

На правах рукописи



Каптелкин Александр Александрович

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ
И ЗАГОТОВОК ИЗ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ**

**4.3.4. «Технологии, машины и оборудование
для лесного хозяйства и переработки древесины»**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2023 г.

Работа выполнена в Мытищинском филиале Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Научный руководитель: **Рыкунин Станислав Николаевич** – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Древесиноведение и технологии деревообработки» МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

Официальные оппоненты: **Тамби Александр Алексеевич** - доктор технических наук, доцент, Генеральный директор ООО «ЛЕСТЕХ», Руководитель общественной организации Ассоциация производителей машин и оборудования лесопромышленного комплекса «ЛЕСТЕХ»

Федяев Артур Александрович - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология материалов, конструкций и сооружений из древесины» института «Ландшафтной архитектуры, строительства и обработки древесины» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромской государственный университет», г. Кострома

Защита диссертации состоится «26» апреля 2024 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.331.10 при ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» по адресу: Российская Федерация, 141005, г. Мытищи, улица 1-я Институтская, 1, ауд. 1222.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» <https://mf.bmstu.ru/>

Автореферат разослан « » _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного
совета, к.т.н.



Голубев
Михаил Иванович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В лесном хозяйстве Российской Федерации происходит замена насаждений хвойных пород березы. При объеме лесозаготовок в 2022 году 190 млн м³, объем расчетной лесосеки по березовым насаждениям в Европейской части и Урала составляет около 200 млн м³, в том числе 14% от этого объема березовые сортименты для производства пиломатериалов.

Березовые сортименты для производства пиломатериалов возможно направлять на лесопильно-деревоперерабатывающие производства, специализирующиеся на распиловке хвойных пород древесины.

Для разработки технологий производства пиломатериалов и заготовок из древесины березы совместимой с технологией производства из хвойных сортиментов требуется найти новые решения в теории раскроя, установить влияние параметров круглых лесоматериалов на объемный выход пиломатериалов и заготовок, в том числе оцилиндрованных.

Степень разработанности темы. Вклад в развитие теории рационального раскроя круглых лесоматериалов и пиломатериалов внесли отечественные ученые: Х.Л. Фельдман, Л.В. Кантарович, А.Н. Песоцкий, П.П. Аксенов, Н.А. Батин, В.Ф. Ветшева, Р.Е. Калитиевский, В.В. Кислый, В.Р. Фергин, В.В. Огурцов, В.Г. Уласовец, А.С. Торопов, С.П. Исаев, А.А. Тамби, Е.С. Шарапов и др.

Теория раскроя развивается по трем направлениям. Для бревна с заданными параметрами находится оптимальный постав для нахождения обрезных пиломатериалов. Под полученный постав формируется группа круглых лесоматериалов с параметрами близкими к параметрам бревна, для которого находился оптимальный постав. На основе сформированных групп круглых лесоматериалов задачу планирования раскроя круглых лесоматериалов с использованием метода разрешающих множителей решил основатель линейного программирования, лауреат Нобелевской премии Л.В. Кантарович.

Цель и задачи исследования. Цель исследования заключалась в разработке эффективных ресурсосберегающих технологий выработки пиломатериалов и заготовок из древесины березы на основе теории раскроя и методов имитационного моделирования.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- установление влияния параметров двухкантного бруса на объемный выход толстых обрезных пиломатериалов;
- установление соотношения диаметров круглых лесоматериалов для получения бруса квадратного сечения и заготовок оцилиндрованных;
- создание технологии производства пиломатериалов и заготовок из березовых мелких круглых лесоматериалов;
- установление влияния диаметра и сбega березовых круглых лесоматериалов на объемный выход обрезных пиломатериалов с обзолом;
- установление влияния ложного ядра березы на объемный выход ламелей из заболонной зоны для клееного щита;

– разработка методики расчёта поставок на обрезные березовые пиломатериалы с заданной величиной обзола для производства клееного щита с лицевой поверхностью из заболонной зоны древесины;

– создание проекта национального стандарта Российской Федерации «Бревна и заготовки оцилиндрованные. Технические условия»;

– разработка методики формирования рабочих мест в производстве пиломатериалов.

Объект исследования – технологические процессы обработки древесины березы при формировании пиломатериалов и заготовок.

Предмет исследования – древесина березы.

Научная новизна результатов исследований:

– доказано влияние параметров двухкантного бруса на объемный выход толстых обрезных пиломатериалов;

– доказано наличие безусловной и вероятностной зон в пласти двухкантного бруса для получения толстых досок;

– установлены соотношения диаметров круглых лесоматериалов для получения бруса квадратного сечения и заготовок оцилиндрованных;

– раскрыто влияние диаметра и сбега березовых круглых лесоматериалов на объемный выход обрезных пиломатериалов с обзолом.

Достоверность и обоснованность научных результатов, выводов и рекомендаций обеспечиваются корректными допущениями при замене реальных процессов имитационным компьютерным моделированием.

Данные по экспериментальной части работы были получены и обработаны с использованием программного обеспечения Microsoft Excel, MathCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, «Дровосек» и по новым исследовательским методикам, разработанных для данных программ.

Методы исследований. В работе использовались методы аналитической геометрии и теории вероятностей для исследований размерно-качественных параметров круглых лесоматериалов, пиломатериалов и вырабатываемых из них заготовок.

Для установления влияния параметров круглых лесоматериалов на объемный выход пиломатериалов и заготовок использовались методы компьютерного имитационного моделирования.

