

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВОЙ ПРОГРАММЫ НЕФТЯНОЙ КОМПАНИИ

© 2011 А.П. Сизиков\*

**Ключевые слова:** нефтяная компания, производственно-сбытовая стратегия, сезонное колебание спроса, оптимизация запасов, системный анализ.

Рассматривается влияние сезонного колебания спроса на объемы производства и уровень запасов нефтепродуктов. Сформулирована соответствующая задача оптимизации. Представлены математическая модель и алгоритм решения. Приводятся результаты расчетов.

Спрос на нефтепродукты носит выраженный сезонный характер и, как правило, не соответствует текущим объемам производства. Например, зимой спрос на бензин и дизельное топливо снижается, а на мазут растет. В этот период предприятия вынуждены производить излишние объемы бензина и дизельного топлива, чтобы обеспечить сезонный спрос на мазут. Рассогласование, которое постоянно возникает между текущими объемами производства и сбыта, демпфируется запасами. С одной стороны, наличие запасов делает производство и сбыт относительно независимыми друг от друга, увеличивает степень свободы оперативного управления. Но, с другой стороны, запасы - это консервация оборотных средств и прямые расходы. Возникает комплексная задача, которая состоит в согласовании планов производства и сбыта с целью достижения максимального общего результата.

Предположим, что под управлением нефтяной компании находятся  $n$  предприятий, которые производят  $m$  продуктов. Рассмотрим задачу оптимизации производственно-сбытовой деятельности компании на временном отрезке, состоящем из  $T$  периодов. Например, в течение года с разбивкой по месяцам.

Введем три группы переменных:  $x_{jt}$  - загрузка  $j$ -го предприятия в  $t$ -м периоде (измеряется объемом перерабатываемой нефти);  $y_{it}$  - реализация  $i$ -го продукта в  $t$ -м периоде;  $z_{it}$  - запас  $i$ -го продукта на начало  $t$ -го периода. Все переменные неотрицательны.

Задача состоит в максимизации маржинального дохода компании:

$$- \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n p_{jt} x_{jt} - \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m r_{it} z_{it} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m c_{it} y_{it} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $p_{jt}$  - переменная часть производственных затрат, приходящихся на тонну перерабатываемой нефти;  $r_{it}$  - удельные потери, обусловленные запасами;  $c_{it}$  - цены товарных продуктов. Все эти коэффициенты в общем случае могут зависеть от времени.

Должны выполняться уравнения материального баланса:

$$z_{it} - z_{i(t-1)} + y_{it} - \sum_{j=1}^n a_{ijt} x_{jt} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (2)$$

где  $a_{ijt}$  - коэффициент выхода товарного продукта предприятия в текущем периоде;  $z_{i0}$  - начальный запас продукта.

Ограничения по загрузке предприятий:

$$U_{jt}^- \leq x_{jt} \leq U_{jt}^+, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (3)$$

где  $U_{jt}^-, U_{jt}^+$  - пределы загрузки предприятия в текущем периоде.

Ограничения сбыта по сезонному спросу:

$$D_{it}^- \leq y_{it} \leq D_{it}^+, \quad (4)$$

\* Сизиков Александр Павлович, кандидат экономических наук, доцент Самарского государственного экономического университета. E-mail: apsizikov@mail.ru.

где  $D_{it}^-, D_{it}^+$  - пределы сбыта продукта в текущем периоде.

Ограничения по запасам (берем суммарно по всем продуктам, но возможны варианты):

$$\Omega_i^- \leq \sum_{i=1}^m z_{it} \leq \Omega_i^+, \quad (5)$$

где  $\Omega_i^-, \Omega_i^+$  - предельные запасы в текущем периоде.

