления, стоимость цемента и металла. Долговечность железобетонных шпал с учетом размеров и типа поездной нагрузки достигает 30-60 лет, что значительно выше срока эксплуатации деревянных шпал. Срок окупаемости железобетонных шпал достаточно длительный, поэтому чаще эти шпалы укладывают на путях с высокой грузонапряженностью, где они могут максимально быстро окупаться.

Металлические шпалы наиболее распространены в Германии и Индии, масса нестыковой шпалы 50-80 кг, а стыковой – 115-145 кг. Сейчас такие шпалы в РФ практически не укладывают. Достоинства металлических шпал: большой срок службы, чем деревянных; меньшая масса, чем железобетонных; возможность укладки в горячих цехах промышленных предприятий, обеспечивают высокую

стабильность ширины колеи. Недостатки металлических шпал: высокая жесткость пути по сравнению с деревянными шпалами, значительный шум при движении поездов, высокая электропроводность, подверженность коррозии, большая металлоемкость. В Индии стальные шпалы уложены примерно на 20 % протяжения всех путей, а чугунные – на 30 % путей. Широкое применение металлических шпал в этой стране объясняется климатом. Высокая влажность и жара способствуют ускоренному гниению древесины. Кроме того, в некоторых районах распространены термиты, быстро приводящие деревянные шпалы в негодность. Незначительное количество металлических шпал имеется также на дорогах и других стран, в частности Франции [6].

Возможность изготовления шпал из переработанного пластмассового вторичного сырья и их использования на железных дорогах исследуется в Японии и США с 1990-х годов. Ожидаемая стоимость изготовления пластиковой шпалы значительно выше стоимости деревянной. Однако пластиковые шпалы предназначены не для сплошной замены деревянных, а для укладки в местах с повышенной влажностью, где срок службы деревянных шпал ограничен из-за неудовлетворительного дренажа: в тоннелях, кривых, на стрелочных переводах, мостах, переездах и т. д.

Главное преимущество пластиковых шпал – это возможность их вторичного использования. Поврежденные шпалы можно ремонтировать на месте, для чего используются специальные герметики. При серьезных повреждениях их можно переплавить в новые шпалы на заводе-изготовителе. При использовании пластиковых шпал обеспечивается однородная упругость дорожного полотна на протяжении всего железнодорожного пути, это позволяет снизить шумы и уменьшить вибрацию. Основным недостатком пластиковых шпал является их высокая стоимость и отсутствие сырьевой базы в нужных объемах.

Удельная стоимость пластиковых шпал практически не зависит от размеров, поэтому одной из сфер их наиболее вероятного применения являются именно линии малой длины и подъездные

пути с большим числом стрелочных переводов, для которых нужны шпалы и брусья разных размеров.

Ценовое сравнение различных видов шпал на национальном рынке РФ выглядит следующим образом [3]: деревянная шпала – от 950 руб. до 1200 руб. за штуку; железобетонная шпала – от 3500 до 4000 руб. за штуку; металлическая шпала – от 3000 до 4000 руб. за штуку, полимерная шпала от 3500 до 4500 руб.

Использование тех или иных шпал зависит от конкретной ситуации. Вопрос о полной замене одних шпал другими не стоит в повестке развития железнодорожного транспорта. Где-то целесообразно использовать железобетонные шпалы, где-то нужно использовать только деревянные или другие.

В России стоимость пропитанных сосновых шпал колеблется в пределах от 1000 до 1200 рублей за шпалу, и продолжается тенденция к росту цены. Это связано с тем, что при производстве шпал в качестве заготовок используют брус из древесины хвойных пород, полученный из массива древесины диаметром не менее 26 см, запасы такой древесины в Центральной зоне и на Урале практически истощены, а в Сибири и на Севере, где запасы значительные, очень мало подъездных лесовозных дорог.