Основные научные положения и результаты исследований, выносимые на защиту:

– влияние параметров двухкантного бруса на объемный выход толстых обрезных пиломатериалов;

– установлено наличие безусловной зоны в пласти бруса, обеспечивающая гарантированное получение толстых досок, и вероятностной зоны;

– соотношение диаметров круглых лесоматериалов для получения бруса квадратного сечения и заготовок оцилиндрованных;

– влияние диаметра и сбега березовых круглых лесоматериалов на объемный выход обрезных пиломатериалов с обзолом;

– методика формирования современных рабочих мест в производстве пиломатериалов.

Личный вклад диссертанта в решение поставленных задач. Предложена и подтверждена гипотеза о том, что, брус максимального объема не гарантирует получение максимального объема толстых пиломатериалов. На основе этой гипотезы разработана технология производства березовых пиломатериалов, совместимая с технологией производства пиломатериалов из хвойных пород.

Полученное соотношение площади сечения бруса максимального объема и площади сечения заготовки оцилиндрованной, позволило выделить группы круглых лесоматериалов для производства заготовок оцилиндрованных, которое дает возможность увеличить сырьевую базу лесопильно-деревоперерабатывающих производств. На этой основе при участии автора в качестве ответственного исполнителя разработан проект ГОСТ Р 70088-2022 «Бревна и заготовки оцилиндрованные. Технические условия».

Установлено влияние диаметра и сбега березовых круглых лесоматериалов на объемный выход березовых пиломатериалов с обзолом и влияния ложного ядра березы на объемный выход ламелей из заболонной зоны для клееного щита.

Разработана методика нахождения соотношения заработной платы и амортизационных отчислений, при одинаковой величине чистой прибыли в проектах реконструкции лесопильно-деревоперерабатывающих производств, которая позволит формировать современные рабочие места в производстве пиломатериалов, прогнозировать занятость населения, а также имеет социальную значимость.

Теоретическая и практическая значимость работы:

– доказано влияния параметров двухкантного бруса на объемный выход толстых обрезных пиломатериалов;

– доказано наличие безусловной и вероятностной зон в пласти двухкантного бруса для получения толстых досок;

– установлено соотношение площади сечения бруса максимального объема и площади сечения заготовки оцилиндрованной;

– раскрыто влияние диаметра и сбега березовых круглых лесоматериалов на объемный выход обрезных пиломатериалов с обзолом;

– создана технология производства пиломатериалов, базирующихся на уменьшении дробности сортировки круглых лесоматериалов и использовании смежных поставов при распиловке двухкантного бруса;

– определено влияние ложного ядра березы на объемный выход ламелей из заболонной зоны для клееного щита;

– создана технология производства заготовок из заболонной зоны для клееного щита;

– представлена технология производства стенового клееного бруса с использованием короткомерных пиломатериалов, исключаящую операцию склеивания на зубчатый шип;

– создан проект национального стандарта Российской Федерации «Бревна и заготовки оцилиндрованные. Технические условия»;

– представлена методика формирования современных рабочих мест в производстве пиломатериалов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Основные результаты диссертационной работы соответствуют п. 1 «Параметры и показатели предмета труда в лесном хозяйстве и лесной промышленности как объекта обработки (технологических воздействий); создание информационных баз» и п. 4 «Технология и продукция в производствах: лесохозяйственном, лесозаготовительном, лесопильном, деревообрабатывающем, целлюлознобумажном, лесохимическом и сопутствующих им производствах» из паспорта специальности 4.3.4. технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Реализация результатов работы. Результаты исследований использовались при разработке национального стандарта «Бревна и заготовки оцилиндрованные. Технические условия».

Апробация работы. Основные положения работы были доложены на национальной научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2017, 2021, 2022, 2023 гг., на Международном симпозиуме «Лесной комплекс в цифровой экономике» в 2019 г., на научно-технических конференциях «Леса России: политика, промышленность, наука, образование» в 2018, 2020, 2021 гг., на Международной научно-практической конференции «Предиктивный характер научных исследований и практика их реализации в условиях глобального кризиса в экономике и обществе» в 2020 году, на Международной научно-практической конференции «Современные научные гипотезы и прогнозы: от теории к практике» в 2021 году, на Международной научно-практической конференции «Государство. Бизнес. Общество. Цифровая среда: траектория взаимодействия от теории к практике» в 2021 году, на Международной научно-практической конференции «Постнеклассическая наука: междисциплинарность, проблемно-ориентированность и прикладной характер» в 2021 году, на международной научно-практической конференции «Инновационно-инвестиционный фундамент развития экономики общества и государства: от научных разработок к практике» в 2021 году, на IV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса» в 2021 году, на Международной межвузовской научно-практической конференции «Устойчивое развитие в современном нестабильном мире: проблемы теории и практики» в 2023 году.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 30 научных работ, в том числе 3 статьи в изданиях, включенных в перечень ВАК Российской Федерации, 1 статья в издании Web of Science.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Общий объём диссертации 155 страниц машинописного текста, 130 наименований литературных источников, 36 таблиц, 58 рисунков и приложения на 7 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведено обоснование актуальности темы диссертационной работы, приведены цель и задачи исследований, научная новизна, основные положения диссертации, выносимые на защиту.

В первой главе представлены результаты аналитического обзора литературных источников, посвящённых нахождению оптимальных поставов, формированию групп круглых лесоматериалов и нахождению планов раскроя круглых лесоматериалов на пиломатериалы.

Целью исследования является разработка эффективных ресурсосберегающих технологий из древесины березы на основе теории раскроя и методов имитационного моделирования путем установления влияния параметров березовых круглых лесоматериалов на объемный выход пиломатериалов и заготовок.

При раскрое древесины хлыстов на сортименты для производства фанеры остается около 14% круглых лесоматериалов пригодных для производства пиломатериалов. Их объем может достигать 28 млн. м³ в год.

