

Оптимизационная модель выбора цен на реализуемую продукцию промышленного предприятия

© 2010 В.Д. Богатырев

доктор экономических наук, профессор

© 2010 О.В. Есипова

Самарский государственный аэрокосмический университет

им. академика С.П. Королева

E-mail: samelev@rambler.ru, olga.esipova773@mail.ru

В статье описана экономико-математическая модель операционных бюджетов промышленного предприятия, позволяющая максимизировать прибыль, изменяя цены на реализуемую продукцию.

Ключевые слова: операционные бюджеты, прибыль, бюджетирование, спрос, предложение.

На практике рынок очень часто представляет собой монополистическую конкуренцию или полиполию. Оба вида рынков в ограниченных ценовых диапазонах можно считать монополией, при которой объем спроса зависит от цен, устанавливаемых продавцом, и не зависит от действий других продавцов, а вне этих ценовых диапазонов четко проявляются элементы конкуренции. Очевидно, что каждая организация стремится попасть в такой ограниченный диапазон цен, чтобы избежать конкуренции с другими продавцами¹. В этом случае целесообразно начать формировать бюджет организации с бюджета продаж, в котором отражаются потребность основных покупателей, ассортиментный ряд, рыночные цены и рыночный спрос, и максимизировать прибыль, подбирая цены на реализуемую продукцию.

Функции спроса можно аппроксимировать, анализируя статистические данные об изменениях объемов продаж в предыдущих периодах либо суммируя данные из анкет отдельных потребителей, в которых они указывают свои индивидуальные платежеспособные потребности при различных уровнях цен. Функция рыночного спроса представляет собой:

$$D_i(p_i) = \sum_{n=1}^{N_C} d_{in}(p_i),$$

где N_C - количество потребителей;

$n = 1, \dots, N_C$ - номер отдельного потребителя;

I - количество ассортиментных позиций готовой продукции;

$i = 1, \dots, I$ - вид готовой продукции;

p_i - цена единицы готовой продукции i -го вида;

d_{in} - спрос на i -й вид продукции со стороны n -го потребителя.

Изменения спроса могут быть вызваны сезонными колебаниями, поэтому предлагается использовать специальный коэффициент x_i^t , который показывает отношение спроса в текущем периоде к среднему спросу за весь промежуток времени. Вычисление данного коэффициента проводится в три этапа.

На первом этапе вычисляется среднее фактическое значение объема спроса на готовую продукцию для каждого из периодов:

$$\bar{D}_i^{*t} = \frac{\sum_{y=1}^Y D_i^{*ty}}{Y},$$

где D_i^{*ty} - фактическое значение объема спроса на i -й вид продукции для t -го периода в y -м наблюдении;
 T - число периодов во временном промежутке (дней в неделе, месяцев в году);

$t = 1, \dots, T$ - текущий период, для которого является наличие повторяемости (день, месяц);

Y - количество наблюдаемых временных промежутков;

$y = 1, \dots, Y$ - текущее наблюдение.

На втором этапе вычисляется среднее фактическое значение объема спроса на готовую продукцию по всем периодам:

$$\bar{D}_i^{*} = \frac{\sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y D_i^{*ty}}{Y \cdot T}.$$

На третьем этапе рассчитывается сам коэффициент в виде отношения среднего объема спроса для каждого из периодов к среднему объему спроса по всем периодам²:

$$x_i^t = \frac{\bar{D}_i^{*t}}{\bar{D}_i^*}.$$

Таким образом, с помощью коэффициента сезонности в каждый из периодов можно провести корректировку объемов спроса:

$$\tilde{D}_i^t(p_i) = D_i(p_i) \cdot x_i^t.$$

На основе значений спроса формируется бюджет продаж на основе гипотезы о том, что спрос потребителей должен быть удовлетворен, т.е. объем продаж организации равен объему спроса, который зависит от цены на готовую продукцию и скорректирован в случае необходимости с учетом повторяющихся колебаний. Тогда зависимость объема реализованной продукции i -го вида в t -м периоде от установленной цены будет равна:

$$q_i^t(p_i) \equiv \tilde{D}_i^t(p_i).$$

Тогда общая выручка организации по всему прогнозируемому временному периоду в целом рассчитывается:

$$R(p) = \sum_{t=1}^T R^t(p) = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I R_i^t(p_i) = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I q_i^t(p_i) \cdot p_i.$$

