

УДК 625.172:625.142.21

**А. Б. Невзорова, В. В. Романенко**  
Белорусский государственный университет транспорта

**О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ  
ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ В КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ**

Целью работы является анализ содержания криволинейных участков пути на деревянных шпалах и выработка решений для приведения кривых к положению, которое удовлетворяет условиям обеспечения установленной скорости на участке. Задача получения достоверной и адекватной информации о техническом состоянии и распределении путей с деревянными шпалами решается с использованием статистического количественного анализа по открытым источникам Белорусской железной дороги. Установлено, что 37% станционных путей и 61% путей необщего пользования остаются лежать на деревянных шпалах. Средний процент изношенных шпал по всем дистанциям составляет 13%. Приведены основные дефекты деревянных шпал, которые приводят к «расстройству» криволинейных участков железнодорожного пути. Одной из наиболее частых неисправностей на путях с деревянными шпалами является увеличение ширины рельсовой колеи, устранимое перешивкой. На основе анализа прохождения подвижного состава в кривых сформулирована и обоснована целесообразность использования деревянных шпал в кривых малого радиуса (меньше 350 м), позволяющих обеспечить нормативное уширение колеи пути до 1530 или 1535 мм, что невозможно для железобетонных шпал. Предлагаются мероприятия, которые позволяют с наибольшей эффективностью привести расстроенные кривые к положению, удовлетворяющему требованиям нормативной документации.

**Ключевые слова:** деревянные шпалы, путь, ширина колеи, кривые, изгиб, рельсошпальная решетка.

**Для цитирования:** Невзорова А. Б., Романенко В. В. О целесообразности и перспективах применения деревянных шпал в криволинейных участках // Труды БГТУ. Сер. 1, Природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 242–249.

**A. B. Neuzorava, V. V. Romanenko**  
Belarusian State University of Transport

**ON THE FEASIBILITY AND PROSPECTS OF USING  
WOODEN SLEEPERS IN CURVILINEAR SECTIONS**

The aim of the work is to analyze the track maintenance of curved sections on wooden sleepers and development of solutions to bring the curves to a position that satisfies the condition pits providing the set speed on the curved track. The task of obtaining reliable and adequate information about the technical condition and distribution of tracks with wooden sleepers is solved using statistical quantitative analysis from open sources of the Belarusian Railway. It was found that 37% of station tracks and 61% of non-general use tracks remain on wooden sleepers. The average percentage of worn sleepers over all distances is 13 %. The main defects of wooden sleepers which lead to the track deterioration of curved sections of the railway track, are given. One of the most common faults in the tracks of wooden sleepers is the widening of gauge on curves that the remaking of the adjustment of the track gauge. On the analysis of the passage of rolling stock in the curves are formulated and substantiated the feasibility of using wooden sleepers in curves of small radius (less than 350 m), allowing to provide normative widening the track path to 1530 or 1535 mm or that it is impossible for concrete sleepers. The measures are proposed that allow to bring the deterioration curves track on wooden sleepers to the position that meets the requirements of the regulatory documentation with the greatest efficiency.

**Key words:** wooden sleepers, track, standard gauge, curves, bend, rail-sleeper grid.

**For citation:** Nevezorova A. B., Romanenko V. V. On the feasibility and prospects of using wooden sleepers in curvilinear sections. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2021, no. 2 (226), pp. 242–249 (In Russian).

**Введение.** В настоящее время на станционных путях Белорусской железной дороги и путях необщего пользования эксплуатируются деревянные шпалы. Основным требованием,

предъявляемым к деревянным шпалам, является обеспечение стабильной работы подрельсового основания при максимально возможном сроке их службы. Это достигается различными способами,

в частности при изготовлении: обоснованием рациональных типоразмеров шпал, их пропиткой, улучшением физико-механических свойств; при эксплуатации: соблюдением требований по надлежащему уходу и проведению своевременного ремонта шпал [1–3].

Использование деревянных шпал в кривых малого радиуса (до 350 м) позволяет делать более мягким прохождение вагонов по колее. Срок службы деревянных шпал в зависимости от рода древесины (в основном сосна, реже ель), внешних условий и интенсивности эксплуатации составляет от 7 до 20 лет. Основной проблемой содержания является их склонность к загниванию в местах крепления рельсов из-за постоянной вибрации, контакта с атмосферными проявлениями, высоким динамическим воздействием от подвижного состава [4, 5] и т. п.

