

А.В. ВОРОНИН, В.А. КУЗНЕЦОВ, А.И. ШАБАЕВ,
И.В. АРХИПОВ, А.М. КАШЕВНИК

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Воронин А.В., Кузнецов В.А., Шабает А.И., Архипов И.В., Кашевник А.М. **Разработка и реализация системы планирования лесопильным производством.**

Аннотация. Статья посвящена описанию разработки и программной реализации системы планирования лесопильным производством. Лесопильное производство является одной из важнейших отраслей деревообрабатывающей промышленности. Цель технологического процесса лесопиления состоит в получении пиломатериалов различного назначения и технологической щепы из круглых лесоматериалов. Задачи, связанные с планированием раскроя сырья, могут быть эффективно решены с использованием системы планирования, что позволяет повысить объемный сортовой, спецификационный и ценностный выход пиломатериалов; а также оперативность составления и корректирования планов раскроя сырья. В статье приводится описание задачи составления объемного плана раскроя пиловочного сырья, позволяющего наиболее эффективно выполнить спецификационное задание с учетом параметров производственного оборудования и особенностей заказов. Для расчета плана применяются методы и алгоритмы решения сложных оптимизационных задач с большим количеством ограничений, реализованные в виде специального программного модуля. В статье также приводится описание прото-типа программной системы.

Ключевые слова: управление производством, матричные вычисления, решатели.

Voronin A.V., Kuznetsov V.A., Shabaev A.I., Arhipov I.V., Kashevnik A.M. **Research and development of a software system for sawmill operation planning.**

Abstract. The paper describes research and development of a software system for sawmill operation planning. Sawmill industry is an important branch of the forestry industry. The aim of the sawing process consists in processing round wood into sawn lumber, as well as technological wood chips. Various tasks related to planning of sawmill operation can be successfully solved with the use of specialized software. Such software allows increasing overall mill productivity, output of high-quality grades of lumber and better matching the production specification. Their use also improves the efficiency of calculating and correcting the operational plans. The paper describes the solution of the problem of calculating monthly volume production plans. Such plans improve the efficiency of calculating the quantity and size-qualitative structure of logs to be sawn and the lumber produced by applying each sawing pattern. The developed software system uses advanced mathematical models and optimization algorithms, implemented in a specialized module. The paper also includes description of the system prototype. The efficiency of the system had been confirmed on real production data of several sawmills in Russia.

Keywords: production management, matrix calculations, solvers.

1. Введение. Лесопильное производство является важнейшей отраслью деревообрабатывающей промышленности. Цель технологического процесса лесопиления состоит в получении из круглых лесоматериалов пиломатериалов различного назначения и технологической щепы.

териалов (пиловочника) пиломатериалов различного назначения и технологической щепы [1].

Сырьем лесопильного производства служит в основном пиловочник хвойных и лиственных пород диаметром от 14 см и более в верхнем торце. Распиловка бревен на пиломатериалы производится по заранее разработанному плану. Постав — это схема раскроя отдельного бревна (или сортировочной группы) на пиломатериалы требуемых размеров, показывающая порядок и место пропилов, толщину, ширину, а иногда и длину получаемых пиломатериалов. Поставом также называется группа пил, установленных в соответствии со схемой раскроя в многопильных станках и, в частности, в лесопильной раме.

После расчетов по отдельным поставам составляется объемный план раскроя всего пиловочного сырья, который содержит количество и размерно-качественный состав распиливаемых бревен и получаемых пиломатериалов по каждому поставу, для наиболее эффективного выполнения спецификационного задания из имеющегося сырья.

Календарный план производства включает в себя последовательность поставов с указанием времени начала и окончания работы, а также план по загрузке сушильных камер. Поскольку время сушки достаточно велико (от 3 до 10 суток), то неэффективно составленный план может привести к простоям в работе сушильных камер.

При выработке пиленой продукции неизбежны значительные потери и отходы древесины. Теоретически полезный выход обрезных досок длиной 6 м при развальном способе раскроя для диаметров бревен от 14 до 45 см составляет от 53 до 64%. К потерям относят припуски на усушку, к отходам — древесину, не используемую для выработки пиломатериалов (опилки, рейки, торцовые срезки и др.). На практике полезный выход еще меньше, т.к. спецификационные размеры не всегда позволяют максимально охватить поставом все сечение бревна, а также имеются различные отклонения (например, фактического диаметра бревна от расчетного, формы поперечного сечения бревна от круглой, продольной оси бревна от прямой линии).

