

1538494

На правах рукописи

НА ДОМ
НЕ СДАЕТСЯ

Штаутмайстер Томас

ДИНАМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАСКРОЯ
ДИСКРЕТНОПОСТУПАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ПРИ ОПЕРАТИВНОМ
УПРАВЛЕНИИ (ДЛЯ УСЛОВИЙ ЛЕСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО
ПРЕДПРИЯТИЯ)

Специальность: 05.13.07 - Автоматизация технологических
процессов и производств
(машиностроение)

Автореферат диссертация на соискание
ученой степени кандидата технических наук

10. Штуттгарт

Москва - 1998

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана

- Научный руководитель - доктор технических наук,
старший научный сотрудник Емельянов В.В.
- Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор Сосонкин В.Л.
- кандидат технических наук,
доцент Стародубов В.С.

Ведущая организация (предприятие) - Международный научно-исследовательский институт проблем управления

Защита состоится «20» V 1998 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета К053.15.01 в Московском государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5.

Ваше участие на заседании - 1-м экземпляре, заверенный печатью, просим

принести в библиотеку Московского государственного университета им. Н.Э.Баумана

V 1998 г.

1558494

 Рябов В.Т.

Ил. Тираж 100 экз.
изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана

Актуальность проблемы. Важнейшими проблемами деревообработки является максимальное использование природного сырья, снижение затрат энергии на его переработку, сохранение окружающей среды с одновременным удовлетворением растущего спроса на изделия из натуральной древесины. Как показывают исследования, основной резерв экономии лежит в снижении отходов сырья (расходы на материал составляют около 70% затрат производства). Решение этой проблемы связано с комплексной автоматизацией всех стадий переработки сырья начиная с раскря бревен, а также совершенствованием технологии, средств обработки и контроля, систем оперативного управления.

В настоящее время машиностроение достигло высоких результатов по совершенствованию оборудования для деревопереработки и практически исчерпало резервы повышения его эффективности. Поэтому в решении проблемы повышения эффективности производства на первое место выходят методы, по своей сути являющиеся информационными технологиями. Эффективность может быть повышена за счет получения и использования более точной и оперативной информации об объекте переработки, нахождения оптимальных решений при раскряе, передачи принятия решений ЭВМ.

Большинство предприятий отрасли являются мелкими или средними и имеют производственную мощность до 50.000 м³/год. Они составляют на сегодня примерно 80% всех деревообрабатывающих предприятий Западной Европы. Такие предприятия работают по заказам регионального рынка. В их производстве лесоматериал используется лишь на 43-46%.

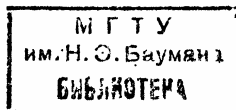
Проблема повышения эффективности производства усложняется тем, что частые изменения условий рынка приводят к постоянному изменению номенклатуры выпускаемых изделий с одновременным уменьшением объемов заказов и сроков на их выполнение. В таких условиях человек-оператор уже не в состоянии отслеживать весь портфель заказов и принимать наилучшие решения. Другой особенностью рассматриваемого процесса переработки сырья является использование при каждом принятии решения оперативной информации лишь об одном объекте пере-

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1558494

Штаутмайстер Т. Динамичес



работки, получаемой непосредственно перед его раскроем. Информация о последующих объектах переработки в момент принятия решения отсутствует.

В связи со сказанным требуется разработать методы получения точной геометрической модели объекта переработки, методы оптимального раскроя и соответствующие методiku, информационное и программное обеспечение, повышающие эффективность использования сырья путем совершенствования системы оперативного управления.

Целью работы является повышение эффективности деревоперерабатывающих предприятий за счет разработки и исследования метода и средств определения оптимального раскроя лесоматериала при динамическом режиме его поступления и создания на их основе методики и системы оперативного управления.

