

# ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОЙ ПАРТИИ ПОСТАВКИ В СОВРЕМЕННЫХ ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

Т.Э. Салманов.

Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет

Проанализировано развитие цепей поставок на основе показателя логистических издержек, предложено использовать количественные модели и методы для снижения общих логистических затрат. В работе исследовано применение классической и модифицированной модели EOQ в современных цепях поставок.

*Ключевые слова:* цепь поставок, логистика, оптимальный размер поставки

## ECONOMIC ORDER QUANTITY MODEL IN SUPPLY CHAINS

T.E. Salmanov. Saint-Petersburg state university of engineering and economics

The paper is analyzed development of supply chains system on the basic a logistic expenses. Applying methods and models of logistic theory allows managing subjects significantly decrease their personal expenses. The article considers the key parameters of the classic economic order quantity (EOQ) model. The example of basic tendency transport and logistics devolvment author offers modification of economic order quantity.

*Key words:* supply chains systems, logistics, economics order quantity (EOQ) model

Развитие современных международных экономических отношений характеризуется интеграцией и глобализацией хозяйственных процессов. Все более значимую роль в данных процессах играет логистика. К проблемам развития логистики и цепей поставок направлены интересы ученых и практикующих руководителей. Ежегодные затраты на логистику исчисляются миллиардами долларов США. Европейские страны ежегодно расходуют на логистику порядка 1100 млрд долларов США, в странах Тихоокеанского региона структура затрат на логистику составляет около 1800 млрд долларов США при среднегодовых темпах роста около логистических издержек в мире на уровне 25 % [1, 2] (табл. 1).

Таблица 1. Затраты на логистику в мире

Страна, регион	Год				
	1997 г., млрд долларов	2000 г., млрд долларов	Рост в 2000 г. по сравнению с 1997 г., %	2002 г., млрд долларов	Рост в 2002 г. по сравнению с 1997 г., %
Бельгия	27	33	22,2	35	29,6
Германия	228	323	41,7	374	64,0
Испания	94	107	13,8	124	31,9
Италия	149	167	12,1	186	24,8
Франция	158	177	12,0	186	17,7
Европа	884	1100	24,4	1229	39,0
Северная Америка	1035	1240	19,8	1203	16,2
Тихоокеанский регион	1459	1989	36,3	2127	45,8
Всего в мире	5095	6387	25,4	6732	32,1

Применение методов и моделей теории логистики позволяет хозяйствующим субъектам существенно сократить свои расходы. Эффективное управление логистикой позволяет компаниям [3]:

- снизить затраты на транспортировку грузов 5–20 % в зависимости от вида транспорта;
- оптимизировать уровень запасов 30–50 %;
- существенно уменьшить срок товародвижения на 20–45 %.

Использование моделей и методов логистики и управления цепями поставок позволяет сократить уровень запасов от 30–50 %, уменьшить издержки в себестоимости продукции на 30 % [4, 5]. Автор считает, что в современных экономических отношениях с целью снижения затрат необходимо более активно применять модели и методы теории логистики. Одним из таких решений является применение модели оптимального размера заказа в современных цепях поставок. Основное уравнение общих затрат имеет следующий вид [6]:

$$C_{\Sigma} = C_k + C_o + C_x + C_d + C_l \rightarrow \min,$$

где  $C_k$  – затраты на закупку (приобретение) товара;  $C_o$  – затраты на выполнение заказа;  $C_x$  – затраты на хранение запаса;  $C_d$  – затраты связанные с упущенной прибылью из-за дефицита продукции;  $C_l$  – прочие скрытые затраты (латентные) затраты. Данные затраты могут не учитываться.

Для формирования основной модели расчета оптимальной партии поставки EOQ необходимо основным критерием выбрать минимум общих затрат. В качестве составляющих модели будут затраты на закупку, затраты на хранение, затраты на выполнение заказа.

Таким образом, модель будет иметь следующий вид:

$$C_{\Sigma} = C_3 + C_k + C_x \rightarrow \min.$$

Затраты связанные с закупкой продукции  $C_3$  представляют собой, стоимость единицы продукции помноженную на объем продукции.

$$C_3 = C_n \cdot A.$$

Затраты на выполнение заказа  $C_k$  представляют собой частное от произведения стоимости выполнения одного заказа  $C_o$  помноженное на потребность в заданном периоде  $A$  на величину заказа  $Q$ . Затраты на хранение продукции в течение заданного периода представляют частное от произведение величины заказа  $Q$ , помноженное на стоимость единицы продукции  $C_n$  помноженное на долю от цены единицы продукции –  $i$ , приходящиеся на хранение деленное на 2. Величина 2 в знаменателе основана на общепринятом подходе, среднего уровня запаса и равна половине этой величины запаса. Величина затрат от стоимости товара, приходящаяся на хранение составляет от 20–30 %.