На действующих лесопильно-деревоперерабатывающих производствах, предназначенных для переработки хвойных сортиментов возможно поставка березовых круглых лесоматериалов при условии, что технологии производства пиломатериалов и заготовок будут совместимы.

Во второй главе приведены особенности производства березовых пиломатериалов. Представлены параметры двухкантного бруса при распиловке круглых лесоматериалов на обрезные пиломатериалы.

Среднее значение объема не использованной части двухкантного бруса можно определить по Формуле 1:

$$V_{\text{н.б.}} = \frac{L(b+y_1) \times \left(\frac{e+m+y_2}{2}\right)}{10^6}, \quad (1)$$

где $V_{\text{н.б.}}$ – объем неиспользованной части бруса при выработке обрезных пиломатериалов, м³; L – длина бревна, м; b – ширина доски, мм; e – ширина пропила, мм; m – толщина доски, мм; y_1 – усушка доски по ширине, мм; y_2 – усушка доски по толщине, мм.

Из формулы 1 следует, что на величину не использованной части бруса влияет толщина пиломатериалов. Чем больше толщина пиломатериалов, тем больше не использованная часть бруса. На величину не использованной части бруса влияет также ширина пропила и усушка.

Влияние приведенных факторов на объемный выход пиломатериалов при различных толщинах бруса и получаемых из него пиломатериалов различной толщины может быть установлено при расчете поставов методом имитационного компьютерного моделирования.

На размерообразование пластей бруса оказывает влияние расположение оси круглого лесоматериала относительно центра постава. На Рисунке 1 представлен эскиз круглого лесоматериала при выпиливании двухкантного бруса с учетом отклонения продольной оси от центра постава.

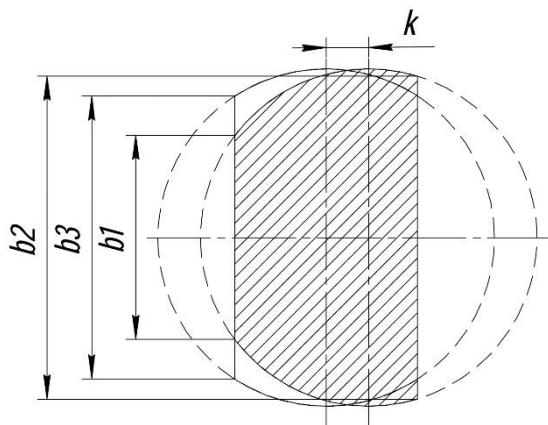


Рисунок 1. Эскиз круглого лесоматериала при выпиливании двухкантного бруса с учетом отклонения продольной оси от центра постава: b_1 – узкая плоть двухкантного бруса; b_2 – широкая часть двухкантного бруса; b_3 – плоть двухкантного бруса без отклонения; k – отклонение оси круглого лесоматериала от центра постава.

Если продольная ось круглого лесоматериала будет расположена в минусовой зоне от оси постава, ширина левой пласти, по направлению подачи круглого лесоматериала, будет меньше расчетной, ширина правой пласти увеличивается. В результате получается два распределения размеров ширины для левой и правой пластей двухкантного бруса.

Для получения распределения размеров ширины пласти двухкантного бруса нужно определить плотность распределения, и она может быть принята такой же как при смещении круглого лесоматериала, так как между величиной смещения и шириной пласти бруса существует функциональная связь. Приняв эту зависимость возможно определить количество досок в пределах пласти двухкантного бруса. Тогда функция распределения $\Phi(x)$ размеров ширины узкой пласти двухкантного бруса может быть рассчитана по Формуле 2, и представлена на Рисунке 2:

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt. \quad (2)$$

t – здесь играет роль переменной интегрирования.

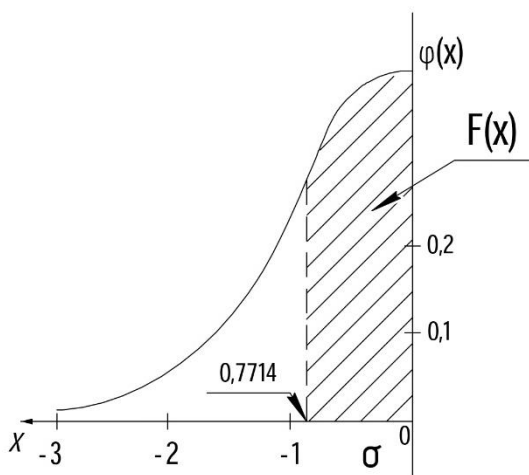


Рисунок 2. Функция $\Phi(x)$ распределения узкой пласти двухкантного бруса ($\mu = 0$; $\sigma = 1$)

Можно представить, что при поступлении круглых лесоматериалов с значительной вариативностью параметров случайная величина X (отклонение продольной оси круглого лесоматериала от центра постава) распределена не по нормальному закону. Тогда используется оценка (3):

$$P(|X - \mu| < \chi\sigma) > 1 - 1/\chi^2 \quad (3)$$

которая может быть получена из неравенства П.Л. Чебышева.

Параметры χ и σ^2 представляют собой соответственно математическое ожидание и дисперсию величины X . Из формулы 3 для $\chi = 3$ следует утверждение, которое верно для любого распределения, в интервале $(\mu - 3\sigma; \mu + 3\sigma)$ лежат минимум 89% всех значений X , в том числе и для распределения, полученного для узкой пласти двухкантного бруса в интервале $\mu - 3\sigma$.

Возможные варианты размеров двухкантного бруса по толщине при смещении круглого лесоматериала до 10 мм представлены на в диссертации (Рис. 2.3., стр. 32).