Задачи, связанные с планированием раскроя сырья, могут быть эффективно решены с использованием информационных систем [2, 3, 4], что позволит повысить объемный сортовой, спецификационный и ценностный выход пиломатериалов; а также оперативность составления и корректирования планов раскроя сырья. Так как объемы древесины, перерабатываемой лесопильным предприятием в течение месяца, составляют десятки тысяч кубометров, увеличение полезного вы-

хода продукции даже на 1-2% является актуальной и востребованной задачей.

2. Постановка задачи планирования лесопильным производством. В связи с тем, что на производство поступают бревна различных сортов и диаметров, а получаемая продукция также делится по сортам и размерам, в задачу расчетов поставок входит определение размеров и числа досок, которые можно получить из бревна с заданным качеством, длиной и диаметром. Как правило, расчеты проводятся для более, чем 10 сортировочных групп с целью выпуска более 50 (или даже более 100) видов пиломатериалов.

Поиск решения усложняется еще тем, что должно быть учтено большое количество ограничений, связанных с особенностями и параметрами оборудования.

- Ограниченное количество пил 1-го и 2-го ряда для пилорам;
- Фиксированная толщина пропила для каждой пилорамы (мм);
- Зависимость максимального диаметра бревна, который можно распилить на данной пилораме, от максимальной высоты пропила и максимальной ширины постова;
- Минимальная и максимальная производительность пилорам по сырью в смену;
- Минимальная ширина двухкантного бруса (своя для каждого диаметра бревна, т.к. при выборе меньшей ширины получается слишком высокая доля брака);
- Имеющийся на складе объем древесины каждого вида (либо планируемый)
- Минимальный объем выпуска по каждому поставу, т.к. каждая переналадка оборудования приводит к непроизводительным потерям времени;
- График работы технологического оборудования – пилорам, сушильных камер, цеха строжки.

Система также должна обеспечивать учет следующих требований, параметров и ограничений по составу сырья и заказов:

- Минимальный и максимальный объемы продукции каждого вида;
- Минимальная и максимальная длина пиломатериалов, а также шаг, с которым обрезается пиломатериал (например, при длине 2.7-6 м и шаге 0.3м, доска длиной 3.5м должна быть обрезана до 3.3м, что снижает полезный выход);
- Влажность пиломатериала после сушки;

- Приоритетность заказа для определения очередности выполнения требований по объемам
- Требования по размещению пиломатериала относительно продольной оси бревна:
 - В брусковую часть, т.е. выпиливать только из двухкантного бруса;
 - В боковую часть, т.е. размещать пиломатериал только для распила при 1-ом проходе
 - В сердцевину бревна, т.е. только в центре бревна и в количестве 1 шт
 - 2 Ex-Log, т.е. только в центре бревна и в количестве 2 шт (без центральной доски), а также 4 Ex-Log (то же самое, но 4 доски)
 - 2 Ex-Log не боковая, т.е. только в центре бревна, в количестве 2 шт и с какими-либо еще пиломатериалами в поставе;
 - 3 Ex-Log, т.е. только в центре бревна в количестве 3 шт (1 центральная доска и 2 боковые), а также 5 Ex Log (то же самое, но 5 досок);
 - 2,4,6 Ex-Log, т.е. только в центре бревна и без центральной доски;
- Максимальный процент выхода боковой доски, у которой поставлено требование 2,4,6 Ex Log (для некоторых пиломатериалов допускается незначительное отклонение от ограничений).

3. Математическая модель задачи расчета поставок

Исходные данные:

L – множество пиломатериалов; W – множество видов древесины (характеризуется типом – ель/сосна и диаметром); M – множество пилорам; C – множество возможных вариантов распилов бревен.