Далее формируется бюджет производства, содержащий информацию об объемах производства готовой продукции, объемах незавершенного производства и о запасах i -го вида готовой продукции ($i = 1, \dots, I$) на конец $(t+1)$ -го периода запасов:

$$X_{Q_i}^{t+1} = X_{Q_i}^t + Q_i^t - q_i^t(p_i) \geq X_{Q_i}^{\min},$$

где $X_{Q_i}^t$ - сумма остатков на начало t -го периода;

Q_i^t - объем выпуска;

$q_i^t(p_i)$ - расход готовой продукции, реализованной потребителям;

$X_{Q_i}^{\min}$ - минимально допустимый остаток готовой продукции на складе.

Общим принципом выбора неснижаемого уровня остатков готовой продукции на складе является минимизация прямых и косвенных издержек, связанных с хранением запасов или недостаточным уровнем запасов. Одни виды издержек возрастают по мере увеличения размера остатков готовой продукции на складе, например, издержки по хранению или издержки, связанные с замедлением скорости оборота капитала. Другие виды издержек, наоборот, убывают

по мере возрастания уровня запасов, например, издержки потери покупателя, когда при отсутствии достаточных остатков на складе существует вероятность не выполнить крупный заказ. Оптимальный размер запасов предполагает, что суммарные издержки от хранения запасов и от недостаточного уровня запасов являются минимальными³.

Объем производства диктует необходимое количество видов исходного сырья и материалов - J , используемых в производстве на самом низшем уровне технологии. В бюджете материальных затрат отражается информация о прямых производственных затратах в части расходования материальных и финансовых оборотных ресурсов (сырье, материалы, комплектующие) за бюджетный период⁴.

В общем случае из бюджета материальных затрат необходимо выделять бюджет закупок производственных запасов, где отражена информация об объемах закупаемого сырья и материалов, ценах на них и объемах необходимых для этого денежных средств за бюджетный период, а также объем остатка j -го вида сырья и материалов ($j = 1, \dots, J$) на конец $(t+1)$ -го периода запасов:

$$X_{M_j}^{t+1} = X_{M_j}^t + M_j^t - m_j^t \geq X_{M_j}^{\min},$$

где $X_{M_j}^t$ - остатки на начало t -го периода;

M_j^t - объем прихода сырья и материалов на склад;

m_j^t - расходы в производство;

$X_{M_j}^{\min}$ - минимально допустимый остаток сырья на складе.

Калькуляция прямых затрат (материальных и трудовых) осуществляется классическим способом - методом технологического нормирования, при котором, исходя из технологии производства, определяются удельные прямые затраты в физическом выражении (например, в килограммах и трудочасах) на единицу выпуска:

$$m_{ij}^t(Q^t) = \sum_{i=1}^I m_{ij}^t(Q_i^t), \quad m_{ij}^t(Q_i^t) = Q_i^t \cdot \mu_{ij},$$

где m_{ij}^t - потребность в материалах и сырье j -го вида при производстве готовой продукции i -го вида в t -м периоде в объеме Q_i^t ;

$Q^t = (Q_1^t, \dots, Q_i^t, \dots, Q_J^t)$ - вектор объемов производства в t -м периоде;

μ_{ij} - технологический коэффициент (норматив) расхода сырья и материалов на единицу готовой продукции (см. рисунок).

Функция предложения представляет собой средневзвешенную цену закупки по всем поставщикам:

$$z_j(S_j) = \frac{1}{S_j} \sum_{n=1}^{N_S} z_{jn}(s_{jn}) \cdot s_{jn},$$

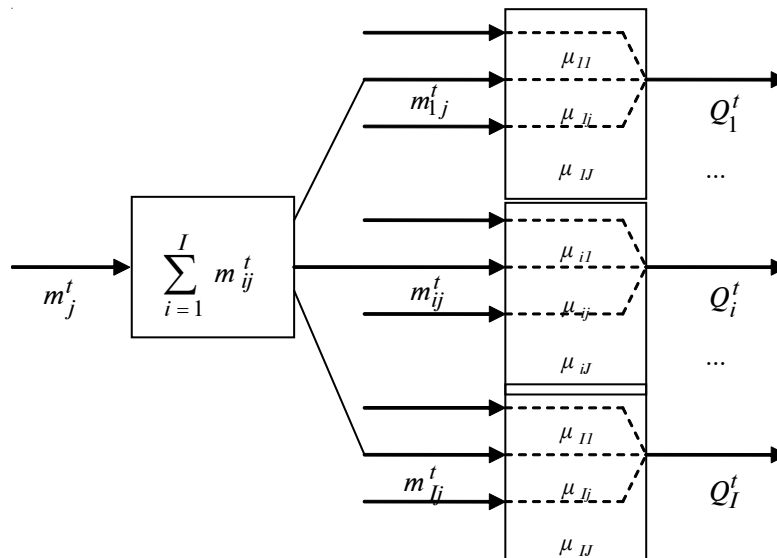


Рис. Схема расчета объема сырья j -го вида, необходимого для выпуска готовой продукции

В бюджете материальных затрат рассчитываются расходы в каждом из периодов по каждому виду производственных запасов Z_j^t как произведение объема закупок на цены и суммарные расходы по всем периодам Z^t :

$$Z_j^t(Q^t) = m_j^t(Q^t) \cdot z_j = z_j \cdot \sum_{i=1}^I Q_i^t \cdot \mu_{ij}$$

$$\text{и } Z^t(Q^t) = \sum_{j=1}^J Z_j^t(Q^t).$$

Так как сырье и материалы закупаются на рынке факторов производства, при формировании бюджета закупок необходимо учитывать тип рыночной конкуренции так же, как и при составлении бюджета продаж. Это могут быть олигопсония, монопсония, совершенная конкуренция.

В каждом из вышеперечисленных случаев для формирования бюджета закупок необходимо знать функции предложения поставщиков на каждый из видов производственных запасов. Данные функции предложения можно аппроксимировать, анализируя статистические данные предыдущих периодов либо данные из анкет отдельных поставщиков, в которых они указывают свои индивидуальные цены при различных объемах закупок.

где $S_j = \sum_{n=1}^{N_S} s_{jn}$, N_S - количество поставщиков;

$n = 1, \dots, N_S$ - номер отдельного поставщика;

J - количество видов сырья и материалов;

$j = 1, \dots, J$ - конкретный вид производственных запасов;

$z_{jn}(s_{jn})$ - цена единицы сырья или материала j -го вида у n -го поставщика;

s_{jn} - объем закупок j -го вида сырья и материалов у n -го поставщика;

S_j - суммарный объем закупок j -го вида сырья и материалов по всем поставщикам по всем временным периодам.

Тогда общие расходы на закупку по всему прогнозируемому временному периоду в целом рассчитываются:

$$Z(S) = \sum_{t=1}^T Z^t(S) = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J Z_j^t(S) = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J z_j(S_j) \cdot S_j^t.$$

Далее составляется бюджет трудовых затрат, содержащий информацию о затратах по оплате труда, который может быть непосредственно отнесен на производство каждой единицы готовой продукции.

Как уже было отмечено ранее, классическим способом расчета прямых затрат, в том числе трудовых, является метод технологического нормирования, при котором определяются удельные прямые затраты в физическом выражении (в трудочасах) на единицу выпуска. Тогда трудовые затраты в t -м периоде, выраженные в трудочасах, которые необходимы для производства объема готовой продукции i -го вида, рассчитываются умножением этого объема Q_i^t на норму затрат труда:

$$l_{ik}^t(Q_i^t) = Q_i^t \cdot \lambda_{ik},$$

где λ_{ik} - технологический коэффициент (норматив) потребности труда k -й категории на единицу готовой продукции i -го вида, причем $k = 1, \dots, K$, здесь K - количество категорий труда (специальностей и разрядов), используемых в производстве.