Таким образом, модель будет иметь следующий вид:

$$C_{\Sigma} = C_n \cdot A + \frac{C_o \cdot A}{Q} + \frac{Q C_n i}{2} \rightarrow \min,$$

где  $C_n$  – стоимость единицы товара;  $C_o$  – стоимость выполнения 1 заказа;  $A$  – потребность в товаре в заданный промежуток времени;  $i$  – доля затрат от цены товара, приходящая на хранение заказа;  $Q$  – размер заказа

Для нахождения величины оптимального размера заказа продифференцируем уравнение общих затрат и получим формулу размера оптимального заказа

$$Q_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2AC_0}{C_n i}}$$

Таким образом, получена формула оптимального размера заказа, модель EOQ, известная также как формула Харриса-Уилсона. На рис 1 представлена графическая интерпретация данной модели.

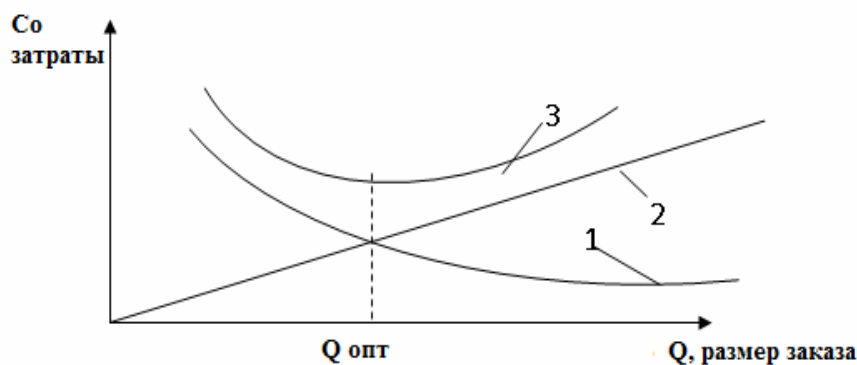


Рис. 1. Модель оптимальной партии поставки

(1 – затраты на выполнение заказа; 2 – затраты на хранение заказа; 3 – общие затраты)

По мере увеличения размера заказа, возрастают затраты на хранение партии  $C_x$  пропорционально размеру заказа, при этом затраты на выполнение заказа  $C_3$  уменьшаются, так как подчиняются гиперболической зависимости.

Кривая общих затрат имеет вогнутый характер, что говорит о наличии абсолютного минимума, что представляет собой величину оптимальной партии поставки  $Q_{\text{опт}}$ . Минимальный оптимум, находится в точке пересечения кривых затрат на хранение партии  $C_x$  и затрат на выполнение заказа  $C_3$ .

Основные параметры данной модели представлены в табл. 2.

Таблица 2. Параметры модели оптимальной партии заказа

Параметр	Описание
Модель оптимального размера заказа (EOQ)	$Q_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2AC_0}{C_n i}}$ $Q_{\text{опт}}$ – оптимальный размер поставки
Модель оптимального размера заказа (EOQ)	$C_0$ – стоимость заказа продукции $C_n$ – стоимость единицы продукции $i$ – доля от цены продукции, приходящаяся на хранение
Кол-во поставок	$N = \frac{A}{Q_{\text{опт}}} = \sqrt{\frac{AC_n i}{2 C_0}}$
Периодичность между поставками	$T = \frac{D}{N} = D \sqrt{\frac{2 C_0}{AC_n i}}$ $D$ – рассматриваемый период времени
Минимальные общие логистические издержки	$C_{\Sigma} = \frac{AC_0 \sqrt{C_n i}}{\sqrt{2 C_0 A}} + \frac{C_x}{2} \sqrt{\frac{2 C_0 A}{C_n i}}$ $= \sqrt{2AC_0 C_n i}$

Основными условиями использования данной модели (ЕОQ) являются:

- стоимость единицы товара  $C_n$  – постоянна, однако, на практике в большом количестве присутствуют разного рода скидки;
- модель рассматривает только один вид продукции;
- затраты на выполнение одного заказа  $C_o$  – постоянны и не зависят от величины заказа то есть количества единиц в одной партии;
- затраты на хранение продукции  $C_{xp}$  – постоянны и равны среднему уровню размера заказа;
- размер партии поставки продукции  $Q$  – постоянен;
- заказ поступает мгновенно в момент возникновения дефицита.

