

УДК 625.142.21

В. В. РОМАНЕНКО, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ

Рассматриваются основные положения по изготовлению составных деревянных шпал, с акцентом на возможность использования остатков переводных и мостовых брусьев. Исследование направлено на анализ практических аспектов применения остатков без изменения их размеров, что может способствовать снижению затрат и оптимизации производственных процессов.

Введение. В современных условиях соблюдение экологических стандартов для деревообрабатывающих предприятий становится всё более актуальным, так как для производственной деятельности они используют лесные ресурсы, а именно «деловую» древесину возраста 80–100 лет.

Предприятия, производящие шпалопродукцию, используют древесину, которая должна удовлетворять ряду требований. Сортировка лесоматериалов осуществляется по диаметру, длине, кривизне и качеству древесины.

Все деревянные шпалы, необходимые для Белорусской железной дороги (БЖД), производятся на ОАО «Борисовский шпалопродиточный завод» (БШПЗ). Процесс производства деревянных шпал состоит из нескольких этапов и начинается с вырезания шпалопродукции из пиловочного бревна, которое затем сушится до необходимой влажности. После сушки производится равномерное насыщение антисептиком.

Шпалопродукция представляет собой шпалы, переводные и мостовые брусья. Длина стандартной шпалы для колеи шириной 1520 мм – 2,75 м, переводных брусьев для стрелочных переводов – от 3,0 до 5,5 м (с шагом 0,25 м), мостовых – 3,0 м.

БШПЗ закупает лесоматериалы длиной 5,5 метров, из которых нарезают шпалопродукцию. Две стандартные шпалы нарезаются из пиловочного бревна без его остатка, в то время как после нарезки мостовых и переводных брусьев остаются остатки бревен, которые невозможно применить для изготовления цельнобрусковой шпалопродукции.

Анализ объемов производства переводных и мостовых брусьев на БШПЗ показывает, что значительная часть остатков лесоматериалов, не подходящих для производства стандартных шпал, накапливается ежегодно. Часть этих остатков реализуется, например, в виде пиломатериалов, полушпал для метрополитенов и шпал для узкоколейных дорог, остальная – утилизируется.

Анализ прогнозируемых объемов неостребованной древесины указывает на рост нерентабельных расходов на сырьевые ресурсы. Решение о рациональном использовании остатков может стать вопросом экономической целесообразности, поскольку использование остатков в производстве деревянной продукции, например, составных деревянных шпал (СДШ), поможет значительно сократить потребность в новых лесоматериалах и поддержать сохранение лесных ресурсов [1].

Характеристика лесоматериалов. В зависимости от географических условий, в разных странах для про-

изводства шпал используются различные породы древесины, такие как дуб, красный клен, кедр и лиственница. В Республики Беларусь и Российской Федерации предпочтение отдается сосне из-за ее прямолинейности и высокой устойчивости.

Улучшение качества древесины возможно благодаря различным методам обработки, таким как сушка и пропитка антисептиками, что увеличивает срок службы и эксплуатационные характеристики материала. Несмотря на современные технологии, сортировка и классификация древесины остаются важными процессами, определяющими качество конечного продукта.

Диаметр бревна d должен соответствовать размерам конечной продукции. Размеры поперечных сечений шпал должны установлены для древесины с влажностью не более 22 %, при этом оптимальный диаметр:

$$d = 2,5sL + 1,414 (H + y_h),$$

где s – средний сбег бревна, см/м; L – длина бревна, м; H – толщина бруса, мм; y_h – усушка по толщине бруса до необходимой влажности, мм.

Для производства шпал диаметр бревна должен составлять не менее 39 см для шпал, 40 см для переводных и 46 см для мостовых брусьев. Бревна должны иметь припуск по длине на усушку в 0,05 м и быть правильно подготовленными: ровно сторцованы, все сучья обрублены, а инородные включения удалены.

Основные положения по изготовлению СДШ.

Стандартные шпалы изготавливаются трех типов, от которых зависят размеры поперечного сечения: I тип – 180×250 мм; II тип – 160×230 мм; III тип – 150×230 мм.

Размеры поперечного сечения брусьев также зависят от типа: переводных – 180×300 мм, 160×280 мм, 160×230 мм (соответственно для I, II и III типов); мостовых – 200×240 мм, 220×260 мм, 220×280 мм и 240×300 мм (соответственно для I, II, III и IV типов).

Так как остатки бревен получаются в результате изготовления переводных и мостовых брусьев, поперечные размеры СДШ, получаемых из этих остатков не будут соответствовать поперечным размерам типовых шпал [2].