Второй серьезной проблемой является снижение надежности эксплуатации промежуточного скрепления (смешанного типа ДО) в шпалах из мягких пород древесины, особенно в части обеспечения стабильности ширины колеи. Зачастую как в прямых, так и в кривых с радиусами от 350 до 650 м, это приводит к увеличению ширины колеи до размеров, соответствующих III и IV степеням отступлений, что влечет за собой увеличение зазоров между гребнями колес и поверхностью катания рельсов до 40 мм [6, 7]. Такое отклонение от нормативных значений неблагоприятно сказывается на устойчивости прохождения порожних вагонов.

Основная тенденция, обусловленная системой ведения путевого хозяйства, заключается в укладке рельсошпальной решетки только на железобетонных шпалах при всех видах ремонта. Это обусловлено более высоким сроком службы и возможностью обеспечения нормативов по их содержанию [8]. В то же время деревянная шпала более эластична и может сопротивляться нагрузкам. Ввиду того, что железобетонная шпала менее ударопрочна, в комплект промежуточного скрепления под рельс и под металлическую подкладку (скрепление КБ) кладут резиновые прокладки для смягчения вибрации и динамических нагрузок.

При том, что эксплуатация железобетонных шпал выгоднее, чем деревянных (долговечнее, а, следовательно, меньший оборот материалов), одномоментно заменить ими все уложенные ранее деревянные – невозможно, а в отдельных случаях и нет смысла, так как производство деревянных шпал до сих пор намного проще, чем железобетонных [9].

Целью работы является анализ состояния криволинейных участков пути на деревянных шпалах и выработка решений для приведения

кривых к положению, которое удовлетворяет условиям обеспечения установленной на участке скорости.

**Основная часть.** По состоянию Белорусской железной дороги на 01.01.2021 протяженность пути на деревянных шпалах составляет 1962,7 км, что, по отношению к протяженности пути на железобетонных шпалах, составляет порядка 20%, в том числе на главных путях – 137,8 км, станционных – 1287,6 км, путях необщего пользования – 537,3 км. Абсолютное большинство главных путей (около 98%) эксплуатируется на железобетонных шпалах, в то время как 37% станционных и 61% путей необщего пользования остаются лежать на деревянных шпалах [10]. Распределение путей на деревянных шпалах приведено на рис. 1.

На пути остается лежать 2641,9 тыс. деревянных шпал, из которых 392,4 тыс. изношенные, что составляет 14,9% от общего количества. Число шпал с различными видами дефектов в дистанциях доходит до 92 тыс. (ПЧ-6, Брестская дистанция пути [10]), что составляет 23,1% от общего количества. Однако такое количество объясняется и максимальной протяженностью станционных путей по всей дороге, обслуживаемых Брестской дистанцией пути. Средний процент изношенных шпал по всем дистанциям составляет 13%.

В экономическом плане перспектива развития путевого хозяйства должна сводиться к увеличению расходов на ремонтные работы и к планомерному снижению расходов на текущее содержание. Выполнение такой программы требует сокращения протяженности пути на деревянных шпалах, так как их обслуживание ограничивает долю машинизации путевых работ и увеличивает долю ручного исполнения. Согласно существующей системе ведения путевого хозяйства, предусматривается выполнение ремонтов не только на новых материалах верхнего строения пути, но и на старогодных, например, восстановительный ремонт пути на старогодных материалах, что, в свою очередь, увеличивает нормативный срок службы конструкции пути [11].

В связи с большим процентом выхода и сравнительно небольшим сроком годности ежегодно в процессе текущего содержания укладываются в путь порядка 150–170 тыс. шт. новых деревянных шпал.

За последние пять лет количество заменяемых шпал уменьшилось, это связано с тем, что при выполнении ремонтов рельсошпальная решетка собирается преимущественно на железобетонных шпалах, в том числе старогодных для станционных путей, и путях необщего пользования.

