

ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ WOODWORKING INDUSTRY

УДК 625.172:625.142.21

В. В. Романенко¹, А. Б. Невзорова²

¹Белорусский государственный университет транспорта

²Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ

Все виды деревянного подрельсового основания для Белорусской железной дороги выпускаются ОАО «Борисовский шпалопропиточный завод» и выполняются в виде шпал, переводных брусьев, мостовых брусьев и т. д. Анализ производственного процесса показал наличие остатков брусьев длиной менее 2,75 м, которые не могут быть использованы для изготовления шпал. Подобные остатки длиной от 0,25 до 0,50 м получают после выпиливания из пиловочного бревна длиной 5,50 м переводных брусьев, длина которых изменяется от 3,00 до 5,50 м с шагом 0,25 м.

Цель настоящей работы состоит в оценке перспективности применения деревянных брусьев различной длины, оставшихся после выпиливания переводных брусьев, для разработки ресурсосберегающей технологии, характеризующейся снижением материалоемкости и энергоемкости продукции. Показано, что одним из вариантов такой технологии может стать изготовление составных шпал из двух либо трех частей, соединенных между собой различными способами, от которых зависит надежная работа конструкции. К тому же возможно внедрение дополнительных технологий, например изготовление нагелей, болтов, винтов и т. д. Предложенная ресурсосберегающая технологическая схема изготовления составной шпалы, которая позволяет реализовать остатки пиловочного бревна, способна существенно снизить непроизводительные расходы предприятия и сохранить сырьевые ресурсы – деловую древесину.

Ключевые слова: ресурсосбережение, технология, конструктивная схема, составная деревянная шпала, переводной брус, сращивание, соединение.

Для цитирования: Романенко В. В., Невзорова А. Б. Ресурсосберегающая технология изготовления составных деревянных шпал // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2023. № 2 (270). С. 143–151. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-270-2-17.

V. V. Romanenko¹, A. B. Neuzorava²

¹Belarusian State University of Transport

²Sukhoi State Technical University of Gomel

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING COMPOSITE WOODEN SLEEPERS

All types of wooden sub-rail base for the Belarusian railway are manufactured by Borisov sleeper impregnation Plant and are made in the form of sleepers, transfer bars, bridge bars, etc. The analysis of the production process showed the presence of the remaining bars with a length of less than 2.75, which cannot be used for the manufacture of sleepers. Similar residues with a length of 0.25 to 0.50 m are obtained after sawing out of a 5.50 m long saw log of transfer bars, the length of which varies from 2.75 to 5.50 m in increments of 0.25 m.

The purpose of this work is to assess the prospects for the use of wooden beams of various lengths remaining after sawing the transfer bars, for the development of a resource-saving technology for the manufacture of composite sleepers, characterized by a decrease in material and energy consumption of products. It is shown that one of the options for the rational use of residues can be the manufacture of composite sleepers from two or three parts interconnected in various ways, on which the reliable operation of the structure depends, and the need to introduce additional technologies, for example, for the manufacture of bolts, screws, etc. A resource-saving technological scheme for the manufacture of composite sleepers is proposed, which allows reducing unproductive expenses of the enterprise and raw materials – business wood.

Keywords: resource saving, technology, structural scheme, composite wooden sleeper, transfer beam, splicing, connection.

For citation: Romanenko V. V., Neuzorava A. B. Resource-saving technology for manufacturing composite wooden sleepers. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2023, no. 2 (270), pp. 143–151. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-270-2-17 (In Russian).

Введение. Основная цель работы железно-дорожного транспорта – обеспечение безопасного пропускания поездов, который во многом зависит от содержания верхнего строения пути (ВСП). В состав ВСП входят рельсы, подрельсовое основание, скрепления и балласт.

Каждый из элементов ВСП имеет свое назначение и должен отвечать определенным требованиям, зависящим от вида железнодорожного пути (общего и необщего пользования), грузонапряженности, скоростей движения поездов, плана линии, параметров кривых и т. п.

Обеспечение стабильного геометрического положения рельсовых нитей, образующих рельсовую колею, в значительной степени зависит от вида и состояния подрельсового основания. Подрельсовое основание выполняется в виде шпал (для путей), переводных брусьев (для стрелочных переводов), мостовых брусьев (для мостов с ездой на балласте) и т. д.

На белорусской железной дороге (БЖД) в качестве подрельсового основания используют деревянные либо железобетонные шпалы. Сферы применения каждого вида зависят от различных факторов и определяют положительные и отрицательные стороны их эксплуатации [1–3].

Все деревянные элементы ВСП для нужд БЖД выпускаются ОАО «Борисовский шпало-пропиточный завод» (БШПЗ), в частности – пропитанные деревянные шпалы и брусья для широкой и узкой рельсовой колеи.

При производстве деревянных шпал реализуется следующий процесс: из пиловочного бревна выпиливается шпалопродукция, которая в течение нескольких месяцев высушивается до определенной влажности, проходит механическую обработку в наколочном комплексе, подвергается обработке методом «вакуум – давление – вакуум», что позволяет обеспечить равномерную пропитку антисептиком всей поверхности шпалы [4–6].

