

Стерлигова А.Н.¹

Оптимальный размер заказа, или Загадочная формула Вильсона

// Логистик & система. - №2. - С. 64-69. - №3. - С. 62-71. - 2005.

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 (ТМЦ²) 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.

Состояние работы с запасами в России

Вопросу оптимизации уровня запасов в специальной литературе уделено довольно много внимания¹. Из известных подходов к управлению запасами оптимизация является в России самым популярным. Большой интерес к оптимизации уровня запасов вызван, прежде всего, сложным положением, в котором оказались многие отечественные предприятия после начала перестройки экономики. Несмотря на довольно длительный период развития новых отношений между операторами рынка, современная отечественная практика управления запасами, зачастую, характеризуется

¹ Статья написана при участии Семеновы И.В.

² Под товарно-материальными ценностями здесь далее будет пониматься материальные объекты различных этапов бизнес процессов: сырье, материалы, комплектующие, полуфабрикаты, незавершенное производство, сборочные единицы и готовая продукция.

- стихийно или традиционно сложившейся методикой управления запасами,
- высоким уровнем ошибок прогнозирования потребности в запасе, вызванным нестабильностью экономической среды,
- недостаточной статистической базой расчета уровня запасов и связанным с этим отсутствием попыток алгоритмизации работы по управлению запасами,
- слабым взаимодействием служб различных функциональных областей логистики, связанных с формированием запасов,
- отсутствием четко сформулированной логистической стратегии управления запасами.

В рамках отечественных организаций расчеты уровней запасов, в том числе и оптимизационные, нельзя считать полностью отработанными. Их проведение по-прежнему вызывает методические вопросы.

Проблема оптимизации уровня запасов встает в связи с общеизвестной проблемой содержания запасов. Для иллюстрации предположим, что склад ежегодно должен обслужить потребность в сырье на 1000 условных единиц. Годовые затраты на хранение составляют 20% от стоимости запасов. Если запасы сырья, обеспечивающие потребность производства, создаются только в начале года, то предприятие использует этот запас в течение всего года, полностью истощая его к концу года. Средний уровень запаса на предприятии при этом $1000/2 = 500$ у.е. Затраты на хранение составят $500*0,2 = 100$ у.е. Если же запасы создаются два раза в год в начале первого и второго полугодия, то средний уровень запаса в год равен $1000/2/2 = 250$ у.е. Затраты на хранение составят $250*0,2 = 50$ у.е. При организации поставок сырья один раз в квартал (четыре раза в год) средний уровень запаса еще более снижается и составляет $1000/4/2 = 175$ у.е. Затраты на хранение в этом случае будут равны $175*0,2 = 25$ у.е. Высвобождаемые финансовые ресурсы могут быть использованы, например, на развитие производства. Увеличивая количество закупок в год, предприятие снижает

размеры заказа и средний уровень запаса сырья, экономя на затратах, связанных с хранением запаса. При этом, с другой стороны, увеличиваются затраты, связанные с оформлением, выдачей и приемкой заказов, теряется возможность воспользоваться оптовыми скидками, растут расходы по доставке и пр. Если предположить, что затраты на размещение одного заказа составляют 25 у.е. на один заказ, то при одной закупке в год затраты на размещение запаса составят 25 у.е., при двух закупках – 50 у.е., при четырех закупках – 100 у.е. (см. Таблица 1).²

Таблица 1

Пример расчета оптимального размера заказа

Количество заказов в год	Размер заказа, у.е.	Затраты на размещение заказов, у.е.	Затраты на хранение среднего запаса, у.е.	Общие затраты, у.е.
1	1000	25	100	125
2	500	50	50	100
3	333	75	33	108
4	250	100	25	125
5	200	125	20	145

Анализ общих затрат, складывающихся из затрат на размещение заказов и затрат на хранение (см. Таблица 1), показывает, что минимальные издержки соответствуют размеру заказа в 500 у.е. при закупках по полугодиям, два раза в год.

Проведенный табличный вариант определения ОРЗ не может удовлетворить все возможные случаи работы с запасами. Предпочтительнее проводить расчет, не заполняя таблицу, а проводя вычисления по формуле. Такая формула была выведена довольно давно в ответ на требования практики бизнеса.

Популярный инструмент

В основе оптимизации уровня запасов лежит расчет оптимального уровня заказа, восполняющего запас до оптимального уровня. Критерием оптимизации при этом является, как правило, минимум совокупных затрат, связанных с запасом. Формула расчета ОРЗ была разработана в 1915 году 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) Вильсона (Уильсона), а также формула Харриса, Кампа и др. Формула Вильсона - наиболее известный и широко применяемый метод расчета размера заказа³.

Как отмечалось при комментарии Таблица 1, в состав общих затрат по созданию и поддержанию запасов, входят

- 1) затраты на хранение запаса,
- 2) стоимость выдачи заказа.

Третья составляющая – стоимость закупки партии, восполняющей запас, или стоимость заказа. Она была опущена в примере, рассмотренном в Таблица 1, в связи с предположением, что цена партии не меняется с изменением размера партии. В таком случае, цена не влияет на изменение уровня общих затрат в связи с изменением размера заказа.

Рассмотрим поведение составляющих общих затрат на создание и поддержание запаса более подробно.

(1) **Затраты на хранение запаса** в общем случае имеют прямо пропорциональную зависимость от размера заказа: чем большими партиями пополняется запас, тем дороже стоит содержание запаса (см. Рисунок 2). Если воспользоваться общепринятым подходом к расчету среднего уровня запаса, то средний уровень запаса при восполнении его партиями по Q единиц равен половине этой величины, т.е. $Q/2$. Следовательно, функция затрат на хранение может иметь вид:

$$C_{\text{хр}} = \frac{Q}{2} * I,$$

Формула 1

где Q – размер заказа, восполняющего запас, денежные или натуральные единицы измерения,

I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса.

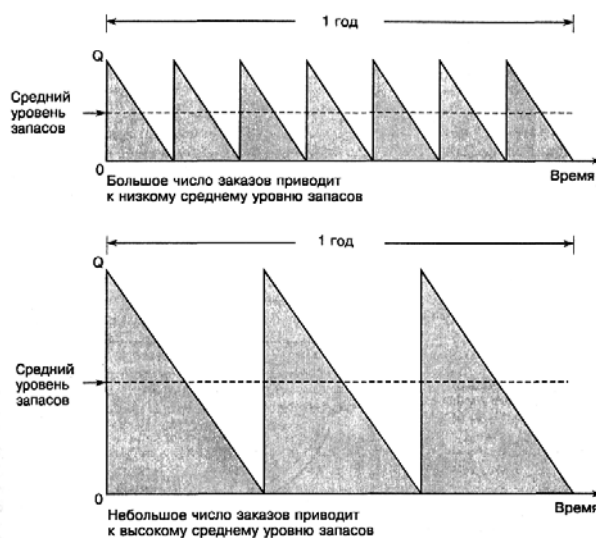


Рисунок 1.⁴ Зависимость среднего уровня запасов от размеров заказов.

(2) **Стоимость размещения заказа** включает постоянные затраты, связанные с выдачей заказов, например,

- на поиск поставщика,
- на ведение переговоров,
- представительские расходы, затраты на содержание отдела закупок и пр.

Чем большим размером заказа мы пытаемся восполнить потребность в запасе в единичный период времени, тем реже мы делаем заказы, тем, следовательно, меньше затраты, связанные со стоимостью выдачи заказа (см. Рисунок 2). Если общая потребность в единичный период времени составляет S единиц, а восполнение этой потребности ведется партиями по Q единиц, то

отношение $\frac{S}{Q}$ определяет количество заказов в единичный период. Тогда общая стоимость размещения заказа составляет

$$C_{pz} = \frac{S}{Q} * A$$

Формула 2

где C_{pz} – стоимость размещения заказа, денежные единицы измерения,
 S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,

Q – размер заказа, восполняющего запас, денежные или натуральные единицы измерения,

A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы.

(3) **Стоимость закупки партии, восполняющей запас**, (стоимость заказа) при отсутствии оптовых скидок не воздействует на изменение размера ОРЗ, так как является постоянной величиной. Ее величину можно рассчитать следующим образом:

$$C_3 = C * S,$$

Формула 3

где C_3 – стоимость закупки партии, восполняющей запас, или стоимость заказ, денежные единицы измерения,

C – цена единицы запаса, денежные единицы/единица ТМЦ,

S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения.

Общие затраты по созданию и поддержанию запасов, таким образом, могут быть рассчитаны путем суммирования выражений, записанных в

Формула 1, Формула 2 и Формула 3 (см. Рисунок 2):

T = затраты на хранение + стоимость размещения заказа + стоимость заказа

или

$$T = \frac{Q}{2} * I + \frac{S}{Q} * A + C * S,$$

Формула 4

где T – общие затраты на создание и поддержание заказа, денежные единицы измерения,

Q – размер заказа, восполняющего запас, денежные или натуральные единицы измерения,

I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса.

S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,

A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,

C – цена единицы запаса, денежные единицы.

Функция общих затрат T (см. Формула 4 и Рисунок 2) в рамках своего минимального значения $\pm 20\%$ изменяется весьма незначительно. Вне этих пределов издержки резко снижаются или растут (см. Рисунок 3). Такая особенность позволяет определять оптимальное значение размера заказа приблизительно без потерь по затратам.

На Рисунок 2 видно, что рост значения общих издержек при снижении размера заказа относительно ОРЗ идет значительно более интенсивно, что при отклонениях размера заказа в большую сторону от оптимального размера заказа. Поэтому можно сказать, что иногда гораздо дороже заказывать слишком мало, чем заказывать слишком много относительно аргумента функции общих затрат.

