

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ



**ВАЛЕРИЙ
ЛУКИНСКИЙ,**
зав. кафедры
логистики
и организации
перевозок
СПГИЭУ,
профессор,
д.т.н.



**НИНА
ФАТЕЕВА,**
ассистент
кафедры
логистики
и организации
перевозок
СПГИЭУ,
аспирант

На настоящий момент существует большое число публикаций, посвященных теории управления запасами, разработано значительное число моделей и методов, составляющих научную основу логистического менеджмента. Тем не менее, аналитические методы управления запасами недостаточно используются в практике логистических компаний и фирм. Приоритет на практике отдается, главным образом, статистическим методам. Сложившаяся ситуация во многом объясняется тем, что аналитические модели и методы теории управления запасами отличаются сильной идеализированностью (детерминированностью), что не позволяет учитывать реальных ограничений и многомерности протекающих процессов [2].

Как отмечают специалисты, управление запасами является ключевой логистической функцией, при этом расходы на управление запасами могут составлять до 50% в общей структуре затрат на логистику. Также следует отметить, что по оценкам экспертов, доля затрат на логистику в ВВП России как минимум в два раза выше, а объем запасов в ВВП России

как минимум в 1,5 раза выше, чем аналогичные показатели в промышленно развитых странах. Все это свидетельствует об актуальности и необходимости для отечественных компаний снижения логистических издержек, в частности затрат, связанных с управлением запасами, и как следствие необходимости совершенствования аналитических моделей и методов управления запасами.

Согласно исследованию проведенному в работе [2], модель расчета оптимального размера заказа (модель EOQ) является самой распространенных из всех моделей и методов управления запасами, представленных в отечественных и зарубежных научных источниках.

Модель EOQ базируется на известной концепции общих логистических затрат, при этом ее классический вариант основан на минимизации суммарных затрат, включающих лишь две составляющие, а именно затраты на выполнение заказов C_o и затраты на хранение запаса на складе C_s в течение определенного периода времени (год, квартал и т.п.):

$$C_{\Sigma} = C_o + C_s \rightarrow \min, (1)$$

В действительности же число компонент, которые следует учитывать при расчете общих логистических издержек гораздо больше. Так, например, в работе [2] предлагается учитывать 5 слагаемых при расчете величины общих логистических затрат, а именно:

$$C_{\Sigma} = C_p + C_o + C_s + C_d + C_l, (2)$$

где C_p , C_o , C_s — затраты соответственно на приобретение продукции, оформление и выполнение заказа, хранение; C_d , C_l — издержки, связанные с дефицитом продукции, и латентные затраты.

Очевидно, что учет различного количества слагаемых модели (2), а также различных вариантов их учета приводит к многовариантности расчетных формул для определения параметров модели EOQ.

Многие специалисты [4, 5 и др.] считают, что модель EOQ играет центральную роль в теории управления запасами. Тем не менее на данный момент использование модели и ее модификаций на практике не получило широкого распространения ввиду таких причин, как многочисленные допущения принятые в модели, а также сложность получения исходной информации для расчетов [6].

Попытки преодолеть принятые в классическом варианте модели допущения привели к появлению модифицированных моделей расчета оптимального размера заказа — различных вариантов (модификаций) классического варианта модели.

Основываясь на классификации моделей управления запасами [1], под классической моделью EOQ следует понимать одноименклатурную (однопродуктовую) статическую детерминированную модель (без дефицита и ограничений) с непрерывным стационарным детерминированным независимым спросом. Исходя из вышеизложенного, сформулируем

АННОТАЦИЯ:

Статья посвящена необходимости совершенствования аналитического инструментария управления запасами, в частности модифицированных моделей расчета оптимального размера заказа. Рассмотрено понятие таких моделей, предложены подходы для описания и формирования новых моделей

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Управление запасами, модификации модели EOQ

ANNOTATION:

The article is about the necessity of improvement of inventory management analytical methods, especially variants of EOQ model. The definition of such variants as well as approach to defining and forming of new variants are given in the article.