Как правило, шпалы и переводные брусья нарезают из пиловочного бревна ствола сосны диаметром 28–40 см и длиной порядка 5,50 м. Длина стандартной шпалы для двухниточной колеи составляет 2,75 м, таким образом, из бревна можно изготовить две шпалы используя это бревно полностью либо с незначительным остатком. Переводные брусья имеют различную длину от 3,0 до 5,50 м, после их нарезки образуются остатки бруса максимальной длины

2,50 м, которые, в свою очередь, не могут быть применены для изготовления шпал.

С учетом количества стрелочных переводов, эксплуатируемых на деревянном основании, и комплектов переводных брусьев, изготавливаемых БШПЗ, ежегодные объемы остатков брусьев длиной менее 2,75 м весьма значительны. Ввиду существующей и перспективной потребности БЖД в деревянном основании, применение таких остатков для изготовления подрельсового основания сможет снизить потребность в древесине, пригодной для изготовления шпал.

В настоящее время на БЖД применяются цельнобрусковые деревянные шпалы, однако вследствие экономии древесины постоянно разрабатываются конструкции составных шпал, в том числе и клееных [7, 8].

Разработанные на сегодняшний день конструкции составных шпал предполагают применение элементов в виде накладок, шурупов, винтов, специально разработанных крепежей либо клея. Такие конструкции требуют внедрения дополнительных технологий, что с одной стороны экономит объемы древесины, а с другой – увеличивает себестоимость продукции.

Цель настоящей работы состоит в оценке перспективности применения деревянных брусьев различной длины, оставшихся после выпиливания переводных брусьев, для разработки ресурсосберегающей технологии изготовления составных шпал, характеризующейся снижением материалоемкости и энергоемкости продукции.

Основная часть. Несмотря на повсеместное распространение на БЖД железнодорожных путей на железобетонном основании, порядка половины стрелочных переводов (2,9 тыс. – 45% от общего количества) эксплуатируются на деревянных брусьях. На станционных путях и путях необщего пользования эта доля значительно больше (до 70%), кроме того, ряд путей необщего пользования внутризаводских площадей с деревянным основанием обслуживается не БЖД, а самими предприятиями.

Ежегодно стрелочные переводы, выработавшие свой ресурс, заменяются новыми на железобетонном либо деревянном основании, а также производится замена только комплектов деревянных переводных брусьев (рис. 1) [9].

Основные марки стрелочных переводов (1/9 и 1/11) имеют различие в длине и, соответ-

ственно, в количестве переводных брусьев (размером 3,0 м и более), а именно:

- марки 1/11 с рельсами типа Р65 – 80 шт.;
- 1/9 с Р65 – 68 шт.;
- 1/11 с Р50 – 75 шт.;
- 1/9 с Р50 – 63 шт.

Комплект включает шпалы длиной 2,75 м и брусья длиной от 3,0 до 5,50 м с шагом 0,25 м. Количество брусьев определенного размера зависит от месторасположения их на стрелочном переводе (стрелка, зона соединительных путей, крестовина) и проекта [10].

Согласно схеме одиночного обыкновенного стрелочного перевода по мере увеличения ширины его сечения увеличивается и длина переводных брусьев, таким образом в зоне стрелки располагаются самые короткие брусья, а в зоне крестовины (закрестовинной зоне) самые длинные.

При вырезке переводных брусьев с пиловочного бревна длиной 5,50 м остаются куски брусьев разных размеров – от 2,50 до 0,25 м с шагом 0,25 м. Количество остатков брусьев с разным размером зависит от марки стрелочного перевода и типа рельсов (таблица).



Рис. 1. Объемы укладки деревянных шпал и переводных брусьев на БЖД

Определение объема остатков брусьев различной длины после вырезки переводных брусьев

Длина переводного бруса, м	Количество переводных брусьев, шт., в зависимости от марки и типа стрелочного перевода					Расчетная длина бруса после вырезки (остаток), м	Объем остатков расчетной длины, %	Объем остатков длиной больше расчетной	
	1/11, Р65	1/9, Р65	1/11, Р50	1/9, Р50	среднее			%	шт.
3,00	16	17	16	17	16,5	2,50	23,2	23,2	16,5
3,25	10	10	8	7	8,75	2,25	12,3	35,5	25,25
3,50	8	8	7	7	7,5	2,00	10,6	46,1	32,75
3,75	7	4	8	5	6,0	1,75	8,4	54,5	38,75
4,00	5	6	4	3	4,5	1,50	6,3	60,8	43,25
4,25	6	5	5	4	5,0	1,25	7,0	67,8	48,25
4,50	7	6	7	7	6,75	1,00	9,6	77,4	55
4,75	6	4	5	4	4,75	0,75	6,7	84,1	59,75
5,00	5	4	5	5	4,75	0,50	6,7	90,8	64,5
5,25	6	4	5	4	4,75	0,25	6,7	97,5	69,25
5,50	4	0	3	0	1,75	0	2,5	100	71
Итого	80	68	73	63	71	–	100	–	–

Как видно из расчетов, более двух третей остатков (77,4%) имеют размеры 1,0 м и более – 55 шт. в среднем с одного стрелочного перевода. Практически половина остатков (46,1%) имеет длину 2,0 м и более. В период с 2015 по 2021 г. (см. рис. 1) в среднем на БЖД поставлялось порядка 490 комплектов деревянных брусьев, применительно к расчетам из таблицы это означает,

что объем остатков брусьев длиной 1,00 м и более – порядка 26 тыс. шт.

