

На правах рукописи

Черных Александр Сергеевич



РГБ ОД

22 МАЙ 2000

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕСОПИЛЕНИЯ В СТРУКТУРЕ НИЖНИХ
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ СКЛАДОВ В МАЛОЛЕСНЫХ РАЙОНАХ

Специальность 05.21.01 – технология и машины лесного хозяйства
и лесозаготовок

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Воронеж 2000

Работа выполнялась на кафедре технологии и оборудования лесопромышленного производства Воронежской государственной лесотехнической академии

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – доктор технических наук
профессор, академик АЕ
Пошарников Ф.В.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОПИОНЕНТЫ – доктор технических наук,
профессор, Заслуженный деятель
науки и техники РФ
Редькин А.К.
– кандидат технических наук,
профессор Makeев В.Н.

ВЕДУЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ – Воронежское управление лесами

Защита диссертации состоится 26 мая в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 064.06.01 в Воронежской государственной лесотехнической академии по адресу: 394613, Воронеж, ул. Тимирязева, 8, ауд. 240

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Воронежской государственной лесотехнической академии.

Автореферат разослан 21.04 2000 г.

Ученый секретарь
диссертационного
совета Заслуженный работник
высшей школы РФ, проф.

В.К. Курьянов Курьянов В.К.

ПЗ90.83,0

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Проблема повышения эффективности процесса переработки древесины на нижних лесопромышленных складах в малолесных районах, в условиях конкуренции на рынках пиломатериалов, при постоянно возрастающем спросе на нее, является чрезвычайно актуальной.

Существующее оборудование и применяемые на его базе технологии лесопиления с увеличением диапазона размерно-качественных характеристик (неоднородности и многосортности) поступающего на переработку сырья, при рыночных требованиях к качеству и ассортименту производимой продукции, на сегодняшний день не дают ожидаемого эффекта.

Такое обстоятельство обусловлено: недостаточным обоснованием состава (типажа) технологического оборудования, режимов его функционирования и компоновки в лесопильных цехах; сложностями, связанными с перестройкой лесопильных потоков при изменении размерно-качественных параметров сырья и смене номенклатуры производимой продукции; несоответствием геометрии обрабатываемого материала и производимой продукции с технологической структурой производства, а так же не высоким научным уровнем в области лесопиления.

Поэтому для нижних складов малолесных районов необходима разработка качественно новых, ресурсосберегающих, гибких технологий лесопиления, обеспечивающих полное и комплексное использование древесного сырья и выпуск пиломатериалов требуемого качества, не смотря на неоднородность и многосортность древесины. Однако, в процессе проектирования такого рода технологий, возникают трудности, связанные с учетом всех характеристик сырья и изделий, параметров оборудования, воздействующего на предмет переработки и технико-экономических показателей. Различные сочетания этих параметров дают большое количество вариантов, поэтому задача нахождения оптимального варианта технологического процесса становится сложнее.

Решение этой проблемы возможно только на основе многокритериальной оптимизации технологических процессов лесопильных цехов с учетом конечных множеств действующих факторов, с детальным анализом промежуточного решения на каждом этапе, с привлечением аппарата дискретного программирования и с использованием компьютерной поддержки.

С учетом вышеизложенного, тема диссертации, которая посвящена оптимизации лесопиления в структуре нижних лесопромышленных складов в малолесных районах, является актуальной.

Целью предлагаемой работы является повышение эффективности лесопиления на основе решения многокритериальных задач оптимизации с использованием дискретного программирования, что позволит существенно повысить качество и конкурентоспособность пиломатериалов при лесозаготовках в малолесных районах на нижних лесопромышленных складах.

Научная новизна. Выделены конечные множества поверхностей, параметров поверхностей и их значений бревен пиловочных и пиломатериалов, технологического оборудования и значений его параметров, свойственные

процессу переработки многосортного сырья на нижних лесопромышленных складах. На основе формализованного описания множеств, входящих в технологическую структуру, разработана ее математическая модель и многоуровневая модель многокритериальной оптимизации, а так же методика для ее реализации на основе теории графов и матричной теории, теории бинарных отношений и теории множеств, с использованием компьютерной поддержки. Дополнена структура показателя избыточности и впервые разработана методика его количественной оценки для лесопильных цехов. Предложена система безусловного и условного критериев предпочтения и система показателей эффективности для оценки и последующего выбора допустимых, не худших и оптимального вариантов технологической структуры производства пиломатериалов при лесозаготовках в малолесных районах в структуре нижних лесопромышленных складов.

Основные положения выносимые на защиту:

1. Формализованное описание технологической структуры лесопильных цехов нижних лесопромышленных складов малолесных районов.
2. Многоуровневая модель многокритериальной оптимизации производства пиломатериалов и математическая модель технологической структуры лесопильных цехов.
3. Методика количественной оценки показателей избыточности и сложности технологической структуры с выбором допустимых вариантов технологического оборудования.
4. Методика выбора не худших и оптимального вариантов технологической структуры лесопильных цехов на множестве показателей эффективности с программным обеспечением.
5. Решение задачи оптимизации по определению режимов функционирования основного технологического оборудования на множестве размерно-качественных параметров бревен пиловочных и пиломатериалов

Научная и практическая ценность. Значимость для науки состоит в развитии теории методов многоуровневого проектирования технологических процессов лесопиления нижних лесопромышленных складов, а предлагаемая методология может служить основой для создания новых гибких технологий в области переработки древесины.

Результаты научных исследований могут быть использованы при решении задач оптимального выбора вариантов технологического процесса лесопильных предприятий по любому количеству и сочетанию показателей эффективности; определение избыточности и сложности технологического оборудования и технологических структур действующих цехов по переработке древесины с целью их реконструкции или снижения затрат на производство; выбор оптимальных схем раскроя и режимов функционирования оборудования в зависимости от множества размерно-качественных параметров сырья и требований к качеству и ассортименту пилопродукции.

Разработанный пакет прикладных программ, реализующий методику определения оптимального варианта технологической структуры и режимов ее функционирования, позволяет сократить срок проектирования (учитывая

предпроектные работы) в 3-4 раза, снизить затраты на обработку информации в 3.5 раза и повысить качество проектных решений, по сравнению с известными методами проектирования на 8-12%.

Реализация результатов. Работа выполнялась по госбюджетной теме №66.01.11 "Совершенствование производственных процессов в лесном комплексе на основе ресурсосберегающих и экологически-перспективных технологий и оборудования" и по хоздоговорной теме №30/99 "Разработка рекомендаций по повышению финансовой устойчивости Воронежской области". На основе результатов исследований разработаны и переданы в производство рекомендации по повышению эффективности технологических процессов лесопильных цехов Воронцовского и Бобровского лесхозов.