KEYWORDS:

Inventory management, the variants of EOQ model

понятие модифицированных моделей расчета оптимального размера заказа.

Итак, это варианты классической модели, позволяющие избавиться от принятых в ней допущений за счет ее разумного усложнения. Такое усложнение подразумевает включение в исходную модель одного или нескольких из нижеперечисленных свойств: многоуровневость структуры размещения запасов; замена детерминированных параметров модели реальными; многономенклатурность; распределение ответственности за выполнение логистических операций между участниками цепи поставок; различные варианты учета затрат, входящих в модель, отличные от вариантов учета, принятых в классическом варианте модели; добавленная стоимость в цене товара при расчете затрат на хранение; ограничения; скидки; дефицит; постепенная разгрузка прибывающей партии; различные соотношения между поступлением и потреблением товара во времени; временная стоимость денег и др.

С целью анализа того, насколько на текущий момент представлены в литературе модифицированные модели расчета оптимального размера заказа, а также для их качественной оценки, были рассмотрены 54 работы зарубежных и отечественных ученых, содержащих классическую модель EOQ и ее модификации.

Для анализа были отобраны наиболее распространенные издания и отнесены к одной из четырех групп:

- к первой группе — переводные работы иностранных авторов, посвященные логистике, управлению цепями поставок, управлению запасами, а также работы по смежным дисциплинам;
- ко второй группе — общие работы по логистике отечественных специалистов;
- к третьей группе — специальные работы посвященные управлению запасами отечественных авторов;

Расходы на управление запасами могут составлять до 50% в общей структуре затрат на логистику.

- к четвертой группе — отечественные работы по менеджменту и экономико-математическому моделированию, в которых описаны модели и методы управления запасами.

На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

- наиболее часто в литературе встречаются однопродуктовые модели (в 61% работ), многопродуктовым и многономенклатурным моделям уделено гораздо меньше внимания (в 24 и 17% работ соответственно);
- среди однопродуктовых моделей наиболее представлены модели с учетом дефицита (44%), с постепенным пополнением запасов (35%) и с учетом оптовых скидок (34%), что касается моделей управления несколькими видами запасов продукции, то здесь наиболее популярными являются обычная многономенклатурная модель (15%) и многопродуктовая модель с одним ограничением (22%);
- крайне мало уделено внимания однопродуктовым моделям с ограничениями, с учетом распределения ответственности между участниками цепи поставок, с учетом дифференциальных скидок и др. (встречаются в 2% работ). То же самое касается однопродуктовых моделей, включающих два и более свойств, позволяющих избавиться от принятых в классической модели допущений;
- в литературе крайне мало представлены различные модифицированные многопродуктовые и многономенклатурные модели, и вообще не представлены многопродуктовые модели с несколькими ограничениями.

Несмотря на то, что большая часть модифицированных моделей в литературе представлена недостаточно подробно,

даже некоторые из тех, что встречаются в литературе более-менее часто, могут требовать некоторой корректировки, что подтверждается рядом авторов [2, 3 и др.].

Таким образом, основной недостаток большинства рассмотренных в научных источниках модифицированных моделей расчета EOQ заключается в том, что они учитывают лишь один-два из множества свойств, позволяющих снять принятые в классической модели допущения и приблизить модель к реальной. Кроме того, некоторые модификации модели носят дискуссионный характер и не могут быть рекомендованы для расчетов.

На основе анализа зарубежной и отечественной литературы была составлена классификация модифицированных моделей расчета оптимального размера заказа, содержащая классы и подклассы этих моделей. На основе признаков классификации классов моделей и по аналогии с предложенным в работе [7] подходом к обозначению систем массового обслуживания, предлагается характеризовать модифицированные модели расчета оптимального размера заказа многокомпонентным вектором. В классификации выделено три уровня признаков: некоторые признаки первого уровня управляют признаками второго и третьего уровня, которые возникают в том случае, если индекс признака предыдущего уровня не равен 1. Предложенный многокомпонентный вектор в будущем может быть расширен за счет введения новых классификационных признаков или значений уже рассмотренных признаков.