В Российской Федерации и мировой сети железных дорог в основном применяются деревянные и железобетонные шпалы. Поэтому рассмотрим различные типы и эксплуатационные характеристики этих шпал, установим их достоинства и недостатки. Более подробно остановимся на производстве деревянных шпал. Так как одними из перспективных являются шпалы из модифицированной древесины, согласно требованиям обустройства железнодорожных путей, они должны быть идентичны шпалам из натуральной древесины по назначению, форме, размерам, способу обработки допусков пороков, но с улучшенными эксплуатационными характеристиками (повышенной упругостью, износостойкостью, прочностью, биостойкостью, формоустойчивостью).

В производстве деревянных шпал используется древесина хвойных пород, закупаемая у лесозаготовительных предприятий Северного Урала, Сибири. Такая древесина оптимально подходит по

геометрическим параметрам и механическим характеристикам, значительно превосходя древесину из средней полосы европейской России. Кроме того, она хорошо пропитывается, что позволяет защитить ее от гниения и иных разрушающих факторов.

Вся непропитанная шпалопродукция, поступающая на завод, подвергается входному контролю на соответствие размерам, качеству древесины, нормам допусков пороков.

Отобранная и рассортированная по типам шпалопродукция поступает на склад, где происходит естественная сушка древесины. В производство поступает древесина только с влажностью меньше 22 %. Пропитка производится в соответствии с ГОСТ 20022.5-93 [1]. Шпалопродукция пропитывается каменноугольным маслом (креозотом) либо антисептиком «ЖТК» по способу «давление-давление-вакуум» при давлении в 8 атм и температуре более 100 °С, это позволяет получить глубину пропитки до 5-8 мм и более и гарантирует надежную консервацию древесины.

В зависимости от назначения деревянные шпалы для железных дорог широкой колеи подразделяются на три типа: I – для главных путей; II – для станционных и подъездных путей; III – для малодеятельных подъездных путей промышленных предприятий. Размеры шпал установлены для древесины с абсолютной влажностью не более 22 %. При большей влажности древесины шпалы должны иметь по толщине и ширине припуски на усушку.

Шпалы должны изготавливаться из древесины следующих пород: сосны, ели, пихты, лиственницы, кедра и березы согласно ГОСТ 78-2004 [2]. Шпалы должны быть глубоконаколотыми. Допускаются по согласованию с потребителем ненаколотые шпалы. Шпалы до укладки на железнодорожные пути должны быть пропитаны на заводах-изготовителях маслянистыми защитными средствами. Учет шпал производится в штуках. Маркировка непропитанных шпал должна быть четкой и наноситься на одном из торцов каждой шпалы клеймением или стойкой краской. Маркировка шпал после пропитки не возобновляется.

Хранение шпал должно производиться на складах с сухой территорией, в штабелях в соответствии с правилами хранения древесины. Допускается укладка шпал в штабеля перекрещивающимися рядами-клетками.

Основными крупнейшими производителями деревянных шпал в России и странах СНГ являются шпалопропиточные заводы: Рязанский, Жуковский, Кировский, Тульский, Орский, Борисовский, Барнаульский, Балтымский, Нижегородский.

На сегодняшний день большая часть железной дороги базируется на деревянных шпалах. Продукция шпалопропиточных заводов востребована не только ОАО «Российские железные дороги», но и предприятиями, имеющими железнодорожные подъездные пути [3].

Наряду с производством и использованием деревянных шпал в настоящее время интенсивно идет процесс производства железобетонных шпал. На бесстыковых высокоскоростных железнодорожных путях в основном используются железобетонные шпалы. В зависимости от назначения участка железной дороги и интенсивности движения для его строительства могут использоваться различные типы железобетонных шпал.

При выборе шпал для строительства железнодорожных путей, прежде всего, встает вопрос о цене: деревянные шпалы значительно дешевле железобетонных. Второе – это срок эксплуатации, у железобетонных шпал он намного дольше, чем у деревянных. Немаловажен и срок окупаемости шпал, у железобетонных он значительно больше, поэтому их чаще используют на путях со значительной нагрузкой, где они максимально быстро могут окупиться.

