

СИСТЕМЫ ОПТИМИЗАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИХ В ВИНК

А.С. Хохлов, А.И. Коннов, А.Е. Зельдин (ЗАО "Хоневелл")

Рассматриваются подходы к решению задачи планирования деятельности ВИНК¹ с использованием оптимизационных систем. Рассмотрены задачи разработки, внедрения и сопровождения этих систем. Эти задач управления в современной классификации входят в группу APS (Advanced Planning & Scheduling). На основе большого опыта внедрения и регулярного сопровождения систем оптимизации в ОАО "ЛУКОЙЛ" сформулированы общие требования, необходимые для успешного использования таких систем в вертикально интегрированных нефтяных компаниях.

Ключевые слова: APS, RPMS, ВИНК, планирование, оптимизация, автоматизация, повышение эффективности, горизонт планирования, технология R_SAND.

Задачи планирования для ВИНК

В ходе планирования производственной деятельности ВИНК можно выделить несколько задач планирования [1 – 6], связанных между собой.

- **Задача размещения.** Необходимо разместить собственные и приобретенные сырьевые ресурсы по направлениям (с учетом разных финансово-коммерческих схем): на продажу (куда, сколько, каким маршрутом), на переработку (на собственные и/или арендованные мощности);

- **Задача производства.** Необходимо переработать сырье на производственных мощностях, определить выход товарной продукции и при необходимости приобрести дополнительное сырье;

- **Задача поставки.** Необходимо поставить товарную продукцию, исходя из имеющегося ресурса и потребностей на различных направлениях.

Эти задачи должны быть реализованы в совокупности с наибольшей эффективностью для компании (или для группы компаний). В качестве критерия эффективности обычно выбирается общая маржинальная прибыль.

Наиболее естественным способом решения этих задач является использование эффективных методов математической оптимизации [2]. Для этого необходимо сформулировать математическую модель, обеспечить ее исходными данными и решить с использованием этих методов. Надежным и широко используемым методом является симплекс-метод решения задач линейного программирования (ЛП). Применяют и модификации этого метода, предназначенные для решения нелинейных оптимизационных задач.

Предприятие должно уметь эффективно решать эти задачи на различных горизонтах планирования. Каждая из задач имеет свое модельное описание и при смене горизонта планирования (месяц, квартал, год и более года) требуется переходить на соответст-

вующий уровень ее детализации. Можно выделить два временных интервала.

- **Уровень стратегического планирования** (горизонт планирования – год и более). Для таких задач не требуется чрезмерная детализация получаемых решений так же, как невозможно предоставить и точные значения исходных данных. Как правило, основное внимание в таких задачах уделяется анализу прогнозов. Эти прогнозы включают различные сценарии изменений (структурные, технологические, экономические) как внутри компании, так и вне ее – на стратегической перспективе. В этом случае возможно построение агрегированной модели для решения глобальной задачи планирования, включающей указанные сферы деятельности ВИНК.

- **Уровень текущего планирования** (горизонт планирования – от месяца до года). Решения, полученные в этих задачах, используются для принятия оперативных решений и требуют детального учета всех влияющих факторов. Создать агрегированную модель, описывающую с требуемой детализацией все три задачи, и обеспечить ее необходимым набором достоверных данных за сроки, отводимые на формирование планов, невозможно. Требуемого уровня детализации можно достичь, только построив для задачи планирования три взаимосвязанные модели. Каждая из этих моделей использует свои средства актуализации данных и имеет свою специфику. Синхронизация полученных решений оказывается в этом случае менее трудоемкой, чем задача по получению данных и оперативному учету происходящих изменений.

Еще одним важным фактором, необходимым для успешного решения поставленных задач, является возможность интеграции систем планирования в информационное окружение компании. Большой объем данных, необходимых для формирования планов, делает сложным или невозможным ручной

¹ВИНК – вертикально-интегрированная нефтяная компания, охватывающая добычу сырья, переработку и сбыт товарной продукции.

ввод. Поэтому системы планирования должны обладать возможностью импорта необходимых исходных данных из соответствующих систем. Точно так же необходимость использовать полученные планы в смежных системах требует, чтобы подготовленные планы были доступны в электронном виде другим информационным системам.

Эти требования привели к созданию ряда моделей, различающихся по способу генерации, актуализации и сопровождения.