Методика имитационного эксперимента многокритериальной оптимизации лесопильного производства включена в учебный процесс по дисциплине "Моделирование и оптимизация производственных процессов лесного комплекса" и "Технология и оборудование лесных складов".

Апробация работы. Результаты проведенных исследований докладывались, обсуждались и были одобрены на всероссийских научно-технических конференциях (Воронеж 1998-2000г.); международных (Воронеж 1998г.), Йошкар-Ола 1999г.), (Гомель 1999г.) и на ежегодных научно-технических конференциях ВГЛТА (1997-2000г.).

Достоверность выводов и результатов исследований подтверждается: использованием современного аппарата в виде комплексного системного анализа, содержащего методы многоуровневого проектирования, теорию множеств и теорию бинарных отношений, теорию графов и матриц, что в наибольшей степени подтверждает адекватность полученных результатов; использованием имитационного моделирования с компьютерной поддержкой; апробацией в производственных условиях рекомендаций по результатам научных исследований.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 6 статей.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет 232 страницы, из них 187 страниц основного текста и 45 страниц приложений. Работа включает 27 иллюстраций, 9 таблиц и 124 наименований используемых источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении. Дана общая характеристика проблемы, обоснована актуальность и пути ее решения. Сформулированы цель исследований, научная новизна, практическая значимость и основные положения выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены существующие технологии производства пиломатериалов и применяемое, как отечественное, так и зарубежное технологическое оборудование в лесопильных цехах на нижних складах в малолесных районах. Отражены особенности и закономерности процесса переработки древесины от рубок характерных малолесным районам.

Проведенный анализ технологических структур производства пиломатериалов показал, что выбор той или иной структурной схемы должен проводиться на основе глубокого анализа и оценки всех возможных вариантов, сочетаний типов оборудования, способов обработки, характеристик сырья и готовой продукции, технико-экономических показателей производства и предъявляемых требований к качеству пиломатериалов. Решение такой сложной задачи, как по объему информации, так и по трудоемкости вычислительных процедур невозможно без применения современных методов проектирования и оптимизации, без использования компьютерной поддержки и накопленного опыта в области лесопиления.

Проведен анализ работ по методам проектирования и оптимизации технологических процессов переработки древесины, среди которых работы отечественных авторов Пижурина А.А., Редькина А.К., Алябьева В.И., Заллегайлера Б.Г., Фергина Ф.В., Вильке Г.А., Ласточкина П.В., Петровского В.С., Егорова А.А., Дорошенко В.Д., Цветкова В.Д., Малышева Н.Г., Пошарникова Ф.В., Макеева В.Н., Суворова А.Г., Батищева Д.И., Шоломова Л.А. и зарубежных Ариса Р., Гильберта А., Фиакко А., Мак-Кормика Г., Белмана Р., Корбута А., Брахмана Т. и других.

Наиболее близко соприкасающимися с вопросами многокритериальной оптимизации лесопиления на конечных дискретных множествах являются работы Малышева Н.Г., Дорошенко В.Д., Цветкова В.Д. Рассмотренные работы относятся к многоуровневому проектированию с последовательным синтезом технологических структур на множестве параметров сырья, изделий и технологического оборудования технологических автоматизированных комплексов первичной обработки древесины. В исследуемой работе оптимизируется технологический процесс производства пиломатериалов, что связано с совершенно другими технологическими операциями, технологическим оборудованием, параметрами и их значениями сырья и изделий, с иными закономерностями и особенностями производственного процесса. Работ по исследованию лесопильного производства с учетом конечных множеств действующих факторов, с целью повышения эффективности переработки древесины на нижних складах в малолесных районах до настоящего времени не проводилось. В связи с чем, установлено, что в основе такого подхода должны находиться методика многокритериальной оптимизации, с установленными отношениями между множествами и мощные инструменты проектирования в виде современных компьютеров.

Во второй главе технологический процесс производства пиломатериалов рассмотрен как объект многокритериальной оптимизации. С точки зрения формализованного подхода процесс производства пиломатериалов представлен в виде комбинированного лесопильного цеха.

На основе определения технологической структуры, структуру лесопильного цеха можно представить как

$$T_c = \{T_{01}, T_{05}\}; T_{01} = \{T_{01}, T_{02}, T_{03}, T_{04}, T_{05}\}; T_{05} = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\} \quad (1)$$

где T_c – технологическая структура цеха; $T_{01} \div T_{05}$ – технологическое оборудование.

Множество технологического оборудования для лесопиления

$$T_o = \{t_{omi}\}, m \in M_o, i \in I; \quad T_o = \{T_{o1}, T_{o2}, \dots, T_{o5}\}; \quad (2)$$

$$T_{omi} = \{t_{o1m1i1}, t_{o2m2i2}, \dots, t_{o5m5i5}\}$$

где $T_{o1} \div T_{o5}$ – технологическое оборудование для выполнения операций по переработке древесины; $t_{o1m1i1} \div t_{o5m5i5}$ – технологическое оборудование для выполнения операций (1) и его модификации; $m_1 \div m_5$ – модификации технологического оборудования; $I_1 \div I_5$ – признаки принадлежности технологического оборудования соответствующим операциям.

Множество значений параметров технологического оборудования определяется как

$$\hat{P}^{T_o} = \forall i \in I \cup \forall \mu \in M_{T_o} \cup \forall m \in M_{T_o} \cup \forall n^\mu \in N_{T_o}^{M_{T_o}} \cup \hat{P}_{m^\mu}^{\mu} \quad (3)$$

где $n^\mu = [n_1^{\mu_1}, n_2^{\mu_2}, \dots, n_{T_o}^{\mu_{T_o}}]$ – число значений параметров технологического оборудования, выполняемого операции в ЛЦ.

Основой методов формализованного описания и оптимизации технологических структур и процессов, как показал анализ исследований в этой области, является информация о геометрии объекта и ее трансформация из геометрической в соответствующую технологическую модель.