В соответствии с предлагаемым подходом структура модифицированной модели может быть описана следующим образом:

$$A/B/C:(C_x)/D:(D_x, D_y, D_z)/E:(E_x, E_y, E_z)/F:(F_x)/G:(G_x)/H:(H_x, H_y)/I:(I_x)/J:(J_x:(J_{x\alpha}))/K:(K_x),$$

где A — число рассматриваемых уровней размещения запасов;

B — степень определенности основных параметров модели;

$C:(C_x)$ — число номенклатур в поставке: (взаимосвязь между многономенклатурными поставками);

$D:(D_x, D_y, D_z)$ — распределение ответственности между участниками цепи поставок за осуществление: (перевозки, хранение запасов, организацию заказов);

$E:(E_x, E_y, E_z)$ — варианты учета затрат: (транспортных, на хранение, на организацию заказа);

$F:(F_x)$ — наличие добавленной стоимости в цене товара при расчете затрат на хранение: (вид логистических операций, учитываемых в добавленной стоимости);

$G:(G_x)$ — наличие ограничений: (вид);

$H:(H_x, H_y)$ — наличие скидок: (тип, вид);

$I:(I_x)$ — скорость поступления продукции на склад: (соотношение между поступлением и потреблением продукции во времени);

$J:(J_x:(J_{x\alpha}))$ — наличие дефицита: (степень удовлетворения спроса при дефиците: (способ покрытия дефицита));

$K:(K_x)$ — учет временной стоимости денег: (время выплат издержек хранения).

Разработанная классификация модифицированных моделей расчета оптимального размера заказа позволяет систематизировать разрозненные модификации классического варианта модели EOQ, представленные в литературе по логистике и управлению запасами.

Таким образом, на сегодняшний момент существует разрыв между теорией и практикой управления запасами. Одним из способов сократить этот разрыв должно стать дальнейшее совершенствование моделей и методов управления запасами, в частности, комплекса модифицированных моделей расчета оптимального размера заказа. Такой комплекс моделей может быть в дальнейшем положен в основу специального программного обеспечения, предназначенного для оптимизации логистических затрат и расчета оптимальных партий заказа

Таблица 1

Матрица принятия решений для формирования модифицированной модели расчета EOQ

№	Признак классификации	1	2
A	Число рассматриваемых уровней размещения запасов	Один уровень (изолированная модель)	Много уровней (эшелонированная модель)
B	Степень определенности основных параметров модели	Детерминированные параметры	Стохастические параметры
C	Число номенклатур в поставке	Однономенклатурные поставки	Многономенклатурные поставки
C _x	Одновременность поставок продукции	Отсутствует: независимые поставки	Одновременные поставки
D	Наличие учета распределения ответственности между участниками цепи поставок	Без учета распределения ответственности	С учетом распределения ответственности
D _x	Участник, осуществляющий перевозку	Потребитель	Посредник
D _y	Участник, отвечающий за хранение	Потребитель	Посредник
D _z	Участник, отвечающий за оформление заказа	Потребитель	Посредник
E	Варианты учета затрат в модели	Такие же, как в классическом варианте модели	Варианты учета, отличные от классического варианта модели
E _x	Вариант учета транспортных затрат	Постоянная величина	Зависит от веса партии заказа
E _y	Вариант учета складских затрат	Через долю от стоимости среднего уровня запаса	Через стоимость аренды площади (объема) склада под поступившую партию
E _z	Вариант учета затрат на выполнение заказа	Пропорционально объему поставки	Постоянная величина, без учета объема и числа номенклатур
F	Наличие добавленной стоимости в цене продукта	Не учитывается	Учитывается
F _x	Вид логистических операций, учитываемых в добавленной стоимости	Добавленная стоимость за транспортировку	Добавленная стоимость за транспортировку и оформление заказа
G	Наличие ограничений	Ограничения отсутствуют	Модель с ограничениями
G _x	Виды ограничений	Количество заказов (периодичность поставок) в плановый период	Складская площадь (объем), где размещается заказ
H	Наличие скидок	Скидки отсутствуют	Модель со скидками
H _x	Тип скидок	Оптовые	Дифференциальные
H _y	Вид скидок	При закупке с единицы продукции	На организацию заказа
I	Скорость поступления продукции на склад	Не учитывается: мгновенное поступление	Учитывается: постепенное поступление
I _x	Соотношение между поступлением и потреблением продукции во времени	С последовательным поступлением и потреблением	С одновременным поступлением и потреблением
J	Учет возникновения дефицита	Дефицит не учитывается	Дефицит учитывается
J _x	Степень удовлетворения спроса при дефиците	Заявки периода дефицита не удовлетворяются	Заявки периода дефицита полностью удовлетворяются при поставках
J _{xα}	Способ покрытия дефицита	Покрытие дефицита при очередной поставке	Покрытие дефицита из дополнительной поставки
K	Учет временной стоимости денег	Не учитывается временная стоимость денег	Учитывается временная стоимость денег
K _x	Время выплат издержек хранения	В начале интервала повторного заказа	В конце интервала повторного заказа