Приведение размеров поперечных сечений остатков от брусьев к шпалам вызовет необходимость дополнительной обрезки как минимум с двух сторон, что вызовет усложнение технологии изготовления (перенастройка оборудования) и увеличит себестоимость продукции [3].

Размеры стандартной шпалы вызывают напряжения в балласте на уровне ее нижней постели σ_b , не превышающие допускаемые $[\sigma_b]$, а также определяют минимальную толщину балласта под шпалой $\min h_b$. Изменение размеров поперечного сечения СДШ не должно вызывать $\sigma_b > [\sigma_b]$ и $h_b > \min h_b$, расчетные параметры определяются согласно конструкции шпалы и схеме приложения нагрузок [4].

После определения напряжений под полушпалой на уровне ее нижней постели в балласте необходимо определить минимальную толщину балласта под шпалой.

Исследование возможности применения остатков переводных и мостовых брусьев без изменения их размеров. Расчетное напряжение вычисляется по формуле

$$\sigma_b = \frac{Q_{\max}}{\alpha l_{\text{шп}} b_{\text{шп}}}, \quad (1)$$

где Q_{\max} – вертикальное давление на шпалу от рельса; α – коэффициент учитывающий изгиб шпалы и представляющий отношение средней (по длине) осадки шпалы и ее осадке под рельсами, для деревянных шпал с шагом 750 мм, $\alpha = 0,7 \dots 0,75$; $l_{\text{шп}}$ – длина шпалы, м; $b_{\text{шп}}$ – ширина нижней постели шпалы, м.

Условие, при котором возможно применение полушпал с расчетными размерами – расчетное напряжение σ_b должно быть меньше или равно допускаемому напряжению (рисунок 1) в зависимости от вида балласта $[\sigma_b]$: щебень 25–60 мм – 0,5 МПа (1), щебень мелкий и сортированный гравий – 0,4 МПа (2), карьерный гравий – 0,3 МПа (3), песок крупный и средней крупности – 0,275 МПа (4), песок мелкозернистый – 0,2 МПа (5).

Расчетные напряжения определены для СДШ, изготовленных из остатков от переводных (три типоразмера) и мостовых (четыре типоразмера) брусьев без изменения их размеров.