Методы исследования. Для решения поставленной задачи применялись методы интеллектуального имитационного моделирования в сочетании с оптимизационными процедурами и информационными технологиями. Система оперативного управления разрабатывалась как гибридная с использованием теории построения интегрированных интеллектуальных систем. Алгоритмы раскроя проектировались на основе методов исследования операций, генетических эволюционных вычислений, продукционного поиска на графах, эвристик. Сравнительный анализ алгоритмов выполнен на имитационной модели. Имитационная модель и программы алгоритмов раскроя разработаны в инструментальной среде РДО (Ресурсы-Действия-Операции), с использованием ее методологии и средств, что позволило использовать единый подход к разработке всех элементов системы управления. Для получения первичной информации об объекте производства использовались методы бесконтактных измерений. Результаты исследований обрабатывались с применением математической статистики.

Научная новизна. В работе впервые сформулирована и решена задача оптимального раскроя материала в условиях постоянно изменяющегося портфеля заказов и отсутствия информации о дальнейшем поступлении материала. Выполнена формализация производственных заказов и объектов раскроя. Исследованы и предложены методы проведения измерений материала в процессе движения, обеспечи-

вающие высокую точность и достоверность. Разработаны алгоритмы динамического раскроя материала, определены оптимальные параметры алгоритмов для рассматриваемых условий, исследована их эффективность. Впервые для решения данной задачи применены генетический оптимизационный алгоритм и алгоритм продукционного поиска. Разработана гибкая имитационная модель производственного процесса, легко адаптируемая к изменяющимся условиям производства.

Практическая ценность. В результате выполненных исследований разработаны комплексная методика оптимального раскроя лесоматериала в условиях постоянно пополняемого портфеля заказов, отсутствия информации о последующих объектах раскроя и ограниченности времени на принятие решений. Реализованы алгоритмы оптимизации раскроя, а также имитационная модель. Для генетического алгоритма проведены исследования его эффективности и выбраны наилучшие значения параметров для дальнейшего использования. Разработаны аппаратное и программное обеспечение системы измерения на основе датчиков инфракрасного и ультразвукового типов, позволяющие определять пространственную модель объекта. Выполненные разработки повышают коэффициент использования материала, обеспечивают своевременность выполнения заказов, автоматизируют труд человека-оператора, снимая с него сложную задачу принятия решений. В результате уменьшаются расходы материала, энергии, повышается оперативность работы с заказчиками.

Апробация работы. Результаты работы внедрены на лесоперерабатывающем предприятии фирмы "Heidelberger Holzverarbeitung GmbH" (ФРГ) и опробованы на Санкт-Петербургском мебельном объединении.

Материалы диссертации докладывались на XXII международной конференции "CAD-95" (Ялта-Гурзуф, 1995), научно-технической конференции, посвященной 165-летию МГТУ им.Н.Э.Баумана (Москва, 1995), Всероссийской научно-технической конференции "Интеллектуальные САПР-95" (Геленджик, 1995), международной научно-технической конференции "Workshop on production planning and control" (Монс (Бельгия), 1996), Всемирном конгрессе "15-th World Congress on Scientific Computation, Modelling and Applied Mathematics (IMACS)" (Берлин, 1997).

Демонстрировались на международных выставках по деревообработке "LIGNA" (Ганновер, 1995, 1997), международной выставке деревообрабатывающего оборудования (Нюрнберг, 1998). По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и результатов, перечня использованной литературы и приложения. Объем работы 153 страницы машинописного текста, рисунков и таблиц, 35 страниц приложения. Список использованной литературы содержит 121 наименование.

Первая глава работы посвящена обзору состояния рассматриваемой проблемы и постановке задач исследования.

Повышение эффективности лесоперерабатывающих предприятий зависит от решения комплекса задач, относящихся к различным областям науки и техники. В частности, к ним относятся совершенствование обрабатывающего оборудования, развитие технологий, комплексная механизация и автоматизация ручного труда, совершенствование организационного управления и т.д.

