

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ЗАПАСАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

*Т.А.Сафронова, О.А.Пичугова*

Целью исследований является анализ и управление производственными запасами на ОАО «Могилевский завод «Электродвигатель». Создана математическая модель объекта; разработано программное обеспечение, позволяющее выбирать такие варианты поставок материалов в условиях неопределенности, при которых прибыль предприятия была бы максимальной

Ключевые слова: управление запасами в условиях неопределенности, матрица полезности, многономенклатурные модели управления запасами.

Объектом исследования в научной работе являются модели управления производственными запасами: традиционная многономенклатурная модель управления запасами в условиях неопределенности и многономенклатурная модель учета аккумулируемых в запасах денежных средств при реализации принципа временной стоимости денег в условиях неопределенности.

Проблема оптимального регулирования запасов является одной из центральных и самых сложных в области управления, что объясняется высокой долей затрат на хранение материальных ресурсов в структуре расходов предприятия. Размер запасов должен быть рациональным в целях сокращения затрат складского и транспортного хозяйств и способствовать увеличению оборачиваемости оборотных средств предприятия, но в то же время должен обеспечивать непрерывность производственного процесса, иначе могут быть большие потери от дефицита материальных ресурсов.

В условиях экономического кризиса возникают различного рода неопределенности, когда невозможно достоверно оценить вероятности реализации сценариев развития экономической конъюнктуры, принятие решений в сфере управления запасами может быть существенно затруднено в связи с тем, что неизвестны значения ряда параметров, требуемых для расчета экономического размера заказа и других параметров стратегии управления запасами в цепи поставок.

Задача оптимизации работы системы управления запасами рассматривается применительно к модели, в рамках которой неизвестными показателями, которые принимаются в качестве неопределенных параметров, выступают следующие: месячный объем производства, цена реализации электродвигателей, потери прибыли, обусловленные возможными претензиями к качеству материальных ресурсов. Соответствующая задача оптимизации стратегии управления запасами рассматривается как задача максимизации прибыли в условиях неопределенности для соответствующего звена цепи поставок.

Целевая функция представляет собой прибыль, рассчитанную как выручка от реализации двигателей минус суммарные месячные издержки. Следует подчеркнуть, что в приведенных выражениях и показатель общих месячных затрат, и показатель месячной прибыли, в общем случае должны включать и некоторые другие затраты в рамках соответствующего производства (например, заработная плата и др.) Но, поскольку такие затраты не зависят от размера партии заказа и длительности интервала повторного заказа, то они и не повлияют на выбор оптимального решения. Далее при формализации модели такие затраты не учитываются.

Суммарные месячные затраты для многономенклатурной модели управления запасами с учетом потерь от замороженных в них денежных средств при реализации принципа временной стоимости денег:

$$C_T = \left(1 + r \cdot \frac{T_{об}}{2}\right) \cdot \left[ \frac{C_0}{T_{об}} + \frac{T_{об}}{2} \cdot (\overline{D} \cdot \overline{C}_h) + r_3 \cdot \frac{T_{об}}{2} \cdot (\overline{D} \cdot \overline{C}_{0III}) + \frac{T_{об}}{2} \cdot (\overline{D} \cdot \overline{C}_{hII}) \right] \quad (1)$$

где  $r_3$  – показатель годовой доли потерь относительно величины аккумулируемых в запасах замороженных денежных средств, т.е. годовая депозитная ставка, на основе которой можно характеризовать потери из-за того, что анализируемая сумма не находится на депозитном счете;

$T_{об}$  – общий период поставки (в месяцах);

$\overline{D}$  – вектор месячного потребления  $i$ -тых материальных ресурсов;

$\overline{C}_h$  – вектор соответствующих годовых затрат на хранение для единиц  $i$ -тых видов материальных ресурсов;

$\overline{C}_{II}$  – вектор стоимости  $i$ -тых видов материальных ресурсов;

$r$  – годовая ставка наращивания, действующая на рынке, т.е. ставка рефинансирования;

$C_0$  – издержки доставки  $i$ -того вида материального ресурса, не включающиеся в накладные расходы на поставку соответствующей партии;

$\overline{C}_{0III}$  – вектор, равный сумме векторов  $\overline{C}_{0II}$  и  $\overline{C}_{II}$ ;

$\overline{C}_{hII}$  – вектор, равный сумме векторов  $\overline{C}_h$  и  $\overline{C}_{II}$ .