Существующие решения

Наиболее популярные ERP (Enterprise Resource Management – системы управления производством на уровне предприятия), например, система SAP/R3, имеют универсальные средства обмена информацией, но опыт показал, что заложенные в их оптимизационные подсистемы стандартные средства не обеспечивают автоматическую генерацию модели ЛП, отражающей требуемую сложность бизнес-процессов ВИНК. Одним из возможных решений является унификация бизнес-процессов, но это крайне сложно и часто выходит за уровень ответственности разработчика средств автоматизации.

Методы решения

Многолетний опыт использования системы RPMS [7, 8] и связанных с ней подсистем на нефтеперерабатывающих предприятиях России и стран СНГ позволил нам в качестве средства решения получаемых задач ЛП применять именно RPMS². Поскольку эта система предназначена для решения задач планирования производства НПЗ³, то для решения задач размещения и поставки потребовалось разработать специальный формат представления данных модели, которые можно было бы подавать на вход RPMS. Чтобы обеспечить пользователям возможность формирования такой модели, разработан графический интерфейс пользователя, использующий термины предметной области, с хранением данных в СУБД.

Для задач размещения и поставки формируются модели распределительного типа, которые учитывают финансово-коммерческие и маршрутные схемы, описывающие условия доставки продукции потребителям. БД приложения предназначена для ведения справочников, хранения исходных данных задачи планирования, результатов решения, параметров пользовательских отчетов, настроек интерфейса пользователя и т.п. Кроме того, БД связана с корпоративным окружением средствами экспорта/импорта (использован унифицированный формат обмена – XML-формат, eXtended Markup Language). На основе имеющихся исходных данных автоматически генерируется модель распределения продукции и строится

задача ЛП в формате используемой оптимизационной системы. Результаты решения полученной задачи из оптимизационной системы поступают в БД. По результатам решения выдаются отчеты – стандартные и пользовательские.

Для задач производства формируются модели преобразовательного типа, которые учитывают химико-технологическую специфику производства (например, объекты НПЗ/НХК), качество от сырья до товарной продукции с ограничениями в виде спецификаций ГОСТ/ТУ, экономику основного и вспомогательного производства и т.п. Полученные задачи оптимизации, как правило, нелинейные и решаются методом последовательного ЛП. Результатами расчета плана производства являются стандартные и пользовательские отчеты в формате EXCEL.

Описанные оптимизационные системы информационно взаимосвязаны как между собой, так и с корпоративным окружением, включая и ERP системы, такие как SAP/R3, и являются основным инструментом при принятии управленческих решений в ВИНК.

Система планирования производства

Задача производства, то есть планирования работы производства для объектов НПЗ/НХК/ГП/ХП/ЗМУ [1, 5], традиционно на практике решается с использованием систем типа RPMS. Решение этой задачи сводится к формированию оптимизационной RPMS-модели, в которой необходимо учитывать:

- качество поступающих нефтей, промежуточных потоков с технологических установок, товарных нефтепродуктов (то есть необходимо увязать качество и технологию компаундирования на производстве всех потоков от нефти до нефтепродуктов);
- условия на вход/выход технологических установок для различных видов сырья и режимов работы, сезонные нормы потребления вспомогательных материалов, энергии в диапазоне работы установки;
- ограничения, отражающие технологию переработки, мощность установок и график ремонтов на горизонте планирования, запасы и внешнюю рыночную ситуацию. К ним относятся ресурсные, ассортиментные, производственные, спецификационные ограничения и баланс потоков (объемный и весовой);
- экономику переработки, включая стоимость всей номенклатуры потребляемого сырья, товарных нефтепродуктов, вспомогательных материалов и энергии.

В качестве критерия оптимизации используется маргинальная прибыль (товарный выпуск продукции НПЗ минус затраты на сырье, минус условно-временные производственные затраты).

² RPMS – Refinery and Petrochemical Modeling System – компьютерная программа для расчета оптимального плана деятельности нефтеперерабатывающего предприятия.

³ НПЗ/НХК/ГП/ХП/ЗМУ – нефтеперерабатывающий завод, нефтехимический комбинат, газоперерабатывающее производство, химическое производство, завод минеральных удобрений.