Операция суммирования трудовых затрат по всем видам продукции даст количество труда, необходимого для всей производственной программы в трудочасах:

$$L_k^t = \sum_{i=1}^I l_{ik}^t(Q_i^t) = \sum_{i=1}^I Q_i^t \cdot \lambda_{ik}.$$

В этом же бюджете определяются затраты прямого труда в денежном выражении путем умножения необходимого рабочего времени на соответствующие часовые ставки оплаты труда:

$$W_k^t(Q^t) = L_k^t(Q^t) \cdot w_k = w_k \cdot \sum_{i=1}^I Q_i^t \cdot \lambda_{ik},$$

где w_k - размер почасовой оплаты труда k -й категории, определяемой по тарифной сетке или в соответствии с системой оплаты труда на предприятии.

При суммировании по всем категориям работников можно оценить фонд оплаты труда в t -м периоде:

$$W^t(Q^t) = \sum_{k=1}^K W_k^t(Q^t).$$

Нормативы трудовых затрат определяются по той же технологической схеме, что и нормативы материальных затрат, но только при вычислении трудовых норм суммируется время, необходимое для проведения отдельных операций, обозначенных на рисунке стрелками. В формализованном виде можно записать, что для k -й кате-

гории труда нормативы будут представлять собой $\lambda_k = (\lambda_{1k}, \dots, \lambda_{ik}, \dots, \lambda_{Ik})^5$.

После бюджетов прямых затрат формируется бюджет накладных - C_H^t и коммерческих расходов - C_K^t . К накладным обычно относятся все расходы организации, кроме прямой заработной платы и прямых материальных затрат. Они вызваны подготовкой, организацией, обслуживанием и управлением. Накладные расходы подразделяются на две группы: общепроизводственные (производственные) и общехозяйственные (непроизводственные). Производственные накладные расходы включают в себя постоянную и переменную части. Постоянная часть (амортизация, текущий ремонт и т.д.) планируется в зависимости от реальных потребностей производства, а переменная часть использует подход, основанный на нормативах. Бюджет коммерческих расходов - это бюджет, в котором учитываются расходы организации, связанные с продвижением и сбытом продукции на рынке. Коммерческие расходы предприятия состоят из общих коммерческих и сбытовых (прямых коммерческих) расходов. В этом бюджете детализируются все предполагаемые расходы, связанные со сбытом продукции и услуг в будущем периоде. За разработку, а затем исполнение бюджета коммерческих расходов может нести ответственность отдел продаж.

Прибыль по всем месяцам рассчитывается как доход за вычетом общих издержек предприятия:

$$\Pi(p) = \sum_{t=1}^T [R^t(p) - Z^t(S) - W^t(Q) - C_k^t - C_H^t].$$

Вывод. В статье представлена разработанная экономико-математическая модель, описывающая формирование всех операционных бюджетов, начиная с бюджета продаж и заканчивая бюджетом коммерческих затрат. Она позволяет максимизировать прибыль выбором цен на реализуемую продукцию. Система взаимосвязанных бюджетов формируется на основе рыночных функций спроса потребителей и функций предложений поставщиков путем их анкетирования и учета сезонных колебаний. Сформированная модель ориентирована на промышленное предприятие с дискретным способом производства, технологическое дерево которого предусматривает сборку готовой продукции из блоков и узлов, которые

в свою очередь собираются из отдельных деталей и комплектующих изделий.

¹ *Есипова О.В.* Разработка алгоритма модифицированного метода Монте-Карло для максимизации прибыли предприятия в условиях гетерогенной полиполии // IV Всероссийская школа-семинар молодых ученых. Казань, 2008. С. 372.

² *Богатырев В.Д., Иванычев А.В., Корнилов С.С.* Моделирование финансовых потоков предприятия с сезонным характером спроса // Управление большими системами. 2003. □ 5. С. 6.

³ *Бром А.Е.* Динамическая модель потоковых процессов промышленного предприятия // Экономика и управление в машиностроении. 2009. □ 1. С. 4.

⁴ *Богатырев В.Д., Хасанишин И.А.* Модель планирования ассортимента продуктов питания и заказа сырья // Управление большими системами: сб. тр. 2006. □ 12-13. С. 27.

⁵ *Богатырев В.Д., Есипова О.В.* Экономико-математическая модель оптимизации прибыли при бюджетировании // Материалы междунар. науч.-практ. конф. Ч. I. Саратов, 2009. С. 44.

Поступила в редакцию 08.10.2010 г.