

ЛОГИСТИКА

УДК 656.073.52

DOI:10.30977/BUL.2219-5548.2018.81.0.81

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОГО РАЗМЕРА ЗАКАЗА С УЧЕТОМ ЗАТРАТ НА ДОСТАВКУ ГРУЗОВ

Нефедов Н.А., ХНАДУ

Аннотация. *Описана аналитическая модель определения оптимального размера заказа, которая учитывает затраты на доставку на склад новой партии груза, а также учитывает зависимость затрат на пополнение запасов от затрат, связанных с иммобилизацией денежных средств.*

Ключевые слова: *логистика, управление запасами, экономичный размер заказа, транспортировка, иммобилизация денежных средств, затраты, оптимизация.*

Введение

В современной логистике управление запасами, наряду с управлением транспортировкой, представляет собой наиболее действенный инструмент повышения эффективности логистических цепей. Из основных вопросов в управлении запасами доминирующее положение занимает вопрос определения экономичного размера заказа (*EOQ*, англ.: *Economic Order Quantity*), потому что в основе любой стратегии управления запасами лежит именно определение экономичного размера заказа. Через экономичный размер заказа определяется периодичность пополнения запасов для стратегий, регламентирующих периодичность пополнения запасов, и оптимальный размер заказа или максимальный желаемый запас – для стратегий, регламентирующих размер заказа. При этом практически всегда определение размера заказа сопровождается определением страхового запаса. Общепринятые подходы предполагают раздельное определение этих показателей, что может приводить к принятию их ошибочных значений. Причина здесь заключается во взаимозависимости размера заказа и страхового запаса. Так, увеличение размера заказа приводит, с одной стороны, к увеличению периодичности пополнения запасов и, как следствие, – к увеличению амплитуды колебания спроса за период между двумя очередными поставками и потерь от дефицита, который приходится компенсировать увеличением страхового запаса. С другой стороны, согласно закону складывания случайных величин, чем больше период между двумя очередными поставками, тем меньше коэффициент вариации спроса, что приводит к

уменьшению вероятности возникновения дефицита. Кроме того, большинство методик определения экономичного размера заказа основано на модели, приведенной в работах [1, 2], которая предполагает отсутствие влияния размера заказа на затраты на пополнение запасов.

На практике такое предположение справедливо только частично, – в части наличия каких-то накладных расходов на оформление и прием заказа. Большая же часть затрат на пополнение запасов существенным образом зависит от себестоимости транспортировки заказа, которые зависят от размера партии груза при перевозке железнодорожным транспортом и грузоподъемности автомобиля при перевозке автомобильным транспортом. Такое допущение вовсе не является очевидным и достоверным. Затраты на доставку новой партии груза на склад могут составлять существенную долю затрат на управление запасами, многократно превосходя затраты на хранение запасов. Особенно заметно влияние размера заказа на затраты на пополнение запасов при использовании для доставки груза автомобильного транспорта и в особенности при доставке на значительные расстояния. И еще один аспект, связанный с данной проблемой, заключается в способе определения удельных затрат на хранение грузов. Существующие правила бухгалтерского учета не предполагают выделения статьи учета затрат «Хранение грузов», а аналитическое определение этой статьи связано с существенными погрешностями. И даже точное определение удельных затрат на хранение грузов через арендную плату показывает, что они существенно меньше затрат на

иммобилизацию денежных средств. В связи с изложенным следует отметить актуальность решения данной задачи.

Анализ публикаций

Вопросы экономичного размера заказа от страхового запаса рассматриваются при функционировании складских систем в условиях неопределенности и в основном для систем пополнения запасов с постоянной периодичностью. В таких системах интервал времени, в течение которого нельзя пополнять запасы, гораздо больше, чем в системах с фиксированным размером заказа. Как указывалось выше, первые работы, посвященные определению экономичного размера заказа, появились практически век назад. Однако и сейчас предложенные в то время модели до сих пор лежат в основе современных методик определения этого параметра. Так, в работе [3] эта модель рекомендуется для применения на практике без изменений. А страховой запас рекомендуется определять через число среднеквадратических отклонений, которое определяется по таблицам математической статистики и обеспечивает фиксированный уровень доступности товара (вероятность дефицита) без обоснования его экономически оправданного значения. Здесь единственным фактором, влияющим на страховой запас, является среднеквадратическое отклонение спроса. В работе [4] в модели экономичного размера заказа стоимость хранения предлагается определять как процент от стоимости товара, без обоснования величины этого процента. Дополнительно к затратам на хранение предлагается учитывать возможные скидки поставщика от увеличения размера заказа и дополнительное время на переналадку оборудования, что неактуально для торговли. Модель определения страхового запаса здесь аналогична предложенной в работе [3], только в этой модели варьируемым параметром считается не только спрос, но и время исполнения заказа, что более адекватно отражает реальные ситуации. В работе [5] утверждается, что «заказ должен быть таким, чтобы относительный объем запаса стал таким, каким был бы в случае, если бы непредвиденно большой расход не имел места». Т.е. размер заказа должен определяться по известной модели экономичного размера заказа, а страховой запас должен быть равен нулю. Такой подход может быть оправдан только в системах фиксированного размера заказа с очень коротким