Технологические:

$d_{i,j}$ – доля i -го пиломатериала в j -м распиле (в диапазоне $[0,1]$); $g_{w,j} - 1$, если j -й распил относится к w -му виду древесины, 0 иначе; $h_{m,j} - 1$, если j -й распил относится к m -й пилораме, 0 иначе; v_m^d – минимальный объем бревен, распиленных на m -й пилораме; v_m^u – максимальный объем бревен, распиленных на m -й пилораме; r – минимальный объем поставы (одинаковый для всех распилов).

Учетные:

v_w^s – объем w -го вида древесины на складе.

Заказные:

v_j^p – минимальный объем выпуска пиломатериала i по заказу; v_j^q – максимальный объем выпуска пиломатериала i по заказу.

Прочие:

f_i^l – отклонение от ограничений пиломатериала i от ограничения снизу; f_i^u – отклонение от ограничений пиломатериала i от ограничения сверху; f_m^m – отклонение от ограничений на производительность пилорамы m снизу; f_m^r – отклонение от ограничений на производительность пилорамы m сверху; z_i – штраф за невыполнение ограничения на объем выпуска пиломатериала i ; y_m – штраф за невыполнение ограничения на производительность пилорамы m .

Неизвестные:

x_j – объем бревен, которые необходимо распилить по j -му распилу.

			L	L	M	0	1	1	3	N		
cost			M (1xL)	M (1xL)	MS (1x1)		MS (1x1)			M (1xN)		
up bound												
L	M (Lx1)	≤	MDS (LxL)	MDS (LxL)						C	≤	M (Lx1)
W											≤	M (Wx1)
M					MS (Mx1)						≤	MS (1x1)
1	MS (1x1)	≤					MDS (1x1)					
1						MDS (1x1)					=	MS (1x1)
B							MDS (BxB)				=	MS (Bx1)
down bound												

Рис. 1. Матрица ограничений задачи планирования лесопильным производством

Матрица ограничений задачи планирования лесопильным производством схематически представлена на рис. 1.

$$\begin{aligned}
& \sum_{j \in C} \sum_{i \in L} d_{i,j} x_j \rightarrow \max, \\
& v^p_i \leq \sum_{j \in C} d_{i,j} x_j + z_i (f_i^u - f_i^l) \leq v^q_i, \quad i \in L, \\
& \sum_{j \in C} g_{w,j} x_j \leq v_w^s, \quad w \in W, \\
& v^d_m \leq \sum_{j \in C} h_{m,j} x_j + y_m (f^r_m - f^m_m) \leq v^u_m, \quad m \in M, \\
& x_j \in \{0\} \cup [r, +\infty). \quad (*)
\end{aligned}$$

3. Особенности использования математического программирования при решении задачи. Основными неизвестными задачи планирования лесопильным производством являются объемы бревен, которые необходимо распилить по каждому поставу. Постав в свою очередь однозначно определяет порядок и место пропилов, толщину, ширину и длину получаемых пиломатериалов.

Без учета ограничения на минимальный объем выпуска по каждому поставу (т.е. объем может быть либо 0, либо не ниже заданной границы) такая задача является задачей линейного программирования [5, 6] со следующими особенностями:

1. Ограничение на минимальный объем выпуска по каждому поставу. В таком случае предлагается следующий метод решения: решается задача без этого ограничения, затем убираются поставки, для которых ограничение на минимальный объем выпуска не выполнено, и затем снова осуществляется поиск решения, с использованием только тех поставов, которые были найдены на предыдущем шаге. При таком подходе получается, что в некоторых случаях сбалансированного плана может не оказаться, а будет только приближенный. Однако важными преимуществами данного подхода являются скорость, простота реализации и практическая применимость.

Поскольку на практике имеется дополнительная связь количества ограничений, суммарного объема используемой древесины и минимального объема одного постава: $\frac{V}{M} > R$ (R как правило менее 1% от общего объема), то план, найденный путем решения релаксированной задачи содержит хотя бы один постав большого объема. Далее, на каждой итерации исключается один из поставов, следовательно, алгоритм обладает теоретической сходимостью. Однако на практике получается, что алгоритму требуется всего 1-2 итерации.