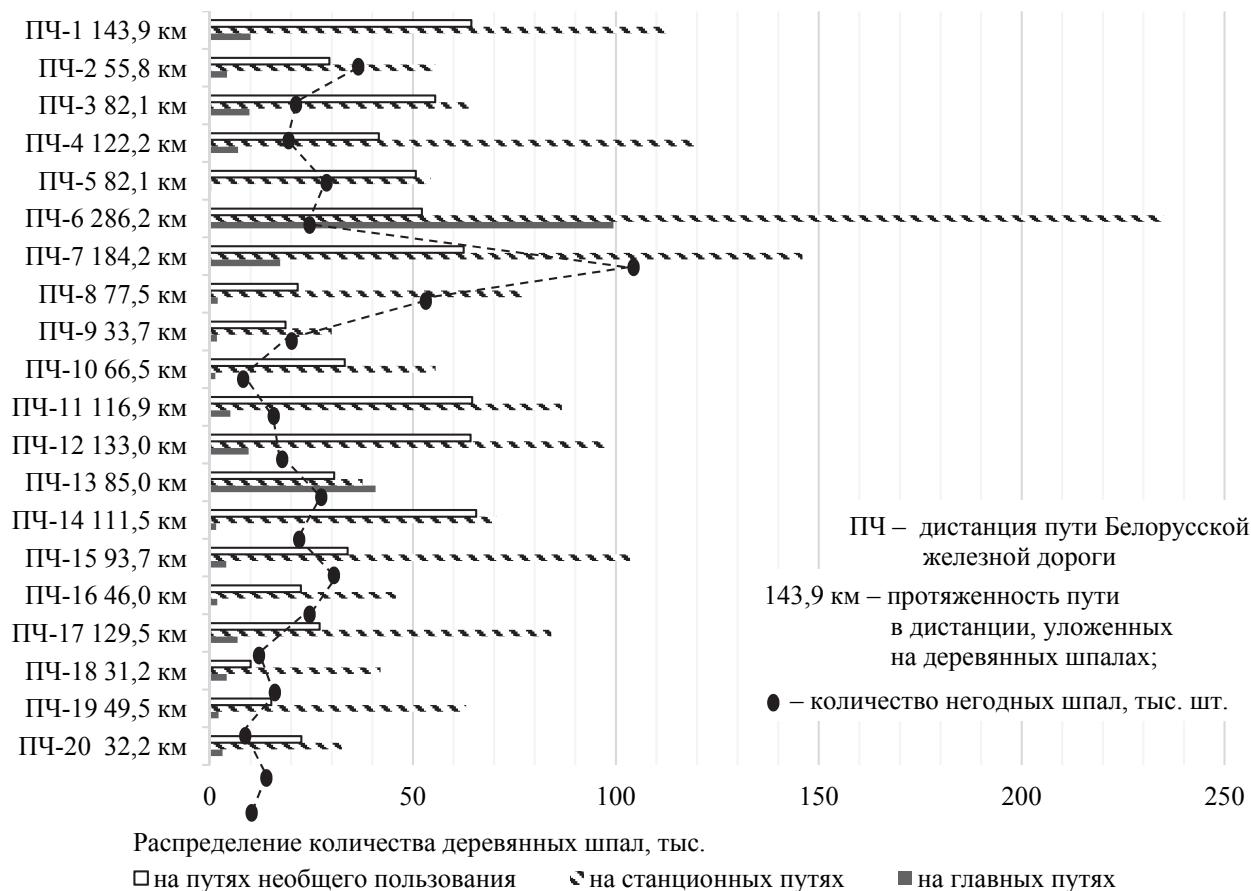


Рис. 1. Распределение путей с деревянными шпалами в дистанциях пути (ПЧ) Белорусской железной дороги

Динамика замены шпал с 2011 по 2019 г. приведена в табл. 1.

Таблица 1  
Динамика замены шпал на БЖД

Год	Уложено деревянных шпал, тыс. шт.	Итого за весь период, тыс. шт.
2011	328,5	
2012	258,5	
2013	324,5	
2014	207,5	
2015	169,3	
2016	148,0	
2017	162,5	
2018	158,5	
2019	170,2	
		1927,5

Срок службы железобетонных шпал составляет порядка 35–40 лет, кроме того, их использование дает возможность выполнения порядка 55% работ по текущему содержанию полностью машинами без привлечения монтеров пути, в то время как на деревянных шпалах этот показатель не превышает 35%.

Одной из наиболее частых неисправностей на путях с деревянными шпалами является

увеличение ширины рельсовой колеи, устранимое перешивкой. Вследствие частых перешивок, нарушения технологии постановки прикрепителей (костылей или шурупов) и т. п. происходит смятие древесины. Забивка костылей и постановка шурупов без предварительной насверловки отверстий разрушает древесину в зоне крепления рельса к подкладке (рис. 2).



Рис. 2. Разрушение древесины вследствие нарушения технологии прикрепления костылей

Подобные деформации из-за излома волокон древесины, ее загнивания и, как следствие, нарушения устойчивости рельсовой колеи приводят к снижению удерживающей способности рельсов [1].

Разработка костыльных отверстий способствует расхождению рельсовых нитей под нагрузкой,

что при превышении определенных величин может привести к сходу колесных пар подвижного состава. Положение усугубляется наличием кустовой гнилости – три и более изношенных шпал подряд.