В диссертации (Табл. 2.8, стр. 35) представлено расчетное количество толстых досок толщиной 40, 50, 60 мм из двухкантных брусьев толщиной 100, 125, 150, 175 мм с учетом смещения оси круглого лесоматериала от центра постава на 10 мм.

В пласти двухкантного бруса можно выделить две зоны:

- безусловная зона получения обрезных толстых досок;
- вероятностная зона получения обрезных толстых досок.

Ширина пласти двухкантного бруса может обеспечить получение « n » или « $n+1$ » толстых досок. Получение « n » толстых досок обеспечивает безусловная зона двухкантного бруса:

$$b_{\text{безусл.}} = b_{\text{min}},$$

где b_{min} – ширина пласти бруса при смещении продольной оси постава от центра на 10 мм.

Рассчитывается ширина вероятностной зоны $b_{\text{вер.}}$ (4):

$$b_{\text{вер.}} = b_{\text{расч.}} - b_{\text{min}}, \quad (4)$$

где $b_{\text{расч.}}$ – расчетная ширина пласти бруса.

Вероятностная зона обеспечивает получение « $n+1$ » доски.

Рассчитывается ширина вероятностной зоны Δ , определяющая получение « $n+1$ » доски (5):

$$\Delta = b_{\text{расч.}} - a_{n+1}, \quad (5)$$

Определяется доверительный интервал σ (6):

$$\chi = \frac{\Delta}{\sigma}, \quad (6)$$

Сравнение ширины пласти двухкантного бруса при совмещении продольной оси круглого лесоматериала и центра постава с отклонением продольной оси от центра постава на 10 мм позволяет определить возможное количество толстых досок из бруса без обзола.

На Рисунке 3 представлена безусловная и вероятностная зона получения обрезных досок.

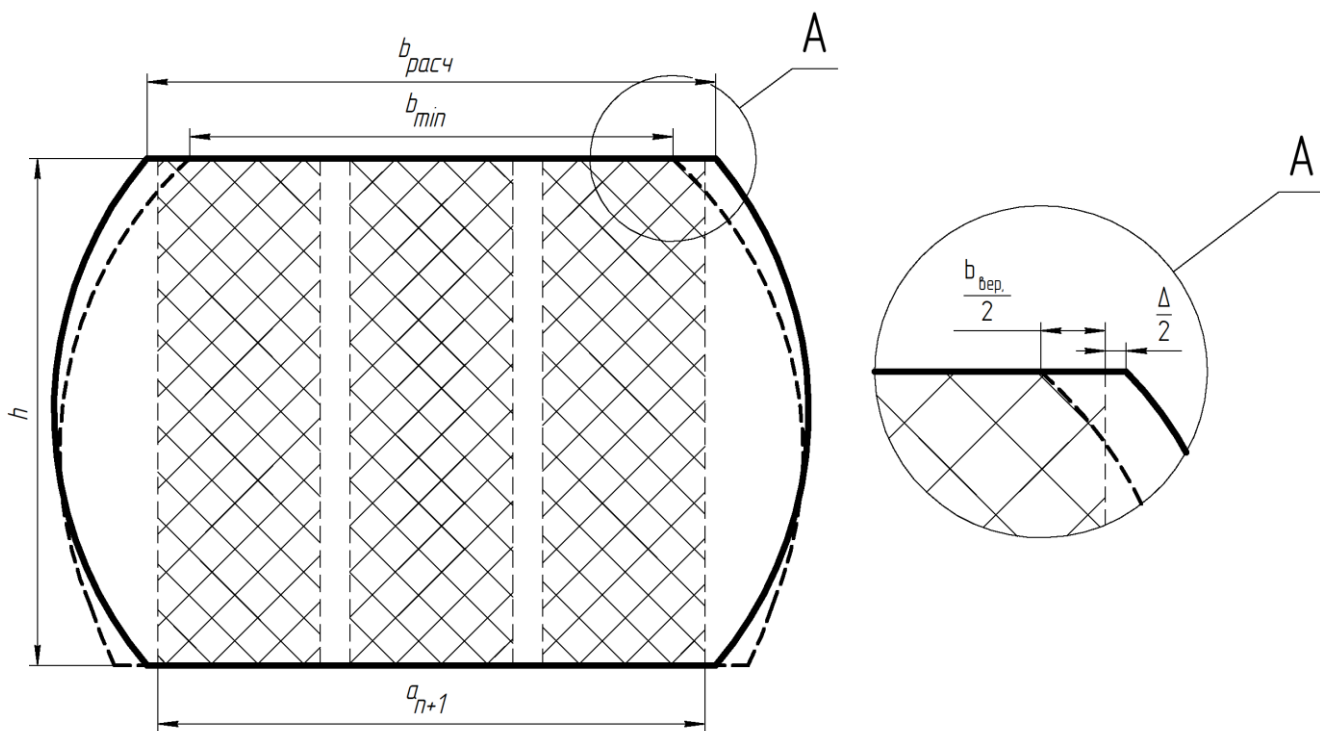


Рисунок 3. Безусловная и вероятностная зоны в двухкантном брус

Целое число толстых обрезных пиломатериалов в пределах пласти бруса получается в безусловной зоне.

В третьей главе представлены результаты выполненных исследований по переработке мелких березовых круглых лесоматериалов на заготовки оцилиндрованные и обрезные пиломатериалы.

С уменьшением диаметра круглых лесоматериалов использование способа раскря с брусовкой приводит к получению обрезных пиломатериалов небольших сечений, в том числе по размерам не отвечающим требованиям ГОСТ 24454-80 «Пиломатериалы хвойных пород. Размеры».

Из мелких круглых лесоматериалов можно получать заготовки оцилиндрованные. Для их производства по сравнению с пилеными заготовками квадратного сечения требуются круглые лесоматериалы меньшего диаметра.

