

ВЫБОР МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ ТОВАРНОГО ЗАПАСА ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2009 Ю.С. Чуйкова*

Ключевые слова: товарный запас, страховой запас, оптимальная партия поставки, затраты на размещение заказа, затраты на хранение, функция затрат, функция потерь от дефицита, рентабельность товарного запаса, неликвидные активы.

Рассматриваются недостатки существующих подходов к оптимизации товарных запасов. Предложена методика расчета оптимальной партии поставки с учетом неравномерности спроса, поступлений товара и варьирующегося страхового запаса.

Запас в современном бизнесе перестает быть только расчетным показателем деятельности. Он становится одним из основных объектов управления, обеспечивающих успех предприятия. В принятии решения о месте и роли запаса в организации принимают участие в том числе и менеджеры высшего уровня управления, определяющие стратегию развития бизнеса. Их отношение к запасу определяет дальнейшие возможности управления основной операционной функцией компании.

Каким должен быть средний или нормативный уровень запаса, оптимальный уровень заказа, какого размера должен быть страховой запас? - Эти и другие вопросы управления запасами в организации являются в настоящее время одними из самых распространенных в отечественном бизнесе.

Источником формирования и пополнения запаса любого предприятия является поток товарно-материальных ценностей.

Проблема оптимизации материального потока при его движении от источника возникновения до конечного потребителя в настоящее время в нашей стране является первоочередной. Движение материального потока складывается из перевозки товарно-материальных ценностей (ТМЦ) его составляющих и остановок ТМЦ на складах и рабочих местах в виде запасов.

Оптимизация движения материального потока в логистике, таким образом, складывается из оптимизации транспортировки ТМЦ и оптимизации уровня запасов различных видов на различных этапах развития бизнес-процессов. При этом расчеты размеров запасов ТМЦ, находящихся на транспортных средствах, относятся к решению задач оптимизации уровня запасов.

В основе оптимизации уровня запасов лежит расчет оптимального уровня заказа, восполняющего запас до оптимального уровня.

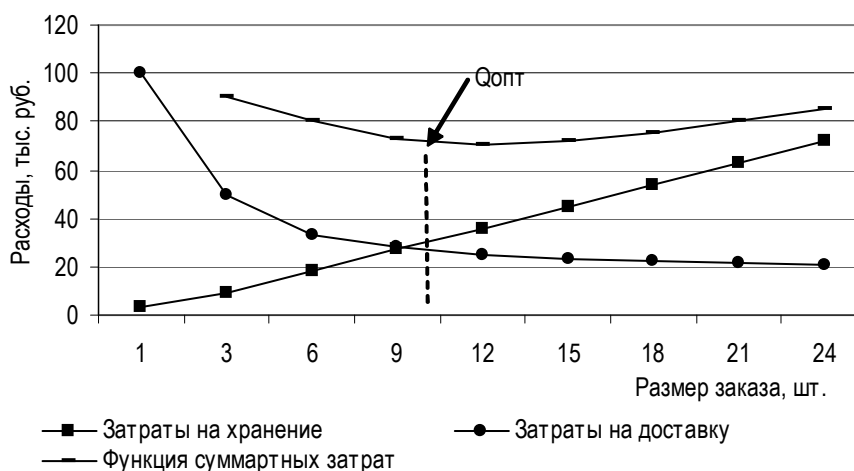


Рис. 1. Зависимость суммы затрат на обработку заказа и хранение от размера заказа

* Чуйкова Юлия Сергеевна, аспирант Самарского государственного аэрокосмического университета им. акад. С.П. Королева. E-mail: chuikova@rambler.ru.

Критерием оптимизации при этом является, как правило, минимум совокупных затрат, связанных с запасом: затраты на размещение заказа, погрузочно-разгрузочные работы, транспортировку, затраты на хранение и т.д.

На рисунке представлена кривая совокупных затрат, отражающая характер зависимости суммы издержек выполнения заказа и расходов на хранение от размера заказываемой партии. Кривая суммарных издержек имеет точку минимума, в которой суммарные расходы будут минимальны. Абсцисса этой точки Q_{opt} представляет собой значение оптимального размера заказа.

Задача определения оптимального размера заказа может быть решена аналитически. Формула расчета ОПП была разработана в 1915 г. и с тех времен претерпела не принципиальные, но многообразные переработки, вызванные развитием условий и возможностей бизнеса.