Издержки

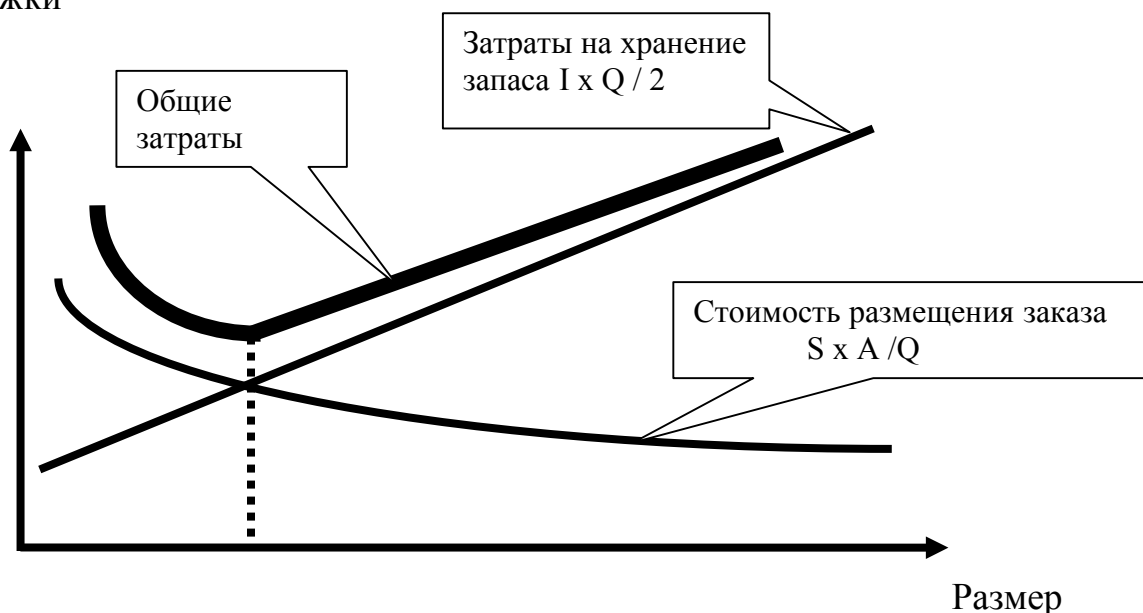


Рисунок 2. Формирование общих издержек на создание и поддержание запасов.

Дифференциация функции общих затрат (см. Формула 4) по размеру заказ Q приводит к получению знаменитой формулы Вильсона:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * A * S}{I}}$$

Формула 5

где Q^* — оптимальный размер заказа (ОРЗ), денежные или натуральные единицы измерения,

I — затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса,

S — потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,

A — стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,

C — цена единицы запаса, денежные единицы.

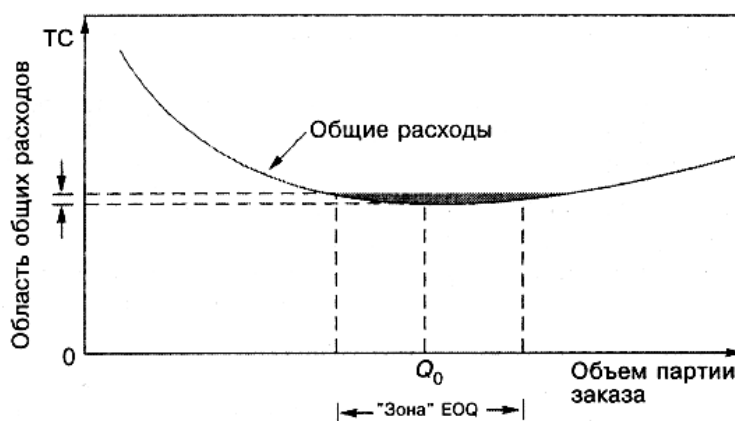


Рисунок 3⁵. Зона допустимой точности оптимального размера заказа.

Тот же результат можно получить, приравняв выражения, описывающие затраты на хранение запаса и стоимость размещения заказа (Формула 1 и Формула 2):

$$\frac{Q}{2} * I = \frac{S}{Q} * A, \text{ откуда } Q^* = \sqrt{\frac{2 * A * S}{I}}.$$

В Таблица 1 табличным способом был рассчитан ОРЗ, равный 500 у.е. Подставив значения таблицы в полученную формулу расчета ОРЗ, получим тот же результат:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * 25 * 1000}{0,2}} = 500 \text{ у.е.}$$

Довольно часто в качестве варианта формулы Вильсона используют следующее выражение:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * A * S}{i * C}},$$

Формула 6

где A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,
 S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,

i – доля цены продукции, приходящейся на затраты по хранению, денежные единицы измерения/единица запаса,

C – цена единицы запаса, денежные единицы.

Выражение Формула 6 используется в том случае, если затраты на хранение необходимо связать с ценой продукции. Например, допустим, что единица товара ситуации, рассмотренной с помощью Таблица 1, стоит 5 у.е., тогда, помня, что затраты на хранение составляют 20% от цены, имеем

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * 25 * 200}{0,2 * 5}} = 100 \text{ единиц.}$$

С помощью Формула 6 мы получили тот же результат, что и при табличном расчете, выраженный в натуральных единицах и соответствующий оптимальному размеру заказа в денежных единицах - в 500 у.е.

Два последних варианта расчета ОРЗ (Формула 5 и Формула 6) рассматривают затраты на хранение запасов с двух позиций. Формула 5 предполагает, что замороженными в запасах средствами можно пренебречь. Формула 6, напротив, пренебрегает чисто складскими затратами, учитывая затраты, связанные с замороженным капиталом. Последний подход оправдан в том случае, когда доля капитальных затрат при работе с запасами велика и составляет львиную долю от затрат на хранение запаса. Для того, чтобы учесть и ту и другую сторону затрат, связанных с содержанием запаса на складах, можно объединить составляющие затрат на складирование. Аналитическая обработка суммы затрат на складскую обработку и потерь от замораживания капитала в общих затратах, связанных с содержанием запасов, приводит к следующей формуле⁶:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * A * S}{I + iC}},$$

Формула 7

где A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,

S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,

I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени,
денежные единицы измерения/единица запаса,

i – доля цены продукции, приходящейся на затраты по хранению,
денежные единицы измерения/единица запаса,

C – цена единицы запаса, денежные единицы.

Формула Вильсона мало чувствительна к ошибкам в исходной информации или в прогнозе спроса из-за малой кривизны графика общих затрат в области ОРЗ. Учитывая состав формулы, при ошибке прогноза спроса на +20% изменение ОРЗ составит $\sqrt{1,2} = 1,095$ или 9,5%. Если затраты на хранение рассчитаны с ошибкой -20% , то ошибка расчета ОРЗ составит

$\sqrt{\frac{1}{1-0,2}} = 1,118$ или 11,8%. Аналогично, если ошибка расчета затрат на

хранение составляет +20%, то ошибка расчета ОРЗ составит $\sqrt{\frac{1}{1+0,2}} = 0,913$

или 8,7%.

Условия применения формулы Вильсона

Несмотря на кажущуюся привлекательность формулы Вильсона для решения задачи оптимизации размера заказа, использование ее даже теоретически ограничено⁷. Вывод формулы основывается на целом ряде допущений, абсолютное большинство которых не может быть применено к практике бизнеса. К таким допущениям можно отнести следующие:

1. Модель применяется для одного вида товара.
2. Уровень спроса постоянен в течение планового периода времени.
3. Средний уровень запаса составляет половину размера заказа.
4. Интервал времени между поставками постоянен.
5. Время доставки постоянно.

6. Стоимость хранения запасов определяется исходя из среднего размера запаса.

7. Затраты на размещение заказа постоянны.

8. Цены на закупку постоянны.

9. Каждый заказ приходит отдельной поставкой.

10. Поставка приходится на склад одновременно, т.е. в рамках одного учетного периода (так называемая мгновенная поставка – см.

Рисунок 4).

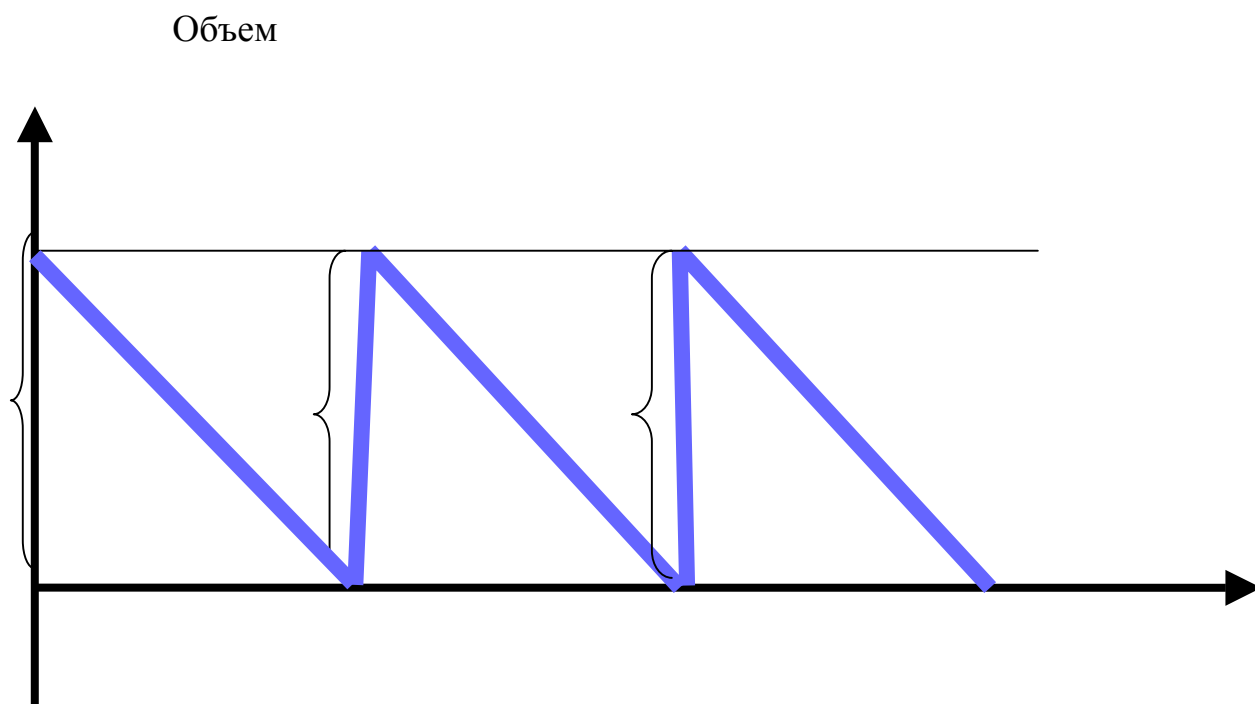
11. Вследствие постоянного темпа потребления и отгрузки приемка осуществляется в момент времени, когда уровень запаса равен нулю.