2. Не существует эффективного способа задания матрицы ограничений в явном виде в силу огромного количества столбцов (миллионы), каждый из которых соответствует допустимому поставу, и сложности ее структуры. Поэтому необходимо использовать метод генерации столбцов, при котором на каждой итерации столбец для добавления в базисный план не выбирается пользователем, а рассчитывается алгоритмически.

Алгоритм расчета оптимального столбца довольно сложен, так как сводится к вспомогательной задаче поиска оптимального распила усеченного конуса на параллелепипеда с учетом большого количества ограничений. Время решения такой задачи не должно превышать нескольких секунд, так как для решения исходной задачи требуется ее многократное (несколько сотен раз) решение. Данную задачу предлагается решать методом динамического программирования [7], что позволяет получить решение за требуемое время.

3. С учетом того, что множество допустимых значений может быть пустым, вычисляются вспомогательные неизвестные – отклонения от ограничений снизу и сверху по каждому пиломатериалу, а также по производительности каждой пилорамы.

4. Существует несколько вариантов целевой функции (например, по доходу, по объему и т.д.), однако это различие отражено только в коэффициентах целевой функции, а потому незначительно влияет на алгоритм решения.

5. Двойственные оценки, полученные при решении задачи линейного программирования [8], могут использоваться в целях экономического анализа эффективности производства, структуры портфеля заказов и выявления «узких мест» в производственном процессе.

6. Задача календарного планирования в общем виде является NP-полной, вследствие чего необходим специальный алгоритм поиска эффективного плана загрузки сушильных агрегатов.

4. Решение задачи планирования лесопильным производством с помощью «универсального решателя». Для решения сложных оптимизационных задач планирования лесопильным производством с большим количеством ограничений был разработан модуль UPS.Solver («универсальный решатель»).

Матрица ограничений в прикладных задачах оптимизации, как правило, имеет достаточно большую размерность и ярко выраженную специфическую блочную структуру, в связи с чем, определение и задание их взаимного расположения часто приводит к трудно устранимым ошибкам. Поэтому в составе UPS.Solver разработана специальная

структура данных для повышения эффективности хранения и использования данных с учетом структуры подматриц – «матричный конструктор».

На основе UPS.Solver разработаны алгоритмы эффективного решения задач сложного раскроя, включая линейные и нелинейные задачи оптимизации, задачи высокой размерности, многоцелевые задачи с комбинированными критериями. Модуль обеспечивает реализацию методов линейного, динамического и дискретного программирования, ряда алгоритмов решения задач выпуклого программирования, схем декомпозиции, что позволяет с минимальными затратами находить решение широкого круга оптимизационных задач планирования и управления предприятием.

Базовым методом решения задачи поиска планов раскроев является метод генерации столбцов. Его основное отличие от других методов в том, что проверка оптимальности решения осуществляется не с использованием матрицы исходных данных, а путем решения вспомогательной задачи оптимизации. Этот базовый метод адаптирован для учета дополнительных ограничений, которые часто встречаются на практике – верхние и нижние границы объемов производства, наличие нескольких однотипных агрегатов, пропорциональность выработки продукции и расходования объектов раскроя и др.

5. Прототип системы планирование лесопильного производства. Пользовательский интерфейс системы «Планирование лесопильного производства» позволяет осуществлять ввод исходных данных, расчет оптимального плана выработки продукции в течение заданного промежутка времени, а также формировать различные отчеты в виде таблиц и диаграмм. Возможно разграничение доступа к пунктам меню между несколькими рабочими местами. Например, с одного рабочего места можно разрешить только вводить исходные данные, а с другого – только выполнять расчет плана.

При реализации пользовательского интерфейса использовалась универсальная библиотека UPS Framework, созданная специалистами IT-парка ПетрГУ на основании многолетнего опыта разработки и внедрения программных систем в различных отраслях промышленности [9]. Библиотека включает большое количество тесно интегрированных друг с другом программных компонент, позволяющих унифицировать процессы и ускорить разработку модулей системы, упростить программное описание моделей данных, уменьшить количество ошибок. Все компоненты UPS Framework интегрированы в среду программирования MS Visual Studio .NET, что позволяет свободно и еди-

нообразно использовать их вместе со стандартными методами и компонентами MS Visual Studio.