продукции в цепях поставок, что позволит принимать эффективные решения при управлении запасами.

В качестве аппарата генерации аналитической базы различных модификаций модели EOQ и выбора наиболее оптимального варианта модели предлагается применять морфологический метод исследования (см. работу [8]). Морфологическая таблица, составляемая при использовании данного метода, может быть представлена в виде матрицы принятия решений для формирования модифицированной модели расчета EOQ (см. табл. 1). Данная матрица содержит информацию о том, каким индексом закодированы значения каждого признака классификации. Генерируемый вариант модели представляет собой комбинацию значений: по одному для каждого признака.

Рассмотрим пример модифицированной модели оптимального размера заказа, сгенерированной с помощью морфологического метода исследования, и охарактеризуем ее с помощью 11-компонентного вектора.

Структура модели будет состоять из следующих компонентов:

$A_1/B_2/C_2:C_{x2}/D_2:D_{y2}, D_{z1}/E_2:E_{x1}, E_{y3}, E_{z3}/F_2:F_{x2}/G_1/H_1/J_1/K_1$.

Уравнение суммарных затрат для данной модификации модели будет иметь следующий вид:

(см. вставку на следующей стр.)

где i — индекс, указывающий вид продукции, $i = 1..N$; N — количество номенклатур в поставке; D — продолжительность рассматриваемого периода, дни; T — оптимальная периодичность многономенклатурных поставок, дни; C_0 — постоянная составляющая затрат на выполнение многономенклатурной поставки, руб.; C_i — переменная составляющая этих затрат для i -ой номенклатуры (зависит от объема выполняемых на складе операций при формировании заказа), руб.; A_i — потребность в i -ом виде продукции в течение планового периода, шт.; Δ_1, Δ_2 — коэффициенты, отражающие степень участия различных видов затрат на хранение; C_{Pi} — цена единицы i -ого вида продукции, руб.; f — доля затрат на хранение i -ой продукции от ее цены C_{Pi} ; ΔC — добавленная стоимость за выполнение многономенклатурного заказа; α — затраты на хранение продукции в единицу времени с учетом занимаемой площади (объема) склада, руб./м² × ед. времени (руб./м³ × ед. времени); k_i — коэффициент, учитывающий пространственные габариты единицы i -ого вида продукции, м²/шт. (м³/шт.); q_i — величина заказа i -ого вида продукции, шт.; C_T^* — транспортные затраты, руб./перевозка; C_{Pi}^* — цена единицы i -ого вида продукции, отпускаемого со склада потребителем, с учетом затрат на оформление заказа, транспортировку и хранение.