12. Транспортный (транзитный), подготовительный, сезонный и страховой (гарантийный) запасы отсутствуют.

13. Отсутствуют ограничения по производственным мощностям склада.

14. Длительность производственного цикла известна и постоянна.

15. Отсутствуют потери от дефицита.



Вр

Рисунок 4. Движения запасов с постоянным спросом, мгновенной поставкой и резерва.

Все перечисленные ограничения чрезвычайно упрощают реальные бизнес-ситуации и приводят к движению запасов, представленному на **Рисунок 4**. Несмотря на это, применение формулы Вильсона вполне возможно для решения практических задач.

Рассмотрим московскую организацию, ведущую торговлю мукой в мешках по 50 кг. Годовая потребность организации в закупках муки - 4000 т. Все поставщики, с которыми работаем организация, размещены в Ставропольском крае на расстоянии в среднем 1500 км. Вопрос определения ОРЗ стоял перед организацией довольно актуально в связи с необходимостью определиться с видом наиболее экономичного вида транспорта.

Для применения формулы Вильсона требуется задать исходные данные.

Стоимость размещения заказа была определена на основе следующих данных:

- среднее количество заказов в месяц – 5,
- затраты на работу с поставщиками рассчитаны через фонд заработной платы менеджеров и равны 3400 руб.

- стоимость аренды офиса 2000 руб.

Стоимость размещения заказа, таким образом, составила 5400 руб.

Затраты на хранение запаса определены в размере 8482 руб./т., в том числе

- капитальные затраты - 7100 руб./т,

- альтернативные издержки – 90 руб./т (из расчета 14 % годовых),
- стоимость обработки запасов (подача и уборка вагона, погрузка-выгрузка, стретч-пленка) - 420 руб./1 т,
- аренда склада 13 руб.кв.м/сутки * 150 кв.м = 175 руб./мес.
- издержки обслуживания запаса 697 руб., в т.ч.
 - заработная плата кладовщика, водителя, бухгалтера - 372 руб./месяц,
 - сертификация – 50 руб.,
 - лицензирование – 75 руб.,
 - аренда офиса – 200 руб.

Расчет ОРЗ проведен по формуле Вильсона (Формула 5):

$$Q^* = \sqrt{2 * 5400 * 4000 / 8482} = 71,36 \text{ т.}$$

Расстояние до поставщика 1500 км. Целесообразно производить поставки железнодорожным транспортом, крытыми вагонами грузоподъемностью 68 тонн.

Рассчитанный ОРЗ был скорректирован с 71 т. до 68 т. Поставки ведутся 5 раз в месяц по одному вагону.

Отмеченное в списке условий применения формулы Вильсона отсутствие учета страхового запаса может быть преодолено путем учета страхового запаса в табличной форме.

Рассмотрим пример, представленный в Таблица 2.⁸

Таблица 2

Определение оптимального размера заказа

Размер заказа, Q	Гарантийный запас, ГЗ	Средний запас, Q/2 + ГЗ	Затраты на хранение (1), Q/2*I	Затраты на хранение (2), ГЗ*I	Стоимость размещения заказа, S/Q*A	Общие издержки, [5] + [6]
1	2	3	4	5	6	7
100	100	150	50000000	150000000	390000000	540000000
200	100	200	100000000	200000000	195000000	395000000
300	100	250	150000000	250000000	130000000	380000000
400	100	300	200000000	300000000	97500000	397500000
500	100	350	250000000	350000000	78000000	428000000
600	100	400	300000000	400000000	65000000	465000000

Размер заказа в колонке (1) проставляется, исходя из возможных диапазонов его изменения. Страховой запас задан в размере 100 единиц. Для расчета среднего запаса (колонка (3)) используется известная формула расчета среднего запаса $\frac{Q}{2}$. Страховой запас увеличивает величину среднего запаса на постоянную величину. Затраты на хранение рассчитываются в двух вариантах ((4) и (5)): колонка (4) – затраты на хранение без учета страхового

запаса по известной формуле $\frac{Q}{2} * I$; колонка (5) – с учетом страхового запаса.

Затраты на хранение единицы запаса в год определены в размере 1 млн. руб. ($I = 1\,000\,000$ руб.). Общая потребность задана в размере 2600000 руб. ($S = 2600000$ руб.). Стоимость размещения одного заказа задана в размере 15 000 руб. ($A = 15000$ руб.). Общие издержки размещения заказа определяются по известной формуле $\frac{S}{Q} * A$ (колонка (6)). Общие затраты на создание и поддержание запаса (колонка (7)) рассчитаны как сумма затрат на хранение запасов с учетом страхового запаса (колонка (5)) и общих затрат на размещение заказа (колонка (6)). Анализ результатов расчета (колонка (7)) показывает, что оптимальным размером заказа по критерию минимума общих затрат на создание и поддержания запаса является заказ в объеме 300 единиц.

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. Для преодоления этой ситуации постоянно предпринимаются попытки доработки формулы расчета ОРЗ.

Модификации формулы Вильсона

Формула расчета ОРЗ (см. Формула 5 и Формула 6) имеет множественные модификаций, соответствующих разнообразным ситуациям работы с запасом в условиях современного бизнеса.⁹ Рассмотрим некоторые из них:

1. Модель с постепенным пополнением.
2. Модель с учетом потерь от дефицита.
3. Модель с учетом дефицита при постепенном пополнении.

4. Модель работы с многономенклатурным заказом.
5. Модель с учетом оптовых скидок.
6. Модель с учетом НДС.

При использовании всех модификаций формулы Вильсона следует иметь в виду, что все исходные данные приводятся к одному и тому же плановому периоду времени.

Модель с постепенным пополнением

Модель с постепенным пополнением используется в случае, когда допущение об одновременном приходовании на склад поступившей партии поставки (мгновенной поставки) не может быть принято. Это относится к ситуациям с большими объемам поставок (например, при поставках по железной дороге) или при длительных процедурах приемки (например, при проверке по качеству) (см. Рисунок 5). Для ситуации с так называемой продолженной поставкой необходимо учесть соотношение темпов прихода и отгрузки в рамках единичного учетного или планового периода.

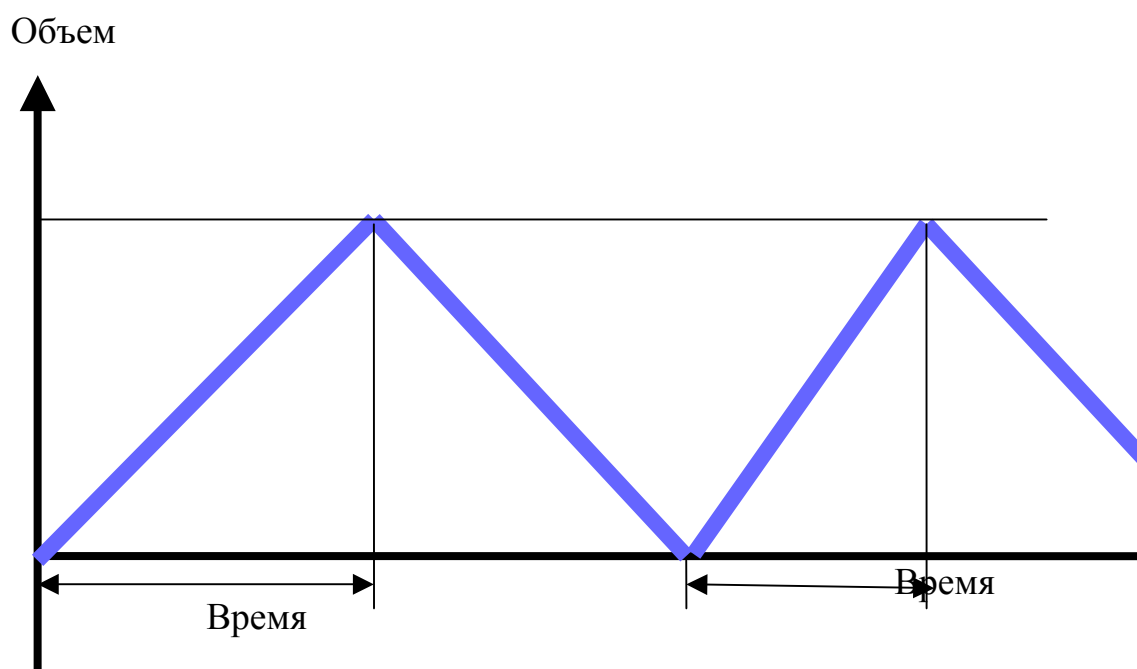


Рисунок 5. Движение запасов при постепенном пополнении.

Как правило, темп поставки превышает темп потребления. В противном случае запас не накапливается и предприятие работает на принципах поставки точно в срок или в состоянии дефицита. При продолженной поставке, как очевидно из Рисунок 5, ОРЗ должен быть увеличен по сравнению с расчетом по Формула 5 или Формула 6, чтобы приходящая в течение некоторого периода времени поставка могла поддержать непрерывное потребление. Для работы в условиях продолженной поставки можно использовать следующую формулу:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I}} * \sqrt{\frac{d}{d-s}} = \sqrt{\frac{2AS}{I(1-\frac{s}{d})}},$$

Формула 8

где A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,
 S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,

I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса,

s – среднесуточная потребность в запасах, денежные или натуральные единицы измерения/день,

d – среднесуточный объем поступления ТМЦ на склад, денежные или натуральные единицы измерения/день.