Производство имеет позаказный характер и работает на удовлетворение заказов постоянно меняющихся клиентов. Материал поступает на предприятие дискретно и в момент поступления материала на оборудование надо принимать решение о его конечном использовании (под существующие заказы). Для этого требуется получить пространственную модель материала (имеющего случайные характеристики), а также использовать знания о динамическом поведении процесса. Во всем комплексе функций оперативного управления качество решений по распилке бревен на части оказывает решающее значение на эффективность всего дальнейшего использования материала.

В условиях, когда портфель заказов постоянно изменяется, человеку очень сложно принимать наилучшие решения по использованию материала.

Разработка систем оперативного управления для рассматриваемых условий ведется такими фирмами как SIEMENS, REMACONTROL, Keba Ges.mbn & Co., Holtec GmbH & Co и др. Однако существующие системы не учитывают всего комплекса производственных условий, в частности динамику поступления заказов,

криволинейность оси и естественную форму сечения материала. Поэтому они эффективны, как правило, для крупных предприятий с массовым производством, составляющих около 20% предприятий отрасли. Кроме того, в этих системах разработке эффективных алгоритмов раскроя уделяется недостаточное внимание. В настоящее время отсутствуют рекомендации по выбору алгоритмов раскроя и их сравнительные оценки.

Вопросам оперативного управления деревопереработки посвящены работы Калитиевского Р.Е., Гудкова А.С., Сухова И.Е., Козлова Г.И., Фрониуса К., Леффлера Г., Шепфера В., Коха В., Дитца Г. и др. Проблемы измерения параметров лесоматериала рассмотрены у Новоселова О.Н., Вильвердинга А., Гроса М., Малера Г., Цервосо П. и у ряда других авторов.

Решению задачи оптимального раскроя посвящено большое количество работ по исследованию операций, среди них можно отметить работы Вагнера Г., Моудера Дж., Элмаграби С., Кофмана А., Кузина Л.Т., Дао Дж. В последнее время для решения задач раскроя и размещения начинают широко использовать генетические эволюционные алгоритмы, хорошо зарекомендовавшие себя при решении оптимизационных задач в многопараметрических пространствах поиска, здесь можно назвать труды Курейчика В.М., Кохуна Дж., Клинга Р., Панча В., Гудмана Э.

Во всех указанных работах задача раскроя решается в статике, когда все данные имеются и не изменяются. Кроме того предполагается, что имеется возможность однозначной оценки любого принятого решения. Эти предположения не выполняются в условиях постоянно изменяющегося портфеля заказов, когда принимаемые в данный момент решения (по разделке очередного бревна) влияют на будущие решения. Все принимаемые решения следует рассматривать как элементы бесконечного периода принятия решений.

По результатам проведенного анализа сформулирована цель работы как повышение эффективности переработки сырья при динамическом режиме его поступления за счет оптимизации раскроя в реальном масштабе времени и повышения оперативности и достоверности информации.

Сложность производственного процесса и решаемых задач оперативного управления предполагает комплексное использование для достижения поставленной цели различных подходов и средств, среди которых: имитационное моделирование, математические методы оптимизации, эвристические подходы к задачам принятия решений, методы поисковой оптимизации, системы измерения и обработки результатов.

В соответствии с поставленной целью сформулированы основные задачи и определен методический план выполнения работы.

Вторая глава посвящена исследованию и формализации производственного процесса и постановке задачи раскроя материала.

В каждый момент времени t в системе имеется множество заказов, образующих портфель заказов:

$$Z(t) = \{Z_i(t) / i = 1, 2, \dots, N_z(t)\}, \text{ где}$$

$N_z(t)$ - число заказов в момент времени t .

Каждый заказ содержит в общем случае несколько позиций, включающих информацию о количестве изделий j -го вида в i -ом заказе, время поступления заказа в систему, плановый срок выпуска, геометрические размеры (высота, ширина и длина) j -го изделия, вид древесины, класс качества изделий, сорт древесины.