Брусья длиной менее 1,0 м (0,75, 0,50 и 0,25 м) составляют третью часть от общего количества брусьев, но ввиду малой длины для применения в составных шпалах не подходят, так как шпалы будут иметь три и более соединений.

Составные деревянные шпалы предназначаются для укладки в малодеятельные стационарные пути и в пути необщего пользования, обслуживаемые как дистанциями пути БЖД, так и промышленными предприятиями. Подобные виды железнодорожных путей характеризуются отсутствием обращения по ним пассажирских поездов, а также ограниченными скоростями грузовых поездов и невысокой грузонапряженностью.

Составные шпалы, как правило, представляют собой конструкцию, состоящую из нескольких брусков, соединенных между собой крепежными элементами либо клеем, например:

- два-три бруса соединяются между собой по горизонтальной плоскости и скрепляются при помощи металлических болтов [11] либо круглых деревянных стержней, имеющих на концах левую и правую резьбу [12];

- вместо болтов и стержней используются перевязки в виде полимерных либо углеродных нитей, они скрепляют брусья по горизонтальной плоскости в четырех местах на противоположных торцах шпал для предохранения от растрескивания и в местах установки рельсов [13];

- составная шпала представляет собой пакет брусьев, состоящий из двух брусьев одинаковой длины 2,75 м (верхний и нижний слой) и трех составных общей длиной также 2,75 м (средний слой), между которыми расположены металлические закладные связующие элементы, изготовленные из стального листа либо сетки, дополнительно весь пакет соединен винтами из прочных сортов древесины [14];

- для увеличения срока службы деревянной шпалы разработана конструкция, представляющая герметичный пластиковый корпус, заполненный плотно прилегающим к стенкам корпуса деревянным брусом прямоугольного сечения [15].

Все перечисленные решения предполагают использование бруса различного поперечного сечения, но имеющего длину стандартной шпалы 2,75 м, что не соответствует решению задачи об использовании бруса 2,50 м и менее. Кроме того, применение корпусов, болтов, стержней, перевязок и т. п. предполагает разработку и внедрение технологий по их изготовлению, что может значительно повысить стоимость продукции.

Чтобы избежать удорожания шпалы и минимизировать внедрение дополнительных технологий, необходимо разработать технологические схемы, предполагающие соединения по возможности без дополнительных крепежных деталей и с максимальным использованием имеющихся после обрезки брусьев.

Увеличение длины брусьев, работающих в горизонтальном положении, называется сращиванием. При этом брусья стыкуются друг с другом торцами, отрезанными под прямым углом,

либо торцами, отрезанными на угол. В месте сращивания концы брусьев могут накладываться друг на друга и соединяться нагелями, гвоздями и т. п., при этом в узле сращивания может быть зацепление [16].

При разработке технологических схем составных шпал кроме длины остатков брусьев необходимо учесть условия работы шпал, места приложения нагрузки и конструктивные особенности других элементов ВСП (рис. 2) [17].

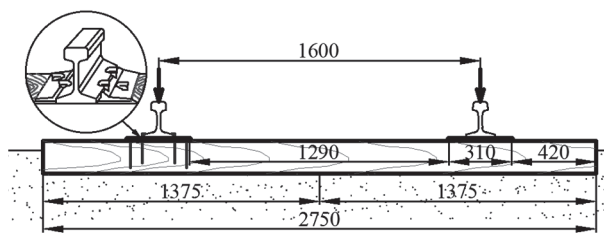


Рис. 2. Расчетная схема для определения возможных сечений для сращивания

Сращивание брусьев выполняется на опоре, расположенной по всей длине конструкции либо, по крайней мере, под узлом соединения. В качестве опоры в данном случае выступает балластная призма, которая должна обеспечивать равноупругость основания шпалы [18].

Из соединений, препятствующих разъезжанию обеих частей и не требующих применения крепежных деталей, можно рассмотреть сращивание впритык сквозным сквороднем («ласточкин хвост»). Оно является одним из самых прочных, образующих замок шип-паз. Паз имеет трапециевидную форму, которая и препятствует разъезжанию частей, шип повторяет форму паза.

Исходя из длин брусьев и возможных мест расположения сращивания (исключая область под металлической подкладкой) рассмотрены два варианта конструкции:

- с одним соединением по середине шпалы (рис. 3);

- с двумя соединениями в подрельсовой зоне (рис. 4, 5).

Размер шипа зависит от толщины и ширины бруса, а именно: широкая и узкая стороны шипа должны составлять соответственно $3/5$ и $2/5$ от ширины бруса, длина – $4/5$ от толщины бруса.