Можно также использовать эту формулу и при оценке поступлений и отгрузок в целом за плановый период:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I(1-\frac{S}{D})}},$$

Формула 9

где A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,
 S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или
натуральные единицы измерения,

I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени,
денежные единицы измерения/единица запаса,

D – объем поступления ТМЦ на склад в течение планового периода,
денежные или натуральные единицы измерения.

Модель с учетом потерь от дефицита

При наличии дефицита работа с запасами может вестись по двум
схемам. В первом случае наступление дефицита рассматривается, как
невозможность удовлетворить заявки на отгрузки, клиентам отказывают,
последующее восполнение запаса ведется в прежних размерах. Это модель
работы без учета дефицита (см. Рисунок 6).

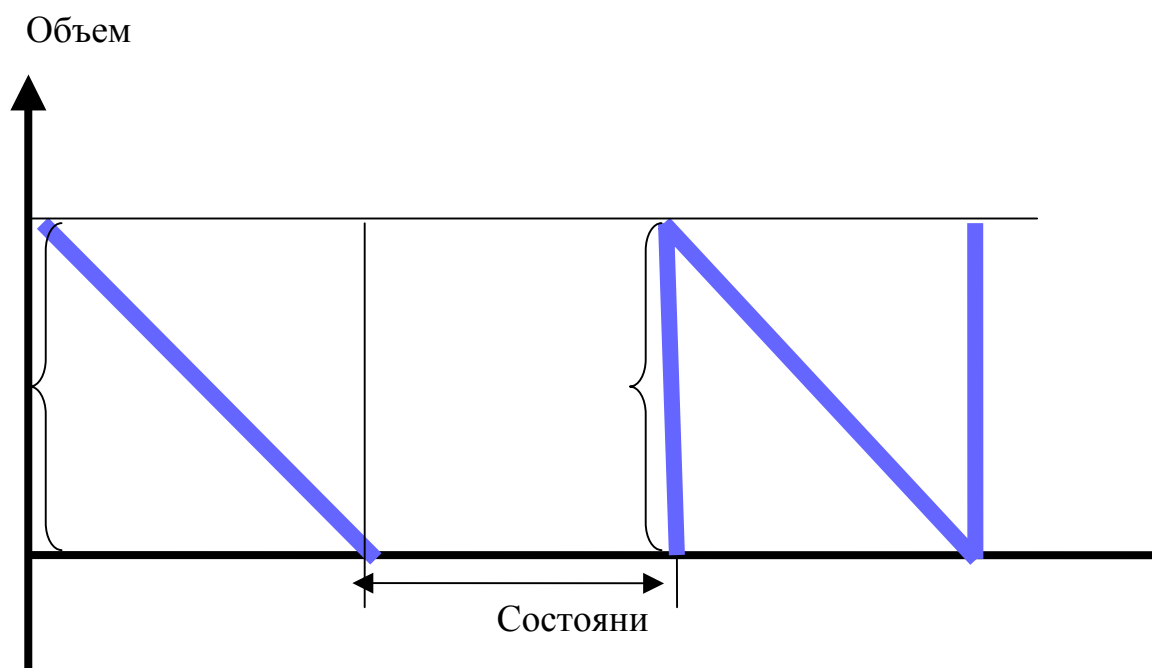


Рисунок 6. Движение запасов при работе без учета дефицита.

При учете дефицита спрос клиента откладывается до момента
времени получения следующей поставки, в размере которой должен быть

учтен размер проявившегося за время поставки дефицита. В такой ситуации последующая за дефицитом поставка должна иметь увеличенный по сравнению с предыдущей поставкой размер, чтобы покрыть не только текущий спрос, но и ранее заявленный, но неудовлетворенный (см. Рисунок 7). Такую схему работы также называют ситуацией с отложенным спросом.

Объем

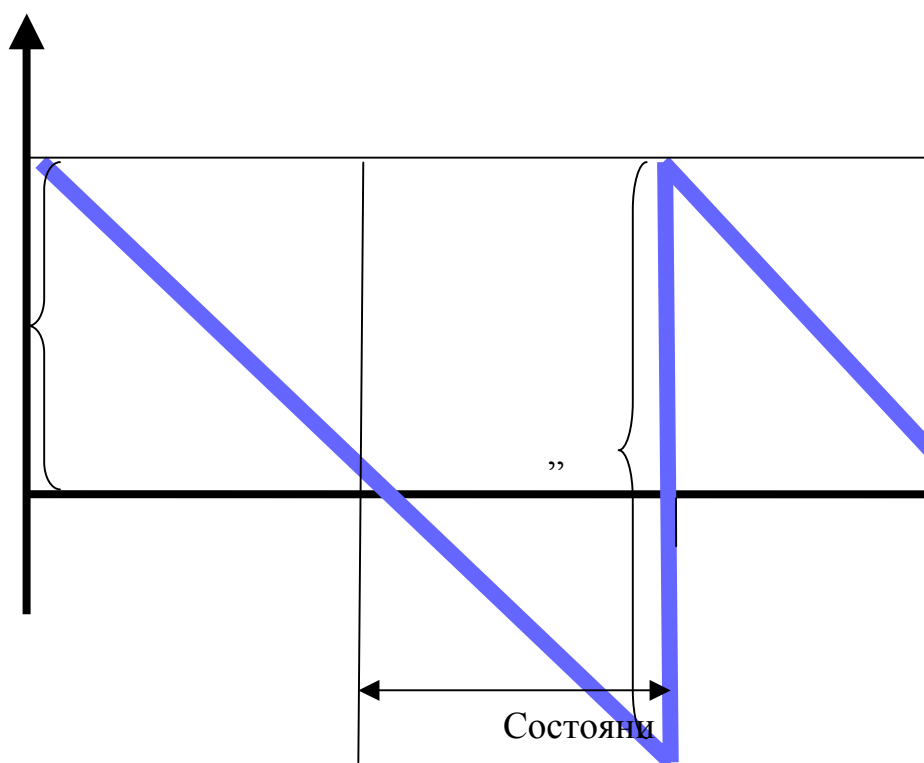


Рисунок 7. Движение запаса при работе с учетом дефицита (в ситуации с отложенным спросом).

При принятии решения, по какой схеме следует работать (с учетом или без учета дефицита) важно соизмерить затраты, которые организации несет в той или другой ситуации. Если издержки дефицита велики и превышают затраты на хранение запаса увеличенной партии поставки при работе с отложенным спросом, организация может идти по созданию повышенного уровня запасов, так как это будет экономически оправданным. Если же издержки дефицита меньше, чем затраты на хранение запасов увеличенной партии поставки при работе с отложенным спросом,

организация не может создавать дополнительные запасы и будет экономически заинтересована в отказах по заявкам клиентов. Таким образом, для определения оптимального размера заказа в ситуациях, допускающих дефицит в обслуживании клиентов необходимо сравнить затраты на хранение запаса и издержки дефицита. Именно их соотношение позволит экономично определить, в какой степени можно увеличить закупку для обслуживания отложенного спроса.

Формула для расчета ОРЗ при работе с учетом дефицита имеет следующий вид:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * A * S}{I} * \frac{H + I}{H}},$$

Формула 10

где A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,

S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,

I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса,

H – издержки дефицита, денежные единицы измерения/единица запаса.

Модель с учетом потерь от дефицита при постепенном пополнении¹⁰

В случае если имеет место объединение ситуаций работы с учетом потерь от дефицита и при постепенном пополнении, требуется воспользоваться иным вариантом формулы расчета ОРЗ, в котором объединены особенности работы как с отложенным спросом, так и с продолженными поставками (см. Рисунок 8).