циклом исполнения заказа, иначе такой подход приведет к большим штрафам или упущенной выгоде в торговле. Автор работы [6] предлагает в классической модели экономичного размера заказа дополнительно учитывать штрафы за отказ в обслуживании клиентов (упущенная выгода) и иммобилизацию денежных средств, что приближает эту модель к реальным ситуациям. В отличие от классической модели экономичного размера заказа, в которой в качестве критерия выступают совокупные затраты на пополнение и хранение запасов, автор предлагает использовать рентабельность или доход. Однако доход и рентабельность, которая зависит в том числе и от дохода, зависят от цены товара, которая в зависимости от маркетинговых решений, может изменяться часто и быстро. В таком случае, размер заказа, определенный в соответствии с предложенным автором критерием, может меняться часто и быстро. В этом случае возникает вопрос о практической реализации такого подхода, поскольку периодичность поставок необходимо согласовывать с поставщиком и положительное решение данного вопроса представляется весьма проблематичным. В одной из последних работ [7] автор, не затрагивая вопрос определения экономичного размера заказа, предлагает определять размер страхового запаса как разницу между максимальным и средним спросом. Фактически это означает 100 % доступность товара и сведение к нулю вероятности дефицита, что противоречит экономической природе страхового запаса как средства компромисса между потерями от дефицита и дополнительными затратами на хранение товара, в данном случае – страхового запаса. Проведенный анализ подходов к определению экономичного размера заказа и страхового запаса показал, что известные методики, различаясь в деталях, используют, в основном, классическую модель экономичного размера заказа, не увязывая его с его же влиянием на стоимость доставки новой партии груза. Поэтому учет такого влияния является важной теоретической задачей.

Цель и постановка задачи

Для более полного учета факторов, влияющих на суммарные затраты на управление запасами, необходимо учесть влияние размера заказа на грузоподъемность и вместимость транспортного средства, используемого для доставки новой партии груза на склад. Ука-

занные грузоподъемность и вместимость транспортного средства должны соответствовать размеру транспортируемой партии груза таким образом, чтобы они использовались максимально. Видом транспорта, осуществляющим перевозку груза, является автомобильный как наиболее чувствительный к изменению расстояния доставки груза в плане себестоимости перевозок. Считается, что хранение груза осуществляется на арендуемых площадях, что позволяет более точно и экономически более обоснованно определить их, в отличие от аналогичной статьи затрат, определяемой для собственного склада ввиду сложностей такого определения (см. выше). При использовании собственного склада численные значения затрат на хранение можно аппроксимировать через ставку арендной платы склада, предназначенного для хранения видов груза, аналогичных запасемому, и понижающего коэффициента (на текущий момент конкретные значения понижающего коэффициента в открытых литературных источниках отсутствуют). Целевой функцией данной задачи являются суммарные затраты на пополнение и хранение запасов одной поставки ($Z_{\text{сум}}$, грн), которая описывается следующим соотношением:

$$Z_{\text{сум}} = Z_{\text{д}} + Z_{\text{хр}} + Z_{\text{им}} + Z_{\text{н}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $Z_{\text{д}}$ – затраты на доставку новой партии груза, грн; $Z_{\text{хр}}$ – затраты на хранение грузов, грн; $Z_{\text{им}}$ – затраты, связанные с иммобилизацией денежных средств, грн; $Z_{\text{н}}$ – накладные расходы, грн.

Модель экономического размера заказа

Для ухода от конкретных значений длительности расчетного периода и суточного спроса можно использовать не абсолютные значения затрат на управление запасами, а их удельные величины, приведенные к массе груза (себестоимости).

Факторы, влияющие на затраты на доставку, – это расстояние доставки ($L_{\text{д}}$, км), параметры регрессионной модели зависимости приведенных затрат на один километр пробега автомобиля – постоянной ($A_{\text{км}}$, грн/км) и факторной ($B_{\text{км}}$, грн/ткм) составляющей [8], коэффициента статического использования грузоподъемности ($\gamma_{\text{ст}}$).

Себестоимость перевозки партии груза ($S_{\text{т}}$, грн/т) определяется по регрессионной модели, предложенной в [8]

$$S_{\text{т}} = 2 \cdot L_{\text{д}} \cdot \left(\frac{A_{\text{км}}}{g_3} + \frac{B_{\text{км}}}{\gamma_{\text{ст}}} \right), \quad (2)$$

где g_3 – размер партии груза, т, которой в точности соответствует грузоподъемность используемого для ее перевозки автомобиля.

