

- по производственной мощности: $\sum_{j=1}^J b_{ij}x_j \leq B_i \quad (i=\overline{1, I});$
- по трудовым ресурсам: $\sum_{j=1}^J t_{kj}x_j \leq T_k \quad (k = \overline{1, K});$
- по материальным ресурсам: $\sum_{j=1}^J g_{lj}x_j \leq G_l \quad (l = \overline{1, L});$

Нахождение оптимального решения задачи предполагает использование симплекс-метода, который представляет собой итеративный пошаговый процесс. Он начинается с выбора одного возможного решения с последующим замещением его, если результат может быть улучшен. Этот перебор продолжается до тех пор, пока дальнейшее улучшение невозможно. Таким образом, будет получено оптимальное решение. В настоящее время симплекс-метод реализуют стандартные программные пакеты для персональных компьютеров [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Егорова С.Е. Маркетинговый анализ: методология и методика: Монография. – Псков : Издательство ППИ, 2008.
2. Маркарьян Э.А. Экономический анализ хозяйственной деятельности: учебное пособие / Э.А. Маркарьян, Г.П. Герасименко, С.Э. Маркарьян. – М. : КНОРУС, 2008.
3. Степанова Г.Н. Стратегический менеджмент. Планирование на предприятии: Учебное пособие. – М. : Издательство МГУП, 2001.

И.В. ГРЫЛЕВА

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В данной статье рассматриваются принципы применения однопродуктовых и многопродуктовых математических моделей при разработке систем управления запасами предприятия.

Разработку всякой системы управления запасами имеет смысл начать с разделения запасов на группы управления. Разделение необходимо, поскольку номенклатурные позиции запасов, как правило, серьезно различаются по уровню требований к условиям хранения, по характеру использования в производственном процессе, по поставщикам, по стоимости и многим другим параметрам. Прежде всего, номенклатурные позиции материально-производственных запасов (МПЗ) разделяются на группы по принципу общего поставщика. Затем, в группе каждого поставщика выделяются подгруппы управления при помощи метода ABC – анализа.

В классическом ABC – анализе разделение запасов на группы осуществляется в зависимости от их стоимости [2]. В предлагаемой методике разделение осуществляется в зависимости от их доли в материальной себестоимости готовой продукции. Помимо доли в себестоимости продукции необходимо учесть дополнительные факторы, такие как, доступность используемого материала, возможность его замены, особые требования к условиям хранения, срок хранения и другие. Номенклатурные позиции с небольшим сроком хранения и особыми требованиями к условиям хранения должны быть отнесены в группу А, даже если они не занимают подавляющей доли в себестоимости готовой продукции.

Для всех запасов групп А и В применяется система управления с непрерывной проверкой их фактического уровня.

Принципы управление запасами группы А

Для МПЗ, входящих в группу А выгодно использовать систему работы «под заказ», то есть, номенклатурные позиции запасов этой группы закупаются только по мере

появления потребительских заказов на продукцию, в которой данные позиции используются. Применение такой системы оправданно за исключением случаев ожидаемого существенного удорожания МПЗ группы А. В случае, когда подобное удорожание ожидается можно использовать модифицированную для случая скачкообразного увеличения стоимости запасов статическую детерминированную модель [1].

Рассмотрим ситуацию, когда в ближайшем будущем прогнозируется существенное резкое увеличение стоимости запасаемых материалов и стоимости доставки [1]. В этом случае предприятию выгодно перед увеличением цены сделать дополнительный запас материалов. Необходимо определить его оптимальный с точки зрения минимизации издержек управления запасами в плановом периоде размер.

Первая составляющая общих издержек создания и содержания запаса за весь плановый период - это издержки, связанные со сделанным перед увеличением цены дополнительным запасом. Эти издержки будут равны:

$$ИО_1 = C_1 \cdot Q_1 + P_1 + I \cdot C_1 \cdot \frac{Q_1^2}{2 \cdot D},$$

где Q_1 – размер запаса материала определенного вида, который необходимо сделать перед увеличением цены на него;

C_1 – цена единицы запасаемого материала до ее скачкообразного увеличения;

P_1 – стоимость доставки партии запасаемого материала до ее увеличения;

I – коэффициент, показывающий, сколько рублей издержек хранения приходится на каждый рубль, вложенный в запас материала, в единицу времени;

D – спрос на материал в единицу времени.