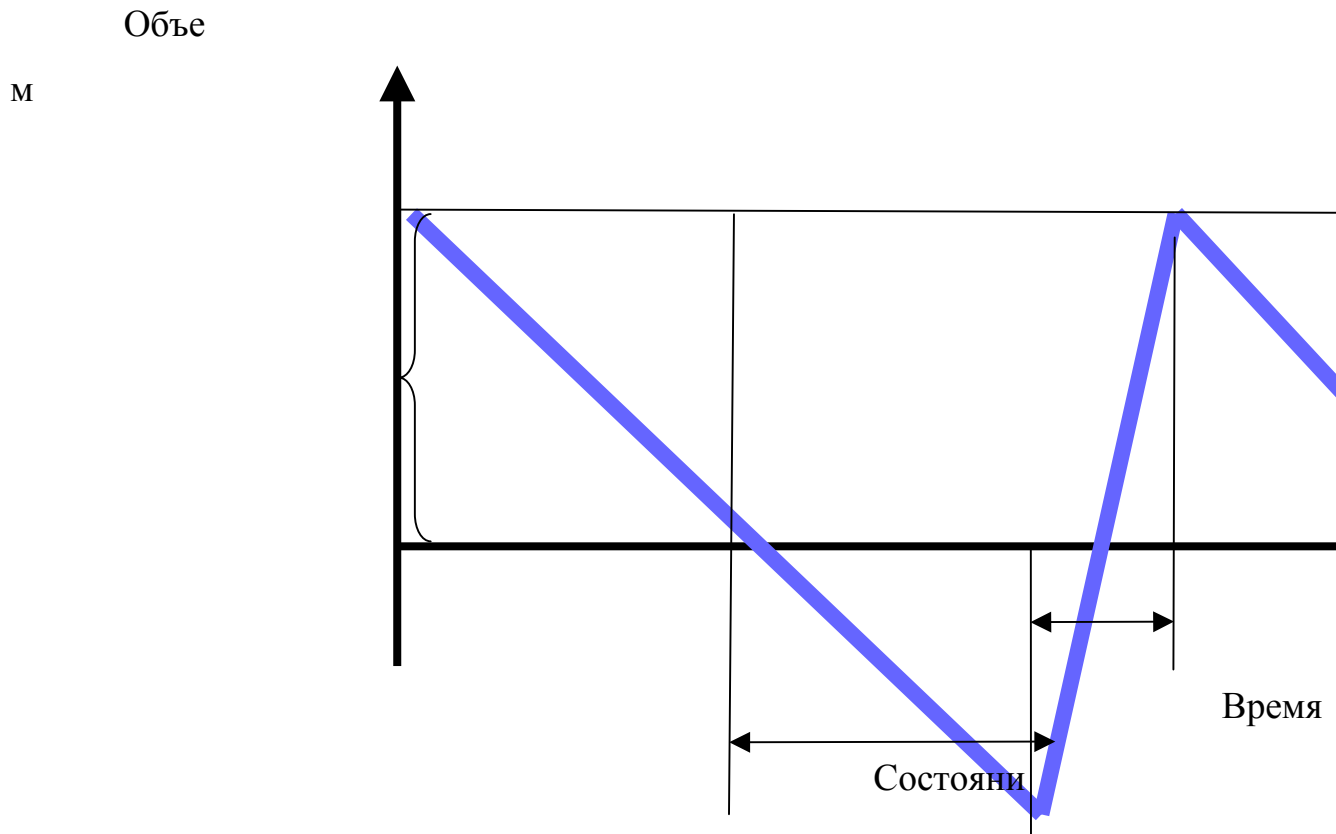


Рисунок 8. Движения запаса при работе с учетом дефицита при наличии постепенного пополнения запаса.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I}} * \sqrt{\frac{1 - \frac{I}{H}}{1 - \frac{s}{d}}},$$

Формула 11

где A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,
 S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или
натуральные единицы измерения,

I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени,
денежные единицы измерения/единица запаса,

H – издержки дефицита, денежные единицы измерения/единица
запаса,

s – среднесуточная потребность в запасах, денежные или натуральные
единицы измерения/день,

d – среднесуточный объем поступления материалов на склад, денежные или натуральные единицы измерения/день.

Модель работы с многономенклатурным заказом¹¹

Все ранее приведенные модификации формулы Вильсона придерживали допущения, что поставка ведется однономенклатурными заказами. Между тем, такая практика довольно редка. Чаще работают с многономенклатурными заказами, когда в одной партии поставки присутствует целая гамма различных наименований ТМЦ. Для расчета оптимальных размеров заказа каждого из наименования необходимо воспользоваться формулой, приведенной ниже:

$$Q_i^* = S_i * \sqrt{\frac{2A}{\bar{S} * \bar{I}}},$$

Формула 12

где S_i – потребность в запасе i -ого наименования в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,

A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,

I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса,

\bar{S} – вектор потребностей в запасе различных наименований в плановом периоде времени, денежные или натуральные единицы измерения; включает в себя множество чисел, соответствующее количеству наименований ТМЦ в поставке, например, вектор со значениями (5; 7; 10;12) соответствует работе с четырьмя наименованиями ТМЦ в одном заказе, причем первое наименование имеет потребность в запасе в плановом периоде в объеме 5 единиц, второе наименование – 7 единиц, третье наименование - 10 единиц, четвертое наименование – 12 единиц;

\bar{I} – вектор затрат на хранение единицы запаса различных наименований в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса; включает в себя множество чисел,

соответствующее количеству наименований ТМЦ в поставке, например, вектор со значениями (28; 32; 30; 40) соответствует работе с четырьмя наименованиями ТМЦ в одном заказе, причем первое наименование имеет затраты на хранение на единицу запаса в объеме 28 единиц, второе – 32 единицы, третье – 30 единиц и четвертое – 40 единиц;

$\vec{S} * \vec{I}$ - произведение векторов, которое рассчитывается для рассматриваемого примера как сумма произведений потребности на плановый период времени и затрат на хранение единицы запасов соответствующего наименования: $5*28+7*32+10*30+12*40 = 1144$ единиц.

Модель с учетом оптовых скидок

Формула Вильсона, как отмечалось ранее, не учитывает возможности работы с оптовыми скидками, которые согласуются с поставщиком при закупке больших партий ТМЦ. При учете оптовых скидок цена закупки не может игнорироваться, как это было в формуле Вильсона (см. комментарий к Формула 5).

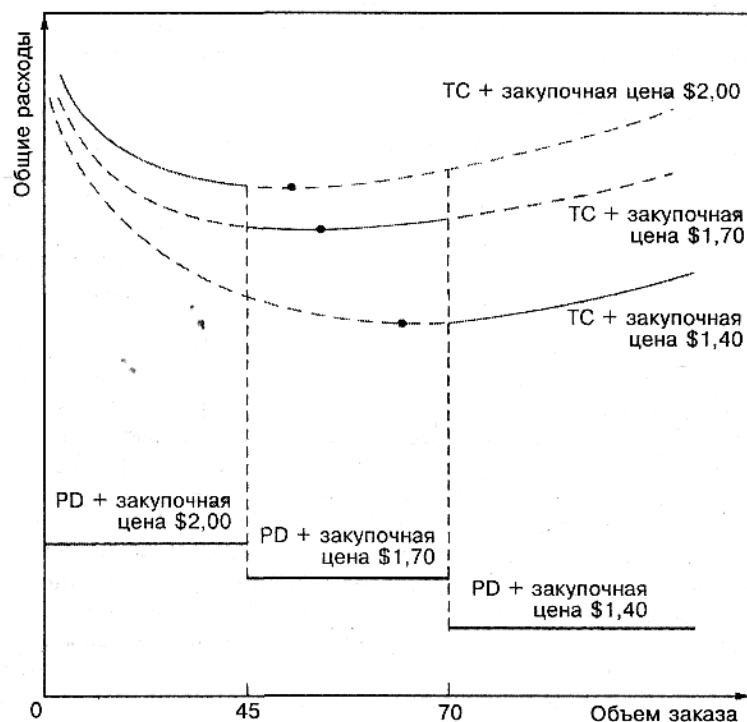


Рисунок 9.¹² Формирование общих затрат на создание и поддержание запасов при наличии оптовых скидок.

На Рисунок 9 показано формирование общих затрат на создание и поддержание запасов при наличии оптовых скидок. Чем большими партиями закупается ТМЦ, тем ниже цены закупки (от 2,00 у.е. до 1,4 у.е.). Каждая из цен имеет определенный диапазон объема заказа, для которого она может использоваться. В соответствии с этим получает три кривых общих затрат на создание и поддержание запаса. Для самой высокой цены (2,00 у.е.) кривая общих затрат находится на самом высоком уровне. Для самой низкой цены (1,4 у.е.) кривая общих затрат находится на самом низком уровне. Каждая из получившихся кривых отражает реальные затраты только на интервале объема заказа, для которого действуют соответствующие цены. Каждая из кривых общих затрат имеет свой минимум, но только для одной из них этот минимум может быть реализован практически (на Рисунок 9 это кривая для средней цены – 1,7 у.е.).

Для изучения возможности учета оптовых скидок при расчете ОРЗ рассмотрим два варианта ситуаций:

Вариант 1 – затраты на хранение единицы запаса не зависят от цены и равны $C_{\text{хр}} = \frac{Q}{2} * I$.

Вариант 2 – затраты на хранение единицы запаса зависят от цены и определяются по формуле $C_{\text{хр}} = i * C$.

(1) Вариант 1 – затраты на хранение единицы запаса не зависят от цены.

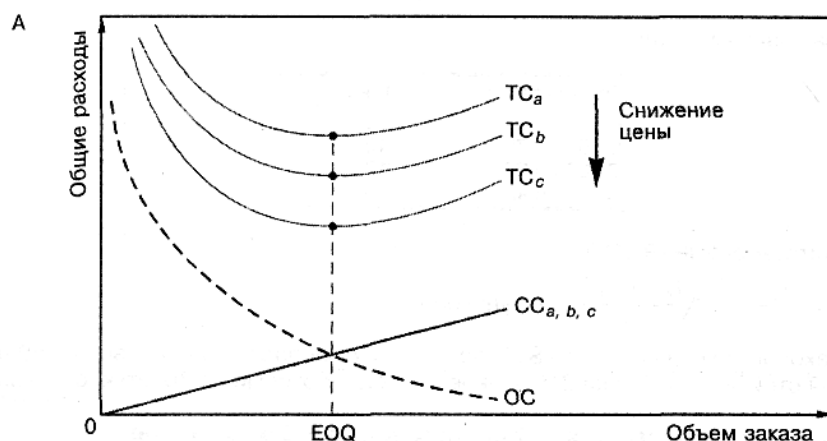


Рисунок 10.¹³ Формирование общих затрат на создание и поддержание запасов при наличии оптовых скидок и затратах на хранение единицы запасов, не зависящих от цены закупки.

На Рисунок 10 показано формирование общих затрат на создание и поддержание запасов при наличии оптовых скидок и постоянных затратах на хранение единицы запаса в плановом периоде времени. Цена C_a используется для минимальных размеров заказов. Цена C_b – для средних размеров заказов. Цена C_c – для максимальных размеров заказов. Так как затраты на хранение запаса не зависят от изменения цены и определяются только размером заказа, все три кривые общих затрат на создание и поддержание запасов будут иметь минимум, соответствующий одному и тому же оптимальному размеру заказа. Рассчитать этот ОРЗ можно, воспользовавшись Формула 5.

В отличие от предыдущих модификаций формулы Вильсона решить задачу определения ОРЗ при учете оптовых скидок с помощью расчета по какой-либо формуле не получится. Информации, полученной в результате использования Формула 5 явно не достаточно для выбора того или иного уровня цены и соответствующего ей размера заказа. Формула Вильсона в этой ситуации полезно только тем, что позволяет заменить полный перебор вариантов использования оптовых скидок ограниченным перебором этих вариантов. Рассмотрим процедуру этого перебора на примере задачи.