Бревна поступают на участок партиями, количество бревен в которых представляет собой случайную величину. Бревно, в общем случае, имеет нерегулярное переменное сечение и искривленную ось. Будем его описывать следующими параметрами: *GM*- геометрической моделью, видом и сортом древесины. Геометрическая модель формируется на основе определения размеров сечения и длины. Информация снимается с датчиков при движении бревна на конвейере через равные интервалы Δl . Измерения позволяют построить пространственную модель бревна как последовательность элементарных эллиптических цилиндров, центры которых смещены один относительно другого в плоскости, перпендикулярной оси бревна. Ось задается двумя проекциями.

Вводится понятие и модель пилоблока, представляющего собой часть бревна, после его распиловки. Пилоблок предназначен для дальнейшего роспуска на пиломатериал. В результате раскря бревно разбивается на K пилоблоков $\{p_k\}$. Совокупность пиломатериала, который должен быть изготовлен из пилоблока, называется укладкой. Примеры укладок, рассматриваемых в работе, приведены на рис. 1.

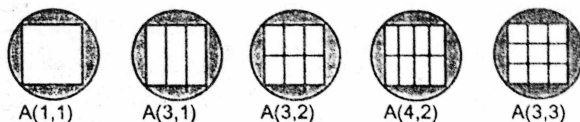


Рис. 1. Примеры укладок

Для создания системы измерения материала используются бесконтактные методы измерения длины на основе инфракрасных и ультразвуковых датчиков.

В качестве основного критерия для оценки вариантов раскря выбран коэффициент использования материала. Его определяем как отношение суммарного объема изделий, которые будут получены из данного бревна, к объему бревна. При выборе алгоритма раскря необходимо учитывать время на получение решения.

Задачу оптимального раскря бревен в общем случае можно сформулировать следующим образом.

Дано:

- $Z(t) = \{Z_i(t) / i = 1, 2, \dots, N_i(t)\}$ - портфель заказов;
- $T = \langle L, GM, c_i, \lambda_i \rangle$ - бревно, подлежащее раскря.

Ограничения:

- Тип укладки.
- Длины всех изделий, вписываемых в пилоблок, одинаковы.
- Сорт древесины заказа, определенный заказчиком.
- Класс качества заказа, определенный заказчиком.

Найти:

Разбиение бревна T на множество пилоблоков $\{p_k\}$, то есть определить длины пилоблоков $\{L_{pk}\}$ и укладки изделий в пилоблоки $\{B_{pk}\}$ такие, чтобы достигался экстремум некоторого критерия U :

$$U(\{p_k\}) = U(\{L_{pk}\}, \{B_{pk}\}) \rightarrow extr$$

Решение этой задачи можно разбить на три подзадачи:

- разбиение бревна на пилоблоки по длине;
- определение для каждого пилоблока максимального вписанного эллиптического цилиндра;
- определение укладки для каждого пилоблока, которое для укладки с постоянным сечением сводится к плоской задаче вписывания прямоугольников в эллипс.

Эти подзадачи не являются независимыми, так как параметры максимального вписанного эллиптического цилиндра зависят от длины пилоблока. Решением задачи раскроя является некоторый вектор раскроя:

$$e = \{(i_1, q_1), (i_2, q_2), \dots, (i_j, q_j), \dots, (i_K, q_K)\}, \text{ где}$$

i_j - номер заказа, изготавливаемого из j -го пилоблока,

q_j - число единиц пиломатериала, изготавливаемых из j -го пилоблока.

Другими словами оптимальным решением задачи раскроя является совокупность оптимальных упаковок изделий в пилоблоки, получаемые из данного бревна. Это позволяет провести декомпозицию задачи раскроя, на ряд подзадач оптимального вписывания упаковок в пилоблоки $\{C_j / j = 1, 2, \dots, K\}$ и координационную задачу распилки бревна на пилоблоки $-C_0$. Решение подобных декомпозированных задач носит итеративный характер, при котором каждая подзадача решается в ограничениях заданных координационной задачей. Координационная задача на основе информации о частных решениях обеспечивает поиск глобального оптимума.