Первой исходной составляющей совокупности поверхностей являются поверхности заготовок (сырья) для каждой технологической операции лесопильного цеха (ЛЦ). Поверхности заготовок имеют конечное множество параметров и их значений, характеризующие эти поверхности (длина, диаметр, бег, кривизна, влажность, температура, толщина, ширина и др.).

$$\hat{P}_{\beta_1}^{\epsilon_1 \delta_1} n^{\epsilon_1 \delta_1} = \{\hat{P}_{\beta_1 \delta_1}^{\epsilon_1 \delta_1} n^{\epsilon_1 \delta_1}, \hat{P}_{\beta_2 \delta_2}^{\epsilon_2 \delta_2} n^{\epsilon_2 \delta_2}, \dots, \hat{P}_{\beta_5 \delta_5}^{\epsilon_5 \delta_5} n^{\epsilon_5 \delta_5}\} \quad (4)$$

где $n^{\epsilon \delta}$ – множество значений параметров поверхностей заготовок операциями цеха; $\epsilon_1 - \epsilon_5$ – число параметров для каждой операции; $\delta_1 - \delta_5$ – число заготовок для каждой операции.

Второй исходной составляющей совокупности поверхностей являются поверхности изделий. Множество значений параметров поверхностей изделий можно представить как

$$\hat{P}^{n^l} = \{\hat{P}_{l_1}^{l_1} n^{l_1}, \dots, \hat{P}_{l_5}^{l_5} n^{l_5}\} \quad (5)$$

где n^l – множество значений параметров поверхностей изделия для операций ЛЦ; $n^{l_1} \div n^{l_5}$ – множество значений параметров поверхностей изделий для каждой операции, выполняемой в ЛЦ; $l_1 - l_5$ – число параметров для каждой операции; $t_1 - t_5$ – число изделий.

В целом совокупность поверхностей, параметров поверхностей и их значений (первая и вторая составляющие) представляют последовательность ортеж множества состояний пиловочника, каждое из которых необходимо осуществить путем воздействия технологического оборудования на объект переработки.

Оптимизация технологической структуры проводится последовательно несколько этапов (уровней), с введением на каждом этапе соответствующих критериев и бинарных отношений между множествами.

На первом этапе выбираются допустимые варианты технологического оборудования с количественной оценкой избыточности и сложности.

1. Формируется упорядоченный кортеж состояний поверхностей (K_{cm}), начиная от начального состояния заготовок (бревен пиловочных) до конечного состояния изделий (пиломатериалов). Упорядоченный кортеж состояний поверхностей формируется на основе бинарных отношений представленных в виде булевых матриц:

- между технологическим оборудованием и значениями параметров поверхностей заготовок и изделий

$$|C_{ij}| = [t_{mmi} \times \hat{P}_{\beta\delta}^{\varepsilon\delta} n^{\varepsilon}], C_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } t_{mmi} \in \hat{P}_{\beta\delta}^{\varepsilon\delta} n^{\varepsilon} \\ 0, & \text{если нет} \end{cases} \quad (6)$$

Определяющей информацией при составлении упорядоченного кортежа состояний поверхностей являются применяемые схемы раскроя.

- для выявления принадлежности той или иной схемы раскроя соответствующему диапазону значений параметров сырья, на основе бинарных отношений формируется матрица

$$|C_{\mu j}^i| = [(\hat{P}_{\beta\delta}^{\varepsilon\delta} \vee \hat{P}_{\mu}^{\eta}) \wedge (C_{\mu} \wedge C_{\varepsilon} t_{mmi})] \\ j \in (\delta \vee S), \delta \in \Delta, i \in I, s \in S \quad (7)$$

Элементы матрицы определяются

$$C_{\mu}^i = \begin{cases} 1, & \text{если } (\hat{P}_{\beta\delta}^{\varepsilon\delta} \cup \hat{P}_{\mu}^{\eta}) \in (C_{\Delta\Delta} \wedge C_{\varepsilon} t_{mmi}) \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (8)$$

2. Осуществляется выбор допустимых вариантов, отвечающих требуемому упорядоченному кортежу состояний (K_{ct}).

Непосредственно выбор допустимых вариантов осуществляется на основе бинарных отношений, представленных в виде булевых матриц:

- между технологическим оборудованием и требуемыми значениями параметров поверхностей заготовок и изделий

$$|C_{ij}| = [t_{mmi} \times \hat{P}_{\beta,\delta}^{\varepsilon\delta} n^{\varepsilon}], C_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } t_{mmi} \in \hat{P}_{\beta,\delta}^{\varepsilon\delta} n^{\varepsilon} \\ 0, & \text{если нет} \end{cases} \quad (9)$$

Результатом выбора является множество допустимых вариантов технологического оборудования

3. Производится количественная оценка показателей избыточности и сложности допустимых вариантов (T_{CT}) на основе бинарных отношений, представленных в виде булевых матриц:

- между значениями параметров технологического оборудования и значениями параметров поверхностей заготовок и изделий

$$|C_{ij}| = [\hat{P}_{mm}^{\mu} n^{\mu} i \times \hat{P}_{\beta,\delta}^{\varepsilon\delta} n^{\varepsilon}], C_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } \hat{P}_{mm}^{\mu} i \in \hat{P}_{\beta,\delta}^{\varepsilon\delta} n^{\varepsilon} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (10)$$

На основе количественной оценки избыточности, по полученным значениям формируются технологические цепочки, а затем технологическая структура. Однако, при различных сочетаниях значений показателя избыточности, число технологических вариантов достаточно велико, что ведет к

ложности дальнейшей их оценки. Поэтому для сокращения числа допустимых вариантов, путем формирования заведомо эффективных, в модель доавлена булева матрица:

между множеством технологического оборудования и значений технико-экономических показателей (ТЭП)

$$|C_{ij}| = [t_{\text{опт}} \times \hat{P}_{TЭ}^{\text{опт}}], \quad C_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } t_{\text{опт}} \in \hat{P}_{TЭ}^{\text{опт}}, \\ 0, & \text{если нет} \end{cases} \quad (11)$$

Задачей второго этапа является выбор допустимых вариантов технологической структуры, удовлетворяющих системе показателей эффективности и их требуемым значениям.

$$P_{TЭ} = \{P_{II}, P_C, P_{TЭ}\}, \quad P_{TЭ} = \{P^1, P^2, \dots, P^m\} \quad (12)$$

Результатом этапа является множество допустимых вариантов технологической структуры, удовлетворяющих условию:

$$\hat{P}_{\text{опт}}^{\text{н}} \cdot F_{II}(\hat{P}_{\text{в,с}}^{\text{н}} \wedge \hat{P}_{\text{н}}^{\text{н}} \wedge \hat{P}_{\text{II}}^{\text{н}} \wedge \hat{P}_{\text{с}}^{\text{н}} \wedge \hat{P}_{\text{TЭ}}^{\text{н}}) \quad (13)$$

$$T_{СД} = \{T_{Од}, T_{ОПд}, \Psi_{Д}, R_{Д}\} \quad (14)$$

где F_{II} – отношение одного из видов, $F_{II} = [=, >, <, \geq, \leq]$.

