

МОДЕЛИ РАСЧЕТА ЗАТРАТ НА ХРАНЕНИЕ ТОВАРОВ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРАХ

Заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технич. наук, профессор **Резер С.М.**
(Всероссийский институт научной и технической информации. ВИНТИ РАН),
доктор технич. наук, профессор **Ларин О.Н.**
(Российский институт стратегических исследований и
Московский государственный университет путей сообщений. МИИТ),
кандидат технич. наук **Венде Ф.**
(Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет),
аспирант **Тарасов Д.Э.**
(Московский государственный университет путей сообщения. МИИТ)

MODELS OF CALCULATING COSTS FOR STORAGE OF GOODS IN LOGISTICS CENTRES

Rezer S.M., Honoured Scientist of the Russian Federation, Doctor (Tech.), Professor
(All Russian Institute for Scientific and Technical Information. VINITI of RAS),
Larin O.N., Doctor (Tech.), Professor
(Russian Institute of Strategic Research and Moscow Institute of Railway Engineering. MIIT),
Wende F., Ph.D. (Tech.)
(Moscow Automobile and Road Construction University),
Tarasov D.E., post-graduate student
(Institute of Railway Engineering. MIIT)

Управление цепями поставок, модели формирования запасов, логистические центры, затраты на хранение товаров.

Supply chain management, model of formation stocks, logistics centers, cost of storage of goods.

Рассмотрены особенности процесса формирования объемов запасов в логистических центрах, выполняющих роль транзитного звена в цепи поставок продукции различного назначения на международном и региональном уровнях. При выборе модели расчёта затрат на хранение запасов в логистических центрах следует учитывать соотношение интенсивности завоза и вывоза грузов. Предложены три вида моделей: сбалансированные поставки, избыточные поставки, поставки с предварительным накоплением. На основе расчетных значений объемов и сроков хранения для каждой из моделей формирования запасов предложены способы расчёта затрат на хранение товаров в запасе в логистических центрах в течение всего периода поставок. Разработанные модели рекомендованы для обоснования рациональных объемов и периодичности транспортировки партий грузов через логистические центры.

Describes the features of the process of formation of the volume of stocks in the logistics centers, act as a transit link in the supply chain of various products on the international and regional levels. When selecting a model for calculating the cost of storing inventory in the logistics centers should take into account the ratio of the intensity of the importation and exportation of goods. Proposed three types of models: a balanced supply, redundant supply, the supply of preliminary accumulation. On the basis of the calculated values of the volume and shelf life for each of the models of formation of reserves provides methods for calculating the cost of storage of goods in stock at the logistics centers throughout the period of supply. The models are recommended for choice.

Введение

Современные логистические технологии доставки товаров потребителям ориентированы на сокращение всех видов затрат в цепи поставок, в том числе на хранение товаров в логистических центрах (ЛЦ) [3, 4]. Однако полное исключение нахождения товаров в запасе в ЛЦ по ряду объективных причин недопустимо, что обусловлено необходимостью обеспечения бесперебойности поставок товаров в соответствии с рыночными запросами получателей (потребителей). Для снижения затрат на хранение товаров в запасе в ЛЦ при безусловной их отгрузке потребителям необходимо знать минимально допустимый объем запаса товаров в ЛЦ. Для создания такого объема в некоторых случаях может потребоваться ранний завоз (накопление) товаров в

ЛЦ. Эти вопросы требуют своего решения на стадии планирования поставок. Как подчеркивается в работах [5, 8] данная проблема является актуальной при организации контейнерных перевозок.

Вопросам формирования затрат на логистические операции в цепях поставок посвящены работы отечественных и зарубежных авторов, например, [6, 10, 11] и др. В то же время выполненный анализ показывает, что известные методики расчета затрат на хранение запасов в ЛЦ не учитывают отдельные особенности формирования объемов запасов и продолжительности их отгрузки из ЛЦ.

1. Варианты моделей расчёта затрат

Основные теоретические вопросы формирования запасов в ЛЦ и методические положения по расчёту объёмов

ёмов запасов и продолжительности их нахождения в ЛЦ рассмотрены в работах [1, 2].