Ширина пласти бруса квадратного сечения из круглых лесоматериалов можно определить по формуле (7):

$$H = 0,707d, \quad (7)$$

где d – диаметр круглого лесоматериала в верхнем отрезе, см; H – ширина пласти бруса квадратного сечения.

Диаметр цилиндра с сечением такой же площади можно получить из равенства (8):

$$H^2 = \frac{\pi d_{ц}^2}{4}, \quad (8)$$

где $d_{ц}$ – диаметр заготовки оцилиндрованной.

$$d_{ц} = \frac{H}{0,886}.$$

Тогда, на примере получения 4-х кантного бруса со стороной $H = 10,5$ см требуется круглый лесоматериал $d_{кр.л.} = 10,5/0,707 = 14,85$ см. Для получения цилиндра с сечением такой же площади, требуется круглый лесоматериал $d_{ц} = H/0,886 = 11,85$ см (Таблица 1).

Таблица 1

Объемный выход максимального бруса объема и заготовки оцилиндрованной

№ п/п	Круглый лесоматериал			Максимальный брус			Заготовка оцилиндрованная		
	Диаметр в верхнем отрезе d , см	Длина, м	Объем, м. куб.	Ширина пласти бруса, см	Длина, м	Объем, м. куб.	Диаметр $d_{ц}$, см	Длина, м	Объем, м. куб.
1	11,85	3	0,0389	10,5	3	0,0331	11,85	3	0,0331
2	14,85		0,0599						
Объемный выход максимального бруса из круглого лесоматериала, %									55,25
Объемный выход заготовки оцилиндрованной из круглого лесоматериала, %									85,15

Из Таблицы 1 следует, что объемный выход заготовок оцилиндрованных в 1,54 раза выше, чем объемный выход бруса максимального объема.

Для определения объемного выхода заготовок цилиндрической формы использовались методы компьютерного имитационного моделирования.

Заготовки оцилиндрованные могут подвергаться продольному раскрою для получения деталей и быть использованы в деревянном домостроении и в малых архитектурных формах.

Объемный выход заготовок оцилиндрованных из круглых лесоматериалов длиной 3 метра зависит от диаметра круглых лесоматериалов, дробности их сортровки и изменяется в диапазоне от 34,15 до 81,41 %.

Толщина двухкантного бруса H при раскросе круглых лесоматериалов с брусом диаметром d от 10 до 14 см рекомендуется в диапазоне $H = 0,75d \dots 0,875d$ и операция по обрезке досок отсутствует.

В четвертой главе представлены результаты исследований по влиянию способов раскроса круглых лесоматериалов на объемный выход обрезных пиломатериалов с обзолом, влияние ложного ядра на объемный выход ламелей из заболонной зоны.

Результаты компьютерного имитационного моделирования по определению объёмного выхода обрезных пиломатериалов из березовых круглых лесоматериалов при распиловке вразвал и с брусом показали, что объемный выход пиломатериалов с большей величиной допускаемого обзола выше, чем объемный выход по действующим стандартам при распиловке с брусом в среднем на 6,06%, при распиловке вразвал 3,30% из круглых лесоматериалов 14, 16, 18, 20 см.

Методами компьютерного и имитационного моделирования выполнялись исследования влияния параметров ложного ядра при производстве заготовок.

При раскросе березовых пиломатериалов для клееного щита возможно получить ламели%:

- из заболонной зоны;
- с лицевой поверхностью в заболонной зоне;
- из зоны ложного ядра.

Объемный выход ламелей в центральной доске из заболонной зоны и зоны ложного ядра в процентах от объема бревна (Таблица 2).

Таблица 2

Объемный выход ламелей в центральных досках, полученных при распиловке вразвал, в процентах от объема бревна

-	Ламели из древесины ложного ядра, %	Ламели с частичным содержанием ложного ядра, %	Ламели из заболонной зоны, %
Центральные доски d = 20 см, L = 4 м, вразвал	7,12	0,00	7,74
Центральные доски d = 18 см, L = 4 м, вразвал	7,62	2,15	6,39
Центральные доски d = 16 см, L = 4 м, вразвал	6,88	3,09	7,83
Центральные доски d = 14 см, L = 4 м, вразвал	3,99	10,21	7,06

Из данных приведенных в Таблице 2 следует, что в диапазоне диаметров круглых лесоматериалов 14...20 см, объемный выход ламелей из заболонной зоны в процентах от объема бревна практически не зависит от диаметра. Из этого следует, что для увеличения объемного выхода ламелей из заболонной зоны при распиловке с брусковкой рекомендуется принимать толщину двухкантного бруса 100 мм, что приведет к размещению ложного ядра полностью или большей части его объема в центральных досках.

В пятой главе представлено влияние выполненных исследований на технологию производства пиломатериалов и заготовок.

Выполненные исследования по влиянию параметров двухкантного бруса на объемный выход толстых обрезных пиломатериалов с использованием смежных поставов позволяют ввести двухстадийную сортировку. На первой стадии сортировка круглых лесоматериалов перед подачей в лесопильный цех на группы по размерам толщины двухкантного бруса, на второй стадии сортируется двухкантный брус перед раскроем на многопильном круглопильном станке.

Двухкантные брусья одной толщины распиливаются на многопильном станке. Установка пил выполняется по следующей схеме (Рисунок 4).