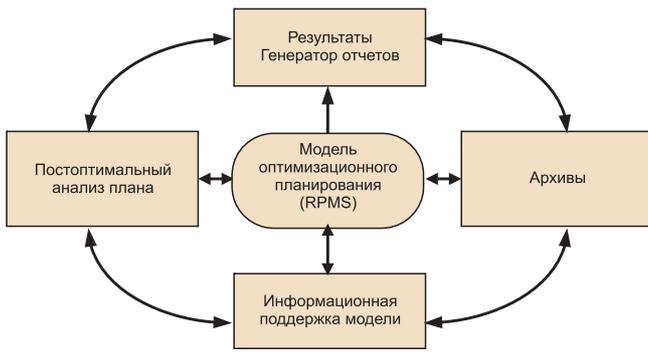


Рис. 1. Функциональное окружение задачи планирования производства

Опыт использования этих моделей для российской нефтепереработки показал, что важными вопросами являются ввод достоверных исходных данных и настройка используемой модели, так чтобы она соответствовала реальному состоянию установок (актуализация модели [8, 9]). Авторами развивается ряд подходов к решению проблем достоверности данных и способов актуализации модели:

- использование системы ASSAY2 [9] для ведения БД по фактически поступающей на предприятие нефти;
- переход к многопериодным моделям производства с переменной длиной периодов (декада, неделя и менее);
- обеспечение в модели строгой зависимости плановых материальных балансов установок первичной переработки нефти от прогнозируемого качества нефти;
- применение ПО актуализации подмоделей первичных и вторичных процессов в модели планирования, предназначенного для их автоматизированной настройки;
- применение специализированного ПО типа "план-факт", предназначенного для контроля выполнения плана. Такая система объединяет данные о запланированном и фактическом режиме работы завода, что позволяет, в том числе оценивать качество используемой модели;
- применение ПО диагностики, предназначенного для проверки корректности модели и полученного решения.

Для успешного использования оптимизационной модели и анализа результатов моделирования требуется дополнительное функциональное окружение [10] (рис. 1), которое должно обеспечить:

- информационную поддержку модели для ее актуализации как перед расчетом, так и в ходе поиска оптимального решения;
- генерирование одно- и многопериодных отчетов как стандартных, так и специализированных в наиболее удобном виде, выдача потоковых схем для технологических служб НПЗ;
- ведение архивов для оперативного сохранения и восстановления различных версий моделей и результатов расчета;
- постоптимальный анализ плана, позволяющий по результатам решения рассчитать, например, полные

затраты на реализацию оптимального плана и способы разнесения этих затрат по товарным продуктам.

Эффективная эксплуатация оптимизационных моделей достаточной сложности и большой размерности предполагает наличие специалиста высокой квалификации, сочетающего как знания возможностей системы и технологических особенностей производства, так и базовые знания в области математического программирования.

Подобная квалификация позволит специалисту осмысленно сопровождать оптимизационную модель, интерпретировать решение и возникающие отличия плана от факта. Реально квалификация такого уровня специалиста предполагает:

- 2...3 года стажа работы с системой;
- наличие обучающих курсов и регулярной помощи консультантов по системам оптимизации;
- уверенное использование ПО актуализации, ПО диагностики, ПО "план-факт" для анализа модели и полученного плана и ПО постоптимального анализа плана (расчет полных затрат на реализацию плана и оценка себестоимости товарной продукции).

У специалиста такого уровня имеется понимание методологических аспектов работы с системой планирования, что позволит ему обеспечить получение реального оптимизационного эффекта (например, увеличение выхода товарной продукции на тонну сырья в денежном выражении).

Корпоративные системы планирования

Рассмотрим на уровне корпорации задачи размещения и поставки, относящиеся к стратегическому и текущему планированию. Математические постановки этих задач описываются задачами ЛП большой размерности, учитывающими специфику задач размещения и поставки в ВИНК [3-6]. Решать эти задачи только с использованием RPMS на практике не удастся из-за большого объема информации, необходимого для актуализации модели и часто меняющейся структуры модели.

Отметим, что создание средствами RPMS отдельной модели задачи распределения требуемой сложности не представляет проблем. Однако высокая трудоемкость актуализации модели и требования к специалистам по ее сопровождению и интерпретации решения делают промышленную эксплуатацию в таком виде практически невозможной.

Был выбран вариант погружения системы RPMS в соответствующую информационную оболочку. Основными задачами этой информационной оболочки являются:

- избавление пользователя от необходимости создания оптимизационной модели RPMS;
- обеспечение ввода и отображения данных в терминах предметной области.