Так, например, из-за наличия «куста» в количестве семи шпал в пределах переводной кривой на пути необщего пользования, примыкающего к станции Красный Берег Бобруйской дистанции пути, произошел сход левого колеса второй колесной пары тепловоза. Причиной схода стало увеличение ширины колеи до 1553 мм, в то время когда, согласно Правилам технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь, допускаемая ширина разрешается 1548 мм [11].

Последствием схода стало приведение в негодность дополнительного количества соседних шпал, что привело к увеличению объема работ по восстановлению и расхода материалов верхнего строения пути [12].

Согласно принятой конструкции, на деревянных шпалах на дороге эксплуатируется только звеньевой путь, нормативы для которого кроме геометрии рельсовой колеи регламентируют и параметры содержания стыковых зазоров [13, 14]. От силового воздействия, передаваемого от подвижного состава через рельс на металлическую подкладку, древесина в этой зоне сминается, растрескивается, загнивает и т. п., а в зоне стыка это воздействие усиливается [6]. При ударе колеса в торец рельса, на который оно накатывается, возникает провисание стыка, которое может сопровождаться «ступенькой». Непринятие своевременных мер по устранению вертикальной ступеньки в стыке приводит к возникновению дефектов, которые влекут за собой дополнительные работы по наплавке и шлифовке концов рельса (рис. 3).



Рис. 3. Смятие конца рельса на деревянных шпалах

В случае резкого отклонения ширины колеи нарушается и отвод ширины колеи, что в совокупности с нарушением плавности вызывает появление «угла» в плане.

Содержание пути на деревянных шпалах занимает существенный объем ежегодных путевых работ по выправке. Так, например,

на станции Орша-Центральная парк «Д» в пути № 29 Оршанской дистанции БЖД (ПЧ-1) эксплуатируется кривая, уложенная на деревянных шпалах. Начало кривой – 510 км + 37 м, конец кривой – 510 км + 89 м, длина первой и второй переходных кривых – 10 м, возвышение наружного рельса – 5 мм. Радиус кривой – 290 м. Оценка состояния кривой в плане выполняется по стрелам изгиба. Данные результатов промеров за 2020 г. (двадцать одно измерение) приведены в табл. 2, где  $f_{\text{пр}}$  – проектные стрелы изгиба, мм;  $f_{\text{нат}}$  – натурные стрелы изгиба, мм; У – положение рельсовых нитей по уровню, мм.

На рис. 4 приведен график натурных стрел изгиба от середины 20-метровой хорды в точках через 2 м – натурные стрелы изгиба для определения положения пути в плане и проверки наличия «углов». График натурных стрел изгиба показывает положение существующей кривой, а график проектных – положение «правильной» кривой с соответствующими параметрами [3].

Данная кривая кроме малого радиуса (290 м) имеет небольшую длину – 52 м. Эти обстоятельства во многом определяют ее существующее положение. При прохождении подвижного состава в пределах данной кривой плавность ухудшается, что можно определить по соотношению графика натурных и проектных стрел изгиба. Эксплуатация рельсовых нитей на деревянных шпалах в подобных случаях, с одной стороны, дает снижение устойчивости, а с другой – позволяет увеличить ширину колеи с 1520 мм до 1530 мм, в противном случае можно предположить, что положение кривой было бы еще более «расстроенным».

Согласно данным [13], допускаемая разность стрел изгиба, которая обеспечивает безопасный пропуск поездов со скоростью 15 км/ч, составляет 100 мм.

Неустойчивость положения криволинейного пути в плане вызвало появление «угла», что подтверждается разностью смежных стрел изгиба  $f$  в точках через 10 м  $[\Delta f]$ , а именно:

- между  $f_1$  (45 мм) и  $f_5$  (122 мм) разница  $\Delta f = 77$  мм (рис. 4);
- $f_5$  (122 мм) и  $f_{10}$  (272 мм) –  $\Delta f = 150$  мм;
- $f_{10}$  (272 мм) и  $f_{15}$  (154 мм) –  $\Delta f = 118$  мм;
- $f_{15}$  (154 мм) и  $f_{20}$  (154 мм) –  $\Delta f = 104$  мм.

Как видно из расчетов, в вершине «угла» от  $f_5$  до  $f_{15}$  существующая разность – 150 мм и 118 мм, что превышает допускаемую величину и требует незамедлительных выправочных работ (рис. 5). С большой долей вероятности можно предположить, что ввиду эксплуатации конструкции пути с деревянными шпalaами в рассматриваемом месте имеется нарушение величины ширины колеи, близкое к критическому.