Суммарные месячные затраты для традиционной многономенклатурной модели управления запасами:

$$C_T = \frac{C_0}{T_{об}} + \frac{T_{об}}{2} \cdot (\overline{D} \cdot \overline{C}_h) + \frac{T_{об}}{2} \cdot (\overline{D} \cdot \overline{C}_{hII}) \quad (2)$$

Для ясности изложения, чтобы избежать излишне громоздких построений и удобства сравнения с результатами при формализации модели для каждого из указанных неопределенных параметров будут учитываться только два сценария (пессимистический и оптимистический).

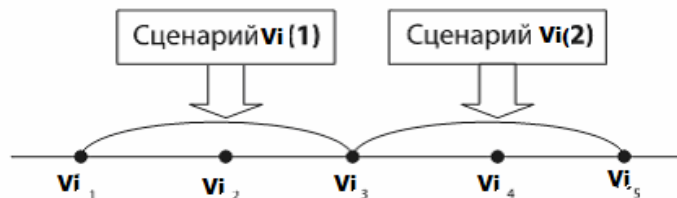


Рис. 1 Границы возможных изменений  $i$ -того объема производства

Определение реперных точек для определения благоприятных и неблагоприятных сценариев осуществляется по ретроспективным данным типов двигателей за 2004-2007 г. Границы возможных изменений цены реализации единицы каждого типа продукции определяются следующим образом: пессимистический результат – себестоимость единицы каждого типа выпускаемого двигателя, а оптимистический результат – оптовая

цена реализации. Значения понижающего коэффициента  $\alpha$  для значения месячной выручки при неблагоприятном сценарии вычисляются как отношение количества качественного материала (без брака) к общей сумме поставленного материала. Благоприятный сценарий соответствует 100% качеству, при этом значения понижающего коэффициента  $\alpha$  равны 1.

Теория принятия решений в условиях неопределенности предполагают формализацию задачи выбора наилучшего решения применительно к так называемой матрице полезностей. Строки представляют собой случайные события, а столбцы – альтернативные решения. Ее элементами являются показатели конечного экономического результата для каждого решения при анализируемых случайных событиях.

Для формализации случайных событий строится матрица событий. Количество строк определяется как количество сценариев в степени неопределенных параметров. Количество столбцов – количество неопределенных параметров. Случайное событие представляет собой кортеж первой строки. Для первой строки (случайного события) все неопределенные параметры закрепляются на уровне неблагоприятного события. Для второго случайного события первый параметр варьируется на уровень благоприятного сценария, а остальные неопределенные параметры закрепляются на уровне неблагоприятного. Для третьего случайного события первый параметр варьируется на уровень неблагоприятного сценария, второй на уровень благоприятного, остальные неопределенные параметры закрепляются на уровне неблагоприятного сценария. Для четвертого случайного события первый и второй неопределенные параметры варьируются на уровень благоприятного сценария, а остальные закрепляются на уровень неблагоприятного события. Таким образом, чередование происходит как количество сценариев в степени номер параметра минус единица.

Далее проводится формализация перечня альтернативных решений. Он формализуется как все поставки от 1-й группы поставщиков –  $X_1$ , все поставки от 2-й группы поставщиков –  $X_2$ , все поставки от 1-й и 2-й группы поставщиков равными долями –  $X_3$ , поставки для первого материала равными долями от 2-х групп поставщиков, а все остальные поставки от 1-й группы поставщиков –  $X_4$  и т.д.