Вторая составляющая общих издержек управления запасами за плановый период - издержки на создание и содержание запаса материала, закупаемого после увеличения цены на него. Эти издержки равны:

$$ИО_2 = N \cdot C_2 \cdot Q_2 + N \cdot P_2 + N \cdot I \cdot C_2 \cdot \frac{Q_2^2}{2 \cdot D},$$

где Q_2 – размер партий, которыми будет осуществляться пополнение запаса после того, как будет израсходован материал, закупленный перед увеличением цены, C_2 – новая цена единицы запасаемого материала, P_2 – новая стоимость доставки, N – число поставок партий размера Q_2 . Коэффициент пропорциональности издержек I предполагается неизменным.

Продолжительность планового периода равна T . Плановый период состоит из двух частей. В первой части планового периода происходит расходование сделанного до скачкообразного увеличения цены запаса материала, продолжительность первой части планового периода составляет Q_1/D . Во второй части планового периода осуществляются поставки партиями размера Q_2 через одинаковые промежутки времени, равные $T_{ц}$, продолжительность второй части планового периода – $(T - Q_1/D)$. Число поставок N приближенно равно отношению продолжительности второй части планового периода к $T_{ц}$. С учетом того, что $T_{ц} = Q_2/D$, $N \approx (T \cdot D - Q_1)/Q_2$.

Общие издержки создания и содержания запаса в плановом периоде T равны:

$$\begin{aligned} \dot{E}\dot{I} = \dot{E}\dot{I}_1 + \dot{E}\dot{I}_2 = \dot{N}_1 \cdot Q_1 + P_1 + I \cdot C_1 \cdot \frac{Q_1^2}{2 \cdot D} + \dot{N}_2 \cdot (T \cdot D - Q_1) + P_2 \cdot \frac{T \cdot D - Q_1}{Q_2} + \\ + \frac{I \cdot C_2 \cdot Q_2 \cdot (T \cdot D - Q_1)}{2 \cdot D}. \end{aligned}$$

Размер партии поставки на пополнение запаса во второй части планового периода Q_2

рассчитывается по формуле (1): $Q_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot P_2}{I \cdot C_2}}$.

Формула общих издержек управления запасами в плановом периоде T примет вид:

$$\begin{aligned}
 IO = C_1 \cdot Q_1 + P_1 + I \cdot C_1 \cdot \frac{Q_1^2}{2 \cdot D} + C_2 \cdot (T \cdot D - Q_1) + \\
 + 2 \cdot \frac{(T \cdot D - Q_1) \cdot \sqrt{I \cdot C_2 \cdot P_2}}{\sqrt{2 \cdot D}}.
 \end{aligned}$$

При оптимальном размере партии запасаемого материала, приобретаемой перед прогнозируемым скачкообразным увеличением цены ($Q_1=Q_1^*$) $\frac{d}{dQ_1} IO = 0$.

$$\frac{d}{dQ_1} IO = C_1 + \frac{I \cdot C_1 \cdot Q_1}{D} - C_2 - 2 \cdot \sqrt{\frac{I \cdot C_2 \cdot P_2}{2 \cdot D}}.$$

Следовательно, оптимальный объем материалов, который необходимо запasti при прогнозировании резкого увеличения их стоимости можно определить по формуле:

$$Q_1^* = \frac{D \cdot C_2}{I \cdot C_1} + \frac{\sqrt{2 \cdot D \cdot C_2 \cdot P_2}}{C_1 \cdot \sqrt{I}} - \frac{D}{I}. \quad (1)$$

Применение формулы (1) позволяет предприятию избежать финансовых потерь от прогнозируемого скачкообразного увеличения стоимости используемых им МПЗ группы А.

Принципы разработки системы управления запасами группы В

Материалы группы В, используемые только в продукции, объем производства которой планируется полностью на основании заранее заключаемых договоров, относятся к подгруппе детерминированного спроса. Остальные запасы группы В относятся к подгруппе вероятностной интенсивности расходования.

При разработке системы управления запасами группы В подгруппы детерминированной интенсивности расходования применяется следующие математические модели: в случае если от одного поставщика доставляется один вид МПЗ, используется однопродуктовая статическая детерминированная модель, если же от одного поставщика доставляются несколько видов МПЗ – многопродуктовая [2].