При этом затраты на транспортировку рассчитываются по формуле:

3	4	5	6	7
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
Одновременные поставки по системе кратных периодов	—	—	—	—
—	—	—	—	—
Поставщик	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
Зависит от объема партии заказа	—	—	—	—
Дифференцированный учет затрат	—	—	—	—
В виде суммы составляющих (по числу номенклатур в заказе)	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
Финансовое ограничение на приобретение продукции	На грузоподъемность и грузовместимость ТС	На минимальную или максимальную величину заказа и др.	Различные комбинации перечисленных ранее вариантов	—
—	—	—	—	—
Интегральные	Оптовые и дифференциальные для различных номенклатур	—	—	—
При хранении с единицы продукции	На хранение большой партии при аренде склада	Изменение тарифа на перевозку партии заказа	Изменение тарифа на перевозку единицы заказа	Различные комбинации перечисленных ранее вариантов
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
Заявки периода дефицита частично удовлетворяются при поставках	—	—	—	—
Покрытие части дефицита из дополнительной поставки, а части — при очередной поставке	—	—	—	—
—	—	—	—	—
В середине интервала повторного заказа	—	—	—	—

Вставка

$$C_{\Sigma} = \frac{D}{T} \left(C_o + \sum_{i=1}^N C_i \right) + \frac{T}{2D} \sum_{i=1}^N A_i (\Delta_1 (C_{\Pi} + \Delta C) f + 2\Delta_2 \delta k_i) \rightarrow \min$$

$$\Delta C = \frac{C_o + \sum_{i=1}^N C_i + C_T^*}{\sum_{i=1}^N q_i} = \frac{\left(C_o + \sum_{i=1}^N C_i + C_T^* \right) D}{T_j \sum_{i=1}^N A_i}$$

Таблица 2

Исходные данные и результаты расчетов

Параметр	Исходные данные		
	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3
A_i шт.	1000	1500	2000
C_o руб./заказ	200		
C_p руб./заказ	12	14	16
C_T^* руб./перевозка	100		
f	0,25		
αk , руб./шт. × ед. времени	100	200	300
C_{Π} руб.	200	300	400
D , дни	365		
$\Delta_1 = \Delta_2$	0,5		
Результаты расчетов			
T_o , дни	6,1		
Количество поставок за период	59		
q_{oi} шт.	17	26	34
$C_{\Sigma} \min$, руб.	28 920		
C_{Σ} общ, руб.	34 890		
C_{Π}^* руб.	207,73	307,73	407,73

$$C_{T\Sigma} = C_T^* \frac{D}{T_o}$$

В таблице 2 приведены исходные данные и результаты расчета для рассмотренной модификации модели EOQ.

Если сравнить полученные результаты с результатами расчетов для традиционной многономенклатурной модели ($A_1/V_2/C_2:C_{X2}/D_1/E_1/F_1/G_1/H_1/I_1/J_1/K_V$), очевидно, что полученные параметры будут отличаться:

- периодичность поставок для традиционной модели составляет 13 дней в отличие от 6 дней для рассмотренной модификации модели;
- общие суммарные логистические затраты составляют 13 250 рублей вместо 34 890 рублей.

Полученные результаты подтверждают необходимость совершенствования аналитического инструментария управления запасами, для того чтобы принимать эффективные решения на основе моделей и методов, адекватных реальной бизнес практике.

Библиографический список:

1. Григорьев М.Н., Долгов А.П., Уваров С.А. Управление запасами в логистике: методы, модели, информационные технологии. Учебное пособие. — СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2006. — 368 с.
2. Лукинский В.В. Актуальные проблемы формирования теории управления запасами: монография. — СПб.: СПбГИЭУ, 2008. — 213 с.

3. Модели и методы теории логистики / Под ред. В.С. Лукинского. — СПб.: Питер, 2007. — 448 с.
4. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами. — СПб.: Питер, 2001. — 384 с.
5. Сковронек Ч., Сариуш-Вольский З. Логистика на предприятии. Учебно-метод. пособие. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 400 с.
6. Стерлигова А.Н. Управление запасами в цепях поставок. Учебник. — М.: ИНФРА-М, 2008. — 430 с.
7. Таха Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е изд. — М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. — 912 с.
8. Фатеева Н.И. Проектирование логистических цепей на основе модели EOQ / Вестник ИНЖЭКОНа. 6 Сер. Экономика. Вып. 6 (41). — СПб.: СПбГИЭУ, 2010. — С. 289—294.