В результате возникла технология для создания систем R_SAND (RPMS & SUPPLY&DISTRIBUTION – технология создания оптимизационных систем).

Системы, основанные на технологии R_SAND, позволяют эффективно строить модели предприятия, представляющие собой совокупность объектов, взаимосвязанных потоками, СТП-модель⁴.

В СТП-модели учитываются затраты на преобразование потоков, хранение, потребление, транспортировку и сбыт продукции. Сами объекты модели описываются в виде потоковых подсистем. В модели учитывается технологическая специфика и необходимый набор ограничений.

Системы, построенные по технологии R_SAND и обеспечивающие создание СТП-модели, имеют необходимый интерфейс для ввода, корректировки и дополнения исходных данных и вывода результатов моделирования. Исходные данные и результаты моделирования хранятся в реляционной БД. Особенностью системы является возможность автоматически формировать модель оптимизации на основе исходных данных. Затем эта модель преобразуется в формат стандартных оптимизационных систем (типа RPMS).

Архитектура системы, реализованной по технологии R_SAND, состоит из следующих элементов (рис. 2):

- реляционная БД, предназначенная для хранения справочников, вариантов исходных данных (проектов) и результатов решения;
 - модуль ведения справочников и шлюз к КБД;
 - генератор оптимизационной СТП-модели. В задачи генератора входит контроль исходных данных, формирование оптимизационной СТП-модели в формате используемой оптимизационной системы (RPMS), запуск оптимизационной системы и запись решения в БД;
 - модуль формирования стандартных отчетов. Последние основаны на протоколах расчета, выдаваемых оптимизационной системой (RPMS). Стандартные отчеты предназначены для экспресс-анализа корректности полученного решения;
 - модуль формирования пользовательских отчетов, использующихся для представления результатов решения в том формате, в котором они используются внутри предприятия;
 - модуль обмена данными с другими информационными системами;
 - графический интерфейс пользователя.
- Критерий оптимизации решаемой задачи ЛП наряду с экономическими показателями включает ранги (приоритеты) на выполнение различных ограничений и штрафы за их нарушение:
- штрафуются нарушения ограничений на минимум, что делает задачу ЛП открытой. У такой задачи всегда имеется допустимое решение. Если некоторые минимумы будут нарушены, то это найдет отражение в протоколе решения;
 - штрафы в критерии оптимизации ранжируются, при этом величины рангов задаются аналитиком и масштабируются, исходя из среднего значения цены на товарную продукцию.

⁴ СТП – структурно-потоковая модель – модель деятельности предприятия или группы предприятий, взаимосвязанных потоками.

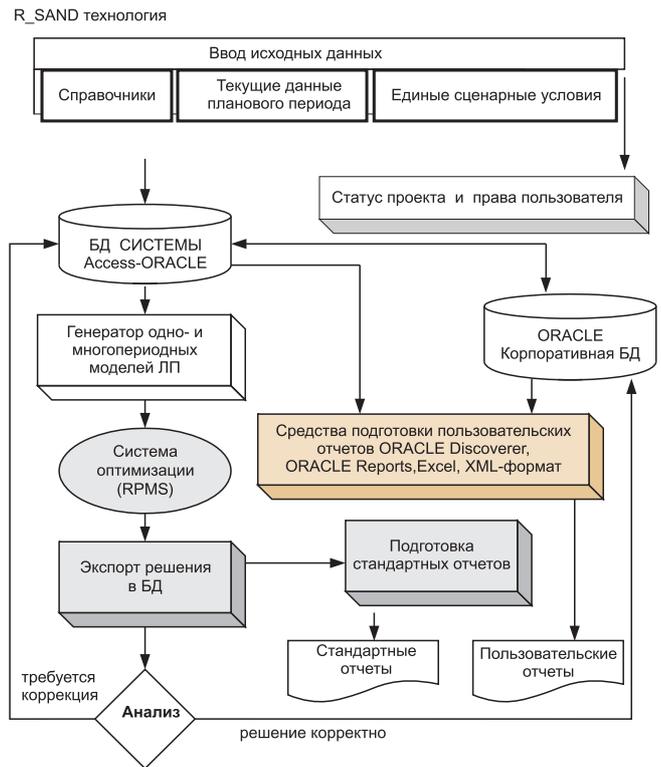


Рис. 2. Взаимосвязь основных элементов R_SAND технологии

Последовательность этапов при подготовке проекта плана и формировании СТП-модели.