Таблица 2

## Данные промеров стрел изгиба криволинейного участка на деревянных шпалах

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$f_{\text{пр}}$	20	50	80	110	140	170	200	230	230	230	230	230	230	230	200	170	140	110	80	50	20
$f_{\text{нат}}$	45	45	65	100	122	148	175	212	240	272	280	260	226	193	154	125	100	78	65	50	50
У	12	14	14	12	18	18	16	12	12	10	6	8	8	8	12	12	8	8	6	2	-2

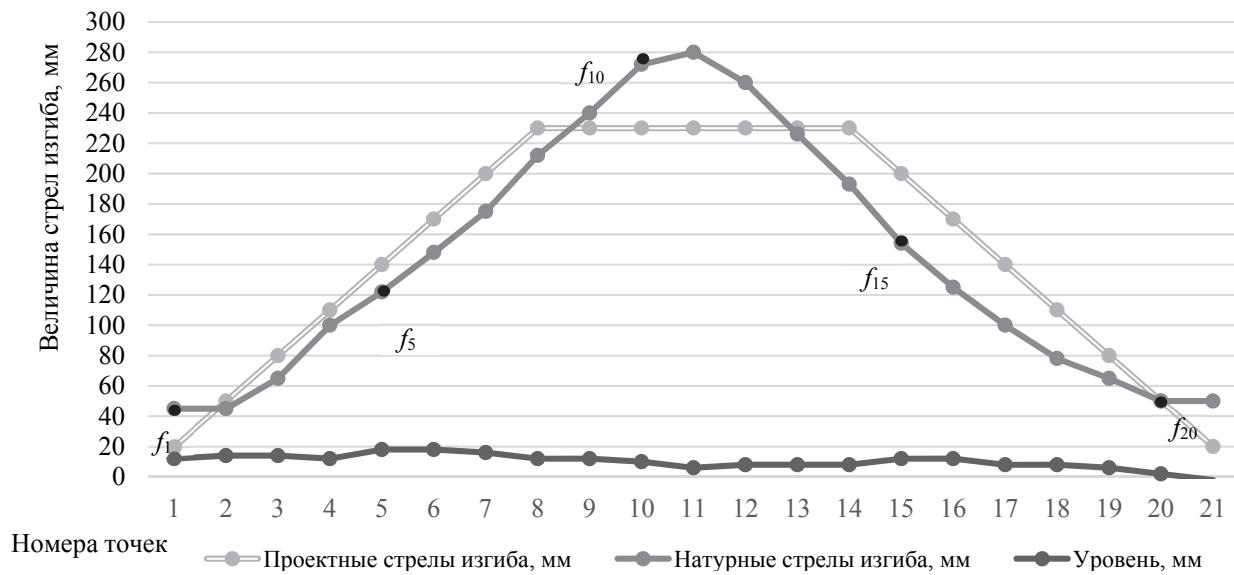


Рис. 4. Графики стрел изгиба

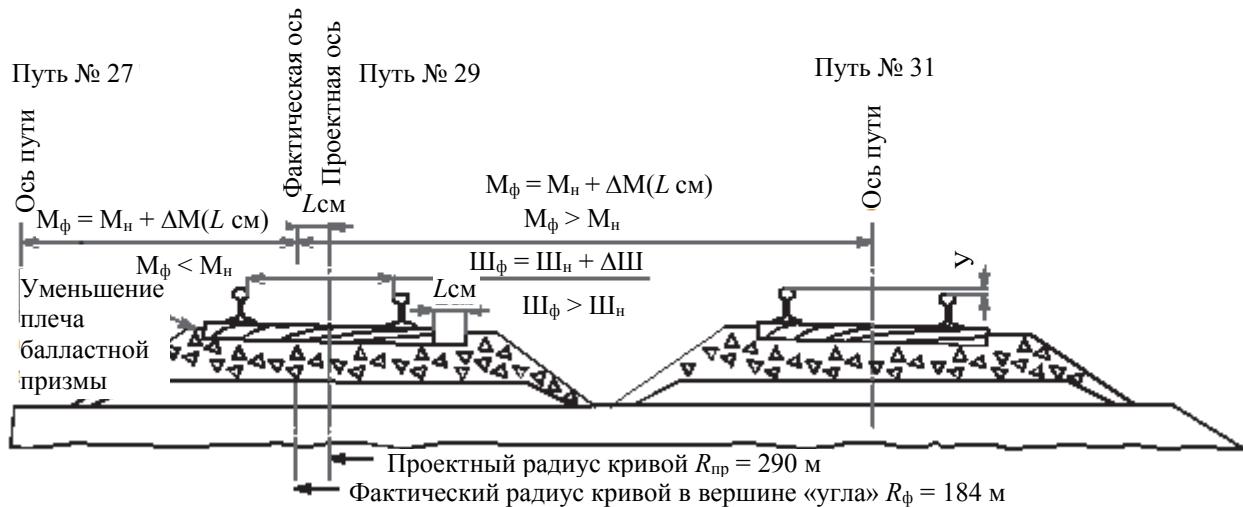


Рис. 5. Поперечный профиль станционных путей в сечении вершины «угла» пути № 29

Вследствие разрушения древесины и разработки костыльных отверстий (рис. 2) нормативная ширина колеи  $Ш_n$  увеличивается на  $\Delta Ш$ , при этом  $Ш_n + \Delta Ш = Ш_\phi > Ш_n$ .

Величина стрелы изгиба в вершине «угла»  $f_{10}$  составляет 272 мм, что соответствует радиусу круговой кривой  $R_{kk} = 184$  м. Уменьшение радиуса приводит к смещению положения рельсошпальной решетки наружу кривой ( $L_{\text{см}}$ ) и вызывает, с одной стороны, образование ниши

в балласте, а с противоположной – уменьшение плеча балластной призмы. Смещение  $L_{\text{см}}$  в свою очередь приведет к изменению ширины междупутья  $M$ , в сторону пути № 31 оно увеличивается, а в сторону пути № 27 – уменьшается, что может повлечь за собой нарушение габарита.

Для приведения кривой к проектному положению необходимо в первую очередь:

– заменить все изношенные деревянные шпалы на новые такого же типа;

– вставить специальные втулки для плотной фиксации прикрепителей в разработанные костыльные отверстия;

– произвести рихтовку пути – смещение рельсошпальной решетки в плане для устранения «угла»;

– довести очертания балластной призмы до необходимых значений, уплотнить балласт.