Факторы, влияющие на затраты на хранение, – это месячная стоимость аренды единицы складской площади ($C_{\text{а(м)}}$, грн/мес·м²), среднесуточный спрос (r , т/сут) и норма полезной нагрузки на единицу складской площади ($H_{\text{н}}$, т/м²).

Себестоимость хранения грузов на арендуемой площади ($S_{\text{хр}}$, грн/т) определяется по формуле

$$S_{\text{хр}} = \frac{C_{\text{а(м)}} \cdot g_3}{30 \cdot H_{\text{н}} \cdot r}. \quad (3)$$

Факторы, влияющие на затраты, связанные с иммобилизацией денежных средств, – это цена единицы груза ($\Pi_{\text{т}}$, грн/т), банковская ставка по кредиту ($H_{\text{б}}$, %/год) и среднесуточный спрос (r , т/сут).

Удельные затраты, связанные с иммобилизацией денежных средств, определяются по формуле

$$S_{\text{им}} = \frac{\Pi_{\text{т}} \cdot H_{\text{б}} \cdot g_3}{36500 \cdot r}, \quad (4)$$

Факторы, влияющие на накладные расходы, – это постоянные расходы, связанные с оформлением заявки на пополнение запасов и оприходованием на складе вновь прибывшей партии груза ($C_{\text{п}}$, грн).

Удельные накладные затраты определяются по формуле

$$S_{\text{н}} = \frac{C_{\text{п}}}{g_3}. \quad (5)$$

У всех перечисленных статей затрат есть общий фактор – размер заказа (g , т).

С учетом указанных факторов и аналитических моделей (1)–(5) модель экономического размера заказа ($g_{\text{(EOQ)}}$, т) принимает следующий вид:

$$g_{\text{(EOQ)}} = 191 \cdot \sqrt{\frac{r \cdot H_{\text{н}} \cdot (2 \cdot A_{\text{км}} \cdot L_{\text{д}} + C_{\text{п}})}{1217 \cdot C_{\text{а(м)}} + \Pi_{\text{т}} \cdot H_{\text{н}} \cdot H_{\text{б}}}}. \quad (6)$$

Анализ модели (6) показывает, что зависимость экономического размера заказа от расстояния доставки (рис. 1 – данные приведены в процентах относительно классической модели экономического размера заказа), так же, как и себестоимости управления запасами (рис. 2 – данные приведены в процентах относительно классической модели экономического размера заказа), является существенной.



Рис. 1. Экономичный размер заказа для классической (— · —) и предложенной (—) моделей



Рис. 2. Себестоимости управления запасами для классической (— · —) и предложенной (—) моделей

Для классической модели затраты на пополнение запасов приняты как сумма затрат на перевозку партии груза на 60 км и постоянных расходов.

Выводы

Как показывает анализ предложенной модели, затраты на доставку новой партии груза на склад существенным образом влияют на экономичный размер заказа, поэтому в реальных условиях использование модели 6) может существенно повысить определение экономического размера заказа.

Литература

1. Harris F.W. How Many Parts to Make at Once? / F.W. Harris // *Factory: The Magazine of Management* – 1913. – № 10 (2). – P. 135–136.
2. Wilson R. H. A Scientific Routine for Stock Control / R. H. Wilson // *Harvard Business Review*. – 1934. – № 13. – P. 116–128.
3. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок: пер. с англ. / Д. Уотерс. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.
4. Сток Дж.Р. Стратегическое управление логистикой : пер. с англ. / Дж.Р. Сток, Д.М. Ламберт. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 797 с.
5. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами: пер. с англ. / Дж. Шрайбфедер. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 304 с.
6. Бродецкий Г.Л. Управление запасами / Г.Л. Бродецкий. – М.: Эксмо, 2008. – 352 с.
7. Obaidullah J. Reorder Level. [Электронный ресурс] / J. Obaidullah. – Режим доступа: <http://accountingexplained.com/managerial/inventory/management/reorder-level>.
8. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки / А.И. Воркут. – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.

References

1. Harris, F.W. (1913). How Many Parts to Make at Once? *Factory: The Magazine of Management*, 10 (2), 135.
2. Wilson, R. H. (1934). A Scientific Routine for Stock Control. *Harvard Business Review*, 13, 116-128.
3. Uoters, D. *Logistika (2003). Upravleniye tseyuy postavok [Logistics. Supply chain management]*. Moscow: YuNITI-DANA, 503 [in Russian].
4. Stok, Dzh.R., Lambert, D.M. (2005). *Strategicheskoye upravleniye logistikoy [Strategic management of logistics]*. Moscow: INFRA-M, 797 [in Russian].
5. Shraybfeder, Dzh. (2006). *Effektivnoye upravleniye zapasami [Effective stock management]*. Moscow: Alpina Biznes Buks, 304 [in Russian].
6. Brodetskiy, G.L. (2008). *Upravleniye zapasami [Stock management]*. Moscow: Eksmo, 352 [in Russian].
7. Obaidullah J. (2017). Reorder Level. Retrieved from: <http://accountingexplained.com/managerial/inventory/management/reorder-level>.