Исходные данные для планирования вводятся и хранятся в справочниках, реализованных в виде таблиц. В каждом справочнике имеется панель инструментов, позволяющая добавлять, редактировать, удалять, сортировать, копировать и искать элементы. Возможна настройка видимости полей. В системе реализовано 8 справочников – пиловочник (в т.ч. статистическое распределение сырья по сортировочным группам), сортировочные группы (в т.ч. минимальная ширина бруса, которую можно выпиливать из каждой), пилорамы, пиломатериалы (в т.ч. статистическое распределение доли выхода каждого сорта), кубатурники (объем бревна заданной длины и диаметра по ГОСТ 2708-75 и РД 13-2-3-97), коэффициенты усушки, сорта пиломатериалов, группы длин пиломатериалов (для статистических распределений выхода пиломатериала каждого сорта), смены, шаблоны расписания (для хранения характеристик хранения расписания для пилорам и для сушильных камер). При необходимости новые справочники могут быть легко добавлены.

Для ввода исходных данных и расчета плана реализован удобный пользовательский интерфейс (см. рис. 2).

После расчета выводятся данные по всем найденным поставкам с указанием объема пиления. При выборе поставка выводится графическая схема распиловки с указанием длины каждого пиломатериала. По пиломатериалам указаны ограничения и расчетный объем.

Рассчитанные планы раскроя сырья (например, на конкретный месяц) можно сохранять в журнале для последующего использования.

Реализованные в системе отчеты (рис. 3) содержат сведения о балансе древесины, производительности и загрузке пилорам, выпуске пиломатериалов, рекомендуемых поставках, экономических показателях работы предприятия.

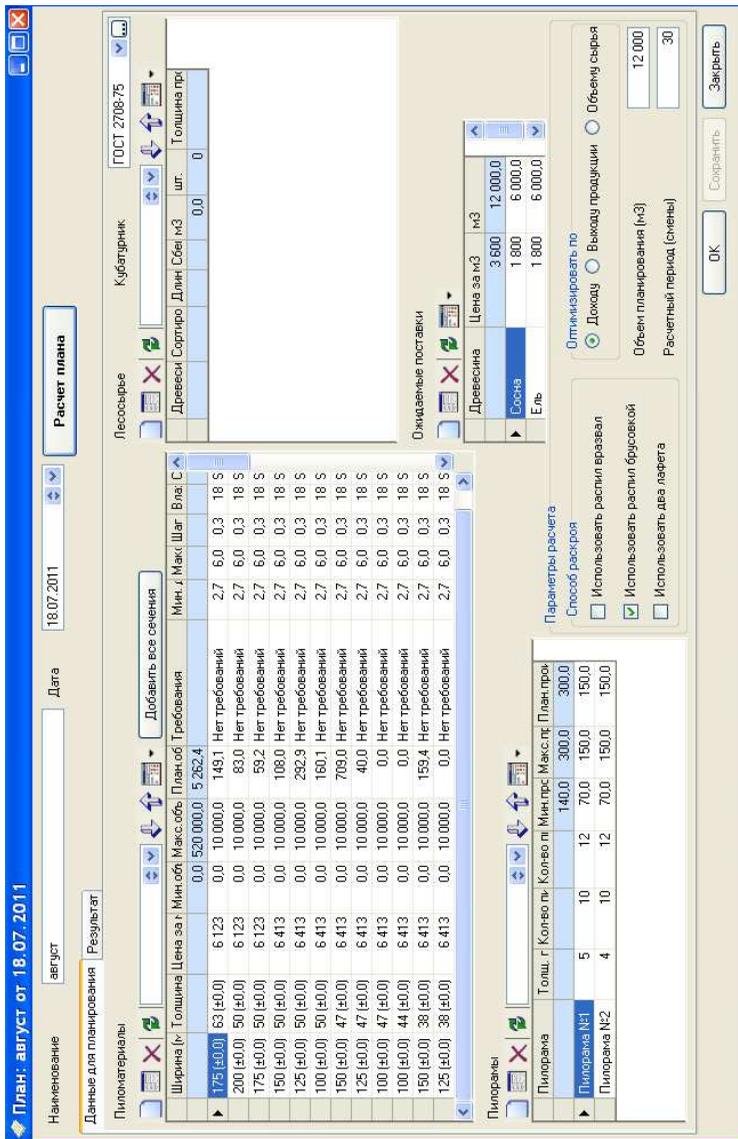


Рис. 2. Форма создания/редактирования плана, вкладка "Данные планирования".