Для более объективной оценки существующего положения и определения ремонтных задач необходимо учитывать еще ряд параметров, например качество балласта и соблюдение геометрических параметров балластной призмы (т. е. нарушение размеров плеча и крутизны откоса). Недостаточное количество щебня также снижает степень устойчивости и способствует увеличению смещения пути.

Поэтому, кроме существующих оценочных данных, предлагается ввести дополнительные параметры, отражающие способность путевой решетки сопротивляться сдвигу в кривых. Эти параметры необходимы для качественной оценки обоснования целесообразности применения деревянных шпал в определенных случаях, в частности, когда длина кривой до 100 м и ее радиус не превышает 350 мм.

**Заключение.** Таким образом, несмотря на то, что применение железобетонных шпал

позволяет обеспечить надежную ширину колеи и наиболее стабильное положение геометрии рельсовой колеи в криволинейных участках в плане, для кривых малого радиуса (менее 350 м) содержание на деревянных шпалах обусловлено необходимостью обеспечения нормативного увеличения ширины колеи 1530 мм или 1535 мм, что невозможно на железобетонных шпалах. В противном случае прохождение подвижного состава будет происходить в режиме принудительного или заклиниенного вписывания и негативно влиять на интенсивность роста бокового износа рельс и (или) колесных пар. Кроме того, пути на железобетонных шпалах укладываются только на щебеночном балласте, а деревянные шпалы возможно эксплуатировать на гравийном либо песчано-гравийном балласте.

Поэтому считаем, что 100-процентный отказ от использования деревянных шпал не представляется возможным даже в долгосрочной перспективе. Переход только на железобетонные шпалы вызовет необходимость упоминания радиуса кривых, что, в свою очередь, приведет к реконструкции станционных путей, которая в ближайшие десятилетия не имеет ни финансового, ни технического обоснования.