Условия применения модели ЕОQ не отражают современной практики осуществления хозяйственной деятельности:

1. В модели ЕОQ величина затрат на закупку единицы продукции постоянна, однако, на практике в большом количестве присутствуют скидки.

2. Элемент затрат изменяется прямо пропорционально величине размера заказа, однако расходы, связанные с организацией транспортировки груза железнодорожным транспортом, например 10 транзитных норм будут отличаться в сравнении с поставкой груза складским способом.

3. Классическая модель ЕОQ затрагивает в основном длительный период с кратными поставками товаров. На практике закупочные цены на продукцию, стоимость транспортировки имеет тенденцию к изменению в течение года по несколько раз. Одним из ключевых моментов в международной логистике является сезонность таможенных пошлин, что непосредственно влияет на закупочную стоимость продукции.

Известно, что с увеличением объема заказа снижаются удельные издержки на доставку груза, что наглядно продемонстрировано в рис. 2.

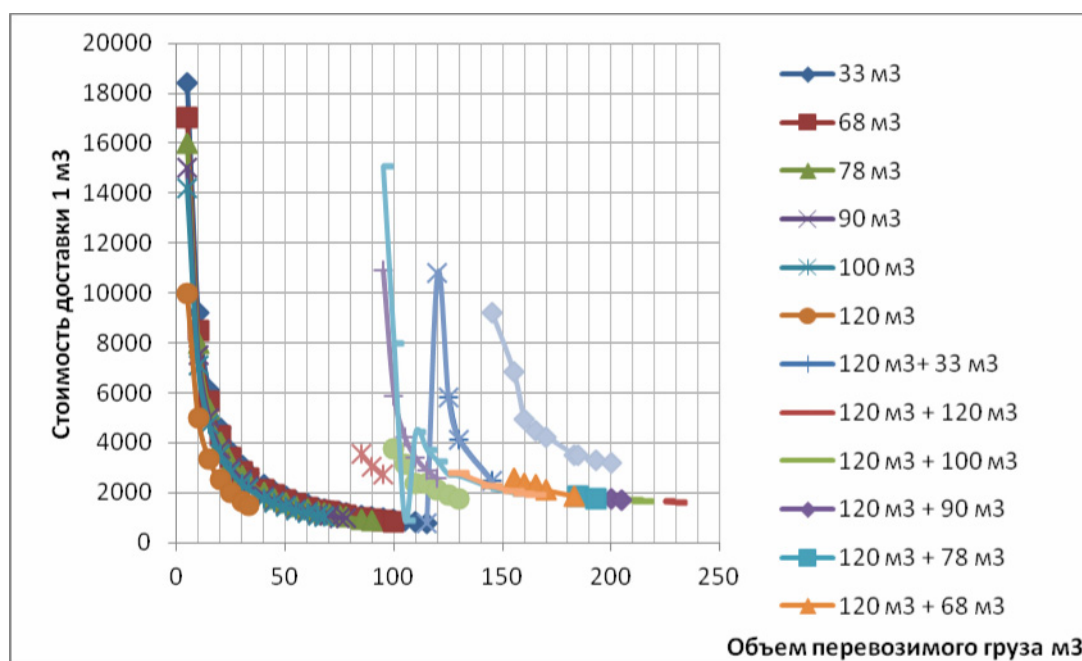


Рис. 2. Использование транспортных средств различной вместимости

Из рисунка становится понятно, что величина тарифов на перевозку напрямую влияет от типа использованного транспортного средства. Предлагается для определения общего уравнения транспортных затрат в структуре ЕОQ использовать методы линейного

программирования, для отображения изменения транспортных затрат от грузоподъемности либо грузоместимости транспортного средства.

Основное уравнение данной модели имеет следующий вид:

$$F(X) = \sum_{j=1}^n C_j * X_j \rightarrow \min,$$

где  $C_j$  – тариф  $X_j$  транспортного средства.

При следующих ограничениях:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{ij} * X_j \leq b_i \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} * X_j \leq b_i, \quad i = 1, 2 \dots \\ X_{ij} \geq 0, \text{ целое } i \geq 1, \quad j = 1, 2 \dots, \end{array} \right.$$

где  $a_{ij}$ ,  $b_i$ ,  $c_j$  – постоянные величины.

Для участников внешнеэкономической деятельности наиболее важным при организации процесса закупки товаров является учет сезонности в определении таможенных пошлин, а также сезонности в стоимости транспортировки груза в течение года.

На рис. 3 представлены данные по стоимости морской транспортировки груза по периодам.

