

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГОФРОТАРЫ

А.И. Шабает, Д.П. Косицын, Р.В. Сошкин (ООО "Опти-Софт"),

А.В.Воронин, В.А. Кузнецов (Петрозаводский государственный университет)

*Приводится описание назначения, архитектуры и основных модулей программной системы «Гофротара», разработанной для решения задач оптимального планирования и управления производством продукции из гофрированного картона. 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<sup>1</sup>.*

*Ключевые слова:* планирование производства, оптимизация, гофропроизводство, 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 упаковки из гофрированного картона. Гофрокартон является удобным и одним из самых универсальных упаковочных материалов, так как производится из возобновляемых видов сырья. Так, очень активно он используется в пищевой промышленности, на долю которой в России приходится около 50% рынка упаковки и около 70% рынка потребительской упаковки.

Согласно отчету Европейской организации производителей гофрокартона (FEFCO) рынок упаковки продолжает расти. В 2013 г. в Европе он вырос на 1,7% и превысил 35000 млн. м<sup>2</sup> (<http://www.fefco.org>).

В России в 2013 г. рынок продукции из гофрокартона вырос на 2,3%, в 2014 г. ожидается рост еще на 1,8...3,1% ([www.gofrotara.ru](http://www.gofrotara.ru)).

Вслед за ростом объемов производства гофрокартона у соответствующих предприятий растет потребность в решении задач, связанных с автоматизацией производственных и технологических процессов. Без этого невозможно качественное и эффективное исполнение производственных заказов, число которых составляет десятки тысяч в год. На большинстве предприятий имеются учетные системы, но сравнительно редко встречаются комплексные системы управления с функциями планирования, план-фактного анализа, экономического анализа и др. Кроме того, растет актуальность снижения человеческого фактора в целях повышения детализации и качества учета, что может быть достигнуто путем интеграции информационных систем с технологическим оборудованием (гофроагрегаты и линии переработки). Относительно недавно наметился рост интереса к инструментам для удаленного принятия решений и мобильным приложениям с использованием технологии "облачных" вычислений.

Коллектив Петрозаводского госуниверситета (ПетрГУ) и ООО «Опти-Софт», созданного в рамках Ф3-217, имеют многолетний опыт выполнения проектов по разработке и применению математических моделей, методов и комплексов программ для решения задач планирования производства. В про-

мышленную эксплуатацию внедрено >150 прикладных программных систем, прежде всего, на предприятиях лесопромышленного комплекса (ЛПК) и целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП). В их числе 18 систем, внедренных на предприятиях, выпускающих продукцию из гофрированного картона, среди которых такие крупные производители, как ОАО «Архангельский ЦБК», ОАО «Архбум» (филиал в г. Подольск), ПАО «Киевский КБК», ЗАО «ГОТЭК», ЗАО «Народное предприятие Набережночелнинский картонный комбинат им. Титова», ООО «Вереск-1» (Санкт-Петербург), ООО «ПП Гофрокомбинат» (г. Павловский Посад) и др. Опыт выполнения этих проектов позволил ПетрГУ и «Опти-Софт» сформулировать общие задачи планирования и управления производством гофротары и предложить унифицированные решения в рамках единой программной системы планирования производства (ПС ПП) «Гофротара», реализованной на базе платформы 1С:Предприятие 8.2

В России и Европе существуют и другие системы планирования и управления производством упаковки из гофрированного картона, среди которых следует отметить РС Topr (Neugebauer Rhapsod GmbH, Германия, <http://www.pctopp.com>), OMP Corrugated and Solid Board System (OM Partners, Бельгия, <http://ompartners.com/>).

Преимущества ПС ПП «Гофротара» по сравнению с известными аналогами заключаются в:

– более широком наборе функций, включающем все модули, имеющиеся в аналогичных системах, а также ряд дополнительных, в том числе расчет себестоимости продукции, финансовое планирование, управление запасами, управление продажами, складская и производственная логистика и др.;

– более гибкой адаптации 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 алгорит-

<sup>1</sup> Работа выполняется при финансовой поддержке проекта № 24046 Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, а также Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности.

