Программная система планирования лесопильно-деревообрабатывающего производства Opti-Sawmill

А.И. Шабаев, И.В. Архипов, А.В. Саливоник (ООО "Опти-Софт")

Приводится описание назначения, архитектуры и основных модулей программной системы Opti-Sawmill, разработанной для решения задач оптимального планирования и управления лесопильно-деревообрабатывающим производством. Поясняется необходимость проведения исследований и разработок в этой области, приведены примеры внедрений системы на промышленных предприятиях, показана экономическая эффективность от ее использования. Отмечено, что развитие системы продолжается[1].

Ключевые слова: планирование производства, оптимизация, лесопильно-деревообрабатывающее производство, хранение и обработка данных.

Введение

В настоящее время в мире в целом и в России, в частности, наблюдается устойчивая тенденция к росту объемов производства и потребления пиломатериалов. Этому в том числе способствует возрастание значимости древесины как универсального, натурального, возобновляемого и экологически чистого материала.

Вслед за ростом объемов производства пиломатериалов у соответствующих предприятий растет потребность в решении задач, связанных с автоматизацией производственных и ТП. Без этого невозможно качественное и эффективное исполнение производственных заказов, которые реализуются в условиях большого числа внешних и внутренних ограничений. На большинстве предприятий отрасли имеются учетные системы, но почти не встречаются системы управления и поддержки принятия решений с функциями планирования, план-фактного анализа, экономического анализа и др. Кроме того, растет актуальность повышения детализации и качества прогнозов, что может быть достигнуто путем интеграции информационных систем с технологическим оборудованием (линии переработки бревен и пиломатериалов). В отрасли всегда имелся интерес к инструментам, позволяющим осуществлять планирование и управление, при этом наибольший интерес вызывают информационно-аналитические системы, позволяющие при принятии решений охватывать как можно больше производственных переделов.

Коллектив ООО «Опти-Софт», созданный при Петрозаводском госуниверситете (ПетрГУ) в рамках ФЗ 217, имеет многолетний опыт выполнения проектов по разработке и применению математических моделей, методов и комплексов программ для решения задач планирования производства. В промышленную эксплуатацию внедрено >150 программных систем, прежде всего, на предприятиях лесопромышленного комплекса (ЛПК).

Опыт выполнения этих проектов позволил сформулировать общие задачи планирования и управления лесопильными и деревообрабатывающими производствами и предложить решение в рамках программной системы Opti-Sawmill.

В России и Европе существуют и другие системы планирования и управления лесопильными и деревообрабатывающими производствами, среди которых следует отметить SAWSIM®-LP (HALCO Software Systems Ltd., Канада, http://www.halcosoftware.com), Timber Commerce (TimberTec AG, Германия, http://www.timbertec.com).

Преимущества системы Opti-Sawmill по сравнению с известными аналогами заключаются в:

– более широком охвате технологической цепочки производства (от бревен до готовой продукции) и решении комплексной задачи оптимизации для всей цепочки, а не отдельных элементов;

– более гибкой адаптации системы к специфическим особенностям технологических и бизнес-процессов предприятий-заказчиков путем изменения критериев эффективности, ограничений и приоритетов, в том числе «на лету»;

– возможности решения более сложных задач оптимального объемного и календарного планирования производства с использованием уникальных алгоритмов и структур данных (что обусловлено более широким охватом технологической цепочки и высокой гибкостью адаптации);

– наличии дополнительных модулей, в том числе для расчета управленческой себестоимости продук-

[1] Работа выполняется при финансовой поддержке проекта № 24046 Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

ции; управления заказами, складской и производственной логистикой и др.;

Указанные преимущества позволяют «Опти-Софт» предлагать рынку конкурентную систему, позволяющую клиентам достичь более высокой прибыльности своего производства.

Типовые проблемы при производстве пиломатериалов

Опыт ранее выполненных авторами проектов по автоматизации лесопильных и деревообрабатывающих предприятий позволил выделить ряд проблем, часто возникающих при организации производства, среди которых следует отметить следующие:

— сложность планирования работы линий лесопиления, сушильного комплекса и перерабатывающих линий из-за большого числа производственных заказов;

— снижение объемного выхода полуфабрикатов вследствие недостаточно эффективного планирования раскроев;

— повышение объемов невысушенных пиломатериалов вследствие несогласованности объемного и календарного планов;

— недостаточно эффективное использование производственных мощностей вследствие неэффективного планирования и отсутствия обратной связи от производства к планированию;

— недостаточно эффективное управление заказами вследствие отсутствия оперативной обратной связи от производства к коммерческим службам.