В настоящее время имеются разнообразные названия таких формул: EOQ (Economic Order Quantity Model), экономичный размер заказа, модель (или формула) Вилсона, а также формула Харриса, Кампа и др. Формула Вилсона - наиболее известный и широко применяемый метод расчета размера заказа Q :

$$Q = \sqrt{\frac{2AF}{iC}},$$

где A - стоимость инициирования и обработки заказа; F - прогноз продаж на период; i - доля, которую составляют издержки по хранению за период T в стоимости запаса за этот же период; C - стоимость единицы продукции.

Формулу оптимальной партии получаем путем нахождения минимума функции совокупных затрат. Подробные расчеты широко освещены в специальной литературе, поэтому на них не останавливаемся.

Таблица 1

Формула Вилсона и ее модификации*

Показатели	Формула
Общие затраты на создание и поддержание запаса	$Z = \frac{Q}{2} I + \frac{F}{Q} A + CF$
Оптимальная партия поставки (ОПП) - формула Вилсона	$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2AF}{I}}$
ОПП при учете цены в затратах на хранение запасов	$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2AF}{iC}}$
ОПП с учетом постепенного пополнения	$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2AF}{I(1 - \frac{S}{D})}}$
ОПП с учетом потерь от дефицита	$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2AF}{I} \frac{(H + I)}{H}}$
ОПП с учетом потерь от дефицита при постепенном пополнении	$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2AF}{I} \frac{1 - \frac{I}{H}}{1 - \frac{S}{d}}}$
ОПП с учетом НДС	$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2AF}{I + irC}}$
ОПП с учетом затрат на хранение на единицу площади или объема	$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2AF}{ak}}$

* Z - общие затраты на создание и поддержание запаса; I - затраты на хранение единицы продукции; D - объем поступления ТМЦ на склада в течении планового периода; d - среднесуточный объем поступления материалов на склад; H - издержки дефицита; r - коэффициент ставки НДС; a - затраты на хранение единицы продукции, руб./м²; k - коэффициент, учитывающий габариты единицы продукции, м²/шт.

Формула расчета ОПП имеет множество модификаций, соответствующих разнообразным ситуациям работы с запасом в условиях современного бизнеса. Основные модификации формулы ОПП¹ представлены в табл. 1. При использовании всех модификаций формулы Вильсона следует иметь в виду, что все исходные данные приводятся к одному и тому же плановому периоду времени.

Несмотря на кажущуюся привлекательность формул Вилсона для решения задачи оптимизации размера заказа, использование ее даже теоретически ограничено.

Вывод формул основывается на целом ряде допущений, абсолютное большинство которых не может быть применено к практике бизнеса. К таким допущениям можно отнести следующие:

- ◆ модель применяется для одного вида товара;
- ◆ уровень спроса постоянен в течение планового периода времени;
- ◆ средний уровень запаса составляет половину размера заказа;
- ◆ интервал времени между поставками постоянен;
- ◆ время доставки постоянно;
- ◆ стоимость хранения запасов определяется исходя из среднего размера запаса;
- ◆ затраты на размещение заказа постоянны;
- ◆ поставка приходится на склад одновременно, т.е. в рамках одного учетного периода (так называемая мгновенная поставка);
- ◆ вследствие постоянного темпа потребления и отгрузки приемка;
- ◆ осуществляется в момент времени, когда уровень запаса равен нулю;
- ◆ транспортный (транзитный), подготовительный, сезонный и страховой (гарантийный) запасы отсутствуют;
- ◆ длительность производственного цикла известна и постоянна;
- ◆ отсутствуют потери от дефицита.

Постоянство спроса, мгновенность поставки и работа на основе предположения, что поставка придет без задержки и без сбоев, фактически, делает такое движение запасов сугубо теоретическим и совершенно нереализуемым на практике.

Решим задачу оптимизации материального потока через определение минимума функции затрат с учетом заданных ограничений.

Общие затраты Z складываются из затрат на транспортировку Z_1 , затрат на закупку Z_2 и затрат на размещение и хранение товара Z_3 .

Затраты на транспортировку товара за период зависят от количества поставок n и стоимости одной поставки A , которая остается постоянной. Величина фрахта за перевозку остается постоянной на срок договора с перевозчиком. Затраты на транспортировку имеют вид

$$Z_1 = An.$$

Затраты на закупку товара определяются как:

$$Z_2 = CQn,$$

где C - цена продукции.