### Список литературы

1. Елисеев А. П., Жабин В. И., Казанцев В. В. Оценка состояния деревянных шпал промышленных железных дорог // Известия ВУЗов. Лесной журнал, 1999. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-derevyannih-shpal-promyshlennih-zheleznyh-dorog> (дата обращения: 26.02.2021).
2. Божелко И. К. Физико-механические свойства комбинированных деревянных шпал // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2018. № 2 (210). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziko-mehanicheskie-svoystva-kombinirovannih-derevyannih-shpal> (дата обращения: 21.02.2021).
3. Чуян С. Н. Продление жизненного цикла деревянных шпал и стрелочных брусьев // Наука и образование транспорту: сб. науч. ст. Секция 1. Подвижной состав железных дорог и муниципальный пассажирский транспорт. Самара, 2017. № 1. С. 76–79.
4. Невзорова А. Б. Теоретические основы и технология механотрансформации древесины. Гомель: БелГУТ, 2003. 160 с.
5. Божелко И. К., Леонович О. К. Определение долговечности защитных средств для древесины, эксплуатируемой в тяжелых условиях // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2011. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-dolgovechnosti-zaschitnyh-sredstv-dlya-drevesiny-ekspluatiyuemoy-v-tyazhelyh-usloviyah> (дата обращения: 26.02.2021).
6. Карпущенко Н. И., Величко Д. В., Бобовникова Н. А. Влияние ширины колеи и состояния ходовых частей подвижного состава на интенсивность износов // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2010. № 3 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-shiriny-kolei-i-sostoyaniya-hodovyyh-chastey-podvizhnogo-sostava-na-intensivnost-iznosov> (дата обращения: 24.02.2021).
7. Влияние геометрических параметров железнодорожного пути на величину эквивалентной коничности колесной пары / А. А. Киселев [и др.] // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2019. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-geometricheskikh-parametrov-zhelez-nodorozhnogo-puti-na-velichinu-ekvivalentnoy-konichnosti-kolesnoy-paru> (дата обращения: 24.02.2021).
8. Особенности измерения и содержания рельсовой колеи на железобетонных шпалах / В. И. Матвецов [и др.] // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта.

Наука и прогресс транспорта. 2007. № 17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-izmereniya-i-soderzhaniya-relsovoy-koleinazhelezobetonnyh-shpalah> (дата обращения: 24.02.2021).

9. Пронин М. В., Богданов В. В. Корпоративная эффективность слияний и поглощений (на примере производства деревянных шпал) // Экономика и управление. 2007. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/korporativnaya-effektivnost-sliyaniy-i-pogloscheniy-na-primere-proizvodstva-derevyannyyh-shpal> (дата обращения: 26.02.2021).

10. Структура Белорусской железной дороги // Белорусская железная дорога. URL: <https://www.rw.by/corporate/structure/> (дата обращения: 21.01.2021).

11. Положение о системе ведения путевого хозяйства Белорусской железной дороги: СТП БЧ 56.388-2018: утв. приказом зам. нач. Бел. ж. д. от 17.12.2018 № 1072 НЗ. Введ. 01.01.19. Минск: Белорусская железная дорога, 2018. 27 с.

12. Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ: СТП БЧ 09150.56.010-2005: утв. приказом нач. Бел. ж. д. от 29.06.2006 № 221Н. Введ. 01.07.06. Минск: Белорусская железная дорога, 2006. 283 с.

13. Правила технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь: утв. постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь 25.11.2015 № 52. Введ. 01.06.16. Минск: Министерство транспорта и коммуникаций, 2016. 351 с.

14. Стыковые зазоры 25-метровых рельсов / В. И. Матвецов [и др.] // Путь и путевое хозяйство: сб. науч. ст. М., 2013. № 6. С. 20–23.

15. Каленик К. Л. Обоснование схемы укладки железобетонных шпал вместо непригодных деревянных // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. Наука и прогресс транспорта. 2008. № 22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-shemy-ukladki-zhelezobetonnyh-shpal-vmesto-neprigodnyh-derevyannyh>. (дата обращения: 24.02.2021).