мов и структур данных (что обусловлено более широким набором функций системы и ее более высокой гибкостью адаптации);

– более легкой поддержке и сопровождении за счет использования широко распространенной платформы 1С:Предприятие 8.2 (на текущий момент это в основном относится к предприятиям России и стран СНГ по известным причинам, однако через несколько лет ситуация может измениться);

– более низкой стоимости.

Указанные преимущества позволяют достичь более высокую прибыльность производства.

#### Типовые проблемы при производстве гофротары

Опыт ранее выполненных авторами проектов по автоматизации предприятий, выпускающих продукцию из гофрированного картона, позволил выделить ряд проблем, часто возникающих при организации производства, среди которых следует отметить следующие:

– сложность планирования работы гофроагрегатов и перерабатывающих линий из-за большого числа производственных заказов;

– большие потери сырья и материалов вследствие недостаточно эффективного планирования раскроев, графиков работы оборудования и перерабатывающих линий;

– недостаточно эффективное использование производственных мощностей вследствие неэффективного планирования и отсутствия обратной связи между планированием и производством;

– большое число заказов с небольшими объемами (< 1000 ед.), что увеличивает число переналадок гофроагрегатов и усложняет поиск раскроев гофрополотна;

– отсутствие единой базы при разработке конструкций ящиков, появление различных версий одних и тех же изделий;

– отсутствие оперативной обратной связи от производства к коммерческим службам;

– «затаривание» складов полуфабрикатов и готовой продукции вследствие неэффективной организации логистики;

– неточность и недостоверность производственного учета.

Внедрение и использование комплексных автоматизированных систем планирования и управления производством, к числу которых относится ПС ПП "Гофротара", делает возможным эффективное и качественное решение этих проблем.

#### Задачи планирования гофропроизводства

Целью систем планирования и управления гофропроизводством является составление планов по выпуску сбалансированного числа комплектов заготовок для изготовления картонной тары при минимальном расходе материала с учетом производительности и времени переналадки оборудования, приоритетов и сроков выполнения заказов. Для достижения поставленных целей моделируется сложный многоэтапный

процесс, включающий поиск технически возможных, рациональных по затратам материала вариантов раскроя полотна гофрокартона (шириной 150...250 см) на прямоугольные заготовки различных размеров; определение сочетаний и объемов раскроев, обеспечивающих сбалансированное число заготовок каждого комплекта конструкции ящика; расчет моментов запуска раскроев; выбор устройств последующей обработки заготовок с учетом производительности и времени переналадки оборудования и многих иных условий.

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

1) расчет долгосрочного объемного плана производства. 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 возможностей совместной выработки изделий на гофроагрегате;

3) расчет оперативного плана работы гофроагрегата, в процессе которого определяются оптимальные с точки зрения отходов сырья, схемы раскроя гофрополотна, оптимальные с точки зрения переналадок оборудования производственные задания, оптимальные объемы требуемого сырья и материалов при найденных схемах раскроя;

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

5) расчет оперативных и долгосрочных потребностей в сырье для производства продукции.

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

– минимизация числа заказов, у которых не совпадает рассчитанная дата выпуска и дата отгрузки, установленная отделом сбыта при приемке заказа;

– полнота объемов выполнения заказов;

– минимизация потерь сырья и материалов;

– минимизация числа заказов, выпуск которых разбивается на несколько дней;

– 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 опти-

мального решения за допустимое время, найденное приближенное решение должно отличаться от оптимального 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 ПС ПП "Гофротара".

### ПС ПП "Гофротара"

Разработанная ПетрГУ и "Опти-Софт" программная система "Гофротара" позволяет охватить все производственные и бизнес-процессы предприятия: регистрация заявок от покупателей, учет технологических карт, долгосрочное и оперативное планирование производства (с возможностью оптимизации), запуск и выполнение заказов, учет материальных ресурсов, отпуск готовой продукции. Ее использование позволит организовать в единой базе учет производственных заказов, учет выполнения производства и оптимально решить задачи планирования.

В состав программной системы входят 14 основных модулей (рис. 1).