Динамика накопления и расходования объемов запасов в ЛЦ зависит от соотношения двух основных параметров поставок: разовых объемов завозимых и вывозимых в ЛЦ грузовых партий, а также периодичности (интервалов) разовых поставок. Например, распространенной является ситуация, когда в ЛЦ осуществляют завоз через относительно продолжительный период t_p значительных по объёму q_p грузов, а отгрузки осуществляются с относительно небольшими интервалами t_r и объёмами q_r грузовых партий. При таком соотношении параметров завоза и вывоза грузов на ЛЦ изначально будут сформированы запасы для дальнейшей их отгрузки в соответствии с заказами получателей.

Установлено, что из-за различий параметров завоза товаров в ЛЦ и их отгрузок из ЛЦ следует использовать три вида моделей расчёта объёмов запасов и продолжительности периода их нахождения в ЛЦ.

Вариант модели расчёта выбирается в зависимости от значения показателя сбалансированности параметров поставок ε , равно отношению интенсивности завоза Y_p товаров в ЛЦ (т/дн.) к плановой интенсивности Y_r отгрузки товаров из ЛЦ (т/дн.) (рис.1).

$$\varepsilon = \frac{Y_p}{Y_r}. \quad (1)$$

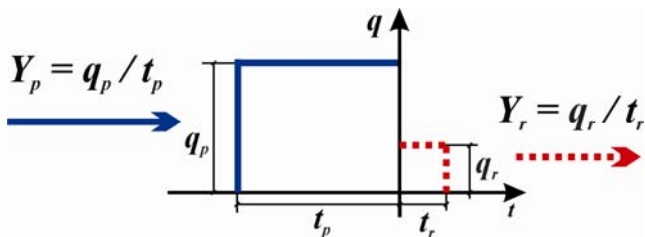


Рис. 1. Иллюстрация входящего и исходящего грузопотока на терминале

По условию общие объёмы поставок Q_p (т) и отгрузок Q_r (т) за соответствующие периоды поставок T_p и отгрузок T_r равны между собой:

$$Q_p = Q_r, \quad \text{и} \quad T_p = T_r. \quad (2)$$

Однако в процессе поставок объём входящего потока может отличаться от объёма исходящего потока. Для соотношения параметров входящего и исходящего потоков целесообразно использовать показатели интенсивности поставок и отгрузок, которые в общем виде рассчитываются через отношение объёма q к интервалу t поставок (отгрузок) [2].

При $\varepsilon = 1$ считается, что параметры поставок и отгрузок сбалансированы, соответственно запасов в ЛЦ в объёме завоза q_p будет достаточно для текущих отгрузок с объёмами q_r до момента следующей поставки.

При $\varepsilon > 1$ завезенный на ЛЦ объём q_p товаров не будет израсходован до момента следующей поставки, как следствие, в ЛЦ будут формироваться избыточные запасы в объёме Q_{Δ} . Соответственно после завоза всего необходимого объёма товаров Q_p отгрузки будут осуществляться из избыточных запасов Q_{Δ} в течение периода ΔT_r .

При $\varepsilon < 1$ завозимых объёмов q_p будет недостаточно, чтобы обеспечить бесперебойную отгрузку товаров. Поэтому в ЛЦ должны быть предварительно накоплены

запасы в объёме Q_{s0} . Для этого потребуется заранее завозить товары на ЛЦ в течение периода T_{s0} до начала момента их отгрузки получателям.

2. Расчёт затрат на хранение запасов при сбалансированных поставках

При $\varepsilon = 1$ объём поставок q_p и объём отгрузок q_{rp} за период t_p сбалансированы между собой по интенсивностям входящего Y_p и исходящего Y_r грузопотоков (рис. 2):

$$q_p = q_{rp} = q_r \cdot n_{rp} = q_r \cdot \frac{t_p}{t_r}, \quad (\text{т}). \quad (3)$$