Стандартная статическая детерминированная модель управления запасами [2] предполагает пополнение запасаемого материала партиями одинакового размера через равные промежутки времени, каждая следующая партия поступает на предприятие только после того, как израсходована предыдущая. Интенсивность расходования запасаемого материала (спрос на запасаемый материал) является заранее известной постоянной величиной. Оптимальный с точки зрения минимизации издержек размер партии на пополнение запаса определяется с помощью формулы:

$$Q^* = \sqrt{2 \cdot D \cdot \frac{P}{I \cdot C}}, \quad (2)$$

где D – спрос на запасаемый материал в единицу времени,

P – затраты на доставку партии запаса,

I – коэффициент, показывающий, сколько рублей издержек хранения приходится на каждый рубль, вложенный в запас материала, в единицу времени, вложенного в запасы;

C – стоимость единицы запасаемого материала.

Время между поступлениями партий на пополнение запаса (длина цикла) равно $T_{ц}=Q/D$. При необходимости в модель вводятся дополнительные условия и ограничения.

В случае, если от одного поставщика доставляется несколько номенклатурных позиций МПЗ группы В подгруппы детерминированного спроса, используется многопродуктовая статическая детерминированная модель [2].

Предполагается, что m номенклатурных позиций запасов доставляются одним транспортом, от одного поставщика. Эти виды запасов будут пополняться с одинаковой периодичностью $T_{ц}$ и размер партии пополнения по каждой позиции будет одинаков в каждой поставке ($Q_i, i=1, 2, \dots, m$). Для каждой позиции известны:

I_i – коэффициент, показывающий, сколько рублей издержек хранения приходится на каждый рубль, вложенный в запас i -й позиции материала, в единицу времени;

C_i – цена i -го вида материала;

D_i – спрос на материал i -го вида в единицу времени;

P – стоимость доставки всей партии материалов от поставщика;

T – продолжительность планового периода.

Необходимо найти такие периодичность поставок T_u и размер партии каждого вида материалов Q_i , при которых суммарные издержки создания и содержания запасов будут минимальны.

Издержки по созданию запаса в течение планового периода будут равны:

$$ИС_1 = N \cdot \sum_{i=1}^m Q_i \cdot C_i + N \cdot P,$$

где N – количество поставок материалов в плановом периоде.

Поскольку поставки осуществляются через равные промежутки времени, периодичность поставок равна:

$$T_u = \frac{T}{N} \quad (3)$$

Размер партии каждого вида материала, необходимый на период T_u равен:

$$Q_i = D_i \cdot T_u = D_i \cdot \frac{T}{N} \quad (4)$$

Отсюда издержки создания запаса материалов в течение планового периода равны:

$$ИС_1 = T \cdot \sum_{i=1}^m D_i \cdot C_i + N \cdot P.$$

Поскольку запас расходуется равномерно в течение цикла, издержки содержания запаса материалов равны за плановый период:

$$ИС_2 = N \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{2} \cdot I_i \cdot Q_i \cdot C_i \cdot T_u = \frac{1}{2} \cdot \frac{T^2}{N} \cdot \sum_{i=1}^m I_i \cdot D_i \cdot C_i.$$

Общие издержки, связанные с созданием и содержанием запасов в течение планового периода равны:

$$ИО = ИС_1 + ИС_2 = T \cdot \sum_{i=1}^m D_i \cdot C_i + N \cdot P + \frac{1}{2} \cdot \frac{T^2}{N} \cdot \sum_{i=1}^m I_i \cdot D_i \cdot C_i.$$

Необходимо найти такое количество поставок N_{opt} , при котором общие издержки ИО в течение планового периода будут минимальны. Для этого должны быть выполнены следующие условия:

$$\begin{cases} \frac{d}{dN} ИО = 0 \\ \frac{d^2}{dN^2} ИО > 0 \end{cases}$$

$$\frac{d}{dN} ИО = P - \frac{1}{2} \cdot \frac{T^2}{N^2} \cdot \sum_{i=1}^m I_i \cdot D_i \cdot C_i.$$

$$\frac{d^2}{dN^2} ИО = \frac{T^2}{N^3} \cdot \sum_{i=1}^m I_i \cdot D_i \cdot C_i.$$

Отсюда:

$$N_{opt} = \frac{T \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m I_i \cdot D_i \cdot C_i}}{\sqrt{2 \cdot P}} \quad (5)$$

После того как найдено оптимальное количество поставок, можно найти периодичность поставок от данного поставщика по формуле (3) и размер партии каждой номенклатурной позиции, поставляемой от него по формуле (4). При необходимости в модель вводятся дополнительные условия и ограничения.