Внедрение и использование комплексных автоматизированных систем планирования и управления производством, к числу которых относится ПО Opti-Sawmill, делает возможным эффективное и качественное решение этих проблем.

Задачи планирования лесопильного и деревообрабатывающего производства

Целью систем планирования и управления лесопильным и деревообрабатывающим производством является составление планов по выпуску пиломатериалов определенного объема при минимальном расходе материала с учетом производительности и времени переналадки оборудования, приоритетов и сроков выполнения заказов. Для достижения этой цели моделируется сложный многоэтапный процесс [1]:

– поиск технически возможных, рациональных по затратам материала вариантов раскроя сортировочных групп бревен (задаваемых диапазоном диаметров) на пиломатериалы различных размеров;

– определение объемов поставов, обеспечивающих заданные объемы выхода пиломатериалов;

– расчет моментов запуска поставов на распиловку;

– выбор для каждой партии пиломатериалов сушильной камеры с расчетом моментов ее загрузки и выгрузки;

– расчет моментов загрузки оборудования последующей обработки (строжка, торцовка, склейка

Строители каналов пускают воду,
лучники подчиняют себе стрелу,
плотники подчиняют себе дерево,
мудрецы смиряют самих себя.

Будда

и т.д.) с учетом производительности, времени переналадки и многих иных условий.

Процесс планирования включает решение ряда задач, наиболее важными из которых являются:

1) расчет долгосрочного объемного плана производства (как правило, на месяц). Результаты расчета используются при планировании потребностей в материалах и загрузки производственных мощностей;

2) расчет краткосрочного календарного плана производства (главный календарный план), в процессе которого определяется дата выработки для каждого заказа с учетом загрузки технологических линий и особенностей производства каждого пиломатериала;

3) расчет оперативного плана работы линии лесопиления, в процессе которого определяются поставы, оптимальные по различным критериям, и производственные задания, оптимальные с точки зрения переналадок оборудования и иных условий (минимизация простоев, снижение незавершенного производства и т.д.);

4) расчет оперативного плана работы сушильных камер и перерабатывающих линий, в процессе которого определяются оптимальные цепочки переделов с учетом равномерности загрузки линий производства; взаимозаменяемости оборудования; технологических зависимостей оборудования;

5) расчет оперативных и долгосрочных потребностей в сырье.

Выше перечислены сложные многокритериальные задачи оптимизации, решение каждой из которых требует согласования целей и задач различных производственных подразделений. Например, в качестве целей (критериев оптимизации) могут выступать:

– максимизация объемного выхода пиломатериалов;

– максимизация прибыли от реализации продукции;

– минимизация простоев сушильных камер;

– минимизация объема невысушенной продукции;

– минимизация занятости персонала в ночное время и праздничные дни;

– равномерность загрузки технологических линий.

Для решения указанных (а также и возникающих иных) задач планирования требуется применение сложных алгоритмов расчета, однако позволяющих находить решение на типовых вычислительных устройствах (ПК, ноутбуках) за достаточно короткое время (не превышающее нескольких минут или даже секунд). В случае невозможности нахождения оптимального решения за допустимое время, найденное приближенное решение должно отличаться от опти-

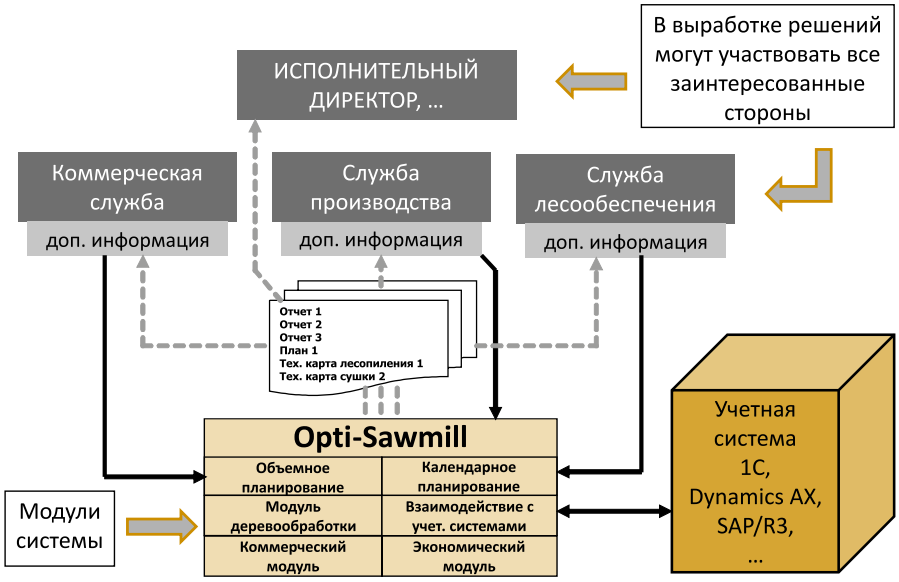

Рис. 1. Схема взаимодействия Opti-Sawmill с различными службами и системами предприятия