Пусть потребность в продукции в год составляет 800 единиц. Стоимость заказа – 20 у.е. Затраты на хранение единицы запаса в год – 4 у.е. Имеется система оптовых скидок, приведенная в Таблица 3.

Таблица 3

Система оптовых скидок	
Размер заказа, единиц	Цена, у.е./ед.
до 50	20
50-79	18
80-99	17
более 100	16

Процедура расчета оптимального размера заказа с учетом оптовых скидок в случае, когда затраты на хранения не зависят от уровня цен

1) Определить ОРЗ:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 800}{4}} = 89 \text{ единиц.}$$

2) Определить, для какого уровня цены рассчитанный ОРЗ является реальным:

89 единиц продукции можно купить по цене 17 у.е./ед.

3) Определить, является ли найденный в п. 2 уровень цены минимальным. Если да, то рассчитанный ОРЗ является ответом задачи. Если нет – идти к шагу 4.

17 у.е./ед. - это предпоследний уровень цены продукции.

4) Рассчитать общие затраты на создание и поддержания запаса для уровня цены, для которой рассчитанный ОРЗ является реальным и по всем ценам ниже этой по Формула 4.

Если бы реальной ценой оказалась минимальная цена, то рассчитанный по Формула 5 ОРЗ был бы ответом задачи, так как минимум кривой общих затрат при минимальной цене является самой низкой точкой затрат из всех возможных (см. Рисунок 10). Но так как ОРЗ соответствует не минимальной цене, то необходимо продолжить расчет. Требуется рассчитать общие затраты на создание и поддержание запаса по для цены 17 у.е. /ед. и цены 16 у.е./ед., используя Формула 4:

$$T_{17} = 80/2 \cdot 4 + 800/80 \cdot 20 + 17 \cdot 800 = 13960 \text{ у.е.}$$

$$T_{16} = 100/2 \cdot 4 + 800/100 \cdot 20 + 16 \cdot 800 = 13160 \text{ у.е.}$$

5) Найти минимальное значение общих затрат на создание и поддержание запаса из рассчитанных и отметить соответствующую цену и объем закупки.

Минимальные общие затраты соответствуют цене 16 у.е./ед. Закупку следует вести по 100 единиц в партии.

(2) Вариант 2 – затраты на хранение единицы запаса зависят от цены.

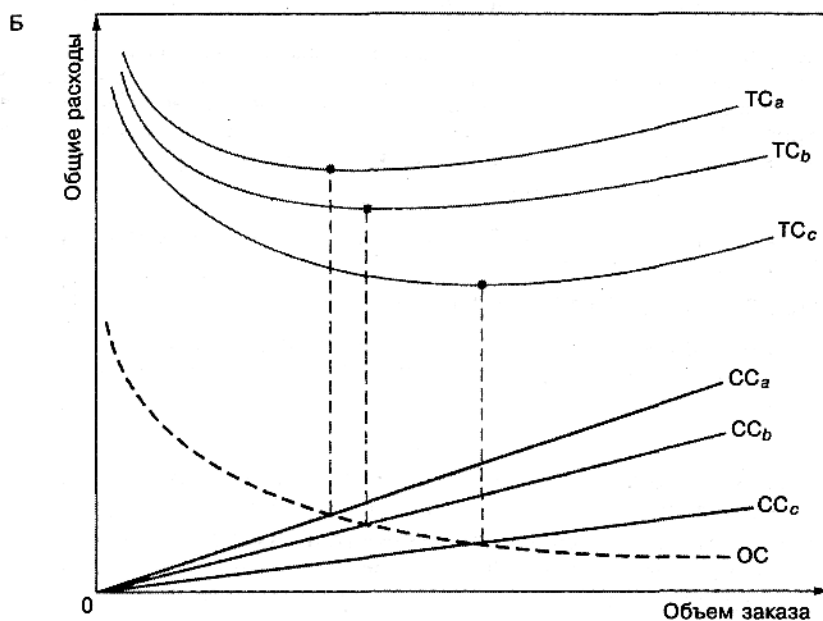


Рисунок 11. Формирование общих затрат на создание и поддержание запасов при наличии оптовых скидок и затратах на хранение единицы запасов, зависящих от цены закупки.

На Рисунок 11 показано формирование общих затрат на создание и поддержание запасов при наличии оптовых скидок и затратах на хранение единицы запасов, зависящих от цены закупки. Так как в соответствии с падением цен по мере роста объема заказа, затраты на хранение единицы запаса возрастают, то в отличие от иллюстрации на Рисунок 10, имеется три прямых, описывающих изменение затрат на хранение. Цена C_a максимальная, поэтому прямая соответствующих затрат на хранение запаса находится выше остальных прямых затрат на хранение. Как следствие, каждая из кривых общих затрат на создание и поддержание запаса имеет

точки минимума в разных значениях аргумента (объема заказа). Это определяет основное отличие работы по этому варианту от варианта 1. Процедуру расчета оптимального размера заказа проведем на примере задачи.

Пусть потребность в продукции на год составляет 1000 единиц Затраты на заказ составляют \$100, затраты на хранение предполагаются равными 40% от цены одной единицы продукции.

Имеется система оптовых скидок, приведенная в Таблица 4.

Таблица 4

Система оптовых скидок	
Размер заказа, единиц	Цена, у.е./ед.
до 120	78
более 120	50

Процедура расчета оптимального размера заказа с учетом оптовых скидок в случае, когда затраты на хранения зависят от уровня цен

1) Начиная с наименьшей цены рассчитать размер заказа для каждой из цен, пока не будет найден ОРЗ, который может быть реализован.

$$Q^* (\$50) = \sqrt{\frac{2 * 1000 * 100}{0,4 * 50}} = 100 - \text{нереально.}$$

$$Q^* (\$78) = \sqrt{\frac{2 * 1000 * 100}{0,4 * 78}} \approx 80$$

Заказ на 100 единиц продукции по цене 50 у.е./ед. нереален, так как оптовая скидка назначается при величине заказа 120 единиц и более.

Заказ на 80 единиц продукции по цене 78 у.е./ед. реален, так как по этой цене приобрести 80 единиц можно.

2) Определить, является ли найденный в п. 2 уровень цены минимальным. Если да, то рассчитанный ОРЗ является ответом задачи. Если нет – идти к шагу 3.

78 у.е./ед. - это предпоследний уровень цены продукции.

3) Рассчитать общие затраты на создание и поддержания запаса для уровня цены, для которой рассчитанный ОРЗ является реальным и по всем ценам ниже этой по Формула 6.

Если бы реальной ценой оказалась минимальная цена, то рассчитанный по Формула 6 ОРЗ был бы ответом задачи, так как минимум кривой общих затрат при минимальной цене является самой низкой точкой затрат из всех возможных (см. Рисунок

11). Но так как ОРЗ соответствует не минимальной цене, то необходимо продолжить расчет. Требуется рассчитать общие затраты на создание и поддержание запаса по для цены 78 у.е./ед. и цены 50 у.е./ед., используя модифицированный по затратам на хранение запаса Формула 4:

$$T_c = AS/Q + CS + (Q/2)I$$

$$T_c(\$50) = 1000 \cdot 100 / 120 + 50 \cdot 1000 + (120/2) \cdot 0,4 \cdot 50 = \$52033,33$$

$$T_c(\$78) = 1000 \cdot 100 / 80 + 78 \cdot 1000 + (80/2) \cdot 0,4 \cdot 78 = \$80498,00$$

5) Найти минимальное значение общих затрат на создание и поддержание запаса из рассчитанных и отметить соответствующую цену и объем закупки.

Минимальные общие затраты соответствуют цене 50 у.е./ед. Закупку следует вести по 120 единиц в партии.

Модель с учетом НДС

Ещё одна современная отечественная модификация формула

Вильсона позволяет ответить на вопрос: должна ли цена единицы ресурсов применяться в расчётах оптимального размера поставки с НДС или без НДС? Этот вопрос обычно поднимается при обсуждении методики управления запасами в экономических и финансовых службах. В финансовом планировании учитываются как цены закупки, так и цены с НДС. Например, цена с НДС используется в бюджете движения денежных средств, а цена без НДС - в экономических расчётах себестоимости продукции и в бюджете доходов и расходов. С одной стороны, НДС подлежит уплате поставщику и должен учитываться при расчёте ОРЗ. С другой стороны, НДС подлежит возмещению и не является расходом.

В Формула 7 цена является инструментом определения размера связанного капитала. В нее включены затраты на размещение заказа, стоимость закупки, потраченные на приобретение и затраты на хранение запасов. Все эти финансовые средства отвлечены из оборота в связи с приобретением ТМЦ, содержащихся у запаса. Так как при оплате заказа выплачивается цена с НДС, именно эта цена должна использоваться в Формула 7.¹⁴ Таким образом, Формула 7 преобразуется в следующий вид:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * A * S}{I + i * r * C}}$$

Формула 13

где A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,
 S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или
натуральные единицы измерения,

I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени,
денежные единицы измерения/единица запаса,

i – доля цены продукции, приходящейся на затраты по хранению,
денежные единицы измерения/единица запаса,

r – коэффициент ставки НДС,

C – цена единицы запаса, денежные единицы.

Если ставка НДС составляет 20%, - коэффициент r будет равен 1,2.

Если ставка НДС - 10%, то коэффициент $r = 1,1$. Если приобретаемые ТМЦ не облагаются НДС, то коэффициент $r = 1,0$.

Проблемы подготовки исходных данных для применения формул расчета оптимального размера заказа

Рассмотренные выше формула Вильсона и ее современные модификации довольно хорошо математически проработаны. Основные проблемы определения ОРЗ состоят не в качестве аналитического инструментария, а в доступности и корректности интерпретации полученных результатов. Прежде всего, следует сказать, что определение значения каждой из исходных величин формул расчета ОРЗ может представлять собой довольно сложную задачу.

Стоит обратить внимание на то, что решения задач управления запасами требуется учета следующих принципов:¹⁵

- Источником возникновения затрат должны являться ТМЦ.