8. Vorkut, A.I. (1986). *Gruzovyue avtomobilnyue perevozki* [Cargo truck transportation]. Kyiv: Vishcha shkola, 440 [in Russian].

Нефьодов Микола Анатолійович,
канд. техн. наук, доцент,
кафедра транспортних систем і логістики,
(057) 707-37-83, nkts@meta.ua.
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет,
61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава
Мудрого, 25.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗМІРУ ЗАМОВЛЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ВИТРАТ НА ДОСТАВКУ ВАНТАЖІВ

Нефьодов М.А., ХНАДУ

Анотація. Задача визначення економічного розміру замовлення є найбільш затребуваною в системах управління запасами. Від точності визначення цього параметра залежить якість обслуговування клієнтури, рівень сервісу і витратність такого обслуговування. Огляд досліджень, спрямованих на вирішення даної проблеми, показав, що використовувани в наш час аналітичні моделі визначення економічного розміру замовлення базуються на припущенні про незалежність витрат на поповнення запасів від розміру замовлення, яке було зроблено ще на початку минулого століття. Крім того, витрати на зберігання замовлень не враховують іммобілізацію коштів, витрачених на придбання партії вантажу. Ці витрати можуть у кілька разів перевищувати витрати на саме зберігання вантажу на складі. Тому врахування складних взаємозв'язків між витратами на поповнення і зберігання запасів з розміром замовлення дозволить більш повно враховувати витрати на управління запасами і більш точно визначати економічний розмір замовлення. Метою роботи є розробка аналітичної моделі визначення економічного розміру замовлення, яка враховує залежність витрат на поповнення запасів і витрат, пов'язаних з іммобілізацією грошових засобів, від розміру замовлення. Використані аналітичні методи визначення впливу розміру замовлення на витрати на доставку нової партії вантажу на склад, її зберігання та витрати, пов'язані з іммобілізацією грошових коштів, які були витрачені на придбання нової партії вантажу. Розроблена аналітична модель економічного розміру замовлення. Розроблено аналітичну модель, на відміну від раніше отриманих моделей, враховує складний взаємозв'язок між витратами на поповнення запасів і іммобілізацію коштів, з одного боку, та розміром замовлення – з іншого боку. Використання розробленої аналітичної моделі забезпечить більш точний розрахунок розміру замовлення, що дозволить

максимально скоротити витрати на управління запасами при дотриманні гарантованого постачання клієнтів.

Ключові слова: логістика, управління запасами, економічний розмір замовлення, транспортування, іммобілізація коштів, витрати, оптимізація.

DETERMINATION OF ECONOMIC QUANTITY OF THE ORDER CONSIDERING TRANSPORTATION COSTS

Nefedov N., KhNAHU

Abstract. Problem. The task of determining the economic quantity of the order is the most crucial in inventory management systems. The quality of customer service, the level of service and the cost of service depend on accurate determination of this parameter.

A review of studies on the solution of this problem has shown that the analytical models currently used for determining the economic quantity of the order are based on the assumption that replenishment costs are independent of the order quantity, which was made at the beginning of the last century. In addition, the storage costs do not take into account the immobilization of funds spent on purchasing the goods. These costs can be several times higher than actual warehouse storage costs. Therefore, considering complex interdependencies between replenishment and storage costs and the order quantity makes it possible to properly calculate inventory management costs and determine the economic quantity of the order more accurately. **Goal.** The goal of the work is to develop an analytical model for determining the economic quantity of the order, which takes into account the dependence of replenishment costs and the costs associated with the immobilization of funds on the order quantity. **Methodology.** The analytical methods have been used for determining the influence of the order quantity on the costs involved in transporting a new shipment of goods to the warehouse, storage costs and the costs associated with the immobilization of funds spent on purchasing the goods. **Results.** The analytical model of economic quantity of the order has been developed. **Originality.** The developed analytical model, in contrast to the previously obtained models, takes into account the complex relationship between the costs of replenishment and immobilization of funds on the one hand and the order quantity on the other hand. **Practical value.** The application of the developed analytical model provides more accurate calculation of the order quantity, which makes it possible to minimize inventory management costs while maintaining a guaranteed supply of customers.

Key words: logistics, inventory management, economic quantity of the order, transportation, immobilization of funds, costs, optimization.