Деревянные пропитанные шпалы выгодно использовать на путях со сравнительно небольшой нагрузкой.

На этом разница между деревянными и железобетонными шпалами не исчерпана. Рассмотрим основные преимущества и недостатки этих шпал.

Преимущества деревянных шпал:

- масса деревянных шпал (в среднем 80 кг) в три раза меньше, чем масса железобетонных шпал;

- легкость производства и обработки по сравнению с технологией изготовления железобетонных шпал;

- возможность увеличения или уменьшения ширины колеи железнодорожного пути на кривых радиусом менее 350 м;

- простота крепления рельсов;

- хорошее сцепление с щебеночным балластом;

- малая чувствительность к ударам (высокие амортизационные свойства);

- малая чувствительность к колебаниям температуры;

- высокая упругость под действием механических напряжений;

- высокие диэлектрические свойства – способность поглощать часть подведенной мощности;

- при невысокой влажности – диэлектрик, электробезопасность;

- высокое сопротивление протеканию тока в рельсовых цепях.

Недостатки деревянных шпал:

- малый срок эксплуатации – 15-20 лет;

- расход дорогой деловой древесины.

Преимущества железобетонных шпал:

- продолжительный срок эксплуатации (40-50 лет);

- стабильность ширины рельсовой колеи;

- однородная упругость по длине пути, следовательно, плавное движение поездов;

- морозостойкость;

- не подвержены коррозии.

Недостатки железобетонных шпал:

- повышенная жесткость пути, для снижения необходимы резиновые амортизаторы;

- повышенный износ рельсов и бандажей колесных пар;

- повышенная электропроводность, необходимость применения недолговечных изолирующих деталей;

- чувствительность к ударам, особенно в местах стыков;

- хрупкость;

- значительная масса шпал – от 250 до 280 кг, в зависимости от конструкции;

- сложность монтажа звеньев пути и ремонта, требуется мощное крановое оборудование;
- высокая стоимость в сравнении с деревянными шпалами;
- возможность усталостного разрушения бетона.

Основной недостаток деревянных шпал – это сравнительно малый срок службы, который, прежде всего, зависит от качества древесины. Чем выше плотность, прочность, упругость, износостойкость и биостойкость – сопротивление дереворазрушающим грибам и насекомым – древесины, тем долговечнее срок службы железнодорожных путей и безопаснее передвижение составов.

Устранить недостатки шпал из натуральной древесины возможно, если для их изготовления использовать модифицированную древесину. Шпалы из модифицированной древесины за счет прессования будут по прочности превосходить шпалы из натуральной древесины, при этом повысятся диэлектрические свойства, а демпферные – амортизационные – останутся на уровне натуральной древесины. Недостатком модифицированной древесины является ее способность изменять размеры и форму при повышении влажности. Стабилизацию размеров и формы, то есть формоустойчивость модифицированной древесины, возможно повысить, пропитав ее составом антисептика со стабилизатором.

Сырьем для производства шпал являются хвойные породы, в основном сосна. Но при дефиците этих пород шпалы можно изготавливать из мягких лиственных пород. Стоимость сырья из этих пород ниже, чем из хвойных. Плотность мягких лиственных пород ниже, чем у хвойных, следовательно, и прочность ниже, чем у хвойных. Но между плотностью и прочностью имеется теснейшая связь: с увеличением плотности увеличивается и прочность

$$\sigma = a + b \cdot \rho, \quad (1)$$

где σ – прочность древесины, МПа;

a, b – постоянные коэффициенты в зависимости от породы;

ρ – плотность древесины, кг/м^3 .