1. Создание проекта плана. Оператор указывает наименование проекта, плановый период и дополнительные параметры. В результате этого этапа формируется паспорт проекта.
2. Ввод текущих данных через интерфейс пользователя или путем импортирования из других информационных систем. Результатом является вариант проекта плана.
3. Решение оптимизационной задачи. Для созданного проекта плана запускается генератор оптимизационной СТП-модели, полученная модель подается на вход RPMS. Найденное оптимальное решение загружается в БД проекта.
4. Подготовка стандартных отчетов по результатам решения с математической точки зрения.
5. Анализ полученного решения. Оператор (специалист пользователь) анализирует корректность полученного решения. Для этого используются стандартные отчеты. Если решение некорректно, то оператор вносит изменения в исходные данные и процедура повторяется.
6. Подготовка пользовательских отчетов. Оператор формирует пользовательские отчеты, которые передаются менеджменту компании.
7. Реализация плана. Менеджмент компании оценивает качество полученного решения и осуществляет планирование на основе полученного решения.

Ниже приведено краткое описание систем, реализованных по технологии R_SAND и эксплуатируемых в ОАО "ЛУКОЙЛ" на уровне компании.

TRAST – система глобального моделирования

Система TRAST построена по технологии R_SAND и формирует оптимизационную агрегированную потоковую модель размещения сырья, производства и поставок нефтепродуктов с учетом транспортной логистики (горизонт планирования – год и более).

Агрегированная модель для решения задачи планирования учитывает:

- распределение сырья от поставщика (например, с узлов учетов) по направлениям переработки и потребления (экспорт и внутренний рынок);
- различные режимы работы предприятий нефтепереработки. Производство представляется как на-

бор агрегированных векторов выхода нефтепродуктов с ценой процессинга (вектора из системы RPMS);

- транспортную логистику доставки продуктов от предприятий нефтепереработки (например, НПЗ/НХК/ГПЗ/ЗМУ и др.) до оптовых потребителей с указанием технико-экономических параметров;
- набор линейных уравнений дополняется необходимыми ограничениями.

Критерий оптимизации задачи ЛП – максимизация прибыли с учетом цен на сырье/продукты, затрат на транспортировку/процессинг, приоритетов на выполнение различных ограничений и штрафов за их нарушение.

S_OIL – система расчета размещения сырья

Система S_OIL строит оптимизационную потоковую модель размещения сырья от терминалов поставщика до терминалов потребителей.

Автоматически адаптирующийся датчик

для регистрации прозрачных, просвечивающих и отражающих свет объектов

Компания Banner Engineering предлагает высокоэффективный датчик, позволяющий регистрировать и подсчитывать прозрачные, просвечивающие и отражающие свет объекты. Оптическая конструкция нового датчика серии QS30ELVC обеспечивает точную регистрацию объектов неправильной формы и объектов с зеркальными и другими отражающими поверхностями. Обеспечивая время срабатывания в течение 500 мкс, он идеально подходит для использования на высокоскоростных линиях бутылочного разлива. Корпус датчика рассчитан на работу в чрезвычайно неблагоприятных условиях эксплуатации.

В каждом датчике предусмотрены три выбираемых пользователем пороговых уровня, оптимизирующих эффективность регистрации объектов различных форм с различными свойствами. Алгоритм автоматически корректирует параметры срабатывания датчика с учетом запыленности, загрязненности и изменений температуры окружающей среды.

В компактном корпусе установлен крупный, хорошо видимый гистограммный дисплей, упрощающий программирование параметров и контроль силы сигнала во время функционирования. Яркие светодиодные индикаторы оповещают о подаче электроэнергии и состоянии выходного сигнала, а также отражают конфигурацию параметров датчика. Датчики можно монтировать с использованием отверстий на боковой панели корпуса или с помощью резьбовой втулки диаметром 30 мм на передней панели. С каждым датчиком поставляются отражатели двух типов.