мального значения целевой функции не более чем на 1%. В случае отсутствия допустимых решений должны выдаваться рекомендации по модификации ограничений. Кроме того, алгоритмы должны поддерживать адаптивную настройку на имеющуюся конфигурацию оборудования и используемые технологии производства. Программная система должна допускать режимы ручного, автоматического и комбинированного расчетов планов с автоматической корректировкой либо диалоговой поддержкой решений оператора. Все указанные (и другие) требования успешно реализованы в ПО "Opti-Sawmill".

Описание ПО "Opti-Sawmill"

Разработанная "Опти-Софт" система Opti-Sawmill позволяет охватить все производственные и бизнес-процессы предприятия: оценка заявок от покупателей (коммерческий модуль), долгосрочное и оперативное планирование производства с возможностью оптимизации (модули объемного и календарного планирования и деревообработки), расчет финансово-экономических показателей (экономический модуль). Модуль интеграции позволяет предприятию организовать в единой базе решение учетных и оптимизационных задач.

Схема взаимодействия "Opti-Sawmill" со службами и системами предприятия представлена на рис. 1.

В системе реализован удобный пользовательский интерфейс, который позволяет осуществлять ввод исходных данных, расчет оптимального объемного и календарного планов, обмен данными с учетной системой предприятия, а также формировать различные отчеты в виде таблиц и диаграмм (рис. 2).

Коммерческой службе система позволяет решать следующие задачи:

– оценка спецификаций (заказов) с точки зрения их исполнимости по затратам, объемам, качеству (при наличии учета), остаткам, срокам;

– выработка оптимальных спецификаций (заказов) на основе ресурсов, имеющихся у предприятия на текущий момент или в перспективе;

– выявление невыгодных позиций (сечений, длин) в спецификациях;

– контроль над фактическим выполнением спецификации;

– корректировка уже исполняемых производственных программ, анализ возможных параметров их исполнения и последствий внесения изменений.

Службе производства система позволяет решать следующие задачи:

– расчет технологических карт производства (поставы, схемы загрузки сушильных камер, схемы сортировки пиловочника);

– создание объемно-календарного плана производства, охватывающего основные технологические этапы;

– поддержка в режиме реального времени сотрудников по управлению производством путем выработки решений в случае внешних и внутренних отклоняющих факторов;

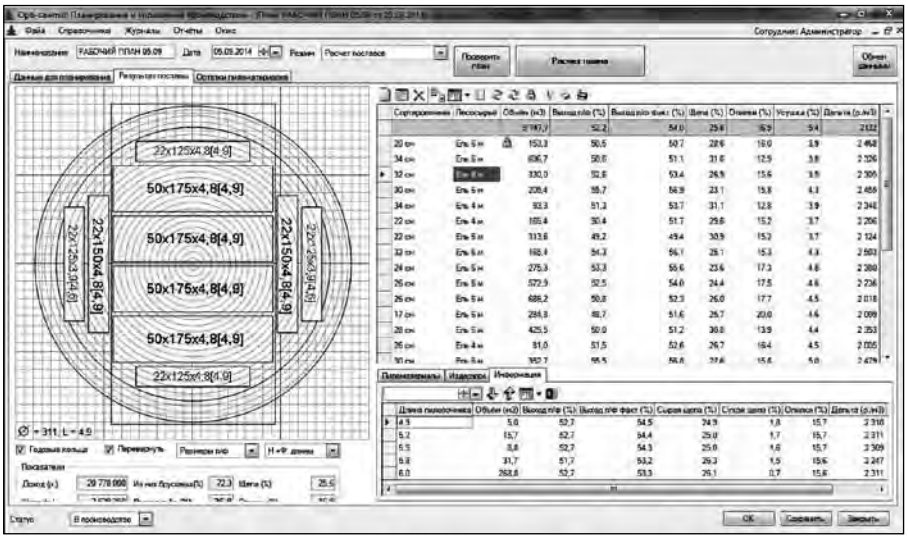

Рис. 2. Пример интерфейса пользователя (расчет объемного плана)