Поскольку задача предполагает исследование повторяющихся внутригодовых производственно-сбытовых циклов необходимо, чтобы начальные и конечные запасы по всем продуктам совпадали:

$$z_{it} = z_{i(t-1)}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (6)$$

Получилась задача линейного программирования. Она не представляла бы теоретического интереса, если бы расширенные столбцы (столбцы, включающие коэффициенты целевой функции)

$$\tilde{a}_{ij} = (p_{ij}, a_{1ij}, a_{2ij}, \dots, a_{mij})^T, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

были постоянны. На самом деле каждый такой столбец представляет собой структуру товарного плана, которая может меняться в зависимости от времени года и в соответствии с внешними и внутренними технико-экономическими условиями. Чтобы найти действительно оптимальное решение нужно кроме переменных  $x_{ij}^l, z_{it}$  определить столбцы  $\tilde{a}_{ij}$ , т.е. оптимизировать сезонные производственные программы предприятий в контексте общей задачи. Но оптимизация производственной программы нефтеперерабатывающего завода, даже сама по себе, в отрыве от ситуации в системе, - довольно сложная задача. Поэтому о том, чтобы непосредственно ввести модели предприятий в задачу (1) - (6), говорить не приходится.

Один из подходов к решению задачи состоит в замене каждого расширенного столбца  $\tilde{a}_{ij}$  некоторым набором  $\tilde{a}_{ij}^2, \dots, \tilde{a}_{ij}^{L_j}$ .

Это могут быть сезонные структурные планы или планы, рассчитанные из максимизации отдельных продуктов и/или товарных групп.

Введенным в задачу столбцам ставятся в соответствие переменные  $x_{ij}^1, x_{ij}^2, \dots, x_{ij}^{L_j}$ .

Образуется модифицированный вариант задачи, где (1), (2), (3) заменены, соответственно, на (7), (8), (9):

$$-\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^{L_j} p_{ijt}^l x_{ijt}^l - \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m r_{it} z_{it} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m c_{it} y_{it} \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$z_{it} - z_{i(t-1)} + y_{it} - \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^{L_j} a_{ijt}^l x_{ijt}^l = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (8)$$

$$U_{jt}^- \leq \sum_{l=1}^{L_j} x_{ijt}^l \leq U_{jt}^+, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (9)$$

Теперь столбец выбирается из множества, образованного совокупностью выпуклых линейных комбинаций конечного числа структурных планов, принятых в качестве базовых. Качество решения будет зависеть от того, насколько выпуклая оболочка базовых планов может представлять собой производственные возможности предприятия в различных условиях. В реальности этот подход может дать лишь более или менее удачный квазиоптимальный результат.

Рассмотрим еще один возможный подход, системный. Он предполагает использование двухуровневой модели компании. Первый (верхний) уровень, центр, представлен моделью (1) - (6). Второй - моделями предприятий. Свою координирующую функцию центр осуществляет путем расчета симплексных множителей  $\lambda_{ij}$ , которые трактуются в данном случае как теневые цены нефтепродуктов. Каждое предприятие, представленное моделью второго уровня, с учетом этих цен оптимизирует собственную технологию и формирует столбец «структура товарного выпуска», коим он и представлен в модели верхнего уровня.

Алгоритм. Формируется задача (1) - (6) с некоторыми начальными планами, представ-

ленными столбцами  $\tilde{a}$ , и реализуется необходимое число циклов, включающих следующие действия.

1. Решаем задачу симплексным методом с обратной матрицей. Получаем условно-оптимальное решение  $x(\tilde{a})$ ,  $z(\tilde{a})$  и соответствующие симплексные множители  $\pi = \pi(\tilde{a})$ .

2. Каждое предприятие пытается увеличить собственную «прибыль» в предлагаемых центром обстоятельствах. Математически это сводится к определению векторов  $\tilde{a}_{ij}$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ ,  $t = 1, 2, \dots, T$ , которые дают минимальные оценки замещения для столбцов текущего базиса задачи (1) - (6):

$$j = 1, 2, \dots, n, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (10)$$

где  $\tilde{a}_{ij}$  - множество допустимых структурных товарных планов предприятия в периоде  $t$ .

3. Проверяем условие

Если оно выполняется, то текущий базис оптимален, решение получено. В противном случае переходим в следующий пункт.