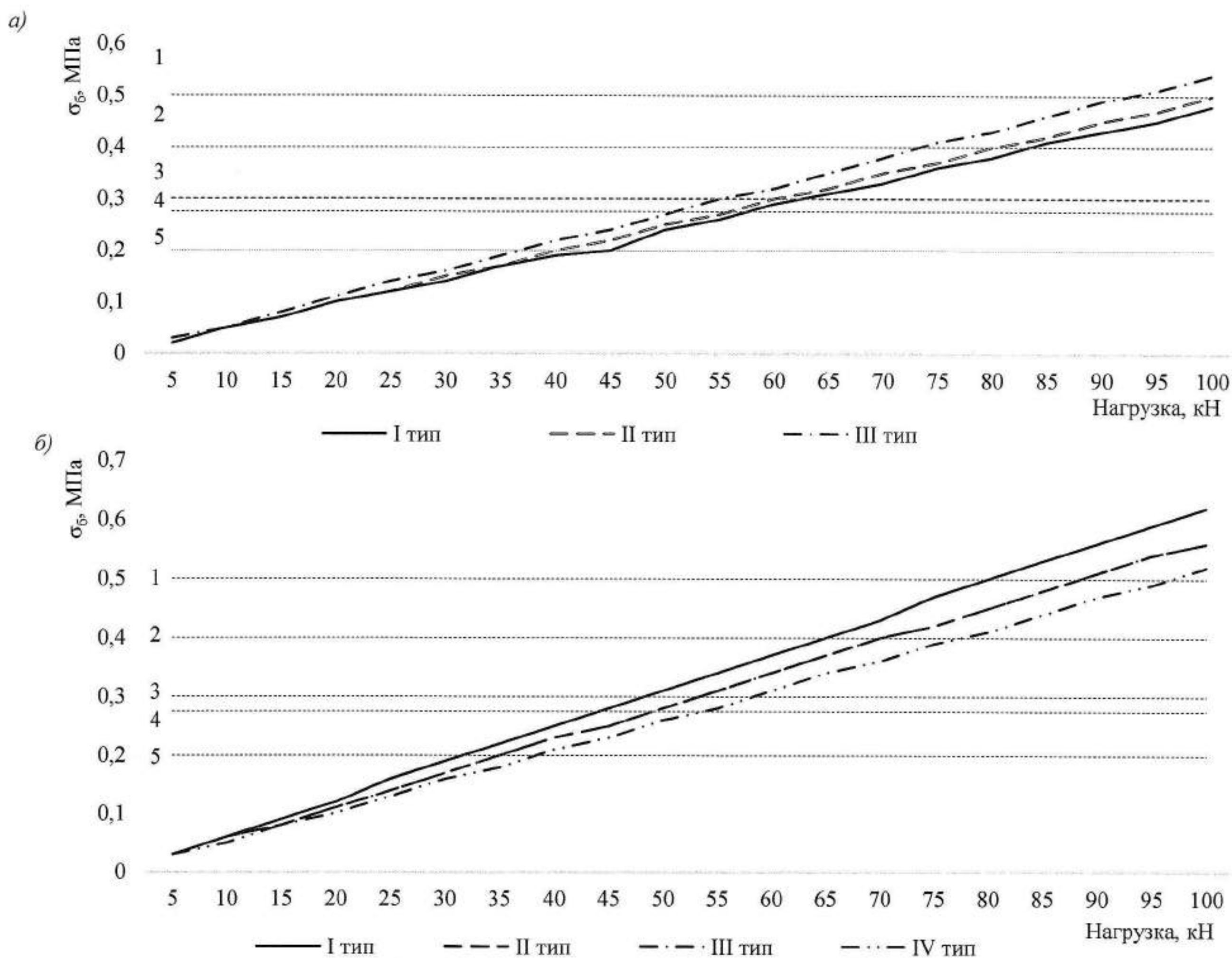


Рисунок 1 – Расчетные напряжения σ_b в балласте под шпалой при изготовлении СДШ из остатков без изменения размеров: а – от переводных брусьев; б – от мостовых брусьев

Толщина балласта под шпалой определяется исходя из следующего неравенства:

$$h_b \geq \sqrt{\left(2 \frac{\sigma_b}{[\sigma_{3,п}]} - 1\right) b l}, \quad (2)$$

где σ_b – расчетное напряжение под элементом составной шпалы на уровне нижней постели в балласте; $[\sigma_{3,п}]$ – допускаемое напряжение в земляном полотне (принимается: для локомотивов – 0,12–0,15 МПа; вагонов – 0,08–0,1 МПа); b – ширина нижней постели шпалы; l – расстояние между осями соседних шпал.

Расчетная толщина балласта под шпалой определена для СДШ, изготовленных из остатков от переводных

(три типоразмера) и мостовых (четыре типоразмера) брусьев без изменения их размеров (рисунок 2).