Для разработки схемы выбран второй тип деревянной шпалы с размерами $2750 \times 230 \times 160$ мм [10], соответственно размеры шипа будут составлять:

- для горизонтального расположения (см. рис. 3, а): широкая сторона – 138 мм, узкая – 92 мм, длина – 128 мм;

- для вертикального расположения (см. рис. 3, б): широкая сторона – 96 мм, узкая – 64 мм, длина – 184 мм.

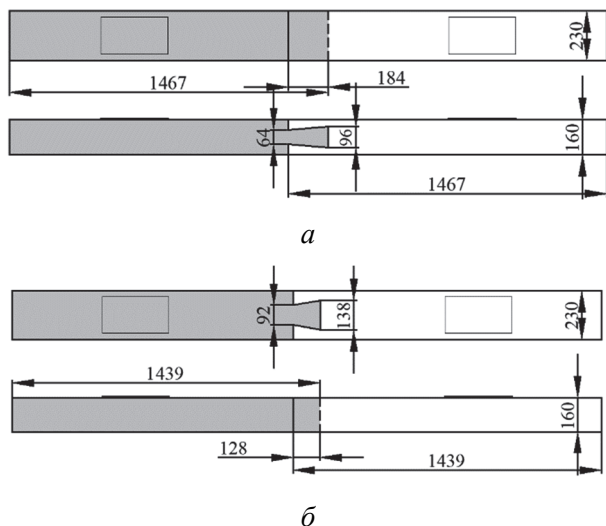


Рис. 3. Конструктивная схема составной шпалы с одним соединением «ласточкин хвост»: а – с горизонтальным расположением шипа; б – с вертикальным расположением шипа

Согласно схемам, в данных конструкциях возможно использовать остатки брусев длиной 1,5 м и более. В соответствии с таблицей количество остатков длиной 1,5 м составляет 4,5 шт., а длиной 1,5 м и более – 43,25 шт., таким образом после изготовления комплекта переводных брусев для одного стрелочного перевода возможно сделать соответственно 2 и порядка 20 составных шпал.

Минимальная эпюра шпал, установленная на железнодорожных путях, относится к прочим станционным путям и путям необщего пользования и составляет 1440 шт./км. С учетом объема изготавливаемых БШПЗ комплектов брусев для стрелочных переводов (490 шт./год) количество составных шпал составит порядка $20 \cdot 490 = 9800$ шт., что покрывает потребность для 6,8 км.

С целью расширения возможности использования остатков брусев длиной менее 1,50 м, а именно 1,25 и 1,0 м, объемы которых составляют соответственно 5 и 6,75 шт., разработаны еще две конструктивные схемы с двумя соединениями «ласточкин хвост». Ввиду работы при эксплуатации деревянной шпалы на изгиб восприятие ею нагрузки будет зависеть от направления расположения шипов: внутрь колеи (рис. 4) либо наружу (рис. 5).

Для разработки данных схем также выбрана деревянная шпала второго типа, поэтому размеры шипов соответствуют размерам шипов предыдущей схемы. Согласно схеме, приведенной на рис. 4, а, возможно использовать остатки брусев длиной 1,25, 1,0 м и более. Согласно схеме 4, б, с учетом допуска на длину шпалы (2750 ± 5 мм) все три части

шпалы возможно изготовить из остатков длиной 1,0 м и более, причем остатки длиной 2,0 м и более рационально разделять на два бруса метровой длины.

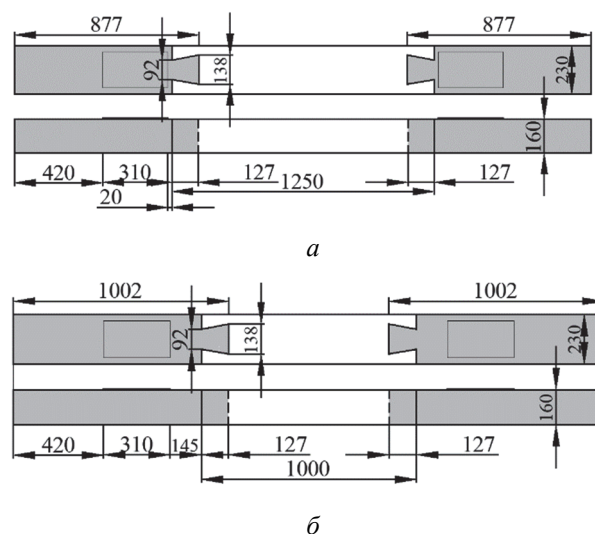


Рис. 4. Конструктивные схемы составной шпалы с двумя соединениями «ласточкин хвост», при расположении шипов внутрь колеи: а – с длиной среднего бруса 1,25 м; б – с длиной среднего бруса 1,0 м

Согласно таблице и количеству оставшихся брусев расчетной длины, после изготовления комплекта переводных брусев для одного стрелочного перевода возможно изготовить составные шпалы в следующем объеме:

1) 3 шпалы, если использовать для средней части остатки 1,25 м, для концевых – 1,0 м (всего остатков длиной 1,25 и 1,0 м соответственно 5 и 3,75 шт., таким образом $6,75 : 2 = 3,375 = 3$ шпалы);