Особенности анатомического строения древесных пород незначительно влияют на эту зависимость. На основании этой зависимости П.Н. Хухрянский [5] выдвинул главное положение теории прессования: «Прочность древесины всех пород можно повысить путем ее уплотнения, т. е. за счет увеличения количества древесного вещества в единице объема, если это уплотнение не будет связано с разрушением клеток». То есть увеличить прочность мягких лиственных пород можно за счет прессования. В зависимости от степени прессования шпалы из этих пород по прочности будут превосходить шпалы из сосны. Но при этом все свойства древесины сохраняются (демперные, диэлектрические и другие). Для увеличения срока эксплуатации деревянных шпал, повышения их биостойкости и формоустойчивости необходимо сырье для производства шпал подвергнуть глубокой пропитке составом антисептика и стабилизатора, т. е. провести химико-механическую модификацию древесины. Прогнозируемый срок службы шпал из модифицированной древесины составит около 35-50 лет [6]. Увеличение срока эксплуатации шпал из модифицированной древесины сделает их производство эффективным и конкурентоспособным.

Возникает необходимость создания нового высокотехнологичного ресурсосберегающего производства железнодорожных шпал из модифицированной древесины с улучшенными эксплуатационными показателями (прочность, биостойкость, формоустойчивость, износостойкость), превосходящего существующие производства. Технология производства шпал из модифицированной древесины заключается в совмещении трех операций: сушка, пропитка, прессование.

В 1998 году на Бельковском лесокombинате Рязанской области по технологии совмещения трех операций – пропитка, сушка, прессование – из цилиндрических заготовок диаметром 25 см сушкой при температуре 120-130 °С в маслянистом каменноугольном антисептике и прессованием была получена опытная партия полушпал в количестве 100 штук. Часть этих полушпал была уложена на станции «Чистые пруды» Московского метрополитена в 1998 г. и на экспериментальном кольце МПС

ст. Щербинка Московской железной дороги в 1999 году. Часть полушпал была исследована в НИИ Железнодорожного транспорта г. Москва. В результате испытаний были установлены высокие динамические и прочностные характеристики полушпал. С начала испытаний по март 2002 года на полушпалах не было обнаружено разбухания, растрескивания [6].

Производство шпал из модифицированной древесины будет эффективным и целесообразным, если стоимость этих шпал будет ненамного выше стоимости деревянных шпал из натуральной древесины.

На данном этапе работы точная себестоимость шпал из модифицированной древесины не может быть рассчитана. Она будет определена после получения партии готовой продукции и выполнения реального технико-экономического расчета. Для этого необходимо определить баланс тепла: на потери через ограждения установки, на нагрев пропиточного состава, нагрев, сушку, прессование древесины, – а также учесть стоимость древесины, стоимость пропиточного состава, рассчитать фонд заработной платы, амортизационные отчисления и так далее.

Технология производства шпал из натуральной древесины – это, прежде всего, атмосферная сушка материала от начальной влажности 70-90 % до влажности 20-25 % в течение шести и более месяцев. Сушка проходит на специально оборудованных складах с повышенными требованиями к их обустройству и пожарной безопасности.

Для укладки шпал в штабеля высотой 3,5-4 м требуется специальное подъемно-транспортное оборудование. В течение всего периода сушки шпал ведется непрерывный контроль за: влажностью древесины; появлением трещин; поражением гнилью. И при необходимости проводится дополнительная сезонная обработка антисептиком.

После атмосферной сушки штабеля разбираются, и шпалы транспортируются в цех, где в автоклаве проходит их пропитка антисептиком. Все эти операции трудоемкие и требуют значительных затрат, которые входят в себестоимость шпал из натуральной древесины.

Предлагаемая технология производства шпал из модифицированной древесины заключается в совмещении трех операций: сушки, пропитки и прессования, – осуществляемых последовательно в одной установке. Эта технология исключает предварительную атмосферную сушку и затраты на ее проведение, а также затраты на транспортировку шпал из склада в цех. Сушка и пропитка древесины проходит в растворе антисептика и стабилизатора. Это позволит существенно повысить формоустойчивость и биостойкость древесины [8, 9].