- Из всех видов затрат, используемых в расчете, должны быть исключены все элементы, вызванные низким уровнем планирования и управления, например,

- потери от простоя транспорта по вине сотрудников организации,
- сверхнормативная естественная убыль и кражи,
- выплаты процентов по ссудам,
- неустойки за нарушение договорных обязательств по срокам, ассортименту и объему поставок.

- Затраты необходимо учитывать по месту их возникновения, исключая повторный счет. Например, в состав транспортных затрат должны быть включены только те затраты, которые возникают непосредственно при транспортировке грузов.

Рассмотрим отдельно некоторые переменные, включаемые в формулы расчетов ОРЗ.

Затраты на хранение запасов

Как видно из Рисунок 2, затраты на хранение – единственная составляющая затрат, заставляющая думать о целесообразности сокращения запасов. В Формула 5 и Формула 6 зафиксированы два подхода к определению затрат на хранение запасов:

1) Затраты на хранение исчисляются от среднего уровня запаса (см. Формула 5).

2) Затраты на хранение исчисляются в долях цены закупки единицы запаса (см. Формула 6). Потери от замораживания капитала в запасах рассчитываются от максимального уровня запаса (по объему закупки).

Второй подход является приближенным. Он основан на большом удельном весе в затратах на хранение платы за омертвление оборотных средств, вложенных в запасы, которая определяется по усредненной процентной ставке. Оценка запасов в этом случае зависит от места их

размещения. В производстве запасы оцениваются по себестоимости, в оптовой торговле – по оптовым ценам, в розничной торговле – по розничным ценам.¹⁶

К затратам на хранение могут быть отнесены:¹⁷

- капитальные затраты или затраты на иммобилизацию средств, вложенных в запасы (убытки от омертвления (замораживания) капитала),
- издержки содержания запасов:
 - основная и дополнительная заработная плата работников склада и сотрудников отдела снабжения, связанных с работой склада,
 - плата за основные фонды склада,
 - текущие расходы на содержание склада (коммунальные платежи),
 - расходы по управлению снабжением:
 - расходы на оплату управленческого персонала,
 - оплата труда работников, задействованных в приемке ТМЦ,
 - стоимость израсходованных при приемке материалов,
 - транспортные расходы:
 - оплата транспортных тарифов сторонних организаций,
 - оплата транспортировки собственным транспортом.
 - складские наценки при поставках с базы,
 - расходы на подачу транспорта и погрузо-разгрузочные работы,
 - затраты на регламентные работы, проводимые с хранимыми ТМЦ,
 - потери от естественной убыли,
 - убытки от снижения потребительских качеств ТМЦ в результате хранения,
 - издержки обслуживания запаса: стоимость страхования и налоги.

Точно подсчитать издержки по содержанию запасов довольно сложно. Две первые группы списка затрат на хранение запасов – капитальные затраты и затраты на содержание запасов – имеют наиболее высокий удельный вес в

общей сумме затрат на хранение запасов (см. Таблица 5), так как стоимость рисков, как правило, не поддается точному учету и планированию.

Таблица 5¹⁸

Пример структуры затрат на создание и поддержание запасов

Группа затрат	Удельный вес затрат, %
Капитальные затраты	82
Затраты на хранение	3,25
Стоимость обслуживания запасов (налоги и страховка)	0,75
Стоимость рисков	14
Итого	100

Особенность определения затрат на хранения для расчета ОРЗ состоит в том, что складские затраты должны быть приведены к единице продукции заданного наименования или группы единиц. Между тем, как правило, учет таких затрат ведется в привязке к площади или объема склада. Учитывая эту особенность учета складских затрат, основная модель расчета ОРЗ должна быть скорректирована.¹⁹ Складские затраты могут быть выражены следующим выражением:

$$I = a \cdot k \cdot S,$$

где

a – затраты на хранение единицы продукции с учетом занимаемой площади (объема) склада, руб./м² или руб./м³,

k – коэффициент, учитывающий пространственные габариты единицы продукции, м²/шт. или м³/шт,

S – общий объем потребности за плановый период, шт.

При подстановке затрат на содержание запаса, выраженного таким способом, основная модель расчета ОРЗ принимает следующий вид:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I}} = \sqrt{\frac{2AS}{akS}} = \sqrt{\frac{2A}{ak}},$$

Формула 14

где A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,

S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,

I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса,

a – затраты на хранение единицы продукции с учетом занимаемой площади (объема) склада, руб./м² или руб./м³,

k – коэффициент, учитывающий пространственные габариты единицы продукции, м²/шт. или м³/шт.

Стоимость размещения заказа

Стоимость размещения заказа включает затраты постоянного характера и в пересчете на единицу продукции падает с увеличением заказываемой партии. Эта группа затрат включает:²⁰

- затраты на поиск поставщика,
- затраты на ведение переговоров,
- представительские затраты,
- оформление заказа,
- отправка заказа,
- стоимость отслеживания транспортировки,
- анализ статистической информации по движению запаса,
- принятие заказа по его прибытии,
- участие в приемке ТМЦ,
- при необходимости оформление претензий по качеству,
- сверка документов,
- регистрация полученного заказа в КИС,
- ведение счетов поставщика,
- проверка и оплата счета и пр.

Наиболее удобным, хотя и не наиболее точным методом определения расходов на размещение заказа, является деление общих годовых расходов отдела закупок (заработная плата работников отдела, материальные и накладные расходы) на число подаваемых за год заказов. При использовании

этого метода расходы на подачу каждого заказа будут выше тех, которые можно было бы ожидать, но ему можно противопоставить лишь один метод, а именно – точный хронометраж и выборочное обследование в целях определения средних затрат времени на подготовку и подачу заказов. Однако даже данные, полученные таким путем, колеблются в течение данного отрезка времени.

Транспортные затраты

До сих пор в формулах расчета ОРЗ не учитывались зависимости между транспортными расходами и размером заказа. Линдерс М.Р. и Харольд Е.Ф отмечают,²¹ что если транспортные расходы оплачивает продавец (при оплате товара по месту назначения) этой зависимостью оправданно можно пренебречь, так как транспортные расходы учтены в цене закупки товара. Если же передача собственности происходит по месту отправления при определении ОРЗ следует учитывать транспортные расходы. Как правило, чем больше партия груза, тем меньше удельные транспортные расходы. Так что при прочих равных условиях предприятиям выгодны размеры поставок, которые обеспечивают экономию транспортных расходов. Такие размеры поставок могут превышать рассчитанный по формуле экономичный размер заказа. Увеличение размера заказа влияет на затраты на хранение: чем больше партия закупки, тем больше средний запас и, следовательно, выше уровень затрат на содержание запаса. В этом случае необходимо включить в расчет совокупных затрат на содержание и поддержание запасов транспортные расходы и провести расчеты совокупных затрат, связанных с запасами, при различных вариантах размера транспортных партий.

Бауэрсокс Д.Д. и Клосс Д.Д.²² подтверждают, что транспортные затраты могут включаться в стоимость выдачи заказа или в цену единицы продукции, поступившей на склад. Если покупатель сам оплачивает транспортные расходы и несет полную ответственность за груз в пути, то это

приводит к тому, что при оценке стоимости товаров, хранящихся на склад к их закупочной цене следует прибавить транспортные расходы.

Прочие проблемы

Кроме отмеченной в предыдущем пункте проблемы подготовки исходных данных для расчет ОРЗ, можно отметить и другие проблемы, которые осложняют внедрение формул расчета оптимального размера заказа в повседневную практику бизнес:

1. Получаемая расчетная величина ОРЗ, зачастую, меньше принятой партии отгрузки или транспортной партии.
2. Принятие решения о реальной величине размера заказа должно опираться на неформализуемые факторы, согласованные с различными службами.
3. Степень расхождения расчетного (оптимального) и принятого реального объема заказа является основанием реорганизации текущего порядка работ в сфере закупок.
4. Реорганизация бизнес–процессов закупок может повлечь изменение организационной структуры управления сферой закупок и связанных подразделений.
5. Руководство организации должно оценить целесообразность начала организационных изменений, толчком к которому является факт расхождения расчетного оптимального и принятого реального объема закупок.

В завершении, представим рассмотренные модели расчета ОРЗ в таблице.

Таблица 6

Формулы расчета оптимального размера заказа

№	Ситуация	Формула	Условные обозначения
1	Расчет общих затрат на создание и поддержание запаса	$T = \frac{Q}{2} * I + \frac{S}{Q} * A + C * S,$	T – общие затраты на создание и поддержание заказа, денежные единицы измерения, Q – размер заказа, восполняющего запас, денежные или натуральные единицы измерения, I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса. S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения, A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы, C – цена единицы запаса, денежные единицы.
2	Формула Вильсона	$Q^* = \sqrt{\frac{2 * A * S}{I}}$	Q* – ОРЗ, денежные или натуральные единицы измерения, I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса, S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения, A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы, C – цена единицы запаса, денежные единицы.
3	Формула Вильсона при учете цены в затратах на хранение запасов	$Q^* = \sqrt{\frac{2 * A * S}{i * C}}$	A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы, S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения, i – доля цены продукции, приходящейся на затраты по хранению, денежные единицы измерения/единица запаса, C – цена единицы запаса, денежные единицы.
4	Расчет ОРЗ при учете полного объема затрат на хранение	$Q^* = \sqrt{\frac{2 * A * S}{I + iC}},$	A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы, S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения, I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса, i – доля цены продукции, приходящейся на затраты по хранению, денежные единицы измерения/единица запаса,