На третьем этапе проводится многокритериальная оптимизация технологической структуры лесопильного цеха на множестве допустимых вариантов технологических структур на основе системы безусловного и условного критериев предпочтения. Для этого на данном этапе:

1. Осуществляется выбор не худших вариантов технологической структуры по безусловному критерию и системе показателей оптимальности

$$K_{Tэ} = \{K_{II}, K_C, K_{Tэ}\}, \quad K_{Tэ} = \{K^1, K^2, \dots, K^m\} \quad (15)$$

Выбор не худших вариантов осуществляется на основе бинарных отношений, представленных в виде булевой матрицы

$$|C_{ij}| = [T_{СД} \times K_{Tэ}], \quad C_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } T_{СД} \in K_{Tэ} \text{ экстрем.} \\ 0, & \text{если нет} \end{cases} \quad (16)$$

Результатом является множество не худших вариантов

$$T_{СН} = [T_{ОН}, T_{ОПн}, \Psi_{Н}, R_{Н}] \quad (17)$$

2. Осуществляется выбор оптимального варианта технологической структуры на множестве не худших вариантов по условному критерию предпочтения и системе показателей оптимальности ($K_{Tэ}$) на основе бинарных отношений, представленных в виде матрицы.

$$|C_{ij}| = [T_{СН} \times K_{Tэ}], \quad C_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } T_{СН} \in K_{Tэ} \text{ экстрем.} \\ 0, & \text{если нет} \end{cases} \quad (18)$$

Результатом заключительного этапа является оптимальная технологическая структура лесопильного цеха

$$T_{\text{опт}} = \{T_{\text{Опт}}, T_{\text{ОПпт}}, \Psi_{\text{Опт}}, R_{\text{Опт}}\} \quad (19)$$

Для реализации многоуровневой модели обоснована математическая модель технологической структуры производства пиломатериалов.

Для формализованного перехода от геометрической модели к технологической используется граф размерных связей (рис.1). Вершинам графа соот-

ветствуют числовые значения параметров поверхностей заготовок и изделий, ребрам – технологическое оборудование для выполнения операций в лесопильном цехе.

Вершинам первого яруса графа соответствуют значения параметров поверхности исходной заготовки, пиловочного бревна ($\hat{P}_{\beta 10}^1, \hat{P}_{\beta 10}^2, \dots, \hat{P}_{\beta 10}^{i7}$)

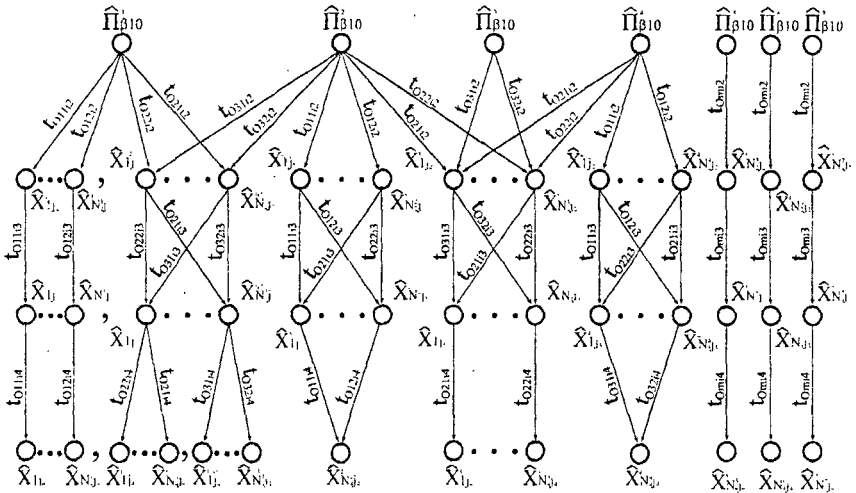


Рис 1. Граф размерных связей для перехода от геометрической модели бревна пиловочного к технологической структуре производства пиломатериалов в лесопильном цехе.

Вершины каждого последующего яруса соответствуют значениям параметров поверхностей, которые могут быть получены при воздействии технологического оборудования при выполнении соответствующей технологической операции, где $\{\hat{X}_{1/2}^1, \hat{X}_{2/2}^1, \dots, \hat{X}_{v_1/2}^1; \hat{X}_{1/2}^2, \hat{X}_{2/2}^2, \dots, \hat{X}_{v_2/2}^2; \dots, \hat{X}_{1/2}^{i7}, \hat{X}_{2/2}^{i7}, \dots, \hat{X}_{v_{i7}/2}^{i7}\}$ – множество возможных требуемых значений параметров заготовок.

Модель технологической структуры переработки древесины представлена в виде

$$T_c = \{T_o, T_{оп}, \Psi, R^{T_{оп}}\}. \quad (20)$$

где Ψ – составляющая определяющая соответствие между парой вершин и ребром графа; $R^{T_{оп}}$ – составляющая определяющая отношение T_o и $T_{оп}$.

Для проведения оптимизации на основе многоуровневой и математической моделей технологической структуры обоснована система критериев предпочтения и показатели эффективности.

В результате анализа особенностей безусловного и условного критериев предпочтения сделан вывод, что на первом этапе для исключения потери полезной информации в виде не худших вариантов структур необходимо применять безусловный критерий, реализующий отношение нестрогого порядка для сравниваемых вариантов и отношение толерантности относительно показателей эффективности, т.е. к ним не предъявляется требование упорядочения по важности.

$$M', RM'' \leftrightarrow (\forall i)(Ki(M'_3) \leq Ki(M''_3) \wedge (\exists i)(Ki(M'_3) < Ki(M''_3))) \quad (21)$$

$$M', RM'' \leftrightarrow (\forall i)(Ki(M'_3) \geq Ki(M''_3) \wedge (\exists i)(Ki(M'_3) > Ki(M''_3))) \quad (22)$$

На втором этапе оптимизации предпочтительнее использование условного критерия предпочтения на основе метода последовательных уступок, реализующего отношение строгого порядка.

$$M', RM'' \leftrightarrow K^1(M'_3) < K^1(M''_3) \vee K^1(M'_3) = K^1(M''_3) \wedge K^2(M'_3) < K^2(M''_3) \vee \dots \vee (K^k(M'_3) = K^k(M''_3) \wedge \dots \wedge K^{k-1}(M'_3) = K^{k-1}(M''_3) \wedge K^k(M'_3) < K^k(M''_3)) \quad (23)$$

Формирование показателей эффективности рассмотрено, исходя из поставленных задач и предложенных для этих целей многоуровневой модели оптимизации и модели технологической структуры. Учитывая совокупность признаков заготовок, изделий, оборудования в виде параметров и их значений, способы задания бинарных отношений, в структуру показателя избыточности, состоящую из двух составляющих, включена третья.