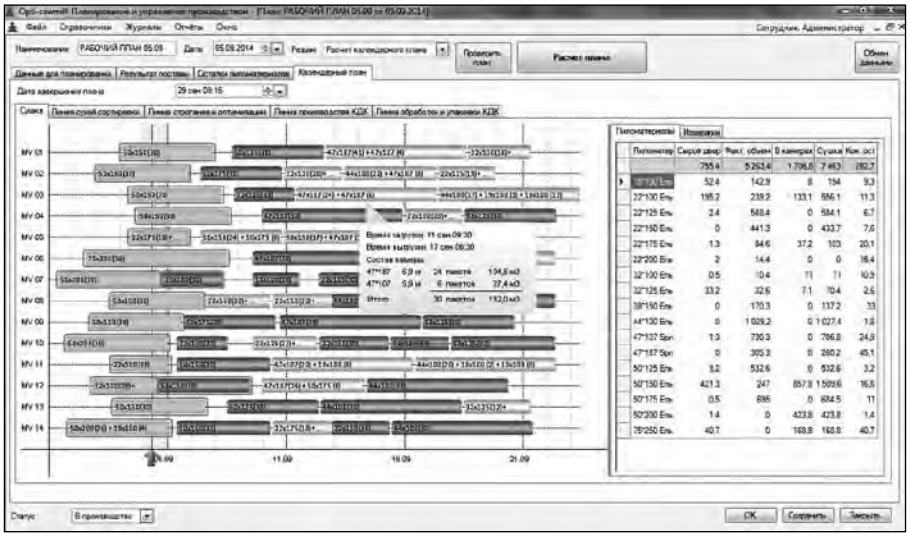

Рис. 3. Пример интерфейса пользователя (расчет календарного плана для сушильного комплекса)

– выявление «узких мест» производства с разных точек зрения (сырье, заказы, сроки, технологические ограничения).

Службе лесообеспечения система позволяет решать следующие задачи:

– оценка необходимых ресурсов с точки зрения потребности в них по объемам, качеству (при наличии учета) и срокам;

– анализ лесосырьевых стратегий (моделирование различных ситуаций по обеспечению сырьем) и их влияние на бизнес-процессы предприятия;

– расчет технологических карт по сортировке сырья, в том числе с учетом ограничений;

– оптимизация «оборотного капитала» предприятия за счет корректировки сырьевых запасов по объему и срокам.

Одной из основных отличительных особенностей системы, обеспечивающих ее превосходство над известными аналогами, является наличие библиотеки модулей для решения оптимизационных задач [2, 3], в которой реализованы передовые высокоэффективные алгоритмы и структуры данных собственной разработки для решения прикладных задач оптимального планирования и управления лесопильным и деревообрабатывающим производством. Необходимость учета дискретности производственных процессов и продукции, очередности выполнения работ, влияния большого числа внешних факторов и т.д. приводит к нелинейности, высокой размерности и многокритериальности возникающих задач. Поэтому их эффективное решение требует разработки специальных алгоритмов и структур данных, реализованных ПетрГУ и «Опти-Софт» в библиотеке программных модулей («универсальный решатель») [2, 3], которая постоянно дополняется новыми возможностями. Одной из недавних доработок является применение параллельных вычислений для повышения скорости расчетов, а также генетических алгоритмов.

Примеры применения ПО "Opti-Sawmill"

С 2010 г. по настоящее время система внедрена либо апробирована на реальных данных шести предприятий России: ООО "Медвежьегорский ЛПХ", ООО "Сегежский ЛДК", ЗАО "Соломенский Лесозавод", ОАО "Сокольский ДОК", ООО "Устьянская лесоперерабатывающая компания", ООО "ЛДК-2" (Вытегра).

Система позволяет рассчитывать оптимальные объемные и календарные планы, учитывая значительные объемы данных:

– 1...5 линий сортировки бревен, у каждой >25 настроек;

– 1...10 линий лесопиления, у каждой >30 настроек;

– 3...50 сушильных камер, у каждой >100 программ сушки;

– объем перерабатываемого сырья: 5...150 тыс. $м^3$/мес.;

– объем выпуска готовой продукции: 2,5...75 тыс. $м^3$/мес.;

– 100...10000 пакетов полуфабрикатов и готовой продукции на 10 переделах;

– число сортировочных групп бревен: до 60 (диаметром 8...44 см и длиной 4.1...6 м) в месяц;

– число сорторазмеров продукции (сочетаний сечений, сортов, длин, пород и т.д.): >500 ед./мес.