– Планирование производства (автоматическое предварительное объемное планирование производственных заказов — оценка даты запуска заказа в производство, автоматическое планирование работы гофроагрегатов для большого числа форматов полотна, суточное планирование по открытым заказам, составление перечня рациональных раскроев по набору заданных заготовок, его редактирование, автоматическое выполнение расчетов оперативного

производственного плана работы цеха на различные горизонты времени — календарное производственное планирование, определение оптимальной очередности запуска изделий и механизмов доработки элементов конструкций ящиков, очередности раскроев с учетом сроков готовности и приоритетов заказов с целью минимизации времени выполнения всего пакета заказов и уплотнения графика работы оборудования, автоматические оперативное планирование работы технологических линий).

– Учет взаимоотношений с клиентами (учет контрагентов, учет договоров, ведение различной контактной информации по пользователю, анализ стадий взаимоотношений).

– Учет технологических карт по изготавливаемым изделиям (гофрокартон, гофроящики и пр.) и вспомогательных технологических данных (учет типов номенклатуры, марок, слоев картона, композиций сырья, вариантов изготовления и упаковки, расчет оптимальных схем погрузки на паллеты и др.)

– Учет технологической оснастки (ведение справочника технологической оснастки, учет выработки оснастки по выполненным заказам).

– Учет требований к новым изделиям (учет разработки технологических карт по заявкам-спецификациям, контроль создания новых изделий).

– Управление продажами (учет заявок от заказчиков, учет производственных заказов, учет реализации готовой продукции, планирование продаж, планирование отгрузки).

– Управление отгрузками (планирование отгрузок, контроль транспорта, путевые листы и сопроводительные документы).

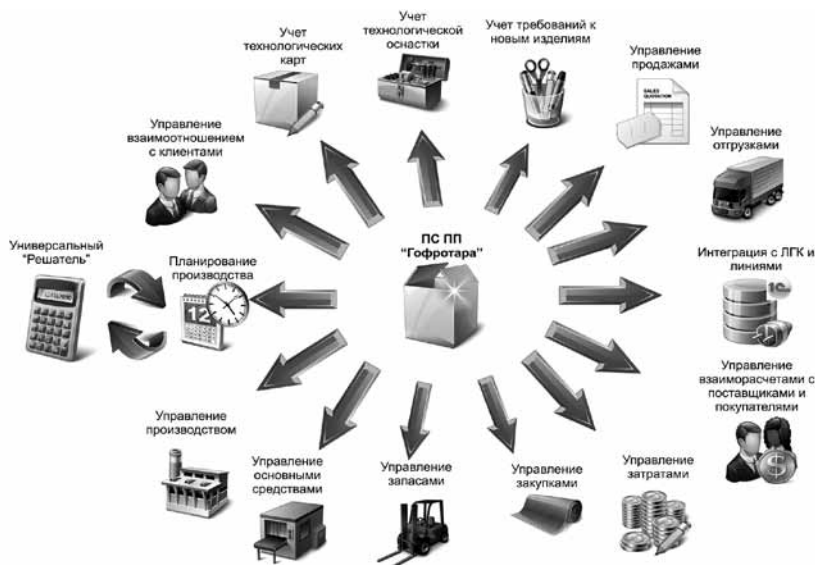
– Интеграция с технологическим оборудованием (гофроагрегаты и линии переработки).

– Управление взаиморасчетами (учет движения денежных средств от покупателей и поставщикам).

– Управление затратами (учет статей производственных затрат и механизмов их расчета, расчет нормативной и фактической себестоимости готовой продукции, учет прочих производственных затрат, корректировка производственных затрат, учет распределения производственных затрат).

– Управление закупками (учет заказов на поставку товарно-материальных ценностей (ТМЦ), учет поступления ТМЦ от поставщиков, учет мест хранения ТМЦ).

– Управление запасами (учет резервирования материалов, учет материалов по складам, в том числе по штрих-кодам, учет списания ТМЦ в производство по открытым заказам, контроль складских остатков ТМЦ, учет готовой продукции и полуфабрикатов, в том числе по штрих-кодам).



Основные модули ПС ПП "Гофротара"

– Управление основными средствами (учет технологического оборудования, учет технологических параметров оборудования).

– Управление производством (сменное планирование производства, учет выпуска готовой продукции в разрезе рабочих центров, диспетчеризация выполнения производственных заказов).