$$K_n = (\forall \beta \in B)(\forall \delta \in \Delta)(\forall \varepsilon \in E)(\forall j \in J)(\forall l \in L)(\forall n^e \in N_s^e)(\forall n^l \in N_T^l)(\forall n^m \in N_{I_n}^{M/I_n}) \\ \left[(P_{\beta\delta}^{n^e} \vee P_{\beta\delta}^{n^l}) \wedge P_{\beta\delta}^{n^m} \rightarrow \max \right] \& \left[(\hat{P}_{\beta\delta}^{n^e} \vee \hat{P}_{\beta\delta}^{n^l}) - \hat{P}_{\beta\delta}^{n^m} \rightarrow \min \right] \& \\ \left[(\forall \mu \in M_{I_n})(\forall m \in M_{I_n})(\forall n^m \in N_{I_n}^{M/I_n}) \left[(\hat{P}_{\beta\delta}^{n^e} \vee \hat{P}_{\beta\delta}^{n^l}) \wedge \hat{P}_{\beta\delta}^{n^m} \rightarrow \text{экстрем} \right] \right] \quad (24)$$

Первая составляющая отражает отношения между множествами параметров поверхностей заготовок и изделий, и множеством параметров технологического оборудования. Вторая составляющая отражает отношение между множеством значений параметров заготовок и изделий, и множеством значений параметров технологического оборудования. Третья составляющая отражает отношения между конечным множеством технологического оборудования и множеством значений показателей эффективности при воздействии этого оборудования на поверхности заготовок и изделий.

Кроме показателя избыточности, важным с точки зрения анализа свойств технологических структур является показатель сложности, позволяющий оценить функциональную взаимосвязь технологического оборудования в структуре производства.

$$K_c = \frac{1}{m_1 m_2} \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{m_2} \rho_{ij} - 1 \quad (25)$$

где m_1 – число висячих вершин; m_2 – число тупиковых вершин; ρ_{ij} – число различных путей, ведущих от i -й висячей вершины в j -ую тупиковую вершину графа.

В третьей главе рассмотрена методика многокритериальной оптимизации производства пиломатериалов в условиях малолесных районов, на основе которой проведены теоретические исследования технологических процессов лесопиления при воздействии конечных множеств факторов.

Формирование упорядоченного кортежа состояний поверхностей брезен пиловочных и пиломатериалов, с точки зрения последовательности их обработки оборудованием, выполнено на основе отношения толерантности.

$$N = \left\{ [P_{\beta\gamma} \cap P_{\beta\delta} \rightarrow \max] \& [P^{\beta\gamma} \cap P_{\beta\delta} \rightarrow \max] \& [\hat{P}^{\beta\gamma} \cap \hat{P}_{\beta\delta} \rightarrow \min] \right\} \quad (26)$$

Поверхность с максимальным значением N обрабатывается первой. Исходя из того, что первой технологической операцией цеха является продольная распиловка бревен, первой обрабатывается поверхность вершинного торца бревна, а совокупность торцевых поверхностей досок или брусьев (в зависимости от способа распиловки) являются заведомо толерантными, так как эти поверхности обрабатываются одновременно и их координаты совпадают в пространстве состояний. Таким образом, при формировании упорядоченного кортежа состояний поверхностей определяющей информацией является способ распиловки, т.е. применяемые поставки и схемы поперечного и продольного раскроя пиломатериалов.

Для использования типовых элементов технологического процесса производства пиломатериалов на основе графа размерных связей (рис.1), упорядоченного кортежа состояний, формируется план обработки поверхностей, начиная от состояния поверхности исходного сырья и заканчивая состоянием поверхности продукции. План обработки поверхностей строится в соответствии со следующими положениями

1. $g_{ij} = 1$, если
$$\hat{P}_{m,n,\min}^{\mu_i} \geq \hat{X}_{j,\min} \cdot n_i^{\mu_i} \wedge \hat{P}_{m,n,\max}^{\mu_i} \leq \hat{X}_{j,\max} \cdot n_i^{\mu_i}$$
2. $g_{ij} = 0$, если
$$\hat{P}_{m,n,\min}^{\mu_i} < \hat{X}_{j,\min} \cdot n_i^{\mu_i} \vee \hat{P}_{m,n,\max}^{\mu_i} > \hat{X}_{j,\max} \cdot n_i^{\mu_i}$$
 (27)

Первое означает вхождение значений параметров технологического оборудования в интервал значений параметров заготовок и изделий.

Второе означает то, что параметры технологического оборудования и их значения не входят в интервал значений параметров заготовок и изделий.

В соответствии с вышеизложенным разработан план обработки поверхностей бревен пиловочных и пиломатериалов технологическим оборудованием. Технологическое оборудование представлено 48-ю моделями бревнопильного оборудования и 24-мя моделями раскройного оборудования.

На основе плана обработки поверхностей и требуемых значений параметров заготовок и изделий (геометрическая модель) выбираются допустимые варианты технологического оборудования.

Для выполнения этой процедуры вводится двоичная функция

$$g(Y_i) = g_i = \begin{cases} 1, \text{ если } \hat{X}_i^{\mu_i} \cdot n_i^{\mu_i} \cdot F_{\Pi}(\hat{P}_{\Pi}^{\mu_i} \delta n_i^{\mu_i} \wedge \hat{P}_{\Pi}^{\mu_i} t n_i^{\mu_i}) \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases} \quad (28)$$

где $\hat{P}_{\Pi}^{\mu_i} \delta n_i^{\mu_i}$, $\hat{P}_{\Pi}^{\mu_i} t n_i^{\mu_i}$ – требуемые значения параметров заготовок и изделий (первая строка плана обработки).

После выбора допустимых вариантов технологического оборудования на основе геометрической модели для дальнейшего выбора допустимых и оптимальных вариантов на основе системы показателей и критериев производится количественная оценка избыточности технологического оборудования, выделенного на предыдущем этапе.

Исходным является граф размерных связей. Граф представляется декомпозицией матрицы инцидентий $A_i = \|a_{ij}\|$, в которой строкам соответствуют значения параметров поверхностей бревен и пиломатериалов, обрабатываемых технологическим оборудованием и значения технико-экономических показателей эффективности технологического оборудования, столбцам – допустимые варианты технологического оборудования, которые определены планом обработки. Первый столбец матрицы соответствует технологическому оборудованию с требуемыми значениями параметров заготовок и изделий и ТЭП.