– 10 шпал, если использовать для средней части остатки 1,25 и 2,50 м, а концевых – 1,0 и 2,0 м (всего остатков длиной 1,25, 2,50, 1,0 и 2,0 м соответственно 5, 16,5, 6,75 и 7,5 шт., следовательно, количество средних брусев $5 + 16,5 = 21,5 = 21$ шт. и концевых $(6,75 + 7,5 \cdot 2) : 2 = 21,75 : 2 = 10,875 = 10$ шпал;

2) 2 шпалы, если использовать для средней и концевых частей остатки длиной 1,0 м (всего остатков длиной 1,0 м – 6,75 шт., таким образом $6,75 : 3 = 2,25 = 2$ шпалы);

– 7 шпал, если использовать для средней и концевых частей остатки длиной 1,0 и 2,0 м (всего остатков длиной 1,0 и 2,0 м соответственно 6,75 и 7,5 шт., таким образом $(6,75 + 7,5 \cdot 2) : 3 = 21,75 : 3 = 7,25 = 7$ шпал);

3) 29 шпал, если использовать все остатки длиной 1,0 м и более $((6,75 + 5 + 4,5 + 6 + 7,5 \cdot 2 + 8,75 \cdot 2 + 16,5 \cdot 2) : 3 = 87,75 : 3 = 29,25 = 29$ шпал).

Для учета варианта расположения шипов наружу колеи разработаны еще две схемы, представленные на рис. 5. Так как размеры составных частей таких шпал соответствуют варианту схемы с расположением шипов внутрь колеи, принцип применения брусьев и расчет количества составных шпал аналогичен предыдущему.

Для обоих вариантов ежегодно при использовании брусьев всех размеров длиной более 1,0 м с учетом среднего объема производства комплектов переводных брусьев, возможно изготовить до $29 \cdot 490 = 14\,210$ шт. Такое количество составных шпал покрывает потребность для 9,8 км железнодорожного пути прочих станционных путей и путей необщего пользования.

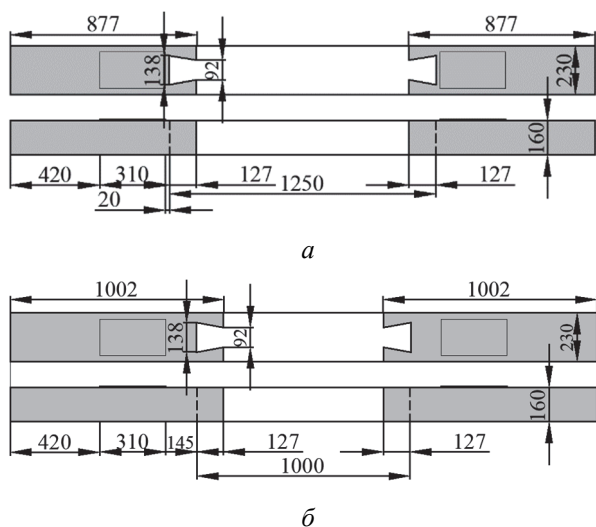


Рис. 5. Конструктивные схемы составной шпалы с двумя соединениями «ласточкин хвост» при расположении шипов наружу колеи:
а – с длиной среднего бруса 1,25 м;
б – с длиной среднего бруса 1,0 м

В качестве альтернативного варианта сращивания рассматривается соединение «прируб впритык в полдерева» (рис. 6). В подобных видах сращивания брусья стыкуются торцами, отрезанными под прямым углом, при этом концы брусьев накладываются друг на друга и скрепляются нагелями, металлическими накладками с болтами или скобами.

Для подобных схем составные части шпалы возможно изготавливать одинаковой длины (рис. 6, а), при этом длина участка перекрытия должна составлять не менее двух размеров толщины бруса. Для деревянных шпал второго типа минимальный размер перекрытия составит $160 \cdot 2 = 320$ мм.

В качестве нагелей возможно применение деревянных вкладышей либо металлических скоб, которые соединяют составные части в зоне перекрытия.

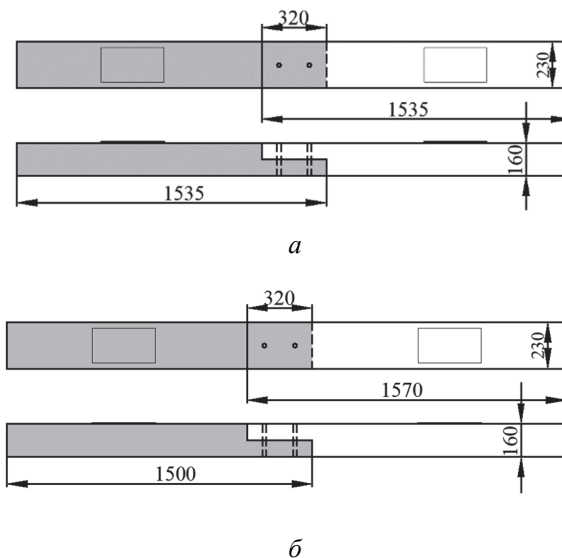


Рис. 6. Конструктивные схемы составной шпалы с соединением «прируб впритык в полдерева»:
а – при одинаковой длине составных частей;
б – при различной длине составных частей

При длине перекрытия 320 мм длина каждой из частей составит 1535 мм, что обеспечит применение остатков брусьев длиной 1,75 м и более.