Датчик рассчитан на эксплуатацию в чрезвычайно неблагоприятных условиях, его корпус соответствует требованиям стандарта IP67 (NEMA 6) и устойчив к струйной промывке под давлением 8273,7 КПа по стандарту NEMA PW12. Датчики серии QS30ELVC относятся к семейству датчиков в универсальных корпусах WORLD-BEAMЪ компании Banner, многообразие конструкций и эксплуатационных режимов которых позволяет применять и монтировать их практически в любых условиях.

[Http://www.bannereurope.com](http://www.bannereurope.com)

Пилотное внедрение консолидированного оперативно-информационного комплекса

В мае 2009 г. НПФ "КРУГ" осуществила пилотное внедрение консолидированного оперативно-информационного комплекса (КОИК) в филиалах ТЭЦ-2 и ТЭЦ-4 Башкирской генерирующей компании (БГК). Комплекс выполняет функции информационной платформы для интеграции данных уровня АСУТП предприятия с уровнями MES/ERP/EAM. Данные разнородных систем управления, мониторинга и учета консолидируются в едином информационном пространстве и используются для расчета интегральных показателей эффективности работы всего предприятия.

КОИК включает ПО сервера консолидации технологических данных WideTrack и ПО расчетного сервера на базе SCADA/HMI DataRate. Система предоставляет руководству и специалистам единую картину деятельности производства, построенную на основании концепции "прозрачного" предприя-

тия. Коэффициенты использования энергоресурсов, показатели выработки и отпуска тепловой и электрической энергии, КПД теплового потока и множество других важных показателей доступны в системе в виде отчетов и мнемосхем в режиме РВ и в режиме ретроспективного анализа в клиентах локальной сети и через Web-интерфейс.

Апробация проекта показала, что система полностью решает стоящие перед предприятием задачи консолидации данных. Заказчик принял решение о внедрении КОИК на всех филиалах в полном масштабе для создания единой интегрированной автоматизированной системы управления предприятием. Использование отечественного ПО позволит предприятию значительно сократить сумму совокупного владения системой, получить качественную техническую поддержку и реализовать максимально гибкую систему, адаптированную под российские условия эксплуатации.

[Http://www.krug2000.ru](http://www.krug2000.ru)

Enterprise Optimizer – решение для интегрированного бизнес-планирования

В рамках развития направления SCM-решений GMCS заключила партнерское соглашение с компанией River Logic Inc. GMCS стала единственным дистрибутором на территории России и стран СНГ решения по планированию и оптимизации деятельности предприятия Enterprise Optimizer.

Система Enterprise Optimizer основана на построении оптимизационной динамической модели деятельности компании и позволяет в режиме РВ проводить сценарное моделирование с оценкой финансовых результатов по каждому варианту с после-

дующей оптимизацией по различным критериям. Позволяет существенно улучшить финансовые результаты компании за счет оптимальной балансировки планов сбытового, производственного, закупочного и экономического подразделений с учетом реальных ограничений, существующих в цепочке поставок предприятия. Различные горизонты планирования позволяют согласовать стратегические планы компании в целом с оперативно-тактическими планами всех подразделений предприятия.

[Http://www.riverlogic.com](http://www.riverlogic.com) и www.gmcs.ru

Для построения модели система S_OIL содержит дополнительные модули – справочники:

- маршрутов размещения с экономикой транспортировки (подсистема TRAVEL);
- допустимых схем размещения сырья, который описывает шаблон участников отдельной поставки и экономических отношений между ними;
- базовых экономических показателей и шаблоны расчета дополнительных экономических показателей (НДС, возврат НДС) – подсистема EXIND.

В модели размещения сырья учитываются:

- ресурс сырья, технологически допустимые маршруты доставки сырья и их пропускная способность;
- экономика размещения – расходы/доходы участников по каждой отдельной заявке;
- ограничения на размещение – индивидуальные и групповые;
- возможный график размещения сырья на экспорт и продажу на внутреннем рынке, допустимые мощности перерабатывающих предприятий;
- взаимозачетные схемы/обменные соглашения между участниками рынка.

Критерий оптимизации – максимизация маржинальной прибыли с учетом:

- реализации товарной продукции с тонны сырья ("съем" с тонны);
- стоимости процессинга при поставке сырья на предприятия;
- доли компании в финансовой схеме поставки (комиссия и т.д.);
- себестоимости сырья и стоимости его транспортировки;
- контрактных цен на сырье.

Результаты расчетов планируемой нагрузки по сырью предприятий переработки передаются непосредственно на вход в систему планирования производства (RPMS).