Затраты на хранение рассчитываются как расходы на содержание среднего уровня запаса S_{cp} :

$$Z_3 = iCS_{cp},$$

где i - удельные расходы на содержание запаса, %.

Удельные затраты на содержание запаса определяются как отношение общих затрат на хранение (аренда складских помещений, заработная плата складских рабочих) к величине планируемой реализации товара за период. Средний уровень запаса рассчитывается как среднее уровней запаса на конец каждого месяца S_i с учетом страхового запаса R_i .

Допустим, что величина запаса S_0 на начало первого месяца равна Q , тогда уровень запаса S_i на конец месяца i :

$$S_i = S_{i-1} + Q_i n_i - F_i + R_i.$$

Страховой запас определяется по формуле Ч. Боденстаба² на основе отклонений M фактических продаж от прогноза с учетом страхового коэффициента α :

$$R_i = \alpha M(0,1 + 0,07(T + D)),$$

где D - период поставки - время с момента формирования заказа и отправки его поставщику до поступления товара на склад; $T = \frac{4}{n}$ период между поставками.

Соответственно, формула страхового запаса примет вид:

$$R_i = \alpha M(0,1 + 0,07(\frac{4}{n} + D)).$$

Количество поставок за период определяется как отношение необходимого

Таблица 2

Результаты расчета оптимальной партии поставки

Показатели	Период			
	<i>t</i>	1	2	3
Партия поставки	<i>Q</i>	3900	7700	10100
Количество поставок	<i>n</i>	3	2	2
Общий объем поставок	<i>nQ</i>	11700	15400	20200
Уровень запаса	<i>S</i>	4400	3900	4200
Страховой запас	<i>R</i>	1700	2200	2200

объема поставок к величине оптимальной партии поставки *Q*:

$$n_i = \frac{F_i - S_{i-1} + SS_i}{Q_i}.$$

Введение величины страхового запаса в формулу расчета оптимальной партии поставки позволит учесть затраты на компенсацию потерь от дефицита. Средний уровень запаса будет варьировать в зависимости от поступлений товара за период, что наиболее приближено к реальной ситуации.

Найдем минимум функции затрат:

$$Z = A \sum_{i=1}^m n_i + C \sum_{i=1}^m n_i Q_i + iC \sum_{i=1}^m \frac{S_0 + S_i}{m+1} \rightarrow \min,$$

где *C* - постоянна; *n*, *Q*, *S* > 0; *n* - целое число.

Необходимое условие, чтобы общий объем поставок *nQ* был не меньше планируемого спроса за вычетом остатков на конец предшествующего периода:

$$n_i Q_i \geq F_i + R_i - S_{i-1}.$$

Решим задачу с помощью пакета "Поиск решений" в приложении EXCEL. Результаты представлены в табл. 2.

Изложенный подход позволил учесть параметры, которые не рассматривались стандартными формулами расчета оптимальной партии поставки.

1. Учитывается неравномерный спрос в течении расчетного периода, который влияет на выбор частоты поставки и величину страхового запаса.

2. Поставки планируется на основе прогнозных значения спроса на рассматриваемый период.

3. Средний уровень запаса определяется с учетом планируемой неравномерной реализации и учитывает величину страхового запаса. В то время как в классической формуле величина среднего запаса принимается равной половине партии поставки, что заведомо увеличивает расходы на хранение запаса на 20-30%.

4. Интервал поставки индивидуален для каждого периода. Что позволяет уменьшить величину поступлений товара в период с низким уровнем спроса.

5. Поставка на склад приходится одновременно, но время на разгрузку, складирование и оприходование учитываются при расчете страхового запаса.

6. Уровень запаса не опускается ниже уровня страхового запаса.

7. Страховой запас - величина не постоянная. Она снижается до 3% при увеличении частоты поставки.

Подводя итог, отметим, что применение изложенного подхода позволяет сократить товарные запасы до 30% и увеличить их рентабельность почти в 2 раза. Тем самым высвобождается до 20% денежных средств, замороженных в неликвидных активах.

¹ Ханк Д.Э, Уичерн Д.У., Райтс А.Дж. Бизнес-прогнозирование. М., 2003.

² Bodenstab C.J. How many Inventory Turns Should I get? Hilt Press, Minneapolis, Minnesota, 2001.

Поступила в редакцию 13.10.2009 г.