Для разработки имитационной модели производственного процесса предлагается использовать язык интеллектуального имитационного моделирования РДО. Приводятся SADT-диаграммы создания объектов этой модели.

В третьей главе разрабатываются компоненты системы оперативного управления. Так как в настоящее время отсутствуют рекомендации по выбору методов раскроя, обеспечивающих высокую эффективность решений в рассматриваемом производстве, то разработан ряд алгоритмов оптимизации раскроя материала для

автоматизированной системы управления. Выбор алгоритмов основан на результате анализа существующих систем управления и перспективных методов прикладной математики.

Рассмотрена структура аппаратных средств для получения оперативной информации о материале и приведены алгоритмы обработки измерений. Данная система решает задачу определения размеров поступающего материала, нужных для построения геометрической модели бревна, проходящего позицию измерения. Система измеряет горизонтальную и вертикальную оси эллиптических цилиндров и их длину: $res = (d_x, d_y, l)$, где d_x - горизонтальная ось эллипса в мм, d_y - вертикальная ось эллипса в мм, l - длина в мм.

Метод измерения в перпендикулярных друг к другу плоскостях и минимальная необходимая точность измерения определены стандартами. Пределами погрешности системы измерения являются: для диаметра - 10 мм; для длины - 50 мм (1 %); погрешность на расстояние между двумя измерениями - до 15 мм.

Размеры измеряются бесконтактным образом независимо друг от друга. Процесс измерения синхронизируется с помощью импульсного датчика, который конструктивно связан с приводным валом конвейера для передвижения бревна. Полученные данные преобразуются в цифровую форму и передаются синхронными параметрами на предварительную обработку. Предварительная обработка обеспечивает проверку исходных данных их сглаживание (по потребности) и расчет размеров (d_x, d_y, l) .

Задача укладки пилоблока $C_j / j=1,2,\dots,K$ решается для условий, когда для конкретного бревна известны пилоблоки со своими параметрами и для каждого из них определены номера вписываемых заказов (как решение координирующей задачи).

Так как рассматриваются лишь укладки для горизонтального и вертикального расположения пил (рис.1), то для пилоблока решается плоская задача максимизации вписывания прямоугольников в эллипс. При этом необходимо учитывать класс изделий заказа и число позиций в заказе. Задача представляет собой задачу частич-

но целочисленного программирования, так как число вписанных в эллипс изделий может быть лишь целым числом и не должно превосходить по величине соответствующее число позиций в заказе. Алгоритм решения представляет собой эвристический алгоритм полного перебора.

Рассмотрен ряд эвристических алгоритмов (реализованных на языке РДО) раскроя материала при его дискретном поступлении:

- Алгоритм случайного поиска, основанный на многократной генерации случайных значений переменных вектора раскроя e и сравнения получаемых при этом решений с наилучшим из ранее полученных. Если вновь полученное решение лучше предыдущего, то оно запоминается и используется в следующей итерации. Качество полученного решения, в общем случае, зависит от количества просмотренных вариантов значений вектора раскроя.
- Алгоритм полного перебора. Данный алгоритм (если он реализуем за разумное время) даст оптимальное решение, которое может служить точкой отсчета для оценки эффективности различных алгоритмов, реализующих частичный перебор. Однако, как правило, метод полного перебора оказывается неработоспособным уже при относительно малой размерности вектора раскроя, так как число возможных вариантов решений огромно.
- Алгоритм с приоритетными правилами (однократный), который использует различные эвристики, основанные на некоторых рациональных соображениях, а также метод проб и ошибок для выбора допустимого и, по возможности, близкого к оптимальному решения. Алгоритм не гарантирует получение оптимального результата. Однако выбором приоритетного правила можно добиться некоторого улучшения среднего результата, получаемого от применения алгоритма. Приоритетные правила могут быть статическими, которые не зависят от текущего состояния системы (не изменяются в процессе работы), и динамическими, в которых правило корректируется в процессе реализации. Предложен однократный алгоритм со статическими приоритетными правилами.
- Эвристический итеративный алгоритм раскроя организован как итеративный поиск варианта раскроя. На каждом шаге алгоритм рассматривает остаток бревна и