			С – цена единицы запаса, денежные единицы.
5	Расчет ОРЗ с учетом постепенного пополнения	$Q^* Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I(1-\frac{s}{d})}}$ $Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I(1-\frac{S}{D})}}$	<p>А – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,</p> <p>S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,</p> <p>I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса,</p> <p>S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,</p> <p>s – среднесуточная потребность в запасах, денежные или натуральные единицы измерения/день,</p> <p>D – объем поступления ТМЦ на склад в течение планового периода, денежные или натуральные единицы измерения.</p> <p>d – среднесуточный объем поступления ТМЦ на склад, денежные или натуральные единицы измерения/день.</p>
6	Расчет ОРЗ с учетом потерь от дефицита	$Q^* = \sqrt{\frac{2 * A * S * \frac{H+I}{H}}{I}}$	<p>А – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,</p> <p>S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,</p> <p>I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса,</p> <p>H – издержки дефицита, денежные единицы измерения/единица запаса.</p>
7	Расчет ОРЗ с учетом потерь от дефицита при постепенном пополнении	$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I}} * \sqrt{\frac{1-\frac{I}{H}}{1-\frac{s}{d}}}$	<p>А – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,</p> <p>S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,</p> <p>I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса,</p> <p>H – издержки дефицита, денежные единицы измерения/единица запаса,</p> <p>s – среднесуточная потребность в запасах, денежные или натуральные единицы измерения/день,</p> <p>d – среднесуточный объем поступления материалов на склад, денежные или натуральные единицы измерения/день.</p>

8	Расчет оптимального размера многономенклатурного заказа	$Q_i^* = S_i * \sqrt{\frac{2A}{\bar{S} * \bar{I}}}$	<p>S_i – потребность в запасе i-ого наименования в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,</p> <p>A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,</p> <p>I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса,</p> <p>\bar{S} – вектор потребностей в запасе различных наименований в плановом периоде времени, денежные или натуральные единицы измерения,</p> <p>\bar{I} – вектор затрат на хранение единицы запаса различных наименований в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса.</p>
9	Расчет ОРЗ с учетом НДС	$Q^* = \sqrt{\frac{2 * A * S}{I + i * r * C}}$	<p>A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,</p> <p>S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,</p> <p>I – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса,</p> <p>i – доля цены продукции, приходящейся на затраты по хранению, денежные единицы измерения/единица запаса,</p> <p>r – коэффициент ставки НДС,</p> <p>C – цена единицы запаса, денежные единицы.</p>
10	Расчет ОРЗ с учетом затрат на хранение на единицу площади или объема	$Q^* = \sqrt{\frac{2A}{ak}},$	<p>A – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы,</p> <p>S – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения,</p> <p>a – затраты на хранение единицы продукции с учетом занимаемой площади (объема) склада, руб./м² или руб./м³,</p> <p>k – коэффициент, учитывающий пространственные габариты единицы продукции, м²/шт. или м³/шт.</p>

Подводя итоги, надо отметить, что введение той или иной формулы расчета, очевидно, не дает ответа на вопрос: «Каким должен быть размер

заказа?». Ответ лежит в спектре логистического менеджмента различных уровней управления организацией. Тем не менее, формула расчета ОРЗ - хорошее начало для организаций, которые только начинают работать над своими запасами. Расчет ОРЗ – первый и необходимый шаг на пути совершенствования работы с запасами, и им не стоит пренебрегать.

-
- 1 См., например, Бауэрсокс Д.Д. и Клосс Д.Д. Логистика: интегрированная цепь поставок. – М.: Олимп-бизнес, 2001. – 640 с.
- Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. редакцией проф. В.И. Сергеева. (Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. и др.) – М.: Инфра-М, 2004. - 976 с.
- Кристофер М. Логистика и управление цепями поставок. – СПб.: - Питер, 2004. – 316 с.
- Линдере М.Р., Харольд Е.Ф. Управление снабжением и запасами. Логистика. – Пер. с англ. - СПб.: Полигон, 1999. - 768 с.
- Модели и методы теории логистики /Под ред. В.С. Лукинского. – С.-Пб.: Питер, 2003. – 176 с.
- Моисеева Н.К., Адрианова Т.Р. Логистика товародвижения. – М.: МИЭТ, 2002. – 164 с.
- Стивенсон В. Дж. Управление производством. – 8-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 704 с англ. - М.: Лаборатория базовых знаний, 1998. - 928 с. и др.
- 2 Джонсон Д.С. и др. Современная логистика. – М.: Вильямс, 2002. - С. 343.
- 3 Gattona J.L., Walters D.W. Managing the Supply Chain. A Strategic Perspective. Macmillan Business. 1996. - P. 177.
- 4 Стивенсон В. Дж. Управление производством. – 8-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 704 с англ. - М.: Лаборатория базовых знаний, 1998. - 928 с. – С. 567.
- 5 Стивенсон В. Дж. Управление производством. – 8-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 704 с англ. - М.: Лаборатория базовых знаний, 1998. - 928 с. – С. 570.
- 6 Фёдоров С.С. Логистика, управление запасами: Расширенные возможности модели EOQ. – Новосибирск, 2002. – 12 с.
- 7 См., например, Логистика: Учебник / Под ред. Аникина Б.Н. - 3-е изд., переработанное и дополненное. –М.: ИНФРА-М, 2001-2004. – 352 с. (Дыбская В.В., Стерлигова А.Н. и др.).
- Модели и методы теории логистики /Под ред. В.С. Лукинского. – С.-Пб.: Питер, 2003. – 176 с.
- Курс для высшего управленческого персонала > Часть вторая. Управляющий и производство - Глава VIII. Рациональное управление запасами в целях извлечения большей прибыли. - <http://ek-lit.agava.ru/kvup208.htm>
- Оптимизация товарно-материальных запасов. Формула Уилсона. - www.rimaspb.ru/technique/Wilson_storage.doc
- Проблемы и решения. - Управление оборотными средствами предприятия. // Выпуск газеты №38 (558) от 31.05.2002 - <http://www.neg.by/2002/05/31/467.html> и др.
- 8 Интернет-сайт Simpssoft/ - <http://www.simpsoft.ru/eq.xls>
- 9 См. например, Аникин Б.А., Тяпухин А.П. Коммерческая логистика: Учебник. – М.: Велби, 2005. – 432 с. – С. 337-348.
- Бродецкий Г.Л. Методические указания к изучению математических методов управления запасами. – М.: МЦЛ-ГУ-ВШЭ, 2003. – 117 с.
- Зеваков А.М., Петров В.В. Логистика производственных и товарных запасов: Учебник. – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2002. – 320 с. – С. 105-116.
- Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. редакцией проф. В.И. Сергеева. (Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. и др.) – М.: Инфра-М, 2004. - 976 с.
- Кристофер М. Логистика и управление цепями поставок. – СПб.: - Питер, 2004. – 316 с. – С. 207-208.
- Модели и методы теории логистики /Под ред. В.С. Лукинского. – С.-Пб.: Питер, 2003. – 176 с.
- Сергеев В.И. Логистика в бизнесе. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 680 с. – С. 241-242.
- Стивенсон В. Дж. Управление производством. – 8-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 704 с англ. - М.: Лаборатория базовых знаний, 1998. - 928 с. и др.
- 10 Пилишенко А.Н. Логистика. Практикум. - М.: МИЭТ, 1998. - 172 с. – С. 40.
- 11 Бродецкий Г.Л. Методические указания к изучению математических методов управления запасами. – М.: МЦЛ-ГУ-ВШЭ, 2003. – 117 с. – С. 50-56.
- 12 Стивенсон В. Дж. Управление производством. - М.: БИНОМ, 1998. - С. 574.
- 13 Стивенсон В. Дж. Управление производством. - М.: БИНОМ, 1998. - С. 575.
- 14 Фёдоров С.С. Логистика, Управление запасами: Расширенные возможности модели EOQ. – Новосибирск, 2002. – 12 с.
- 15 Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами. – М.: Питер, 2001. – 384 с. – С. 50-63.
- 16 Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами. – М.: Питер, 2001. – 384 с. – С. 52-57.
- 17 Coyle J.J., Bardi E.J., Langley Jr. C.J. The Management of Business Logistics. West Publishing Company. 1996. - P. 169-171.
- Gattona J.L., Walters D.W. Managing the Supply Chain. A Strategic Perspective. Macmillan Business. 1996. - P. 126.
- Landford J. Logistics. Principles and Applications. McGraw Hill Inc. 1995. USA. - P. 390.
- Logistic and Supply Chain Management. A Management Overview. Business link. 1995. - P. 11.
- Total Materials Management. Achieving Maximum Profits Through Materials / Logistics Operations. 2nd ed. Capman&Hall, USA. 1995. - P. 105.
- Оптимизация товарно-материальных запасов. Формула Уилсона. www.rimaspb.ru/technique/Wilson_storage.doc
- Курс для высшего управленческого персонала > Часть вторая. Управляющий и производство - Глава VIII. Рациональное управление запасами в целях извлечения большей прибыли. - <http://ek-lit.agava.ru/kvup208.htm>
- 18 Coyle J.J., Bardi E.J., Langley Jr. C.J. The Management of Business Logistics. West Publishing Company. 1996. - P. 170.
- 19 Модели и методы теории логистики /Под ред. В.С. Лукинского. – С.-Пб.: Питер, 2003. – 176 с. – С. 65-66.
- 20 Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. редакцией проф. В.И. Сергеева. (Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. и др.) – М.: Инфра-М, 2004. - 976 с. – С. 503.

Логистика: Учебник / Под ред. Аникина Б.Н. - 3-е изд., переработанное и дополненное. – Печатная. - М.: ИНФРА-М, 2001 – 2004. – 352 с. – С. 236.

Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами. – М.: Питер, 2001. – 384 с. – С. 58-60.

Системы контроля товарно – материальных запасов. Формула Уилсона. - <http://www.simplesoft.ru/articles/controlsystems.htm>

21 Линдерс М.Р., Харольд Е.Ф. Управление снабжением и запасами. Логистика. – Пер. с англ. - СПб.: Полигон, 1999. - 768 с. – С. 243-247.

22 Бауэрсокс Д.Д., Клосс Д.Д. Логистика: интегрированная цепь поставок. – М.: Олимп-бизнес, 2001. – 640 с. – С. 246.