Оценка покрытия строк столбцами матрицы производится по значению показателя избыточности

$$K_n = \frac{E_{in}^u + E_{TЭПn}^u}{E_{об}^{об} + E_{in}^h + E_{TЭП}^{TЭП}} = \frac{\sum_{j=1}^n a_{jn}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (29)$$

де E_{jn}^u , $E_{TЭПn}^u$ – общее число единиц в каждом столбце матрицы;

$E_{об}^{об}$, E_{in}^h , $E_{TЭП}^{TЭП}$ – число единиц в первом столбце матрицы.

Следующим шагом является определение допустимых вариантов оборудования относительно требуемых значений ТЭП, которые являются технико-экономическим ограничением.

На основе показателя избыточности, при условии минимальной разницы между значениями, компоуются технологические цепочки, а затем и вся технологическая структура. Для этих целей на основе значений показателя избыточности разработана компоновочная гистограмма, по которой формируются исходные варианты технологической структуры (рис. 2).

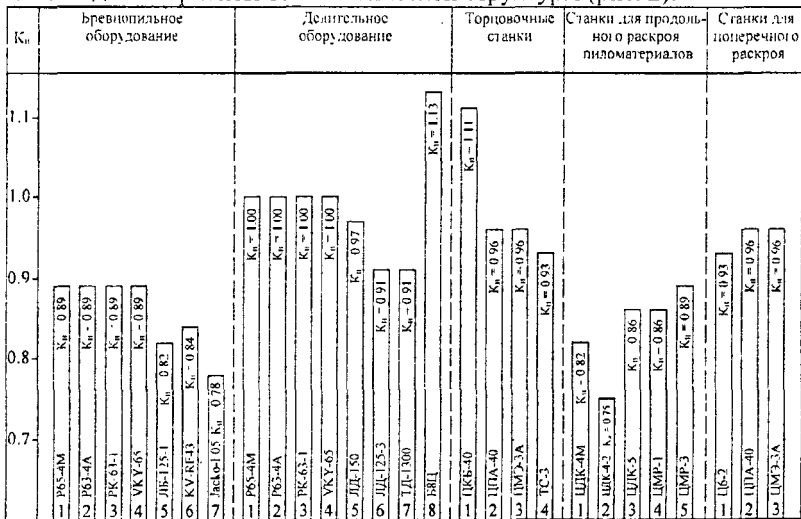


рис.2. Компоновочная гистограмма технологического оборудования в технологическую структуру производства пилопродукции.

Таким образом, на основании вышеизложенного было сформировано 20 вариантов технологической структуры производства пиломатериалов для условий лесопильного цеха Воронцовского лесхоза.

При оценке по показателю сложности установлено, что существующий вариант технологической структуры на 25% сложнее, чем предлагаемый, а по условию $K_c \rightarrow \min$. Поэтому предлагаемые варианты технологической структуры лесопильного цеха являются оптимальными.

Далее производится оценка допустимых вариантов технологической структуры, по системе технико-экономических показателей эффективности.

Из множества показателей, по которым выделены допустимые варианты, выбираются показатели эффективности для определения не худших вариантов. При этом число показателей может быть от двух до числа показателей, применяемых для выделения допустимых вариантов.

$$K^K = \{K^1, K^2, \dots, K^m\} \quad (30)$$

Значения показателей эффективности упорядочиваются по возрастанию или по убыванию в зависимости от показателей. Для каждого показателя строится матрица. Для выделения множества не худших вариантов необходимо осуществить логическое умножение матриц показателей эффективности, в соответствии с условием

$$A_{j_1}^n \cdot j_\eta = A_{i_1, i_2}^2 \wedge A_{i_1, i_3}^3 \wedge \dots \wedge A_{i_1, i_m}^m \quad (31)$$

где $A_{i_m}^m$ — столбцы матриц показателей K^1, K^2, \dots, K^m .

Это условие означает, что каждый столбец матрицы показателя K^2 логически умножается на столбец показателя K^1 до получения решения, т.е. совпадения хотя бы одного из элементов столбцов. Так в координатах показателей $K^1, K^2; K^1, K^3; \dots; K^1, K^m$ выделяется множество точек соответствующих вариантов.

Наилучшими являются варианты, соответствующие точкам, принадлежащим нижней левой границе выделенных множеств, при этом левая нижняя граница отвечает условию монотонности.

Для выделения оптимального варианта из множества не худших вариантов необходимо ввести дополнительные условия, т.е. ввести условный критерий предпочтения.

Задача выбора сводится к решению второй многокритериальной задачи при ранжировании показателей, не допускающем любых потерь по менее важным показателям эффективности. Это приводит к необходимости введения обоснованных уступок для показателей эффективности.

Определяется величина уступки и ограничение

$$\Delta K_{i_m}^m = K_{i_m+1}^m - K_{i_m}^m; \quad K^m(X_i) = K_{i_m}^m + \Delta K_{i_m}^m = K_{i_m+1}^m \quad (32)$$

Определение варианта осуществляется на основе логического умножения столбцов матриц $A_{K^1}, A_{K^2}, \dots, A_{K^m}$ до получения единственного решения

$$\begin{aligned} A_{i_1, \dots, i_m} &= A_{i_1-1}^1 \wedge A_{i_2+1}^2 \wedge \dots \wedge A_{i_m}^m \\ X_{i_1, \dots, i_m}^m &= X_{j_1+1}^1 \wedge X_{j_2+1}^2 \wedge \dots \wedge X_{i_m}^m \end{aligned} \quad (33)$$

В результате выделенный вариант (оптимальный) имеет значения показателей эффективности

$$K^1(X_i) = K^1_i, K^2(X_i) = K^2_i, \dots, K^n(X_i) = K^n_i \quad (34)$$

Таким образом, по вышерассмотренной методике определяется оптимальный вариант технологической структуры производства пиломатериалов. Для реализации предлагаемой методики разработано программное обеспечение в виде пакета прикладных программ на основе компьютера IBM.

В четвертой главе на основе предложенной методики многокритериальной оптимизации технологической структуры лесопиления и разработанного программного обеспечения проведены имитационные эксперименты. В результате, на множестве размерно-качественных параметров сырья, готовой продукции, параметров технологического оборудования и показателей эффективности определен оптимальный вариант технологической структуры, представленный на рис. 3.