выбирает позицию заказа, для которой будет отпилен очередной пиломатериал. При этом учитываются длина и сечение пиломатериала. Позиция заказа выбирается таким образом, чтобы длина была меньше длины остатка бревна.

Помимо эвристических рассмотрены генетический алгоритм и алгоритм производственного поиска на графе.

Генетические алгоритмы - это алгоритмы поиска, основанные на механизмах природной селекции и природной генетики. Впервые данный алгоритм применен для задачи раскроя бревен. В главе рассмотрена реализация трехоператорного простейшего генетического алгоритма (ПГА). В ПГА используется некоторое множество Ω (популяция) особей ω_i (хромосом) длины L в некотором алфавите A элементов (генов). Каждая i -я хромосома обладает функцией пригодности $f(\omega_i)$, характеризующей ее способность к оптимизации. Хромосомы в популяции конкурируют за право участвовать в синтезе новых поколений популяции. Синтез каждого нового поколения осуществляется при помощи генетических операторов: воспроизведения, скрещивания (кроссинговер) и мутации.

ПГА для своей работы требует лишь расчета функций $f(\omega_i)$ для особей популяции. Исходная популяция создается (генерируется) случайным образом. Механизмы воспроизведения и скрещивания используют генераторы случайных чисел. В рассматриваемой постановке задачи расчет функции пригодности реализован на имитационной модели. Для использования ПГА предложен способ кодирования информации о варианте раскроя в двоичную форму.

Производственный алгоритм раскроя позволяет определить оптимальное решение задачи с помощью поиска на графе состояний в производственной системе. Для его реализации определены понятие состояния, производственные правила и стоимость их применения, целевое состояние.

Состояние определяется параметрами текущего остатка бревна, подлежащего раскрою, состоянием заказов и результатом частичного раскроя. Результат частичного раскроя задается вектором пар $e = \langle (i_1, q_1), (i_2, q_2), \dots, (i_k, q_k) \rangle$. Целевым состоянием является состояние, когда в остаток бревна, подлежащий дальнейшему

раскром, нельзя вписать ни один из заказов. В исходном состоянии текущий остаток бревна равен всему бревну, а вектор e нулевой. Алгоритм поиска на графе реализован в РДО.

В среде РДО разработана имитационная модель, которая включает 11 типов ресурсов, 70 ресурсов, 23 функции и 18 последовательностей, 28 образцов, 5 кадров и 32 показателя (занимает около 325 Кбайт памяти).

В четвертой главе приведены результаты исследований системы контроля и алгоритмов оптимального раскром. Представлены результаты анализа зависимости системы измерения от внешних факторов, сравниваются разные алгоритмы раскром, анализируется оперативность принятия решения.

Исследование характеристик системы измерения было проведено над сертифицированными серийными компонентами, которые используются в системе измерения. Соответствующие эксперименты были проведены на тех типах ЭВМ, которые могут использоваться для системы управления.

Для ультразвуковых датчиков было проведено исследование зависимости напряжения на выходе датчика от окружающей температуры при постоянном расстоянии; зависимости напряжения на выходе датчика от температуры на поверхности датчика при постоянном расстоянии и постоянной температуре окружающей среды; зависимости напряжения на выходе датчика от относительной влажности окружающей среды при постоянном расстоянии. В результате проведенных исследований были приняты конструктивные и программные решения для системы измерения.