С учетом того, что ни один из оставшихся брусьев невозможно разделить на две необходимые части, согласно разработанной конструктивной схеме можно изготовить порядка 19 составных шпал $((6 + 7,5 + 8,75 + 16,5) : 2 = 38,75 : 2 = 19,375$ шт.).

Для расширения полигона применения оставшихся брусьев, а именно брусьев длиной 1,50 м, и увеличения объема составных шпал разработана схема с различной длиной частей (рис. 6, б), одна из которых составляет 1500 мм.

При использовании всех брусьев длиной 1,50 м и более возможно изготовить порядка 21 составной шпалы $((4,5 + 6 + 7,5 + 8,75 + 16,5) : 2 = 43,25 : 2 = 21,625$ шт.).

С учетом среднегодовых объемов производства комплектов переводных брусьев в первом случае возможно изготовить $19 \cdot 490 = 9310$ шт. либо $21 \cdot 490 = 10\,290$ шт., что покрывает потребность соответственно для 6,5 либо 7,1 км прочих станционных путей и путей необщего пользования.

Для дополнительного предотвращения разъезжания составных частей в рассматриваемом типе соединения возможно устроить зацепление, называемое врубкой прямым зубом. Каждый прямой зуб заходит в паз второго блока (рис. 7).

Длина участка перекрытия должна составлять не менее 2,5 размеров толщины бруса, для шпал второго типа минимальный размер перекрытия составит $160 \cdot 2,5 = 400$ мм.

Разработанные конструктивные схемы предусматривают применение частей как одинаковой (рис. 6, а), так и различной (рис. 6, б) длины. Исходя из рассчитанных длин составных частей можно сделать вывод о возможности применения оставшихся брусьев аналогично предыдущему варианту.

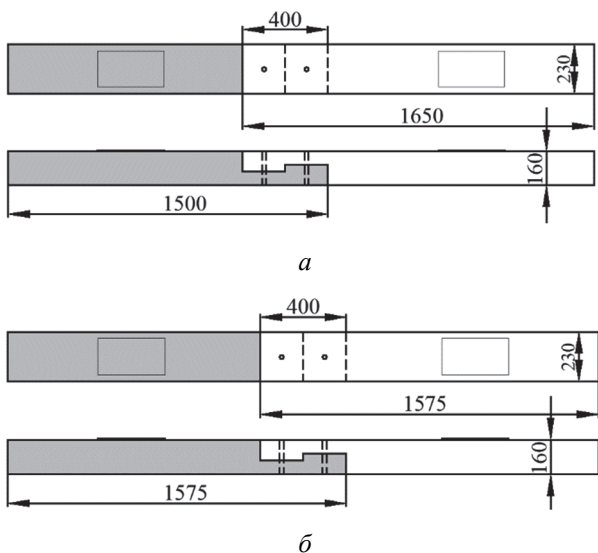


Рис. 7. Конструктивные схемы составной шпалы с соединением «прируб впритык в полдерева» с врубкой прямым зубом:
а – при одинаковой длине составных частей;
б – при различной длине составных частей

Все рассмотренные соединения в полдерева предполагается усилить двумя скобами, применяемыми для сохранения торцов шпал от растрескивания и располагаемыми по длине бруса на расстоянии друг от друга, обеспечивающем предохранение дерева от раскалывания.

Заключение. Проведена оценка перспективности применения деревянных брусьев различной длины, оставшихся после выпиливания переводных брусьев. Разработанные технологические схемы и конструкции составных шпал позволяют наиболее рационально реализовать остатки деревянных брусьев после выпиливания комплекта переводных брусьев для стрелочного перевода. Наиболее технологичными в изготовлении, предусматривающими наибольшую возможность использования остатков брусьев и эффективными в дальнейшей эксплуатационной работе определены следующие виды сращивания элементов составных шпал:

№ 1 – с одним соединением «ласточкин хвост» с горизонтальным расположением шипа;

№ 2 – с одним соединением «ласточкин хвост» с вертикальным расположением шипа;

№ 3 – с двумя соединениями «ласточкин хвост» при расположении шипов внутрь колеи с длиной среднего бруса 1,0 м;

№ 4 – с двумя соединениями «ласточкин хвост» при расположении шипов наружу колеи с длиной среднего бруса 1,0 м;

№ 5 – с соединением «прируб впритык в полдерева» при различной длине составных частей;

№ 6 – с соединением «прируб впритык в полдерева» с врубкой прямым зубом при различной длине составных частей.

Каждое сращивание характеризуется типом и месторасположением соединения, а также их количеством, при этом два последних предусматривают применение крепежных элементов.

Установлено, что для каждой из конструкций определены количества составных шпал, которые возможно изготовить, исходя из среднего количества брусьев расчетной длины и марки стрелочных переводов, применяемых на БЖД.