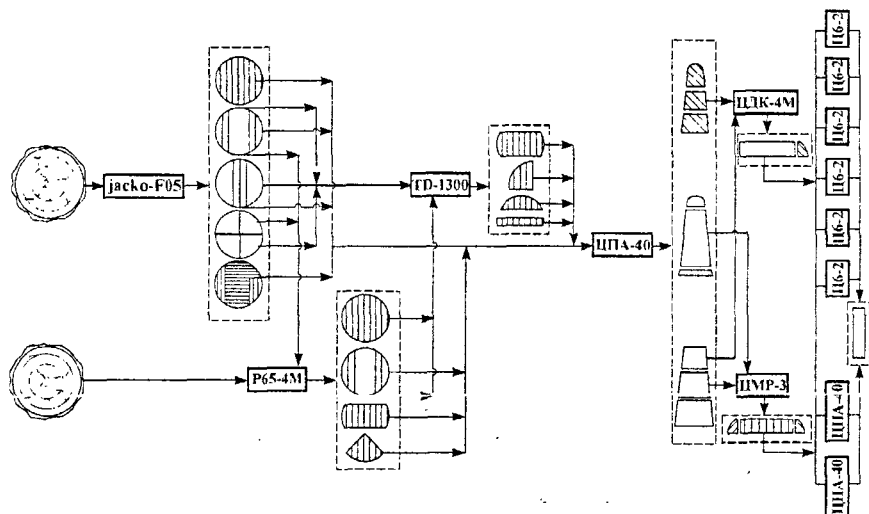


Рис.3. Оптимальный вариант технологической структуры лесопильного завода при множестве возможных схем раскорма и направлений движения редмета переработки.

Оптимальная структура позволяет реализовывать до десяти технологий раскорма бревен на пиломатериалы и до четырех технологий раскорма пиломатериалов на заготовки, что придает ей гибкость и способность перерабатывать сырье с широким диапазоном размерно-качественных характеристик. Однако применение той или иной технологии раскорма, а вместе с тем и соответствующих режимов работы технологического оборудования, от которых висит качество продукции, определяется индивидуально для каждого пильного бревна, причем исходной информацией является состояние поверхности сырья и требуемая спецификация конечного изделия.

Исходя из чего был проведен имитационный эксперимент по определению оптимальных режимов работы бревнопильного оборудования.

Основные результаты были апробированы в производственных условиях. При этом установлено, что при использовании предложенных схем раскроя бревен и соответствующих скоростей подачи, оборудование достаточно полно используется по мощности (около 82–85%) при увеличении производительности на 14%, увеличении объемно-качественного выхода пиломатериалов на 25% и улучшении качества на 17,8%, что подтверждает достоверность полученных результатов.

В пятой главе представлены результаты внедрения разработанной гибкой технологии производства пиломатериалов на нижних складах в малолесных районах на примере передового лесхоза Воронежской области.

Так для условий лесопильного цеха Воронцовского лесхоза, по сравнению с существующей на предприятии технологией и организацией производства, при незначительных перестановках станков с включением в технологическую структуру лесопильного цеха ленточнопильного делительного станка "TD-1300" и системы транспортеров достигнуто следующее:

1. Без увеличения объемов лесозаготовок и при той же производственной мощности цеха увеличен объем поступающей на переработку древесины до 17000 м³ в год (за исключением дровяного долготья).

2. Исходя из установленного объема переработки изменился объем производства и количество видов пилопродукции. Так обрезных досок планируется производить 4600 м³ в год, не обрезных - 3000 м³ в год, чет-кантного бруса 1700 м³ в год, заготовок (фрезы) - 2150 м³ в год и около 750 м³ в год изделий из древесины по частному заказу (штaketник, обналочка и др.)

3. На 75% сократились затраты ручного труда.

4. Разработанный технологический процесс переработки древесины обладает достаточной гибкостью для данных производственных условий, позволяет перерабатывать сырье с широким диапазоном размерно-качественных параметров (бревна диаметром до 1м, с любыми пороками формы ствола, а также с внутренней гнилью). На его базе возможно перерабатывать и низкокачественное сырье и при этом производить достаточно качественную продукцию широкого ассортимента.

5. Размещение оборудования в цехе исключает круговое движение материала и придает процессу переработки поточность при нормальной загрузке станков, а работа технологического оборудования по оптимальным схемам раскроя и с оптимальными скоростями подачи позволила улучшить качество пиломатериалов на 18% и увеличить объемно-качественный выход на 25%.

За счет внедрения указанных мероприятий себестоимость производства 1м³ пиломатериалов снизилась на 25,1%, а годовой экономический эффект от использования новой технологии составил 3906,4 тыс.руб.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Выполненные исследования позволили получить научно обоснованные выводы и рекомендации, направленные на решение вопросов повышения эффективности лесопиления в структуре нижних лесопромышленных складов в малолесных районах.

1. В результате анализа существующих отечественного и зарубежного оборудования и технологий для производства пиломатериалов установлено, что в лесопильных цехах нижних лесопромышленных складов в малолесных районах целесообразно применение легких (наименее энергоемких) моделей точечнопильных станков и лесопильных рам, торцовочных и обрезных станков, причем в качестве головного оборудования должны использоваться комбинации первых, что позволит производить продукцию по гибкой технологии. При этом повысить качество пиломатериалов возможно за счет индивидуального подхода к оценке каждой единицы предмета труда, с назначением рациональных схем раскроя и оптимальных режимов работы оборудования.

2. Анализ работ по методам проектирования и оптимизации технологических процессов переработки древесины позволил выявить наиболее эффективное направление проектирования для условий малолесных районов, основанное на многоуровневом, формализованном подходе к проектированию индивидуальных технологий с использованием принципов дискретного программирования, с представлением исходной информации в виде графов и матриц.

3. Впервые проведено формализованное описание технологической структуры лесопильных цехов, как сложной системы, а выделенные конечные множества значений параметров поверхностей заготовок и изделий, конечное множество технологического оборудования и множество показателей эффективности, с применением методов дискретного программирования позволили перейти от геометрической модели заготовок и изделий к формированию исходных вариантов технологических процессов, адекватно отражающих отношение между входными и выходными параметрами.

4. На основе теории бинарных отношений разработана многоуровневая модель многокритериальной оптимизации и математическая модель технологической структуры. В последней исходные конечные множества представлены в виде графа размерных связей, что позволяет за счет применения матричной теории, снизить трудоемкость обработки информации при наибольшей достоверности конечных результатов.

5. Предложенная система безусловного и условного критериев предпочтения обладает высокой чувствительностью и является наиболее эффективной для решения поставленных задач. Данные критерии позволяют оценить любое количество вариантов технологической структуры по любому количеству и сочетанию показателей эффективности, а методы для реализации критериев позволяют избежать субъективизма при выборе вариантов, и на основе компьютерной поддержки легко автоматизируются.