Анализ эффективности алгоритмов раскром проводился на имитационной модели. Пример зависимости показателя полного использования материала по объему для простейшего генетического алгоритма приведен на рисунке 2. Из приведенных графиков видно, что чем больше число заказов в системе, тем лучшее значение коэффициента использования материала может быть получено с использованием генетической оптимизации (при этом время расчета растет незначительно). Показатель использования материала по длине ведет себя по-другому - с увеличением числа заказов больше 10 его рост незначителен.

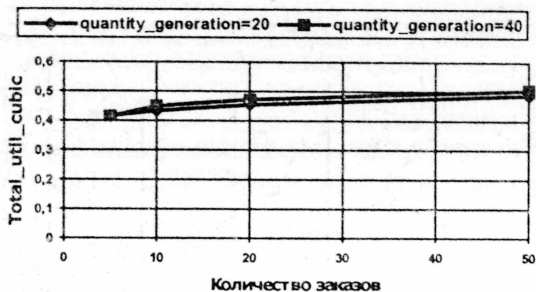


Рис.2. Результаты раскрой с использованием ПГА

В целом можно сделать вывод, что ПГА позволяет осуществить раскрой бревна за 7-8 с, что является приемлемым для оперативного управления. Чем больше заказов в системе, тем больше есть хороших вариантов решений и тем лучше работает алгоритм поиска. Алгоритм обеспечивает достаточно хорошую точность получаемых показателей.

Как показали исследования, применение эвристических оценочных функций позволяет снизить вычислительные затраты на поиск решения с использованием алгоритма продукционного поиска. При этом возможно сохранение оптимальности найденных решений, либо снижение временных затрат на поиск ценой некоторого ухудшения качества решения. Рассмотрены поиск в ширину и поиск в глубину, которые являются базовыми для сравнения с другими эвристиками. Кроме того, предложен ряд эвристик, позволяющих сократить пространство поиска на графе. В целом алгоритм показал достаточно хорошие результаты раскрой (рис.3).

Сравнительный анализ алгоритмов раскрой также был проведен на имитационной модели. Моделировалась работа участка при распилке 100 бревен. Исследования проводились при различных размерах портфеля заказов в диапазоне от 5 до 100 заказов. Наилучшие результаты дает поиск на графе. Несколько худшее (на 2-3%) качество раскрой дает эвристический алгоритм, но он работает быстрее. Остальные алгоритмы работают гораздо дольше и дают значения основных показателей качества раскрой на 5-10% хуже.

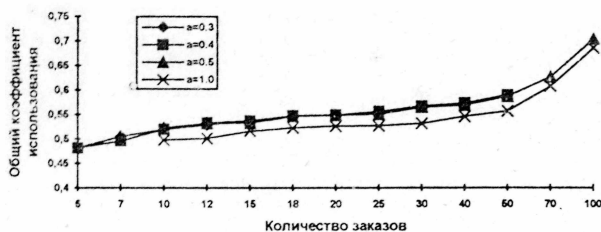


Рис.3. Результаты раскроя с производственным поиском на графе состояний

Проведенные исследования позволили выработать рекомендации относительно использования алгоритмов раскроя в системе ОУ.

Пятая глава содержит результаты промышленной апробации в условиях участка деревообработки фирмы "Heidelberg Holzverarbeitung GmbH" (ФРГ) и Санкт-Петербургского объединения "Севзапмебель". Пример информации о результатах измерения и раскроя, выводимой оператору участка приведен на рис.4. Полученные результаты подтвердили эффективность выполненных исследований. Экономический эффект на фирме "Heidelberg" составил 350.000 DM в год.