Одной из основных отличительных особенностей системы, обеспечивающих ее превосходство над известными аналогами, является наличие библиотеки модулей для решения оптимизационных задач [1, 2], в которой реализованы передовые высокоэффективные алгоритмы и структуры данных собственной разработки для решения прикладных задач оптимального планирования и управления производством гофротары. В отличие от «классических» постановок [3], прикладные задачи существенно усложняются необходимостью учета: дискретности производственных процессов и продукции; очередности выполнения работ, влияния большого числа внешних факторов и т. д. Эффективное решение возникающих задач (сложного раскроя, линейных и нелинейных, высокой размерности, многокритериальных и т. д.) требует разработки специальных алгоритмов и структур данных. Реализующая их библиотека программных модулей («универсальный решатель») разработан ПетрГУ и «Опти-Софт» [4–6].

Реализация на базе платформы 1С:Предприятие 8.2 также позволяет обеспечить использование системы с применением технологии «облачных» вычислений — доступ к модулям и функциям может быть предоставлен по сети Internet, в том числе на условиях аренды [5]. Это удобно, в частности, для организации совместного доступа к системе из разных офисов и городов, что особенно актуально для групп компаний. Модули «решателя» унифицированы для использования как в «локальной», так и в «облачной» реализации.

Одним из недавно завершенных внедрений является система планирования для ООО «Павлово-Посадский гофрокомбинат», выпускающего широкий ассортимент продукции из гофрокартона в объеме >10 млн. м<sup>2</sup> в месяц. На предприятии внедрены все модули ПС ПП «Гофротара». Дополнительно для данного заказчика реализованы модули штрих-кодирования продукции и учета готовой продукции по паллетам и ячейкам. Число пользователей в системе — > 70 чел.

#### Заключение

Опыт коллектива ПетрГУ и «Опти-Софт» по внедрению в промышленную эксплуатацию прикладных программных систем подтверждает, что использование систем, основанных на математических моде-

лях, методах и алгоритмах решения задач управления и планирования производства, позволяет во многих случаях обеспечить улучшение ряда экономических показателей (по сравнению с системами, не использующими сложные математические методы):

- гарантированно обеспечивать более низкий процент отходов по кромке гофропалатки на 2...4%,
- сократить сроки выполнения работ на 10...15%,
- снизить себестоимость продукции на 2...5%;
- упростить расчет себестоимости продукции,
- уменьшить время выполнения заказов на 10...15%,
- сократить время на формирование объемных и оперативных производственных планов на 50%.

Кроме того, внедрение информационной системы позволяет снижать объемы незавершенного производства на 3...10% за счет четкого оперативного планирования производства. Реализация модуля учета и планирования материальных ресурсов позволяет снижать складские запасы на 5...15%.

По полученным оценкам, срок окупаемости системы и проекта по ее внедрению составляет менее 1 года, при этом основными источниками экономии являются снижение затрат на материальные ресурсы, используемые при производстве продукции, хранение сырья, обслуживание технологического оборудования и организацию документооборота по производственным процессам.

Система регулярно дорабатывается 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., Шаббаев 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., Шаббаев А.И., Печников А.А. Конвейерная технология разработки программного обеспечения для управления производственными ресурсами и процессами // Перспективы науки. 2010. Т.4.
3. Таха Х.А. Введение в исследование операций. М.: Вильямс. 2005.
4. Фримен А., Сандерсон С. ASP.NET MVC 3 Framework с примерами на C# для профессионалов. Вильямс. 2011.
5. Antonopoulos N., Gillam L. Cloud Computing: Principles, Systems and Applications. Springer. 2010.
6. Шаббаев А.И., Косицын Д.П., Шабалина И.М., Архипов И.В., Апанасик Ю.А. «Облачные» сервисы оптимального планирования для предприятий ЦБП и ЛПК//Автоматизация в промышленности. 2013. № 4.

*Шаббаев Антон Игоревич — канд. техн. наук, директор, Косицын Дмитрий Петрович — канд. техн. наук, зам. директора, Сошкин Роман Владимирович — канд. техн. наук, начальник отдела ООО «Опти-Софт», Воронин Анатолий Викторович — д-р. техн. наук, ректор Кузнецов Владимир Алексеевич — д-р. техн. наук, профессор Петрозаводского государственного университета*  
Контактный телефон (8142) 71-32-10.  
E-mail: ashabaev@opti-soft.ru