Выбор оптимального решения осуществляется критерием модифицированного Гурвица применительно к матрице потерь Сэвиджа:

- введение дополнительной строки для матрицы потерь;
- элементы (по столбцам) матрицы полезности заполняются средним арифметическим взвешенным значением относительно показателей двух крайних возможных позиций для лица, принимающего решения, – крайней пессимистической (это значение соответствует именно показателю критерия Сэвиджа, т.е. максимальным потерям по столбцу) и крайней оптимистической (это значение соответствует минимальным потерям по столбцу такой матрицы), причем параметр  $C$  – соответствующий «весовой» коэффициент для показателя крайней пессимистической позиции (критерия Сэвиджа);
- из всех средневзвешенных показателей дополнительной строки определяется самый лучший (самый малый по величине потерь ожидаемой прибыли);
- соответствующее решение принимается в качестве наилучшего при заданном отношении лица, принимающего решения, к риску отклонения результата на основе выбранного значения параметра  $C$ .

Оптимальные размер заказа и интервал повторного заказа для многономенклатурных моделей управления запасами определяется по формулам (3-5).

Для традиционной многономенклатурной модели управления запасами интервал повторного заказа:

$$T_{об}^* = T_{об}^0 = \sqrt{\frac{2 \cdot C_0}{D \cdot C_{hП}}} \quad (3)$$

Для многономенклатурной модели управления запасами с учетом потерь от замороженных в них денежных средств при реализации принципа временной стоимости денег интервал повторного заказа:

$$T_{об}^* = \frac{T_{об}^0}{Z_0} \quad (4)$$

Экономичный размер заказа для двух моделей:

$$q_i^* = T_{об}^* \cdot D_i \quad (5)$$

Учет временной стоимости денег (издержек/доходов) осуществляется по схеме простых процентов.

Для решения этих задач разработана информационная система в среде Microsoft Office Access 2003, в качестве ядра системы использована СУБД Microsoft SQL Server 2000. Информационная система состоит из двух модулей: модуля анализа и модуля управления производственными запасами в условиях неопределенности.

Для управления запасами в условиях неопределенности необходимо определить значения параметров многономенклатурных моделей.

Первым шагом в управлении запасами в условиях неопределенности является определение по ретроспективным данным типов двигателей за 2004-2007 г. реперных точек для определения благоприятных и неблагоприятных сценариев. Границы возможных изменений цены реализации единицы каждого типа продукции определяются следующим образом: пессимистический результат – себестоимость единицы каждого типа выпускаемого двигателя, а оптимистический результат – оптовая цена реализации/

Следующим шагом является определение поставщиков для каждого вида основных материалов. При этом учитывались ценовые критерии, формы оплаты, приобретение ресурсов у предприятий-изготовителей, длительные партнерские отношения.

Далее необходимо определить значения понижающего коэффициента  $\alpha$  для значения годовой выручки при неблагоприятном сценарии, которые вычисляются как отношение количества качественного материала (без брака) к общей сумме поставленного материала и представлены в таблице. Данные были взяты из рекламационных листов. Благоприятный сценарий соответствует 100% качеству, при этом значения понижающего коэффициента  $\alpha$  равны 1.

При выборе маршрутов поставок целесообразно учитывать географическое положение поставщиков и выполнять совместные поставки в том случае, если поставщики расположены недалеко друг от друга, вдоль маршрута следования железнодорожного транспорта. Анализируя возможные маршруты доставки железнодорожным транспортом, получаем следующие обязательные комбинации по общим (совместным) поставкам:

- Липецк (сталь динамная, 2 группа поставщиков) и Старый Оскол (сталь конструкционная, 1 группа поставщиков);
- Череповец (сталь динамная, 1 группа поставщиков и сталь конструкционная, 1 группа поставщиков) и Санкт-Петербург (алюминий первичный 2 группа поставщиков);
- Самара (алюминий вторичный, 1 группа поставщиков) и Подольск (эмальпровод, 1 группа поставщиков);
- Москва (алюминий вторичный, 2 группа поставщиков, сталь валовая обе группы поставщиков, алюминий первичный, 1 группа поставщиков);
- Гомель (эмальпровод, 2 группа поставщиков).