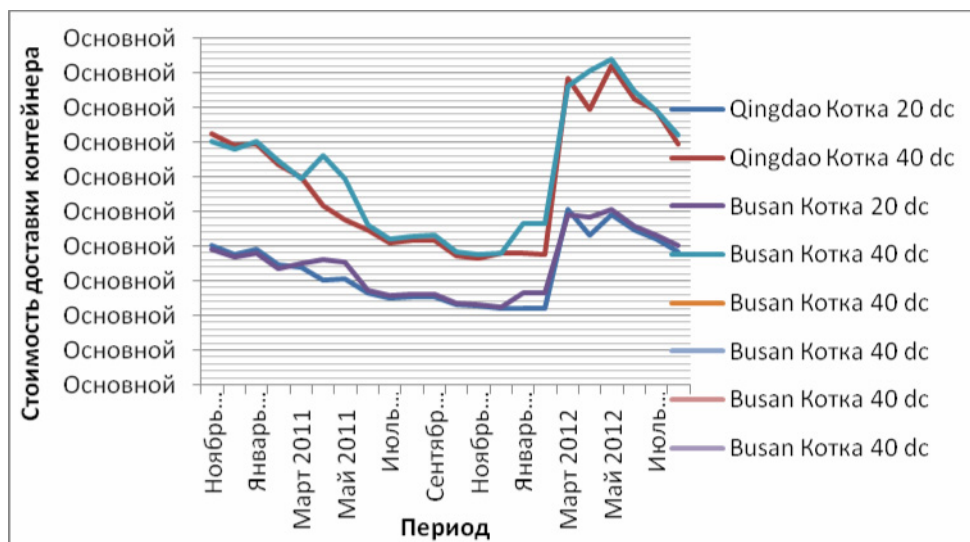


Рис. 3. Изменение стоимости доставки груза морским транспорт (ноябрь 2010 г. – июль 2012 г.) по направлению Ю-В Азия – Котка (Финляндия)

Для учета затрат связанных с закупкой, осуществление заказа продукции, хранением, предлагается учитывать затраты отдельно по периодам, например в течение года.

Модель общих логистических издержек зависит от переменной времени.

$$C \sum = C_k(t) + C_o(t) + C_x(t) \rightarrow \min.$$

Таким образом, в течение года у нас получится  $Q_n$  величин. Соответственно, в каждом периоде затраты на транспортировку, закупку хранения продукции могут отличаться (табл. 3).

Таблица 3. Использование параметров для расчета ЕОQ по периодам

Размер заказа	Стоимость выполнения заказа $Co$	Стоимость транспортных затрат $Стр$	Затраты на хранение	Затраты на таможенное оформление
Q1	$Co1$	$Стр1$	$Схр1$	$Сто1$
Q2	$Co2$	$Стр2$	$Схр2$	$Сто2$
Q3	$Co3$	$Стр3$	$Схр3$	$Сто3$
Q4	$Co4$	$Стр4$	$Схр4$	$Сто4$
Q5	$Co5$	$Стр5$	$Схр5$	$Сто5$
Q6	$Co6$	$Стр6$	$Схр6$	$Сто6$
Q7	$Co7$	$Стр7$	$Схр7$	$Сто7$
Q8	$Co8$	$Стр8$	$Схр8$	$Сто8$
Q9	$Co9$	$Стр9$	$Схр9$	$Сто9$
Q10	$Co10$	$Стр10$	$Схр10$	$Сто10$
Q11	$Co11$	$Стр11$	$Схр11$	$Сто11$
Q12	$Co12$	$Стр12$	$Схр12$	$Сто12$

Таким образом, модель оптимального размера заказа (ЕОQ) является базовой моделью, но с учетом особенностей развития хозяйственной деятельности, характер внешнеэкономической деятельности требует модификаций в зависимости от рассматриваемых ситуаций.

### Литература

1. Rodrigues A.M, Bowersox D.J, Calantone R.J. Estimation of Global and National Logistics Expenditures: Journal of Business Logistics. Vol. 26. No. 2. 1–16. 2005.
2. Ojala Laura, Solakivi T., Lorentz H., State of Logistics in the Baltic Sea Region. Turku: Turku School of Economics, 2007. 137 p.
3. Уваров С.А. Логистика: общая концепция, теория и практика. СПб.: «ИНВЕСТ–НП», 1996. 232 с.
4. Лукинский В.В. Актуальные проблемы формирования теории управления запасами: монография. СПб.: СПбГИЭУ, 2008.
5. Сергеев В.И. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов. М.: Инфра-М, 2004. 930 с.
6. Модели и методы теории логистики: учеб. пособ. 2-изд. / под ред. В.С. Лукинского. СПб.: Питер, 2007. 448 с.