Заключение. В статье приводится описание работ по разработке и практической реализации системы оптимального планирования лесопильным производством.

Программная система была апробирована на реальных данных ООО «Медвежьегорский лесозавод», ООО «Сокольский ДОК» и ЗАО «Соломенский лесозавод». Для сравнения решений полученных в результате работы предложенной системы были сгенерированы 12 планов работы завода на каждый месяц, составленных специалистами заводов с учетом имеющихся ресурсов и заказов. Планы делились на 2 группы: первая – по принципу строго соответствия спецификации на объемы пиломатериалов в целях минимизации расхода сырья, вторая – без ограничений на объемы пиломатериалов в целях поиска максимально доходной спецификации.

Для планов первой группы, рассчитанных программной системой (за несколько минут), экономия сырья составила в среднем 3.2%, что эквивалентно 650 м³ древесины в месяц. При этом специалисты заводов подтвердили приемлемость всех полученных поставок и выполнение всех прочих требований.

Для планов второй группы, рассчитанных программной системой, прибыль повысилась в среднем на 1.5% в месяц.

Для каждого из планов был рассчитан соответствующий календарный план по загрузке сушильных камер в целях минимизации их непроизводительных простоев, что эквивалентно увеличению выхода готовой продукции. Техническая реализуемость найденных планов была подтверждена специалистами заводов. Сокращение простоев составило в среднем 1.3%.

Возможным направлением развития системы является учет дополнительных ограничений, в т.ч. на структуру годовых колец в пиломатериале, на равномерность загрузки пилорам, на толщину боковой доски и т.д. Все необходимые для этого компоненты уже имеются в составе библиотеки UPS Framework и модуля «универсальный решатель» UPS.Solver. Это позволяет с минимальными затратами дополнить систему функциональными возможностями по решению приведенных выше и других оптимизационных задач, стоящих перед предприятием и отраслью в целом.

Литература

1. Тюкина Ю. П., Макарова Н. С. Технология лесопильно-деревообрабатывающего производства / Учеб. для СПТУ. – М.: Высш.шк., 1988. – 271.

2. Кузнецов В.А., Печников А.А., Шабает А.И. Многофункциональная программная система разработки приложений для задач раскроя материалов и комплектования изделий. // Автоматизация и современные технологии. 2008. № 11. С. 10-14.
3. Воронин А.В., Кузнецов В.А. Прикладные оптимизационные задачи в целлолозно-бумажной промышленности / Петрозаводск.: Изд-во ПетрГУ, 2000. – 256.
4. D'Amours S., Frayret J.-M. Agent-based supply chain planning in the forest products industry / Information Technology for Balanced Manufacturing Systems. Springer. 2006. p.p. 16-26.
5. Исследование операций. Методологические основы и математические методы. / Под ред. Д. Моудера. – М.: Мир, 1989. – 712.
6. Венцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / М.: Высш.шк., 1980. – 206.
7. Беллман Р. Прикладные задачи динамического программирования / М.: Наука, 1965. – 457.
8. Таха Х.А. Введение в исследование операций / М.: Вильямс, 2005. – 912.
9. Воронин А.В., Шабает А.И., Печников А.А. Конвейерная технология разработки программного обеспечения для управления производственными ресурсами и процессами. // Перспективы науки. 2010. Т. 4. С. 95-99.

Воронин Анатолий Викторович — д.т.н., проф., ректор ПетрГУ, зав. кафедрой прикладной математики и кибернетики. Область научных интересов: математическое моделирование систем управления, планирование работы крупных предприятий, методы решения оптимизационных задач, системы автоматизации предприятий. Число научных публикаций — 178. voronin@petsu.ru; Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина, д.31, Петрозаводск, 185910, РФ; р.т. +7(814)2-785-140, факс +7(814)2-711-000.