Далее необходимо определить количество случайных событий для построения матрицы полезности. Оно вычисляется как количество сценариев в степени количества возможных параметров. Варьируемыми параметрами являются: месячный объем производства и цена реализации по девяти типам двигателей, понижающий коэффициент

а для двух групп поставщиков по каждому основному материалу. Таким образом, количество случайных событий составит:  $2^{9+9+6+6} = 2^{30}$ .

Составляя матрицу параметров для каждого случайного события, определяем потребность в каждом материальном ресурсе, общий период поставки. Затем находим прибыль. При решении оптимизационной задачи получаем матрицу полезности со значениями прибыли поставок, где строка – это случайное событие, а столбец – альтернативное решение. Размерность матрицы для вышеописанных исходных данных составляет  $2^{30}$  строк и 35 столбцов.

Тогда получаем окончательный вариант поставок из множества альтернатив с помощью модифицированного критерия Гурвица применительно к матрице потерь Севиджа: все поставки по 50% от каждого поставщика.

Оптимальным для предприятия вариантом поставок основных материалов, который максимизирует прибыль предприятия, является такой вариант, когда объемы производства принимают благоприятный исход для двигателей АИР-160, АИР-100, АИР-132, 4ВР100, АИР-80, АИРЕ-56 и неблагоприятный исход для двигателей АИР-90, АИР-112, АИР-71. Цены реализации на все двигатели и коэффициент понижения выручки соответствуют благоприятному исходу.

Проведя вычисления, получаем, что прибыль для традиционной многономенклатурной модели согласно матрице полезности составит 582,414 млн. р., а прибыль для многономенклатурной модели управления запасами с учетом потерь от замороженных в товарах денежных средств, при реализации принципа временной стоимости денег составит 1 346,623 млн. р. Таким образом, абсолютная разность в расчете прибыли по традиционной многономенклатурной модели и многономенклатурной модели управления запасами с учетом потерь от замороженных в товарах денежных средств может составить 764,208 млн. р. или 43,25%. Таким образом, модель аккумулированных денежных средств в среднем на 43% эффективнее, чем традиционная.

Издержки на хранение, выполнение заказа и общие издержки по видам запасов до внедрения системы составляли 154,54 млн. руб. Совокупные месячные издержки для многономенклатурной модели управления запасами могут составить 63,701 млн. руб. На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что совокупные месячные издержки на управление запасами после внедрения системы будут меньше суммарных издержек до внедрения системы на 90,84 млн.р.

#### Литература

1. *Стражев В.И.* Анализ хозяйственной деятельности в промышленности: Учебник / *Н.А. Русак, В.И. Стражев, О.Ф. Мигун* и др.; Под общ. ред. *В.И. Стражева*. – Мн.: Выш. шк., 1998. – 398 с.: ил.
2. *Бродецкий Г.Л.* Возможности оптимизации модели управления запасами в условиях неопределенности / *Логистика и управление цепями поставок*. – 2006. – №6. – С.74-85.
3. *Бродецкий Г.Л.* Особенности реализации алгоритмов оптимизации стратегии управления запасами в условиях неопределенности / *Логистика и управление цепями поставок*. – 2007. – №1. – С.74-93.
4. *Бродецкий Г.Л.* Управление запасами. Полный курс МВА: Учеб. пособие. – М.: Эксмо, 2008. – 352 с.: ил.
5. *Бродецкий Г.Л.* Экономико-математические методы и модели в логистике: потоки событий и системы обслуживания: Учеб. пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.: ил.

#### **Сафронова Татьяна Александровна**

Выпускница 2009 года экономического факультета  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(29) 743-83-14  
E-mail: [tanyshka-mog@yandex.ru](mailto:tanyshka-mog@yandex.ru)

#### **Пичугова Ольга Анатольевна**

Старший преподаватель кафедры «Экономическая информатика»  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(222) 48-13-64  
E-mail: [olga\\_mogilev@mail.ru](mailto:olga_mogilev@mail.ru)