Исходя из расчетов количества составных шпал можно сделать вывод о том, что снижение материалоемкости и энергоемкости продукции идет за счет использования остатков брусьев по схемам с двумя соединениями «ласточкин хвост» при расположении шипов как наружу, так и внутрь колеи с длиной среднего бруса 1,0 м.

Изготовленные по разработанным технологическим схемам составные шпалы предполагается использовать на прочих станционных путях и путях необщего пользования, например для разрядки «кустов» шпал (три и более расположенных подряд негодных шпал), одиночной замены шпал, устройства комбинированной рельсошпальной решетки – две подряд цельнобрусковые шпалы, третья составная и т. п.

Реализация отходов брусьев позволит не только снизить непроизводительные расходы БШПЗ, но и снизить расход значимых сырьевых продуктов – древесины. С учетом среднего объема изготавливаемых стрелочных переводов составными шпалами возможно заменить цельнобрусковые шпалы с эapurой 1440 шт./км на участке протяженностью более 9 км в год. Для изготовления деревянных шпал на 1 км железнодорожного пути требуется практически 2 га 80-летних сосен, таким образом ежегодно можно будет сохранить до 18 га леса.

Список литературы

1. Положение о системе ведения путевого хозяйства Белорусской железной дороги: СТП БЧ 56.388-2022. Минск: Белорусская железная дорога, 2022. 30 с.
2. Особенности измерения и содержания рельсовой колеи на железобетонных шпалах / В. И. Матвеев [и др.] // Вестн. Днепропетров. нац. ун-та железнодорож. транспорта. Наука и

прогресс транспорта. 2007. № 17. С. 100–106. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-izmereniya-i-soderzhaniya-relsovoy-kolei-na-zhelezobetonnyh-shpalah> (дата обращения: 24.02.2021).

3. Невзорова А. Б., Романенко В. В. О целесообразности и перспективах применения деревянных шпал в криволинейных участках пути // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 242–249.

4. Божелко И. К., Леонович И. К. Определение долговечности защитных средств для древесины, эксплуатируемой в тяжелых условиях // Труды БГТУ. 2011. № 2: Лесная и деревообаб. пром-сть. С. 200–203. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-dolgovechnosti-zaschitnyh-sredstv-dlya-drevesiny-ekspluatiruemoy-v-tyazhelyh-usloviyah> (дата обращения: 26.02.2021).

5. Анализ технологий шпалопропиточного производства ОАО «Борисовский шпалопропиточный завод» / В. П. Новик [и др.] // Вестник БелГУТ: наука и транспорт. 2021. № 1 (42). С. 65–67.

6. Мониторинг шпалопропиточного производства на Белорусской железной дороге / П. В. Ковтун [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 24–25 ноября 2021 г., Гомель, 2021. С. 280–282.

7. Божелко И. К., Наумчик Т. А., Бабич Д. П. Исследование физико-механических свойств комбинированных шпал // Технология и техника лесной промышленности: тез. докл. 81-й науч.-практ. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием), Минск, 1–12 февр. 2017 г. Минск, 2017. С. 76.

8. Мазаник Н. В., Божелко И. К. Эксплуатационные характеристики клеев для составных деревянных конструкций // Труды БГТУ. 2016. № 2: Лесная и деревообаб. пром-сть. С. 136–139.

9. Итоги работы путевого хозяйства в 2021 году и задачи на 2022 год: отчет гос. объединения «Белорусская железная дорога». Минск: Белорус. ж. д., 2022. 16 с.

10. Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ: СТП 09150.56.010-2005. Минск: Белорус. ж. д., 2005. 284 с.

11. Божелко И. К. Физико-механические свойства комбинированных деревянных шпал // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2018. № 1. С. 211–217.

12. Составная шпала: пат. RU 2256020 / Л. А. Занегин. Оpubл. 10.07.2005.

13. Составная композиционная шпала для железных дорог: пат. RU 2536569 / В. Я. Бершадский. Оpubл. 27.12.2014.

14. Составная шпала: пат. RU 2099460 / В. В. Шаповалов. Оpubл. 20.12.1997.

15. Шпала: пат. RU 214411 / Ж. Г. Дамбаев, П. К. Хардаев, В. Д. Балхеева, И. Ж. Дамбаева. Оpubл. 26.10.2022.

16. Миронов В. Г. Деревянные конструкции в вопросах и ответах. Расчет элементов цельного, составного и клееного сечений. Н. Новгород: Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т, ЭБС АСВ, 2017. 96 с.

17. Ашпиз Е. С. Подход к расчету показателей надежности элементов пути // Мир транспорта. 2011. № 5. С. 33–41.

18. Миронов В. Г. Курс конструкций из дерева и пластмасс в рисунках с комментариями / В. Г. Миронов. Н. Новгород: Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т, ЭБС АСВ, 2017. 146 с.

References

1. STP BCH 56.388-2022. Regulations on the track management system of the Belarusian Railway. Minsk, Belarusian Railway Publ., 2022. 30 p. (In Russian).