4. Вводим в базис задачи (1) - (6) столбец  $\tilde{a}$ , для которого получена оценка

Формируем новую обратную матрицу. Столбец, выводимый из базиса, удаляем из задачи. Переходим в п. 1.

При реализации алгоритма был использован авторский программный продукт СМОНПП<sup>1</sup>. Вернее, один из его компонентов, предназначенный для расчета общего и сводного балансов в зависимости от параметров предприятия и цен (оценок) товарных продуктов. Этот компонент, инициированный параметрами Новокуйбышевского НПЗ, применялся для решения задач (10).

Данные о потреблении бензина, дизельного топлива и мазута по Самарской области представлены на рис. 1. Производство нефтепродуктов в области не совпадает с их потреблением ни по объемам, ни по структуре. Так, один только названный выше завод производит в среднем за год в тысячах тонн: бензина - 1200, дизельного топлива - 2200, мазута товарного - 1900. Потребление же составляет: бензина - 640, дизельного топлива - 410, мазута - 240. Остальные объемы реализуются за пределами области. Пришлось сделать допущение, что потребление по основным товарным группам в целом совпадает с производством, и что сезонные колебания потребления соответствуют представленным данным не в абсолютных, а относительных единицах.

Затраты на хранение нефтепродуктов составляют около 3% их стоимости<sup>2</sup>. Рентабель-

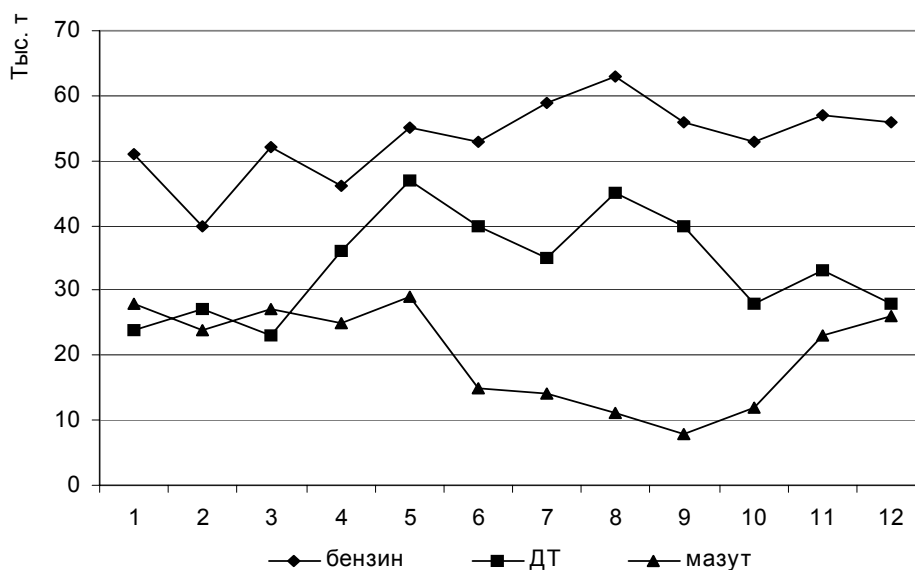


Рис. 1. Внутригодовая динамика потребления нефтепродуктов в Самарской области по данным 2006 - 2010 гг.