При разработке системы управления ассортиментными позициями материалов группы В подгруппы вероятностной интенсивности расходования используются следующие математические модели: в случаях, когда от одного поставщика доставляется одна ассортиментная позиция МПЗ – однопродуктовая статическая вероятностная модель управления запасами [3], в случаях, когда от одного поставщика доставляется несколько позиций – многопродуктовая.

Статическая вероятностная модель предполагает [3] пополнение запаса через одинаковые промежутки времени $T_{ц}$, но, партиями различного размера. Размер первой партии поставки равен сумме текущей составляющей (Q^*) и страховой составляющей (s). Размер последующих партий, закупаемых в течение планового периода, равен количеству материала, израсходованному за прошедший между двумя заказами период продолжительности $T_{ц}$. Для расчета Q^* и s используются данные прошлых периодов о размере спроса на материал. Данные подвергаются статистической обработке, в процессе которой, рассчитывается математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение спроса, а также выдвигается гипотеза о характере распределения вероятностей спроса и осуществляется проверка ее истинности по критерию Пирсона.

Затем размер текущей составляющей первой партии (Q^*) определяется по формуле (2), при расчетах вместо величины спроса D используется ее математическое ожидание \bar{D} . Размер страховой составляющей первой партии рассчитывается из условия, чтобы спрос на материал за период времени $T_{ц}$ не превысил суммы своего математического ожидания \bar{D} и среднего размера страховой составляющей $\frac{s}{T_{ц}}$ с определенной вероятностью α . Иначе, $p\left(D \leq \bar{D} + \frac{s}{T_{ц}}\right) = \alpha$. Вероятность α выбирается в зависимости от

требуемого уровня надежности экспертами предприятия, либо рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{g}{g + I \cdot C}, \quad (6)$$

где g – издержки, связанные с отсутствием единицы МПЗ в единицу времени.

Таким образом, s находится из уравнения:

$$\int_0^{\bar{D} + \frac{s}{T_{ц}}} f(D) dD = \alpha, \quad (7)$$

где $f(D)$ – функция плотности распределения вероятностей спроса на рассматриваемый вид МПЗ.

В частности, если спрос подчиняется нормальному распределению,

$$f(D) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(D_j - \bar{D})^2}{2 \cdot \sigma^2}}, \quad \text{где } \sigma - \text{среднеквадратическое отклонение спроса, то уравнение (7) будет выглядеть следующим образом:}$$

$$\int_0^{\bar{D} + \frac{s}{T_y}} \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(D_j - \bar{D})^2}{2 \cdot \sigma^2}} dD = \alpha .$$

Для нахождения значения s можно воспользоваться таблицами значений функции

Лапласа $\Phi(X) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_0^z e^{-\frac{x^2}{2}} dx$. В этом случае исходное уравнение преобразуется к ви-

ду: $\frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_0^z e^{-\frac{x^2}{2}} dx = \alpha$, где $z = \frac{s}{T_y \cdot \sigma}$. С помощью таблиц значений функции

Лапласа находится z , а затем размер страховой составляющей первой партии по формуле $s = z \cdot T_y \cdot \sigma$.

Если спрос подчиняется показательному распределению, то уравнение (7) имеет следующий вид:

$$\int_0^{\bar{D} + \frac{s}{T_y}} \frac{1}{D} \cdot e^{-\frac{1}{D} \cdot D_j} dD_j = \alpha ,$$

откуда $s = -\bar{D} \cdot T_y \cdot (1 + \ln(1 - \alpha))$.

Однако, рассмотренная статическая вероятностная модель управления запасами, может применяться не во всех случаях вероятностного спроса на МПЗ группы В, например, в случае поставки нескольких ассортиментных позиций МПЗ данной группы от одного поставщика, данную модель необходимо модифицировать с учетом возможности совместной поставки.

Первоначально, необходимо рассчитать математическое ожидание D_i и среднеквадратическое отклонение σ_i спроса по каждому виду материалов доставляемых совместно. Далее по формуле (5) рассчитывается количество совместных поставок в плановом периоде, вместо значения спроса на каждый вид МПЗ D_i используются их математические ожидания \bar{D}_i . Затем, по формуле (4) рассчитывается текущая составляющая первой партии каждого вида МПЗ Q_i^* , и, при помощи уравнения (7), определяется страховая составляющая первой партии каждого вида МПЗ s_i .