2. Matvetsov V. I., Kovtun P. V., Kebikov A. A., Krupoderov V. P., Miroshnikov N. Ye. Features of measurement and maintenance of rail track on reinforced concrete sleepers. *Vestnik Dnepropetrovskogo natsionalnogo universiteta zhelezнодорожного транспорта. Nauka i progress transporta* [Bulletin of the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport. Science and Progress of Transport], 2007, no. 17, pp. 100–106. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-izmereniya-i-soderzhaniya-relsovoy-kolei-na-zhelezobetonnyh-shpalah> (accessed 24.02.2021) (In Russian).

3. Neuzorova A. B., Romanenko V. V. On the expediency and prospects of using wooden sleepers in curved sections of the track. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2021, no. 2 (246), pp. 242–249 (In Russian).

4. Bozhelko I. K., Leonovich O. K. Determination of durability of protective means for wood operated in severe conditions. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2011, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 200–203. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-dolgovechnosti-zaschitnyh-sredstv-dlya-drevesiny-ekspluatiruemoy-v-tyazhelyh-usloviyah> (In Russian).

5. Novik V. P., Sushchenok A. A., Tsarikov V. A., Kovtun P. V., Osipova O. V. Analysis of sleeper impregnation production technologies at OJSC “Borisov sleeper impregnation plant”. *Vestnik BelGUT: nauka i transport* [Bulletin of the Belarusian State University of Transport: Science and Transport], 2021, no. 1 (42), pp. 65–67 (In Russian).
6. Kovtun P. V., Osipova O. V., Sushchenok A. A., Dershan V. A. Monitoring of sleeper impregnation production on the Belarusian Railway. *Problemy bezopasnosti na transporte: materialy XI mezdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Problems of transport safety: materials of the XI International scientific and practical conference]. Gomel, 2021, pp. 280–282 (In Russian).
7. Bozhelko I. K., Naumchik T. A., Babich D. P. Investigation of physical and mechanical properties of combined sleepers. *Tehnologiya i tehnika lesnoy promyshlennosti: tsesy dokladov 81-y nauchno-prakticheskoy konferentsii professorsko-prepodavatelskogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov (s mezdunarodnym uchastiyem)* [Technology and equipment of the forest industry: abstracts of the 81st scientific and practical conference of the teaching staff, researchers and postgraduates (with international participation)]. Minsk, 2017, p. 76 (In Russian).
8. Mazanik N. V., Bozhelko I. K. Performance characteristics of adhesives for composite timber structures. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 136–139 (In Russian).
9. *Itogi raboty putevogo khozyaystva v 2021 godu i zadachi na 2022 god: Otchet gosudarstvennogo ob'yedineniya “Belorusskaya zheleznaya doroga”* [Results of the work of the track economy in 2021 and tasks for 2022: report the State Association “Belarusian Railway”]. Minsk, Belarusian Railway Publ., 2022. 16 p. (In Russian).
10. STP 09150.56.010-2005. The current content of the railway track. Technical requirements and organization of work. Minsk, Belarusian Railway Publ., 2006. 284 p. (In Russian).
11. Bozhelko I. K. Physical and mechanical properties of combined wooden sleepers. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2018, no. 1, pp. 211–217 (In Russian).
12. Zanegin L. A. Composite sleeper. Patent RU 2256020, 2005 (In Russian).
13. Bershatsky V. Ya. Composite sleeper for railways. Patent RU 2536569, 2014 (In Russian).
14. Shapovalov V. V. Composite sleeper. Patent RU 2099460, 1997 (In Russian).
15. Dambaev Zh. G., Hardaev P. K., Balheeva V. D., Dambaeva I. Zh. Sleeper. Patent RU 214411, 2022 (In Russian).
16. Mironov V. G. *Derevyannyye konstruksii v voprosakh i otvetakh. Raschet elementov tsel'nogo, sostavnogo i kleyenogo secheniy* [Wooden structures in questions and answers. Calculation of elements of solid, composite and glued sections]. Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, EBS ASV, 2017. 96 p. (In Russian).
17. Ashpiz E. S. An approach to the calculation of reliability indicators of path elements. *Mir transporta* [The World of Transport], 2011, no. 5, pp. 33–41 (In Russian).
18. Mironov V. G. *Kurs konstruksiy iz dereva i plastmass v risunkakh s kommentariyami* [Course of structures made of wood and plastics in drawings with comments]. Nizhny Novgorod. Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, EBS ASV, 2018. 146 p. (In Russian).

Информация об авторах

Романенко Виктория Владимировна – старший преподаватель кафедры «Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных объектов». Белорусский государственный университет транспорта (246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34, Республика Беларусь). E-mail: vromanenkko@mail.ru

Невзорова Алла Брониславовна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика». Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого (246746, г. Гомель, пр. Октября, 48, Республика Беларусь). E-mail: anevzorova@gstu.by

Information about the authors

Romanenko Viktoriya Vladimirovna – Senior Lecturer, the Department of Design, Construction and Operation of Transport Facilities. Belarusian State University of Transport (34, Kirova str., 246653, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: vromanenkko@mail.ru

Neuzorava Alla Bronislavovna – DSc (Engineering), Professor, Head of the Department of Oil and Gas Development and Hydropneumatics. Sukhoi State Technical University of Gomel (48, Oktyabrya Ave., 246746, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: anevzorova@gstu.by

Поступила 25.02.2023