S_PROD – система расчета поставок продукции

Система S_PROD предназначена для построения плана распределения ресурсов нефтепродуктов по поступившим заявкам. Заявки на продукты в плановый период формируются в региональных сбытовых предприятиях. Ресурсы товарной продукции формируются на предприятиях компании.

Для построения модели система S_PROD включает дополнительные модули:

- ведения заявок на поставку продукции – предназначен для импорта заявок из сторонних систем и контроля данных;
- ведения цен – предназначен для импорта наборов ценовых данных из сторонних систем, контроля данных и настройки правил расчета цен в плане;
- ведения ресурсов – предназначен для импорта ресурсов из системы расчета плана производства (RPMS), контроля данных;
- ведения транспортных затрат – позволяет рассчитывать транспортные затраты в зависимости от направления поставки и типа продукции.

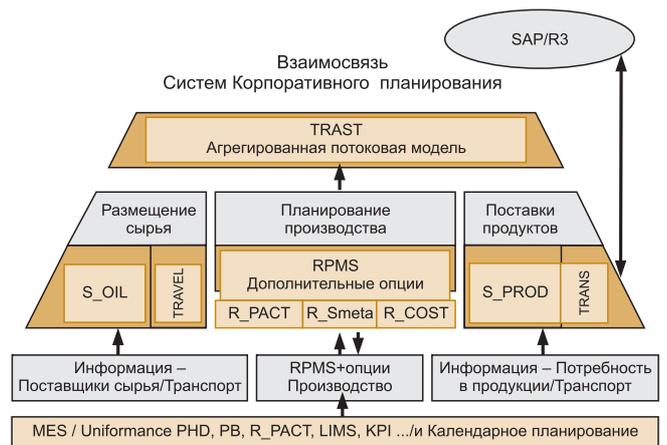


Рис. 3. Взаимосвязь систем корпоративного планирования

Оптимизационная модель планирования поставок включает:

- заявки на поставку продуктов с возможными вариантами способа их доставки в данный регион по каждому продукту;
- ресурс – собственные продукты (план поступает из RPMS) и нераспределенные остатки прошедших периодов с учетом плана их производства, вариантов закупки сторонних продуктов по имеющимся заявкам;
- ограничения – задаются суммарные ограничения на заявки, включающие условия на параметры заявок, а также индивидуальные ограничения для каждой заявки;
- затраты – транспортные и коммерческие.

Критерий оптимизации – максимизация маржинальной прибыли с учетом принятых цен на продукты и затрат.

Взаимосвязь всех рассмотренных систем представлена на рис. 3.

Структурная схема (рис. 3) отражает комплекс систем планирования, реализованный для ВИНК и включающий описанные выше системы, а также ряд других подсистем для обеспечения информационной поддержки и постоптимального анализа рассчитанных планов.

Использование технологии R_SAND позволило разработать также ряд промышленных систем:

- CROSS_OIL – система моделирования транспортировки нефти с учетом качества. Полученное решение описывает график транспортировки нефти по сети нефтепроводов. Особенностью этой системы является учет в модели структуры сети нефтепроводов, параметров резервуаров, а также формирование модели как многопериодной, что значительно повышает математическую сложность задачи. Система была разработана по заказу ОАО "АК Транснефть" и прошла опытную эксплуатацию;
- SOFTYRE – система оптимизационного планирования производства шин. Формируется модель шинного производства, и полученное решение описывает план работы одновременно нескольких заводов. Особенностью этой задачи является детальный учет технологии производства каждого завода, запасов, ресурсов оборудования. Так, например, учитываются все техно-

логически возможные способы изготовления готовых изделий и полуфабрикатов. Система была разработана по заказу ОАО "Татнефть-Нижнекамскшина" [11], показала свою эффективность и эксплуатируется на предприятии и в управляющей компании.