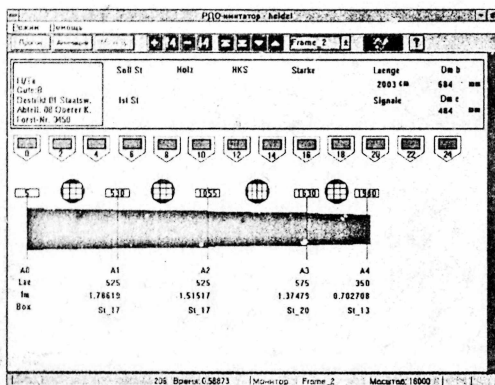


Рис.4. Пример результатов измерения и раскроя (экран оператора)

Общие выводы и результаты

1. Основным путем повышения эффективности лесоперерабатывающего производства следует считать совершенствование оперативного управления, которое позволяет получить выигрыш до 5% на основных изделиях производства.

2. Впервые поставлена и решена задача оптимального раскроя дискретнопостояющих объектов производства для условий позаказной работы предприятия.

3. Геометрическая модель объекта раскроя, представляющая множество эллиптических цилиндров и учитывающая искривленную ось бревна, обеспечивает адекватность на 20-25% точнее, чем в существующих системах.

4. Для оценки эффективности решения задачи раскроя необходимо применять имитационное моделирование, как аппарат, позволяющий с наибольшей адекватностью описать условия производства с учетом его динамики.

5. Разработанная система измерения на основе инфракрасных и ультразвуковых датчиков обеспечивает требуемые характеристики измерений и независимость измерений от окружающей среды.

6. Простейший генетический алгоритм позволяет за 7-8 с осуществить близкий к оптимальному раскрой бревна, что является приемлемым для оперативного управления. Наилучшие результаты дает поиск в системе продукции на графе. Несколько худшее (на 2-3%) качество раскроя дает эвристический алгоритм, но он работает быстрее. Остальные алгоритмы работают гораздо дольше и дают значения основных показателей качества раскроя на 5-10% хуже.

7. Внедрение результатов на фирме Heidelberg Holzverarbeitungen GmbH (ФРГ) и на предприятии "Севзапмебель" (Санкт-Петербург) показали правильность решений и обеспечили повышение эффективности производства на 3-5%, что для типового предприятия отрасли составляет 350.000DM в год.

Публикации по теме диссертации.

1. Емельянов В.В., Штаутмайстер Т., Ясиновский С.И. Раскрой древесины на основе генетического алгоритма оптимизации // Известия ТРТУ. -1996. - №3. -С.112-113.

2. Емельянов В.В., Крючков М.Ю., Штаутмайстер Т. Динамический оптимальный раскрой материала с использованием генетического алгоритма // Вестник МГТУ. Сер. Приборостроение. -1996. -№1. -С.78-85.
3. Emelianov V.V., Yasinovsky S.I., Shtautmaster T. Simulation of a trunk cutting up cell with a cut optimization complex discrete systems and processes // Proc. XXII Int.school and conference on computer aided design "CAD-95". New information technologies applications in science, education, medicine and business. -Yalta-Gurzuf, 1995. -Part 2. -P.195.
4. Th.Stautmeister, V.Emelyanov, S. Jasinovski EDV-gestuetzte Modellierung und Simulation eines Rundholzplatzes fuer ein Bauholzaegewerk // Holz-Zentralblatt (Stuttgart). -1995. -№138.-S.2268-2271.
5. V.Emelianov, S.Yasinovsky, T.Shtautmaster IDEF-RAO: Methods for industrial system functional structure analysis// Proc. of Int. Confr. Workshop. on production planning and control. -Mons (Belgium), 1996. -P. 387-390.
6. Emelianov V.V., Yasinovsky S.I., Shtautmaster T. The intelligent simulation of complex discrete systems // Artificial Intelligence and Computer Science: Proceedings of the 15-th World Congress on Scientific Computation, Modelling and Applied Mathematics (IMACS).-Berlin, 1997.-Vol.4. -P.755-760.
7. Емельянов В.В., Крючков М.Ю.,Штаутмайстер Т. Оптимальное оперативное планирование участка обработки ДСП // Компьютерная хроника. -1998. -№1.- С.49-60.