При производстве модифицированной древесины добавляется операция прессования, в результате которой происходит уплотнение древесины на 20-30 % от начального размера. Это повысит плотность, а следовательно, все механические и эксплуатационные свойства древесины [5, 7]. Эта операция не требует относительно большой затраты энергии. Эффективность процесса сушки может быть повышена путем предварительной подпрессовки древесины для удаления части свободной влаги [10].

Вывод

Таким образом, сравнивая технологии производства шпал из натуральной и модифицированной древесины, можно ориентировочно считать, что себестоимость шпал из модифицированной древесины будет незначительно отличаться от себестоимости шпал из натуральной древесины, которые намного дешевле железобетонных шпал. Следовательно, производство шпал из модифицированной древесины будет целесообразно, если их стоимость ориентировочно будет ниже стоимости железобетонных шпал, а с учетом повышенного износа рельсов и бандажей колесных пар при использовании железобетонных шпал (что требует дополнительных затрат на ремонт путей) и значительного увеличения срока эксплуатации шпал из модифицированной древесины, их производство будет эффективным и конкурентоспособным по сравнению с производством шпал из натуральной древесины и железобетона.

Работа выполнена в рамках проекта госзадания № 11.3960.2017/4.6.

Библиографический список

1. ГОСТ 20022.5-93. Автоклавная пропитка маслянистыми защитными средствами. Введ. 1995-01-01 [Текст]. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. – 5 с.
2. ГОСТ 78-2004. Шпалы деревянные для железных дорог широкой колеи. Введ. 2006-01-01 [Текст]. – М. : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2004. – 7 с.
3. Железнодорожный транспорт России: современное состояние, проблемы и перспективы развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://viperson.ru> (дата обращения: 07.06.2017 г.).
4. Фадеева, Г. Д. Железнодорожные шпалы: настоящее и будущее [Текст] / Г. Д. Фадеева, К. С. Паршина, Е. В. Родина // Молодой ученый. – 2013. – № 6. – С. 161-163.
5. Хухрянский, П. Н. Прессование древесины [Текст] / П. Н. Хухрянский. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Лесн. пром-сть, 1964. – 361 с.
6. Шамаев, В. А. Модифицирование древесины [Текст] : моногр. / В. А. Шамаев, Н. С. Никулина, И. Н. Медведев. – М. : ФЛИНТА : Наука, 2013. – 448 с.
7. Navi, P. Combined densification and thermo-hydro-mechanical processing of wood [Text] / P. Navi, F. Heger // MRS Bull. – 2004. – No. 29. – P. 332-336.
8. Effect of oil impregnation on water repellency, dimensional stability and mold susceptibility of thermally modified European aspen and downy birch wood [Text] // A. A. Sheikh, T. Morén, M. Sehlstedt-Persson, Å. Blom // Journal of Wood Science. – 2017. – No. 63. – P. 74-82.
9. Solute diffusion into cell walls in solution-impregnated wood under conditioning process I: effect of relative humidity on solute diffusivity [Text] / S. Tanaka [et al.] // J. Wood Sci. – 2015. – No. 61. – P. 543-551.
10. Studies on pre-treatment by compression for wood drying I: effects of compression ratio, compression direction and compression speed on the reduction of moisture content in wood [Text] / Y. Zhao [et al.] // J. Wood Sci. – 2015. – No. 61. – P. 113-119.