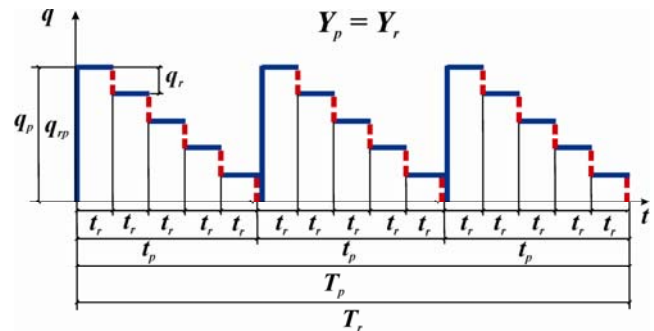


Рис. 2. Механизм образования и расходования запасов при сбалансированных поставках

Затраты на хранение товаров в запасе рассчитываются с учётом убывающей динамики их объёма на складе в течение периода между двумя смежными поставками t_p . Через каждый i -й ($i = 1, n_{rp}$) период отгрузки t_r объём запаса q_{si} будет уменьшен на величину отгрузки q_r и равен:

$$q_{si} = q_{rp} - q_r \cdot (i-1), \quad (\text{т}). \quad (4)$$

В скобках приведено выражение, уменьшающее количество отгрузок n на единицу.

Затраты на хранение товаров 3_{si} в течение i -го периода между двумя смежными отгрузками определяются как произведение их объёма q_{si} на продолжительность их хранения t_r и соответствующий тариф S_s :

$$3_{si} = S_s \cdot t_r \cdot q_{si}, \quad (\text{руб.}). \quad (5)$$

Тогда совокупные затраты 3_{sp} на хранение запасов в объёме q_{rp} за период t_p между двумя смежными поставками могут быть рассчитаны с учётом формулы (4) как сумма:

$$\begin{aligned} 3_{sp} &= 3_{s1} + 3_{s2} + \dots + 3_{sn} = S_s \cdot q_{s1} \cdot t_r + \\ &+ S_s \cdot t_r \cdot q_{s2} + \dots + S_s \cdot t_r \cdot q_{sn} = S_s \cdot t_r \cdot q_{rp} + \\ &+ S_s \cdot t_r \cdot (q_{rp} - q_r) + \dots + S_s \cdot t_r \cdot (q_{rp} - q_r (n-1)) = \\ &= S_s \cdot t_r \cdot \sum_1^{n_{rp}} q_{si} = S_s \cdot t_r \cdot q_{sp}, \quad (\text{руб.}), \end{aligned} \quad (6)$$

где q_{sp} – сумма объёмов запасов q_{si} , находящихся в ЛЦ в течение каждого периода отгрузки t_r , за весь период поставки t_p .

Выражение (6) является убывающей арифметической прогрессией, в которой переменной величиной является объём запаса q_{si} для каждого i -го шага отгрузки. Для определения суммарного объёма запасов q_{sp} используется стандартная формула арифметической прогрессии:

$$S_n = \frac{a_1 + a_n}{2} \cdot n = \frac{2 \cdot a_1 - d \cdot (n-1)}{2} \cdot n, \quad (7)$$

где a_1 – первый элемент арифметической прогрессии, по условию равный q_{rp} ; d – разность арифметической прогрессии, по условию равна q_r ; n – количество элементов прогрессии, рассчитывается по формуле:

$$n_{rp} = \frac{t_p}{t_r}, \text{ (ед.)}$$

Используя выражение (7) можно определить суммарный объём запасов q_{sp} :

$$q_{sp} = \frac{2 \cdot q_{rp} - q_r \cdot \left(\frac{t_p}{t_r} - 1\right)}{2} \cdot \left(\frac{t_p}{t_r}\right) = \frac{2 \cdot q_{rp} - q_r \cdot \frac{t_p}{t_r} + q_r}{2} \cdot \left(\frac{t_p}{t_r}\right), \text{ (т)}. \quad (8)$$

Принимая во внимание выражение (3), получим:

$$q_{sp} = \frac{2 \cdot q_{rp} - q_r + q_r}{2} \cdot \left(\frac{t_p}{t_r}\right) = \frac{q_{rp} + q_r}{2} \cdot \left(\frac{t_p}{t_r}\right) = q'_{sp} \cdot \left(\frac{t_p}{t_r}\right), \text{ (т)}, \quad (9)$$