6. На основе многоуровневой и математической моделей обоснована целесообразность использования показателей избыточности и сложности. При этом в известном выражении по определению показателя избыточности предложена дополнительно составляющая, показывающая отношение между технологическим оборудованием и технико-экономическими показателями при выполнении операции. Это позволило более полно оценить связь технологического оборудования с предметом обработки, а также сформировать заведомо эффективные варианты технологических структур. Установлено, что для эффективных вариан-

тов значения показателя избыточности находятся в пределах от 0.75 до 1.13, что говорит об оптимальном выборе типажа оборудования для данных условий.

7. Разработанная методика многокритериальной оптимизации процессов лесопиления на нижних лесопромышленных складах, позволила решать всех поставленные задачи со снижением трудоемкости обработки информации в 3.5 раза и повысить качество проектных решений на 8–12% при этом избежать субъективизма.

8. Проведенные имитационные эксперименты с компьютерной поддержкой подтвердили теоретические выводы, по результатам которых определен оптимальный вариант технологической структуры лесопильного цеха Воронцовского лесхоза и режимы его функционирования в зависимости от множества размерно-качественных параметров сырья и требований к качеству и ассортименту продукции.

9. Методика, программное обеспечение и результаты проведенных исследований, представленные в виде графиков и таблиц, внедрены в лесопильном цехе Воронцовского лесхоза, что подтверждается соответствующими актами. При этом объемный выход пилопродукции увеличился на 25% при улучшении качества на 17.8%. Экономический эффект от внедрения составил 3906.4 т. руб.

10. Предлагаемая методология может использоваться для решения оптимизационных задач технологических процессов и в других отраслях промышленности, где в основе производства лежит геометрия обрабатываемого материала.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Оптимизация процесса производства пиломатериалов на основе методов дискретного программирования. / Пошарников Ф.В., Черных А.С., Гудков А.Ю., Перегудова Л.И.; Воронеж. гос. лесотех. акад. Деп. в ВИНТИ. Воронеж, 2000. – 23 с.
2. Пошарников Ф.В., Черных А.С. Использование гибких технологий при производстве пиломатериалов на предприятиях малолесных районов. Научно-технические проблемы в развитии ресурсосберегающих технологий и оборудования лесного комплекса: Тез. докл. международной н. – пр. конф. – Воронеж, 2000. – С. 124–129.
3. Пошарников Ф.В., Черных А.С. Многокритериальная оптимизация процессов производства материалов на основе метода дискретного программирования. Природопользование, ресурсы техн. обесп. // межвузовск. сб. н. тр. – Воронеж: ВГЛТА, 2000. – С. 79–94.
4. Пошарников Ф.В., Черных А.С. Обоснование выбора системы критериев для оптимизации технологической структуры производства пиломатериалов. Природопользование, ресурсы техн. обесп. // межвузовск. сб. н. тр. – Воронеж: ВГЛТА, 2000. – С. 101–103.
5. Пошарников Ф.В., Черных А.С. Оценка эффективности лесопильного производства методами дискретного программирования. Повышение тех-

- нического уровня машин лесного комплекса: Тез. докл. всероссийской н. — техн. конф. — Воронеж, 1999. — С.46– 48.
6. Пошарников Ф.В., Черных А.С. Перспективы применения в лесной промышленности гибких автоматизированных производств. Деп. в ВИНТИ. — Воронеж, 1998. — 7с.
 7. Пошарников Ф.В., Черных А.С. Повышение эффективности использования сырья от рубок промежуточного пользования. Лес, наука, молодежь: мат. межд. н. — пр. конф: Гомель: ИЛ НАН Б, 1999. — С. 136 – 138.
 8. Пошарников Ф.В., Черных А.С. Поэтапная оптимизация технологических процессов лесопильного производства. Лес, наука, молодежь: материалы международной н. — пр. конф: Гомель: ИЛ НАН Б, 1999. — С. 138 – 140.
 9. Пошарников Ф.В., Черных А.С. Совершенствование технологии рубок промежуточного пользования с учетом опыта зарубежных стран. Деп. в ВИНТИ. — Воронеж, 1998. — 11с.
 10. Пошарников Ф.В., Черных А.С. Формирование упорядоченного кортежа состояний поверхностей бревен пиловочных и пиломатериалов. Природопользование, ресурсы техн. обесп. // межвузовск. сб. н. тр. — Воронеж: ВГЛТА, 2000. — С. 103 – 106.
 11. Пошарников Ф.В., Черных А.С., Гудков А.Ю. Оптимизация процессов работы перерабатывающих цехов лесного комплекса. Научно– технические проблемы в развитии ресурсосберегающих технологий и оборудования лесного комплекса: Тез. докл. международной н. — пр. конф. — Воронеж, 1998. — С. 134– 136.
 12. Пошарников Ф.В., Черных А.С., Гудков А.Ю. Оптимизация технологической структуры лесопильного производства // Рациональное использование лесных ресурсов: материалы международной н. — пр. конф.— Йошкар — Ола, 1999. — С. 130– 131.
 13. Пошарников Ф.В., Черных А.С., Гудков А.Ю. Применение гибких поточных линий на лесных складах. Рациональное использование ресурсного потенциала в агролесном комплексе: Тез. докл. всероссийской н. — техн. конф. — Воронеж, 1998. — 40с.
 14. Пошарников Ф.В., Черных А.С., Гудков А.Ю. Разработка технологического процесса комбинированного цеха на основе оптимизации производства пиломатериалов на принципах гибких поточных линий. Деп. в ВИНТИ. — Воронеж, 1998. — 46с.
 15. Черных А.С. Методика составления упорядоченного картежа состояний поверхностей бревен пиловочных и пиломатериалов при оптимизации технологической структуры лесопиления. Тез. докл. всероссийской н. — техн. конф. молодых ученых — Воронеж, 2000. — С.44– 47.
 16. Черных А.С. Система безусловного и условного критериев предпочтения при многокритериальной оптимизации технологической структуры лесопильного производства. Тез. докл. всероссийской н. — техн. конф. молодых ученых — Воронеж, 2000. — С.54– 57.

Просим принять участие в работе диссертационного совета Д064.06.01 или прислать ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями по адресу: 394613, Воронеж, ул. Тимирязева, 8, Воронежская государственная лесотехническая академия.

Черных Александр Сергеевич

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕСОПИЛЕНИЯ В СТРУКТУРЕ НИЖНИХ
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ СКЛАДОВ В МАЛОЛЕСНЫХ РАЙОНАХ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано к печати 21.04.2000
заказ № 843

Тираж 100 экз.
Объем 1,0 усл. п. л.

Типография ЦНТИ 394030, г. Воронеж, пр-т Революции, 30.