Voronin Anatoly — D.Sc., prof., Rector of PetrSU, head of the Department of applied mathematics and Cybernetics. Research area: mathematical modeling of control systems, methods of the optimization problems solution, industrial automation. Number of publications — 178. voronin@petsu.ru; Petrozavodsk State University, Lenina av., 33, Petrozavodsk, 185910, Russia; office phone +7(814)2-785-140, fax +7(814)2-711-000.

Кузнецов Владимир Алексеевич — д.т.н., проф. кафедры прикладной математики и кибернетики ПетрГУ. Область научных интересов: математическое моделирование систем управления, исследование операций, методы решения оптимизационных задач и их применение в управлений организациях и предприятиях. Число научных публикаций — 217. kuznetc@petsu.ru; Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина, д.31, Петрозаводск, 185910, РФ; р.т. +7(814)2-711-068, факс +7(814)2-713-216.

Kuznetsov Vladimir — D.Sc., prof. Professor of the Department of applied mathematics and Cybernetics (PetrSU). Research area: mathematical modeling of control systems, operations research, methods of the optimization problems solution. Number of publications — 217. kuznetc@petsu.ru; Petrozavodsk State University, Lenina av., 31, Petrozavodsk, 185910, Russia; office phone +7(814)2-711-068, fax +7(814)2-713-216.

Шабает Антон Игоревич — канд. техн. наук; зам. директора ИТ-Парка ПетрГУ, доцент кафедры прикладной математики и кибернетики ПетрГУ. Область научных интересов: математическое моделирование систем управления, методы решения оптимизационных

задач и их применение в управлении организациями и предприятиями, промышленная автоматизация. Число научных публикаций — 40. ashabaev@petsu.ru; Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина, д.31, Петрозаводск, 185910, РФ; р.т. +7(814)2-713-210, факс +7(814)2-713-216.

Shabaev Anton — Ph.D.; Deputy Director of the PetrSU IT-Park, associate professor of applied mathematics and cybernetics chair of PetrSU. Research area: mathematical modeling of control systems, methods of the optimization problems solution, industrial automation. Number of publications — 40. ashabaev@petsu.ru; Petrozavodsk State University, Lenina av., 31, Petrozavodsk, 185910, Russia; office phone +7(814)2-713-210, fax +7(814)2-713-216.

Архипов Иван Владимирович — ведущий программист IT-Парка ПетрГУ, призер командного чемпионата мира по программированию среди студентов (Канада, 2008г., бронзовая медаль). Область научных интересов: проектирование прикладных информационных систем, технология разработки программного обеспечения, методы решения оптимизационных задач. Число научных публикаций — 9. iarhipov@petsu.ru; Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина, д.31, Петрозаводск, 185910, РФ; р.т. +7(814)2-713-224, факс +7(814)2-713-216.

Arhipov Ivan — a leading developer of IT-Park of PetrSU, medalist of the world team championship on programming among students (Canada, 2008, bronze medal). Research area: information systems applications designing, software engineering, methods of the optimization problems solution. Number of publications — 9. iarhipov@petsu.ru; Petrozavodsk State University, Lenina av., 31, Petrozavodsk, 185910, Russia; office phone +7(814)2-713-224, fax +7(814)2-713-216.

Кашевник Алексей Михайлович — канд. техн. наук; старший научный сотрудник лаборатории интегрированных систем автоматизации СПИИРАН. Область научных интересов: управление знаниями, профилирование, онтологии, интеллектуальные пространства, логистические системы. Число научных публикаций — 85. alexey@iias.spb.su; СПИИРАН, 14-я линия, д.39, Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-8071, факс +7(812)328-0685.

Kashevnik Alexey — Ph.D.; senior researcher of the laboratory of computer aided integrated systems institution of the Russian Academy of Sciences, SPIIRAS. Research area: knowledge management, profiling, ontologies, smart-spaces, logistics systems. Number of publications — 85. alexey@iias.spb.su; SPIIRAS, 14th Line V.O., 39, Saint-Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-8071, fax +7(812)328-0685.

Поддержка исследований. В публикации представлены результаты исследований, выполненные при финансовой поддержке программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности, а также исследований, поддержанных грантом РФФИ 10-07-00368-а.