Практическое использование позволило обеспечить следующий экономический эффект:

– повышение объемного выхода пиломатериалов на 1,0 ...1,6%;

– снижение запасов в технологической цепи на 15...38%;

– снижение технологических издержек (фонд оплаты труда, ГСМ, энергия и др.) на 3,7 ...4,5%;

– сокращение сроков выполнения заказов, более точная работа с клиентом по срокам;

– обоснованное сокращение или исключение «невыгодных» позиций в заказе.

Время расчета оптимальных планов при этом составляет:

– 1...3 мин для объемного плана (на любой заданный промежуток времени от 1 смены до 1 года);

– 1...2 мин для календарного плана (на промежуток от 1 смены до 1 мес.).

Такая высокая скорость расчета очень важна, так как позволяет персоналу предприятия оперативно осуществлять согласованный пересчет всей производственной программы на период до 30 календарных дней по всем переделам при возникновении значимых отклонений (изменение валютных курсов, отклонения по выходу продукции и поступившему сырью, отказ оборудования, поступление новых за-

казов и т.д.). Также особое внимание в интерфейсе пользователя уделено упрощению и ускорению ввода данных персоналом.

Ключевым этапом оценки эффективности использования системы является подтверждение со стороны заказчика, который, как правило, оценивает ее по множеству факторов, включая как реально полученные, так и потенциальные эффекты. С учетом модульности системы в каждом случае обосновывается эффективность каждого модуля в отдельности и всей системы в целом.

Одним из показателей оперативной оценки эффективности производственных программ является разность («дельта») между стоимостью сырья и выручкой от реализации пиломатериалов, щепы и опилок.

Ниже проиллюстрирован экономический эффект от использования системы по данному показателю на конкретных примерах месячных планов двух предприятий. На лесозаводе с объемом переработки сырья 20 тыс. м^3/мес. в системе рассчитывался только оптимальный объемный план (календарный план затем рассчитывался персоналом вручную). Эффект составил >1 млн. руб./мес. На другом лесозаводе с объемом переработки сырья 30 тыс. м^3/мес. система использовалась в режиме управления, то есть осуществлялся ежедневный согласованный пересчет объемного и календарного планов для коррекции возмущений, обусловленных динамикой реального производства. В этом случае дополнительный эффект по сравнению с только объемным планом составил еще >370 тыс. руб./мес. Кроме того, было обеспечено снижение среднесуточных остатков пиломатериалов в технологии на этапе «сырого двора» на >700 м^3/сут.

Заключение

По полученным оценкам, срок окупаемости системы и проекта по ее внедрению составляет заметно <1 года. При этом основными источниками эффектов являются: снижение затрат на сырье, используемое при производстве продукции, снижение объема полуфабрикатов и запасов в технологии, повышение использования производственной инфраструктуры и оборудования, а также сокращение времени на принятие решений по планированию и управлению производственными процессами.

Система постоянно развивается в целях унификации отражения особенностей технологических и бизнес-процессов заказчиков. Архитектура модулей системы позволяет с минимальными затратами дополнять ее функциональными возможностями по решению задач, стоящих как перед конкретным заказчиком, так и отраслью в целом.

Список литературы

1. *Воронин А.В., Кузнецов В.А., Шабаев А.И., Архипов И.В.* Разработка и практическая реализация системы оптимального планирования для лесопильного производства // Тр. СПИИРАН. №23. С.-Петербург: Изд. "Анатолия". 2012.
2. *Воронин А.В., Шабаев А.И., Печников А.А.* Конвейерная технология разработки программного обеспечения для управления производственными ресурсами и процессами // Перспективы науки. 2010. Т.4.
3. *Шабаев А.И., Архипов И.В., Урбан А.Р.* Разработка систем планирования производства с использованием «матричного конструктора» // В сборнике: XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН. 2014. С. 5011-5021.

***Шабаев Антон Игоревич** – канд. техн. наук, доцент, директор,*
***Архипов Иван Владимирович** – начальник отдела,*
***Саливоник Александр Владимирович** – канд. техн. наук, коммерческий директор ООО "Опти-Софт",*
Контактный телефон (8142) 71-32-10.
E-mail: ashabaev@opti-soft.ru

SYSGO
EMBEDDING INNOVATIONS

Приглашаем Вас принять участие в семинаре компании SYSGO (Германия)

PikeOS

Операционная система/гипервизор для встраиваемых систем, критически-важных для безопасности (safety) и защищенности (security)

Семинар проводится 28 октября в Москве
Предварительная регистрация по email: avdsys@aha.ru

Организатор семинара – дистрибьютор SYSGO в России
ООО «АВД Системы»
Тел: (916) 194-4271, email: avdsys@aha.ru