При необходимости в статическую вероятностную модель могут быть введены другие дополнительные условия и ограничения.

Схема управления запасами группы С

Для запасов группы С может быть использована система управления с периодической проверкой их фактического уровня.

Запасы группы С нецелесообразно разделять на подгруппы по видам спроса, поскольку они составляют лишь 5-8% материальной себестоимости готовой продукции предприятия и не относятся к скоропортящимся, или требующим специальных условий хранения. Для всех ассортиментных позиций этой группы используется единая система управления, основной задачей которой является обеспечение постоянного наличия запасов.

Исходя из заключенных на плановый период договоров на поставку готовой продукции определяется, какое количество каждой ассортиментной позиции запасов группы С будет требоваться в каждом месяце планового периода ($D_{1\text{дог}}, D_{2\text{дог}}, \dots, D_{n\text{дог}}, \dots, D_{N\text{дог}}$), $n = \overline{1, N}$ – порядковый номер месяца.

На основе данных предшествующего периода о производстве продукции, определяется, какое максимальное количество каждой ассортиментной позиции запасов группы С в месяц может потребоваться для производства продукции помимо договорной (D_{max}).

Уровни, до которых в каждом месяце планового периода должен пополняться запас, определяются следующим образом:

$$Q_1=(D_{1\text{дог}}+D_{\text{max}})\cdot 1.2$$

$$Q_2=(D_{2\text{дог}}+D_{\text{max}})\cdot 1.2$$

$$\dots\dots\dots$$

$$Q_n=(D_{n\text{дог}}+D_{\text{max}})\cdot 1.2$$

$$\dots\dots\dots$$

$$Q_N=(D_{N\text{дог}}+D_{\text{max}})\cdot 1.2.$$

Таким образом, будет обеспечиваться постоянное наличие запасов данной группы и не возникнет простоев производства, связанных с их недостатком. При этом издержки содержания запасов останутся невысокими ввиду низкой стоимости запасов группы С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грылева И. В. Учет переменной стоимости запасаемой продукции в статической
2. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами – СПб.: Питер, 2001 г. – 384 с.
3. Сакович В.А. Модели управления запасами – Минск: Наука и техника, 1986 г. – 319 с.

С.Е. ЕГОРОВА

**МАРКЕТИНГОВЫЙ АНАЛИЗ В СИСТЕМЕ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

В статье функция маркетингового анализа определена как «поддержка» маркетинговых решений, интегрированных с финансовыми. При этом интеграция решений рассмотрена в двух аспектах: интеграция во времени, обуславливающая непрерывность решений, и интеграция в пространстве, определяющая системность решений.

Как известно, основой управления является процесс принятия решений (ППР) [1]. Можно выделить следующие основные этапы управления, рассматриваемого как ППР:

- определение проблемы, стоящей перед организацией. Под проблемой понимается расхождение между желаемым и существующим состоянием объекта;
- разработка решения выбранной проблемы: определение альтернативных решений, оценка последствий каждого из них, выбор наиболее приемлемого с точки зрения соответствующих критериев;
- реализация решения.

Главной задачей маркетинговой деятельности является принятие решений относительно маркетинговых проблем. Иными словами, должны быть определены проблемы в области разработки продукта, цен, распределения и стимулирования; наиболее важные принимаются к рассмотрению; из перечня возможных решений выбирается наилучшее, основанное на доступной информации; решение реализуется.

Функцией маркетингового анализа является «поддержка» маркетинговых решений – обеспечение их необходимой информацией. Анализ может поддерживать каждый из этапов ППР. Так, поисковые гипотезы помогают выявить проблему; описательные – дать ей характеристику; объяснительные и прогнозные гипотезы способствуют разработке возможных альтернативных решений; маркетинговый мониторинг помогает отслеживать ход выполнения принятых решений.

Покажем, как маркетинговый анализ поддерживает маркетинговые решения на примере непрерывного процесса планирования маркетинга. Планирование предполагает разработку стратегий и программ их реализации, направленных на достижение поставленных целей предприятия. Целями планирования являются: снижение уровня риска хозяйственной деятельности в условиях нестабильной среды; обеспечение стабильности роста и развития предприятия путем выбора привлекательных зон хозяйствования; смягчение остроты рыночной конкуренции. В табл. 1 отражены основные этапы процесса планирования и наиболее существенные задачи маркетингового анализа. На каждой стадии планирования анализ вносит свой вклад для определения и решения вопросов, выбора альтернатив.