Рекомендовано лабораторией ИСА, зав. лаб. А.В. Смирнов, д-р техн. наук, проф.
Статья поступила в редакцию 10.10.2012

РЕФЕРАТ

Воронин А.В., Кузнецов В.А., Шабаев А.И., Архипов И.В., Кашевник А.М. **Разработка и реализация системы управления лесопильным производством.**

В статье приводится описание разработки и программной реализации системы планирования управления лесопильным производством. Цель технологического процесса лесопиления состоит в получении из круглых лесоматериалов пиломатериалов различного назначения и технологической щепы. Распиловка бревен на пиломатериалы производится по заранее разработанному плану в соответствии с поставом (схемой раскроя отдельного бревна). При планировании производства сначала производится расчет по отдельным поставам, затем составляется план раскроя всего пиловочного сырья, с целью наиболее эффективного выполнения спецификационного задания из имеющегося сырья.

Задача расчета поставов содержит определение размеров и числа досок, которые можно получить из бревна заданных качества, длины и диаметра. Поиск решения усложняется необходимостью учета большого количества ограничений, обусловленных параметрами производственного оборудования и особенностями заказов. Данная задача может быть решена с использованием методов линейного программирования, в частности, метода генерации столбцов. Алгоритм расчета оптимального столбца сводится к вспомогательной задаче поиска оптимального распила усеченного конуса на параллелепипеде с учетом большого количества ограничений.

Для решения сложных оптимизационных задач планирования лесопильного производства был разработан модуль UPS.Solver («универсальный решатель»), в составе которого создана специальная структура данных для повышения эффективности хранения и использования данных с учетом структуры подматриц – «матричный конструктор». На основе UPS.Solver разработаны алгоритмы эффективного решения задач сложного раскроя, включая линейные и нелинейные задачи оптимизации, задачи высокой размерности, многоцелевые задачи с комбинированными критериями.

Пользовательский интерфейс системы «Планирование лесопильного производства» позволяет осуществлять ввод исходных данных, расчет оптимального плана выработки продукции в течение заданного промежутка времени, а также формировать различные отчеты в виде таблиц и диаграмм.

Программная система была апробирована на реальных данных лесопильных предприятий. Специалисты предприятий подтвердили экономию сырья, повышение прибыли, сокращение простоев оборудования при использовании разработанной программной системы планирования лесопильным производством.

SUMMARY

Voronin A.V., Kuznetsov V.A., Shabaev A.I., Arhipov I.V., Kashevnik A.M.
Research and development of a software system for sawmill operation planning.

The paper describes research and development of software system for optimal planning of sawmill operation. The aim of the sawing process consists in processing round wood into sawn lumber, as well as technological wood chips. The logs are cut into sawn lumber according to a plan, developed in advance. The sawing pattern is a scheme of sawing of a separate log (or sorting group of logs with approximately same diameters) into sawn lumber of demanded sizes. After the calculation of sawing patterns for each sorting groups of logs, a monthly plan of cutting of all raw material is made. Preparation of such plan is a highly responsible task, because one of the main targets is to produce required lumber from available raw materials with minimal waste.

The problem of sawing patterns calculation consists in specification of sizes and number of lumber to be cut from each log of given quality, length and diameter. The solution of this problem must also take into account all features, limitations and parameters of process equipment, as well as of raw material and production orders. The problem can be solved by using linear programming methods. In particular, the columns generation method is used. The solution of auxiliary optimization problem involves solution of the problem of optimal cut of truncated cone to parallelepipeds with a considerable number of constraints.

The software system for sawmill operation planning is implemented using specialized versatile library, which includes module («the versatile solver») for solution of complicated optimization problems related to production planning. The, «versatile solver» contains a special data structure («the matrix designer»), which increases the efficiency of storing and using the main constraints matrix by splitting it into sub-matrices. Based on the "versatile solver", algorithms for effective solution of complicated cutting problems were implemented, including linear and nonlinear optimization problems, high-dimension problems, problems with combined criteria, etc.

The user interface allows input of initial data, calculation of optimal production plans for given time period, as well as generation of various reports (tables and diagrams).

The software system was tested on real operating data of several sawmills. Saving of raw materials, improving of monthly profit and reduction of idle times were confirmed by the staff of the mills.