References

1. GOST 20022.5-93. Avtoklavnaya propitka maslyanistymi zashchitnymi sredstvami. Vved. 1995-01-01. – Minsk : Mezghos. sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii, 1994. – 5 p.
2. GOST 78-2004. Shpaly derevyannye dlya zhelezykh dorog shirokoj kolei. Vved. 2006-01-01. – M. : Mezghos. sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii, 2004. – 7 p.
3. Zheleznodorozhnyj transport Rossi: sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya. – Available at: <http://viperson.ru>.
4. Fadeeva G. D. Zheleznodorozhnye shpaly: nastoyashchee i budushchee / G. D. Fadeeva, K. S. Parshina, E. V. Rodina // Molodoy uchenyj. – 2013. – Vol. 6. – P. 161-163.
5. Huhryanskij P. N. Pressovanie drevesiny [Tekst] / P. N. Huhryanskij. – 2nd ed. – M. : Lesnaya promyshlennost', 1964. – 361 p.
6. Shamaev V. A. Modificirovanie drevesiny [Tekst] : monograph / V. A. Shamaev, N. S. Nikulina, I. N. Medvedev. – M. : FLINTA : Nauka, 2013. – 448 p.
7. Navi P. Combined densification and thermo-hydro-mechanical processing of wood / P. Navi, F. Heger // MRS Bull. – 2004. – No. 29. – P. 332-336.
8. Effect of oil impregnation on water repellency, dimensional stability and mold susceptibility of thermally modified European aspen and downy birch wood // A. A. Sheikh, T. Morén, M. Sehlstedt-Persson, Å. Blom // Journal of Wood Science. – 2017. – No. 63. – P. 74-82.
9. Solute diffusion into cell walls in solution-impregnated wood under conditioning process I: effect of relative humidity on solute diffusivity / S. Tanaka [et al.] // J. Wood Sci. – 2015. – No. 61. – P. 543-551.
10. Studies on pre-treatment by compression for wood drying I: effects of compression ratio, compression direction and compression speed on the reduction of moisture content in wood / Y. Zhao [et al.] // J. Wood Sci. – 2015. – No. 61. – P. 113-119.

Сведения об авторах

Курьянова Татьяна Казимировна – доцент кафедры древесиноведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vgltaewood@yandex.ru

Платонов Алексей Дмитриевич – заведующий кафедрой древесиноведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: aleksey66@yandex.ru

Михеевская Марина Александровна – старший преподаватель кафедры технологии и машин лесозаготовок Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта, Российская Федерация; e-mail: voronin.mary@yandex.ru

Паринов Дмитрий Александрович – младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: dmitryparinov@mail.ru

Сафонов Андрей Олегович – декан лесопромышленного факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: aosafonov@gmail.com

Мозговой Николай Васильевич – заведующий кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: nv_moz@mail.ru

Первакова Елена Анатольевна – преподаватель кафедры технологии и машин лесозаготовок Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта, Российская Федерация; e-mail: lena.pervakova@mail.ru

Information about authors

Kuryanova Tatyana Kazimirovna – Associate Professor of Wood science dept., FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD (Engineering), Associate Professor; Voronezh, Russian Federation; e-mail: vgltaewood@yandex.ru

Platonov Aleksey Dmitrievich – Head of Wood science dept., FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc (Engineering), Associate Professor; Voronezh, Russian Federation; e-mail: aleksey66@yandex.ru

Mikheevskaya Marina Alexandrovna – Senior Lecturer, Logging Technologies and Machines dept., FSBEI HE «Ukhta State Technical University», Ukhta, Russian Federation; e-mail: voronin.mary@yandex.ru

Parinov Dmitry Alexandrovich – Junior research scientist, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation; e-mail: drevstal@mail.ru

Safonov Andrey Olegovich – Professor, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc (Engineering); Voronezh, Russian Federation; e-mail: aosafonov@gmail.com

Mozgovoy Nikolai Vasilievich – Professor, FSBEI HE «Voronezh State Technical University», DSc (Engineering); Voronezh, Russian Federation; e-mail: nv_moz@mail.ru

Pervakova Elena Anatolyevna – Lecturer, Logging Technologies and Machines dept., FSBEI HE «Ukhta State Technical University», Ukhta, Russian Federation; e-mail: lena.pervakova@mail.ru