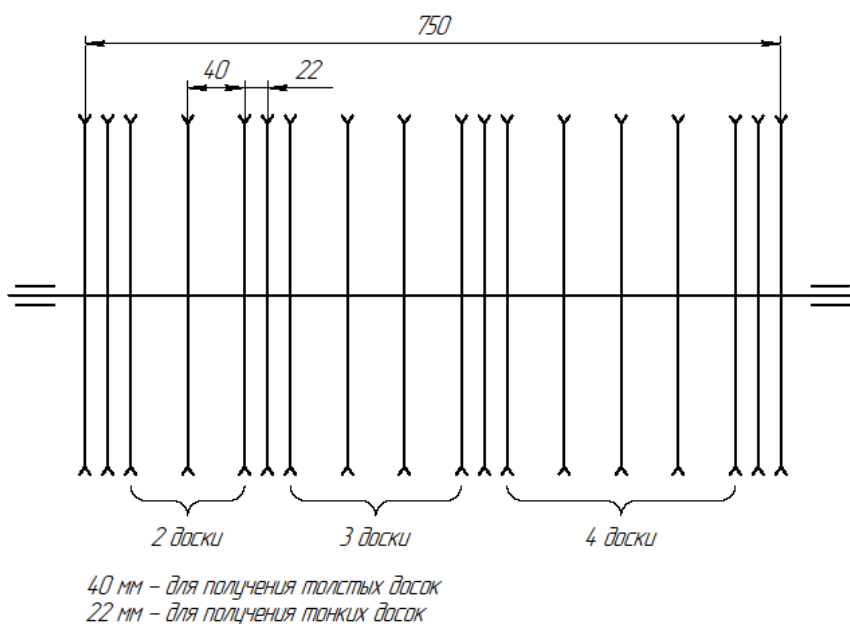


Рисунок 4. Схема смежных поставов при распиливании пиловочного сырья с брусковкой 2-го прохода

В диапазоне диаметров круглых лесоматериалов $d = 17 \dots 29$ см только из круглых лесоматериалов $d = 21$ и 25 см получились брусья максимального объема, но полученный из них объемный выход толстых обрезных пиломатериалов не является максимальным.

Поэтому принадлежность к сортировочной группе круглых лесоматериалов определяется величиной объемного выхода толстых пиломатериалов в поставе.

Выполненные исследования позволили разработать проект ГОСТа «Бревна и заготовки оцилиндрованные. Технические условия».

Разработана технология производства ламелей для клееного щита из березовых пиломатериалов с обзолом.

Объемный выход клееного щита при раскросе с брусковкой изменяется в диапазоне для 1-ой качественной группы составляет $14 \dots 18\%$, для 3-ей качественной группы $15,5 \dots 20,5\%$.

В шестой главе приведена методика формирования количества требуемых современных рабочих мест в производстве пиломатериалов.

Участники международного сотрудничества имеют разные стартовые возможности. Особенно это проявляется при международном разделении труда в отраслях по использованию природных ресурсов. К этой группе относятся и предприятия лесного комплекса производящие строительные материалы в значительных объемах, использующие импортное оборудование.

Использование современного оборудования уменьшает количество рабочих мест на предприятии.

В Таблице 3 представлены 4 варианта лесопильно-деревоперерабатывающих предприятий с объемом производства пиломатериалов на 1-го работающего в смену.

Таблица 3

Объемы производства обрезных пиломатериалов на 1-го работающего в смену

№ п/п	Объем производства пиломатериалов в год, м ³	Объем распиливаемых круглых лесоматериалов в год, м ³	Объемный выход пиломатериалов в год, %	Количество работающих на предприятии, чел.	Объем производства на 1-го работающего в смену, м ³	Инвестиции на реконструкцию, млн. руб
1	125 000	250 000	50	50	10	1 800,000
2	240 000	461 538	52	250	3,84	2 975,520
3	27 000	50 000	54	31	3,5	326,224
4	8 400	15 000	56	19	1,77	72,216

Формирование технико-экономических показателей первого варианта реконструкции основывалось на работе предприятий в странах с высокой средней заработной платой. Прототипом предприятий 2 – 4 вариантов являются действующие предприятия.

При этом в экономические показатели были внесены следующие изменения:

– при расчетах принималась среднемесячная заработная плата в Российской Федерации в 2020 году;

– реализация технологической щепы, опилок, коры и её утилизация в расчетах себестоимости не включалась;

– срок окупаемости оборудования принималась 4 года;

– цена 1 м³ круглых лесоматериалов принималась по всем вариантам одинаковой.

Представленные варианты инвестиций предусматривают замену части овеществленного труда, заложенного в импортном оборудовании на увеличение живого труда в производстве пиломатериалов, при условии сохранения средней заработной платы и сохранения величины чистой прибыли.

Выполненные по предлагаемой методике расчеты заработной платы на производство 1 м³ обрезных пиломатериалов при объемах распиливаемых круглых лесоматериалов от 15 000 м³ до 461 538 м³ и четырех вариантов комплектации оборудования представлены в Таблице 4.

Таблица 4

Заработная плата на производство 1 м³ обрезных пиломатериалов в четырех вариантах комплектации оборудования

№ варианта	Амортизация оборудования на 1 м ³ обрезных пиломатериалов, руб.	Заработная плата на 1 м ³ обрезных пиломатериалов, руб.	Заработная плата по сравнению с товарной продукцией, %	Заработная плата по сравнению с чистой прибылью, %
1	3 600,0	317,0	1,64	12,19
2	3 099,5	812,5	4,48	31,74
3	3 020,6	891,4	4,69	34,82
4	2 149,3	1 762,7	9,28	68,86

Показатели по заработной плате, рассчитанные по сравниваемым вариантам проектов реконструкции лесопильно-деревоперерабатывающих производств, могут быть использованы для составления прогноза количества работающих.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенные исследования позволили получить следующие результаты: подтверждена гипотеза, что брус максимального объема не гарантирует получение максимального объема толстых досок. Выделение вероятностной зоны в двухкантном бруске, обеспечивающей увеличение объемного выхода толстых досок, позволяет уменьшить дробность сортировки круглых лесоматериалов перед подачей в лесопильный цех и создать технологию производства березовых пиломатериалов совместимую с технологией производства пиломатериалов из круглых лесоматериалов хвойных пород.