Заключение

Опыт применения разных типов оптимизационных систем и моделей в планировании позволил выработать методологию их создания, внедрения и сопровождения. Принципиальными в методологии являются три взаимосвязанных аспекта [10]:

- *Степень агрегирования* модели должна наиболее полно отражать особенности поведения объекта автоматизации или бизнес-процесса, принципиальные для целей принятия управленческих решений на разных горизонты планирования;

- *Способ актуализации* модели должен позволить за допустимый интервал времени собрать необходимые исходные данные с учетом их достоверности и скорректировать и/или сгенерировать модель для проведения последующих вариантных расчетов с получением плана;

- *Уровень адекватности* модели и специалистов отражает как допустимость отклонения плана и факта при расчетах на модели, так и способность специалистов, эксплуатирующих систему и модель, интерпретировать результаты расчета плана и отклонения его от факта для принятия адекватных мер, используя степень агрегирования модели и способ актуализации.

Взаимосвязь этих аспектов очевидна, и из нее следует, что степень сложности оптимизационной модели определяет требования, предъявляемые как к способу ее актуализации, так и к уровню ее адекватности. Если эти требования не учтены, то результат один — система реально не эксплуатируется или оптимизационный эффект попросту отсутствует.

В заключение остановимся на влиянии человеческого фактора, так как для подобных систем он является существенным. Вот основные положения, которые следует принимать во внимание при внедрении и использовании систем оптимизации корпоративного уровня с точки зрения взаимодействия консультанта и пользователя:

- консультант должен иметь специальную подготовку по системе и опыт не менее 7 лет в предметной области, чтобы разрабатывать и сопровождать сложные оптимизационные модели;

- внедрение системы — это всегда два проекта для консультанта: создание оптимизационной модели объекта автоматизации и подготовка пользователей для ее эксплуатации;

- приобретая систему, пользователь тем самым выбирает себе и консультанта (разработчика, и учителя, и консультанта);

- сложная оптимизационная модель всегда несет на себе отпечаток личности ее создателя;

- на стадии внедрения в модели используются преимущественно подходы и принципы консультанта, а при эксплуатации — пользователя;

- жизненный цикл оптимизационной модели (а иногда и всей системы) отражает и возникшие отношения между консультантом и пользователем;

- пользователи должны быть мотивированы не только финансово, но и возможностью творчески развиваться (участие в конференциях, переподготовка, личностный статус);

- подготовленные пользователи (а часто и консультанты) являются важной частью выстроенного бизнес-процесса на базе системы. Утрата их может привести к существенным нарушениям в отлаженном бизнес-процессе, что в свою очередь может потребовать значительных усилий на восстановление бесперебойного режима работы компании.

Список литературы

1. Дудников Е.Е., Цодиков Ю.М. Типовые задачи оперативного управления непрерывным производством. М.: Энергия. 1979.
2. Optimization in industry. Mathematical Programming and Modeling Techniques in Practice. Ed. Ciriani T.A., Leachman R.C. J. Wiley & Sons, 1994.
3. Соркин Л.Р., Хохлов А.С. Методы и модели текущего планирования для вертикально-интегрированных нефтяных компаний // Нефть России. 2000. №2.
4. Хохлов А.С. Оптимальное планирование размещения нефти // Промышленные АСУ и контроллеры. 2000. №4.
5. Хохлов А.С. Оптимальное производственное планирование // Там же. 2000. №5.
6. Хохлов А.С. Оптимальное планирование поставок нефтепродуктов // Там же. 2000. №9.
7. Refinery and Petrochemical Modeling System (RPMS) — <http://hpsweb.honeywell.com/Cultures/en-US/Products/BusinessApplications/PlanningScheduling/RPMS>.
8. Черкасский Д.О. Пределы оптимизационного планирования нефтеперерабатывающего производства. Сущность. Направления устранения // Автоматизация в промышленности. 2006. №7.
9. Хохлов А.С., Демиденко К.А. Моделирование качества и ценности нефти // Наука и технология углеводородов. 2000. № 1.
10. Хохлов А.С. Методология реализации оптимизационных задач планирования // Промышленные АСУ и контроллеры. 2000. №2.
11. Артемьев С.Б., Хохлов А.С., Зельдин А.Е., Рахимов И.И., Марданшин В.А. Автоматизированная система оптимального планирования шинного производства // Промышленные АСУ и контроллеры. 2003. №10.

Хохлов Александр Сергеевич — д-р техн. наук, руководитель отдела систем планирования и оперативного управления производством, Александр Иванович Коннов — канд. физ.-мат. наук, старший консультант, Антон Евгеньевич Зельдин — старший консультант ЗАО "Хоневелл".

Контактный телефон (495) 334-90-41. E-mail: alexander.khokhlov@honeywell.com