## References

1. Eliseev A. P., Zhabin V. I., Kazantsev V. V. Evaluation of the state of wooden sleepers of industrial railroads. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [Forest Journal], 1999, no. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-derevyannyh-shpal-promyshlennyh-zheleznyh-dorog> (accessed 26.02.2021).
2. Bozhelko I. K. Physico-mechanical Properties of Combined Wooden Sleepers // *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2018, no. 2 (210) (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziko-mehanicheskie-svoystva-kombinirovannyh-derevyannyh-shpal> (accessed 21.02.2021).
3. Chuyan S. N. Extension of the life cycle of wooden sleepers and switch beams. *Nauka i obrazovaniye transportu* [Science and Education for Transport: collection of scientific papers], section 1, Rolling stock of railroads and municipal passenger transport. Samara, 2017, no. 1, pp. 76–79.
4. Nevzorova A. B. *Teoreticheskiye osnovu i tekhnologiya mekhanotransformatsii drevesiny* [Theoretical bases and technology of mechanotransformation of wood]. Gomel, BelGUT Publ., 2003. 160 p.
5. Bozhelko I. K., Leonovich O. K. Determination of durability of protective agents for wood, operated in severe conditions. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources. 2011. № 2 (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-dolgoechnosti-zaschitnyh-sredstv-dlya-drevesiny-ekspluatiruemoy-v-tyazhelyh-usloviyah> (accessed 26.02.2021).
6. Karpushchenko N. I., Velichko D. V., Bobovnikova N. A. The influence of the gauge and the state of the running parts of the rolling stock on the intensity of wear. *Transport Rossiyskoy Federatsii. Zhurnal o naуke, praktike, ekonomike* [Transport of the Russian Federation. Journal of science, practice, economy], 2010, no. 3 (28) (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-shiriny-kolei-i-sostoyaniya-hodovyh-chastey-podvizhnogo-sostava-na-intensivnost-iznosov> (accessed 24.02.2021).
7. Kiselev A. A. [et al.]. Influence of geometric parameters of railway track on the value of equivalent conicity of wheel pair. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [Proceedings of St. Petersburg University of Railway Transport], 2019, no. 2 (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-geometricheskikh-parametrov-zhelezodorozhnyogo-puti-na-velichinu-ekvivalentnoy-konichnosti-kolesnoy-pary> (accessed 24.02.2021).
8. Matvetsov V. I. [et al.]. Features of measurement and maintenance of the rail track on reinforced concrete sleepers. *Vestnik Dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zhelezodorozhnyogo transporta* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University of Railway Transport. Science and progress of transport], 2007, no. 17 (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-izmereniya-i-soderzhaniya-relsovoy-koleinazhelezobetonnyh-shpalah> (accessed 24.02.2021).

9. Pronin M. V., Bogdanov V. V. Corporate efficiency of mergers and acquisitions (on the example of production of wooden sleepers). *Ekonomika i upravleniye* [Economics and Management], 2007, no. 6 (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/korporativnaya-effektivnost-sliyaniy-i-pogloscheniy-na-primere-proizvodstva-derevyannyh-shpal> (accessed 26.02.2021).
10. Structure of Belarusian railroad. *Belorusskaya zheleznaya doroga* [Belarusian railroad]. URL: <https://www.rw.by/corporate/structure/> (accessed 21.01.2021).
11. STP BCh 56.388-2018. *Polozheniye o sisteme vedeniya putevogo knozyaystra Belorusskoy zheleznoy dorogi* [Regulations on the track maintenance system of the Belarusian Railway]. Minsk, Belorusskaya zheleznaya doroga Publ., 2018. 27 c. (In Russian).
12. STP BCh 09150.56.010-2005. *Tekushcheye soderzhaniye zheleznodorozhnoy puti. Tekhnicheskiye trebovaniya* [Current maintenance of railroad track. Technical requirements and organization of works]. Minsk, Belorusskaya zheleznaya doroga Publ., 2006. 283 c. (In Russian).
13. *Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii zheleznoy dorogi v Respublike Belarus'* [Rules of technical operation of the railroad in the Republic of Belarus]. Minsk: Ministerstvo transporta i kommunikatsiy Publ., 2016. 351 c. (In Russian).
14. Matvetsov V. I. [et al.]. Joint gaps of 25-meter rails. *Put' i putevoye khozyaystvo* [Track and track facilities]. Moscow, 2013, no. 6, pp. 20–23 (In Russian).
15. Kalenik K. L. Justification of the scheme of laying of reinforced concrete sleepers instead of unusable wooden ones. *Vestnik Dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnoy transporta. Nauka i progress transporta* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University of Railway Transport. Science and progress of transport], 2008, no. 22 (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-shemy-ukladki-zhelezobetonnyh-shpal-vmesto-neprigodnyh-derevyannyh> (accessed 24.02.2021).

### Информация об авторах

**Невзорова Алла Брониславовна** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Водоснабжение, химия и экология». Белорусский государственный университет транспорта (246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34, Республика Беларусь). E-mail: [anevzorova@bsut.by](mailto:anevzorova@bsut.by)

**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](mailto:vromanenkko@mail.ru)

### Information about the authors

**Neuzorava Alla Bronislavovna** – DSc (Engineering), Professor, Professor, the Department of Water Supply, Chemistry and Ecology. Belarusian State University of Transport (34, Kirova str., 246653, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: [anevzorova@bsut.by](mailto:anevzorova@bsut.by)

**Romanenko Viktoriya Vladimirovna** – Senior Lecturer of 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](mailto:vromanenkko@mail.ru)

Поступила 20.03.2021