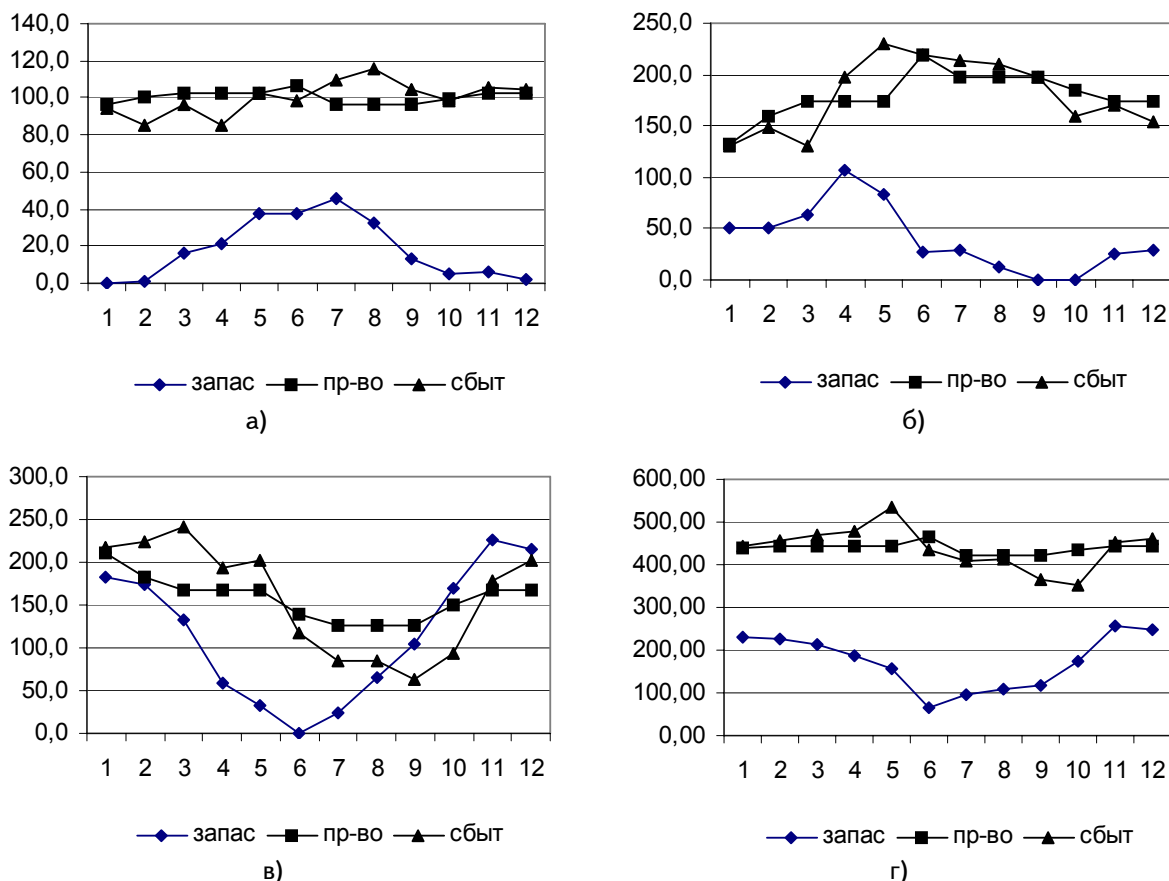


Рис. 2. Результаты расчета:

а) бензин; б) дизельное топливо; в) мазут; г) сводный результат

ность оборотных средств можно взять на уровне 22%. Тогда получается, что затраты (прямые и косвенные), обусловленные поддержанием запасов, составляют приблизительно 25% их стоимости. Это значение и было заложено в модель. Ограничения на уровни запасов не накладывались.

Результаты расчета представлены в рис. 2. Основной вывод: колебание спроса заставляет компанию поддерживать значительные запасы. Годовой объем производства по трем товарным группам составляет 5260 тыс. т, а оптимальный уровень запасов - 2080 тыс. т, т.е. 39%. В стоимостном выражении - 32%. Прямые и косвенные расходы, связанные с

поддержанием этих запасов, составляют 8% от стоимости товарной продукции. Но это дешевле, чем «дергать» производство вслед за спросом, хотя некоторые изменения в структуре товарного выпуска в течение года все же целесообразны.

<sup>1</sup> Сизиков А.П. Программный продукт СМОННП (система оптимизации нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств) // Управление большими системами: сб. тр. Вып. 24. М., 2009.

<sup>2</sup> Антипина Е.В. Методика оценки эффективности использования государственных резервов нефтепродуктов в коммерческих целях // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. □ 5.

Поступила в редакцию 06.06.2011 г.