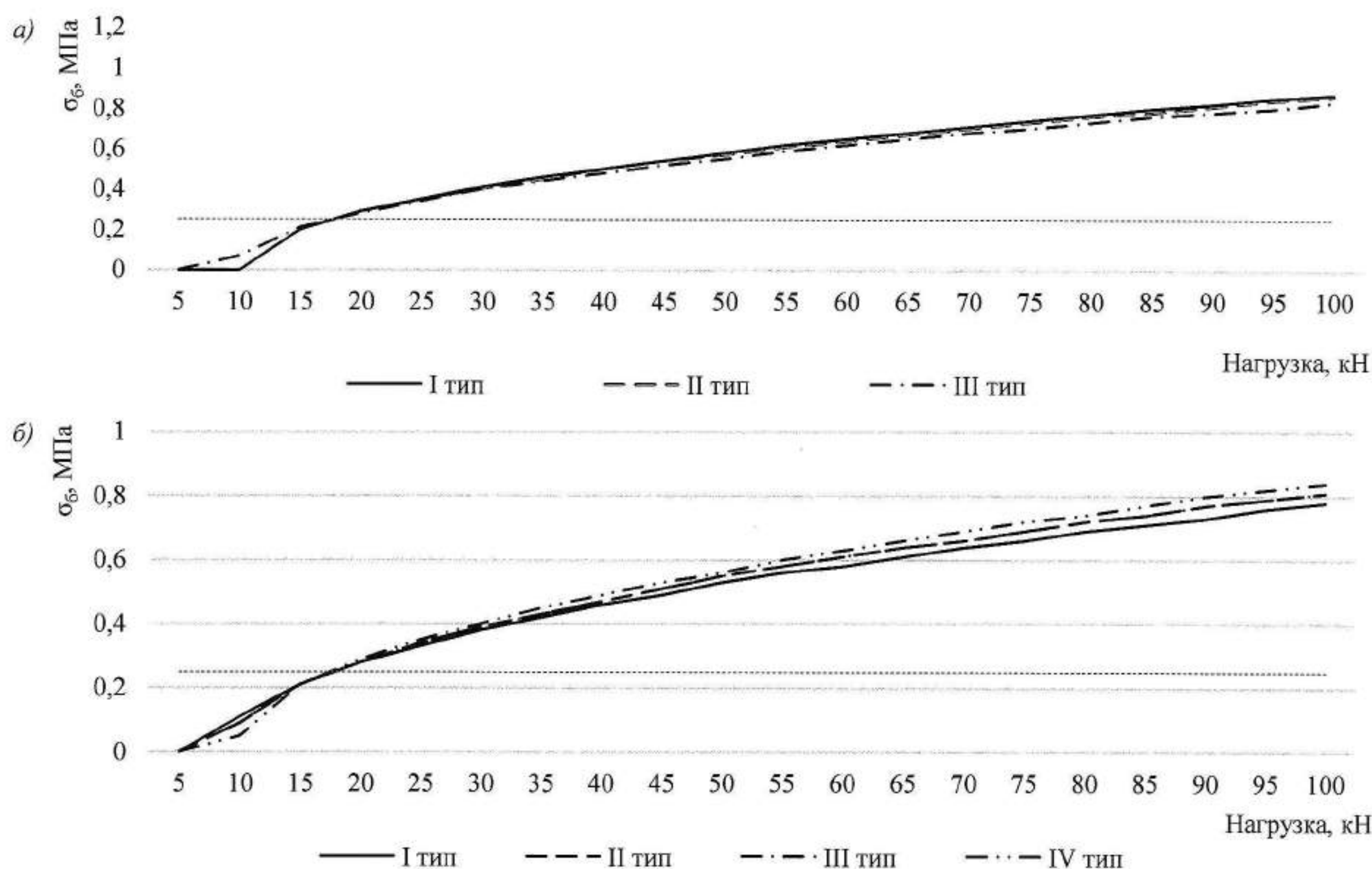


Рисунок 2 – Минимальная толщина балласта под шпалой при изготовлении СДШ из остатков без изменения размеров: а – от переводных брусьев; б – от мостовых брусьев

Вывод. Применение СДШ прогнозируется только для некоторых категорий станционных путей и путей необщего пользования в прямых участках пути, которые отличаются отсутствием горизонтальных сил. Скорость движения до 15 км/ч вызывает несущественные динамические воздействия от подвижного состава значительно ниже, чем статические.

Как видно из рисунка 1, для всех видов балласта напряжения не превышают допустимые при нагрузке 35 кН (для остатков из переводных брусьев) и 30 кН (для остатков из мостовых брусьев). Для указанных путей укладки СДШ, при практическом отсутствии горизонтальных сил, изготовление СДШ по критерию $\sigma_b < [\sigma_b]$ из всех остатков без изменения их размеров возможно.

Минимальная толщина балласта под деревянной шпалой должна составлять 25 см. Анализ рисунка 2 показал, что минимальная толщина балласта соответствует нагрузке (в обоих случаях), равной 15 кН. Согласно условиям укладки изготовление СДШ и по критерию обеспечения минимальной толщины балласта из всех остатков без изменения их размеров также возможно.

Изготовление СДШ позволит снизить рост непроизводительных расходов сырьевых ресурсов БШПЗ, а следовательно, снизить потребность в новых лесоматериалах.

Возможность сокращения технологических операций позволит снизить себестоимость продукции.

Список литературы

- 1 Романенко, В. В. Сохранение окружающей среды за счет внедрения новых конструкций деревянных шпал / В. В. Романенко // Научная сессия ТУСУР-2023 : материалы Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 17–19 мая 2023 г. – Томск : ТУСУР В-Спектр, 2023. – Ч. 2. – С. 317–320.
- 2 Шпалы деревянные для железных дорог широкой колеи. Общие технические условия = Wooden sleepers for full gauge railways. Specifications : ГОСТ 78-2014. – Взамен ГОСТ 78-2004 ; введ. 5.12.2014. – Минск : Госстандарт : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2014. – 8 с.
- 3 Романенко, В. В. Ресурсосберегающая технология изготовления составных деревянных шпал / В. В. Романенко, А. Б. Невзорова // Труды БГТУ. Серия 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2023. – № 2 (270). – С. 143–151.
- 4 Невзорова, А. Б. Оценка несущей способности составных деревянных шпал, уложенных в путь / А. Б. Невзорова, В. В. Романенко // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. – 2024. – № 3 (98). – С. 5–12.

Получено 20.10.2025

V. V. Romanenko. Optimization of the process of manufacturing component wooden trees.

The article discusses the main provisions for the production of composite wooden sleepers, with a focus on the possibility of using leftover translation and bridge beams. The study aims to analyze the practical aspects of using leftovers without changing their dimensions, which can help reduce costs and optimize production processes.