2. Использование зависимости между толщиной четырехкантного бруса H и диаметром заготовки оцилиндрованной $d_{ц}$, позволит расширить сырьевую базу лесопильно-деревоперерабатывающих производств за счет использования мелких круглых лесоматериалов диаметром 6...13 см.

3. Выполненные исследования по использованию березовых пиломатериалов для производства клееного щита и разработке технологии его производства позволят увеличить спрос на березовые пиломатериалы.

4. Разработанный ГОСТ Р 70088-2022 «Бревна и заготовки оцилиндрованные. Технические условия» способствует расширению сырьевой базы лесопильно-деревоперерабатывающих производств.

5. Предлагаемая методика нахождения соотношения заработной платы и амортизационных отчислений, при одинаковой величине чистой прибыли в проектах реконструкции лесопильно-деревоперерабатывающих производств позволяет формировать современные рабочие места в производстве пиломатериалов и прогнозировать занятость населения, а также имеет социальную значимость.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Каптелкин А.А., Куликова Н.В., Рыкунин С.Н. Технология производства берёзовых пиломатериалов с обзолом для одностороннего мебельного щита // Деревообрабатывающая промышленность, 2017. №4. С. 21 – 27. (0,44 п.л./0,14 п.л.).

2. Каптелкин А.А., Рыкунин С.Н. Технология производства ламелей для клееного щита из березовых пиломатериалов с обзолом // Деревообрабатывающая промышленность, 2018. №3. С. 8 – 11. (0,25 п.л./0,25 п.л.)

3. Каптелкин А.А., Рыкунин С.Н. Влияние ложного ядра березы на объемный выход ламелей из заболонной зоны для клееного щита // Леса России: политика, промышленность, наука, образование материалы третьей международной научно-технической конференции. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова. СПб.: Политех-Пресс, 2018. С. 219 – 222. (0,25 п.л./0,12 п.л.)

4. Рыкунин С.Н., Каптелкин А.А., Шалаев В.С. Производство ламелей для клееного щита из березовых пиломатериалов с обзолом для деревянного домостроения // Леса России: политика, промышленность, наука, образование материалы третьей международной научно-технической конференции. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова. СПб.: Политех-Пресс, 2018. С. 217 – 219. (0,19 п.л./0,06 п.л.)

5. Каптелкин А.А., Владимирова Е.Г. Оценка качества пиломатериалов с помощью имитационного моделирования в программе SolidWorks // Деревообрабатывающая промышленность. 2019. №1. С. 3–7. (0,31 п.л./0,15 п.л.)

6. Рыкунин С.Н., Каптелкин А.А. Влияние ложного ядра березы на объемный выход ламелей из заболонной зоны для клееного щита // Лесн. журн. 2019. № 6. С. 202–212. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.202. (0,69 п.л./0,34 п.л.)

7. Каптелкин А.А. Рыкунин С.Н. Влияние качества березовых круглых лесоматериалов на объемный выход ламелей для клееного щита // Лесной комплекс в цифровой экономике. Тезисы докладов международного симпозиума. Издательство: Научные технологии (Москва) 2019. С. 82. (0,06 п.л./0,03 п.л.)

8. Каптелкин А.А. Влияние параметров обзола на размеры обрезных пиломатериалов // Леса России: политика, промышленность, наука, образование материалы Всероссийской V научно-технической конференции-вебинара. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова. СПб.: Политех-Пресс, 2020. С. 129 – 130. (0,12 п.л.)

9. Переработка тонкомерных березовых круглых лесоматериалов в условиях ограниченного спроса на технологическую щепу / Каптелкин А.А. [и др.] // Прединформативный характер научных исследований и практика их реализации в условиях глобального кризиса в экономике и обществе: сборник научных статей. СПбГЭУ, 2020. С. 7-11. (0,31 п.л./0,08 п.л.)

10. Каптелкин А.А. Кузьмин А.Д., Рыкунин С.Н. Сортировка пиломатериалов для деревянного домостроения // Леса России: политика, промышленность, наука, образование материалы Всероссийской V научно-технической конференции-вебинара. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова. СПб.: Политех-Пресс, 2020. С. 131 – 132. (0,12 п.л./0,03 п.л.)

11. Каптелкин А.А., Куликова Н.В., Рыкунин С.Н. О длине круглых лесоматериалов для лесопильно-деревоперерабатывающих производств // Леса России: политика, промышленность, наука, образование / материалы VI Всероссийской научно-технической конференции. Том 1 / Под. ред. А.А. Добровольского. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2021. С.193-194. (0,12 п.л./0,04 п.л.)

12. Куликова Н.В., Каптелкин А.А., Рыкунин С.Н. О технологии производства пиломатериалов из мелких круглых лесоматериалов // Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Кострома, 2021. С. 142-144. (0,19 п.л./0,06 п.л.)

13. Каптелкин А.А., Вербин А.С. Технология производства березовых тонких заготовок свободной длины // Всероссийская студенческая конференция

«Студенческая научная весна», посвященная 60-летию полета Ю.А. Гагарина в космос: сборник тезисов докладов. 2021. С. 532-533. (0,12 п.л./0,06 п.л.)

14. Каптелкин А.А. Влияние диаметра и сбега березовых круглых лесоматериалов на объемный выход обрезных пиломатериалов обзолом // в сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Отв. редакторы А.А. Титунин, Т.Н. Вахнина. Кострома, 2021. С. 140-142. (0,18 п.л.)

15. Куликова Н.В., Каптелкин А.А., Рыкунин С.Н. О переработке мелких круглых лесоматериалов с позиции теории раскроя // Ежегодная национальная научно-техническая конференция Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана по итогам научно-исследовательских работ за 2020 г. сборник тезисов докладов. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2021. С. 113-114. (0,12 п.л./0,04 п.л.)

16. Куликова Н.В., Каптелкин А.А., Рыкунин С.Н. О влиянии дробности сортировки круглых лесоматериалов на объёмный выход тонких и толстых пиломатериалов // Ежегодная национальная научно-техническая конференция Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сборник тезисов докладов. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2021. С. 117-118. (0,12 п.л./0,04 п.л.)

17. О технологии производства стенового клееного бруса / Куликова Н.В. [и др.] // Леса России: политика, промышленность, наука, образование материалы шестой Всероссийской научно-технической конференции. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 233 – 234. (0,12 п.л./0,03 п.л.)

18. Рыкунин С.Н., Каптелкин А.А., Куликова Н.В. Инновации в инвестициях в условиях международного разделения труда на предприятиях по производству строительных материалов из древесины // Инновационно-инвестиционный фундамент развития экономики общества и государства: от научных разработок к практике. Сборник научных статей. Санкт-Петербург, СПб.: Изд-во СПбЦСА, 2021. С. 11-13. (0,19 п.л./0,06 п.л.)

19. Куликова Н.В., Каптелкин А.А., Рыкунин С.Н. О соотношении живого и овеществленного труда на лесопильно-деревоперерабатывающих предприятиях России // Ежегодная национальная научно-техническая конференция Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана. Материалы конференции. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2021. С. 114-115. (0,12 п.л./0,04 п.л.)

20. Куликова Н.В., Каптелкин А.А., Рыкунин С.Н. Особенности сушки заготовок цилиндрической формы // Ежегодная национальная научно-техническая конференция Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана. Материалы конференции. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2021. С. 115-116. (0,12 п.л./0,04 п.л.)

21. Куликова Н.В., Каптелкин А.А., Рыкунин С.Н. О разработке проекта лесопильного цеха по переработке 15 тыс. м³ круглых лесоматериалов в год // Ежегодная национальная научно-техническая конференция Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана. Материалы конференции. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2021. С. 116-117. (0,12 п.л./0,04 п.л.)

22. Рыкунин С.Н., Куликова Н.В., Каптелкин А.А. Влияние движение капитала на востребованность живого труда в сфере материального производства //

Постнеклассическая наука: междисциплинарность, проблемно-ориентированность и прикладной характер, 29–30 июня 2021 года. Санкт-Петербург. СПб.: Изд-во СПбЦСА, 2021. С. 12-14. (0,19 п.л./0,06 п.л.)

23. Куликова Н.В., Каптелкин А.А., Рыкунин С.Н. Формирование количества требуемых в регионе современных рабочих мест при реконструкции и строительстве предприятий через соотношение живого и овеществленного труда // Государство. Бизнес. Общество. Цифровая среда: траектория взаимодействия от теории к практике. Санкт-Петербург, 29–30 апреля 2021 года. Санкт-Петербург. СПб.: Изд-во СПбЦСА, 2021. С. 14-16. (0,19 п.л./0,06 п.л.)

24. Рыкунин С.Н., Куликова Н.В., Каптелкин А.А. Изменение востребованности живого труда при реализации стратегий развития отраслей в Российской Федерации // Современные научные гипотезы и прогнозы: от теории к практике, 30–31 августа 2021 года. Санкт-Петербург. – СПб.: Изд-во СПбЦСА, 2021. С. 7-9. (0,19 п.л./0,06 п.л.)

25. Разработка мер устойчивого развития лесопильных предприятий в современных экономических условиях / Клишин А.Ю. [и др.] // Леса России: политика, промышленность, наука, образование материалы седьмой Всероссийской научно-технической конференции. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова. СПб.: Политех-Пресс, 2022. С. 181 – 182. (0,12 п.л./0,03 п.л.)

26. Каптелкин А.А., Куликова Н.В., Рыкунин С.Н. Влияние смежных поставок на объемный выход толстых пиломатериалов // Ежегодная национальная научно-техническая конференция Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Материалы конференции. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2022. С. 104-106. (0,19 п.л./0,06 п.л.)

27. Куликова Н.В., Каптелкин А.А., Рыкунин С.Н. О влиянии импортного оборудования на стратегию развития технологии лесопильно-деревоперерабатывающих производств в Российской Федерации // Ежегодная национальная научно-техническая конференция Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана. Материалы конференции. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2022. С. 106-108. (0,19 п.л./0,06 п.л.)

28. Каптелкин А.А., Куликова Н.В., Рыкунин С.Н. О возможных направлениях использования мелких круглых лесоматериалов в лесопильно-деревоперерабатывающих производствах // Ежегодная национальная научно-техническая конференция Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана. Материалы конференции. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2022. С. 108-109. (0,12 п.л./0,04 п.л.)

29. Востребованность живого труда при реализации стратегии развития отраслей в Российской Федерации / Каптелкин А.А. [и др.] // Ежегодная национальная научно-техническая конференция Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана. Материалы конференции. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2022. С. 109-110. (0,12 п.л./0,03 п.л.)

30. Рыкунин С.Н., Каптелкин А.А., Куликова Н.В. Устойчивое развитие лесопильно-деревоперерабатывающих производств // В сборнике: Устойчивое развитие в современном нестабильном мире: проблемы теории и практики. Сборник научных статей. Санкт-Петербург, 2023. С. 8-13. (0,38 п.л./0,12 п.л.)