где q'_{sp} – средний объём запаса товаров в ЛЦ в течение периода t_p , т:

$$q'_{sp} = \frac{q_{rp} + q_r}{2}, \text{ (т)}. \quad (10)$$

Подставляя (9) в (6) получим формулу для расчёта совокупных затрат Z_{sp} :

$$Z_{sp} = S_s \cdot t_r \cdot q_{sp} = S_s \cdot t_r \cdot \frac{q_{rp} + q_r}{2} \cdot \left(\frac{t_p}{t_r}\right) = S_s \cdot t_p \cdot \left(\frac{q_{rp} + q_r}{2}\right) = S_s \cdot t_p \cdot q'_{sp}, \text{ (руб.)}. \quad (11)$$

Тогда общие затраты Z_{sn} на хранение запасов при сбалансированном объёме q_{rp} в течение всего периода поставок T_p рассчитываются с учётом количества поставок n_z , выполняемых синхронно с отгрузками:

$$Z_{sn} = Z_{sp} \cdot n_z = Z_{sp} \cdot n_p = Z_{sp} \cdot \frac{T_r}{t_p} = Z_{sp} \cdot \frac{Q_r}{q_p}, \text{ (руб.)}. \quad (12)$$

Для сбалансированных поставок величина синхронных поставок n_z в течение периода T_r , которая рассчитывается по формуле:

$$n_z = \frac{T_r}{t_p}, \text{ (ед.)}, \quad (13)$$

и будет равна общему числу поставок $n_z = n_p$, рассчитываемому по формуле:

$$n_p = \frac{Q_p}{q_p} = \frac{Q_r}{q_p}, \text{ (ед.)}. \quad (14)$$

Стоит обратить внимание, что в выражении (11) величина среднего объёма запаса q'_{sp} , рассчитываемого по формуле (10), будет отличаться от величины среднего

объёма запаса q'_{sp}^* , используемого в известной формуле оптимального размера заказа Уилсона [7]:

$$q'_{sp}^* = \frac{q_{rp}}{2}, \text{ (т)}. \quad (15)$$

Аналогичный Уилсону подход к определению среднего запаса на складе приведен в работе Форда В. Харриса [9], соответственно средний объём запаса q'_{sp}^* по (15) будет меньше, чем рассчитанный по (10), следовательно, полученное значение совокупных затрат Z_{sn} также будет меньше, чем по формуле (11). В этой связи рекомендуется расчёты затрат на хранение товаров в запасе производить по формулам (10)–(12).

3. Расчёт затрат на хранение запасов при избыточных поставках

Формирование избыточных запасов происходит в связи с опережающим завозом товаров по сравнению с их отгрузкой при $\varepsilon > 1$.

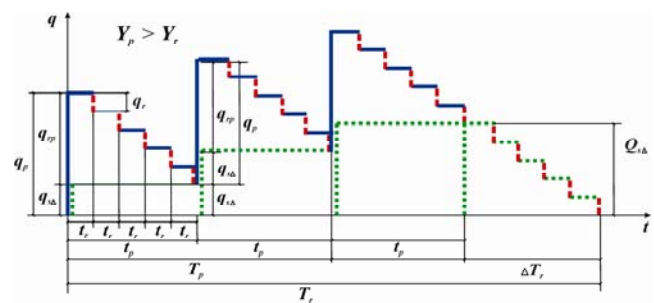


Рис. 3. Механизм формирования и расходования запасов при избыточных поставках

Другими словами, избыточный запас груза $q_{s\Delta}$ на ЛЦ образуется, если за период между смежными поставками весь объём q_p не будет полностью отгружен получателям. После каждой поставки избыточный запас будет пополняться до величины $Q_{s\Delta}$. В итоге весь объём груза Q_p будет завезён досрочно, то есть раньше на величину ΔT_r , чем закончится его отгрузка. После завершения поставок отгрузка будет осуществляться из накопившегося избыточного запаса $Q_{s\Delta}$ (рис. 3). При избыточных запасах рассчитываются три вида затрат на хранение.

Во-первых, затраты Z_{sp} на текущее хранение сбалансированного объёма поставки q_{rp} , который покрывает потребности в текущих отгрузках товаров до момента следующей поставки через период t_p .

Общие затраты на хранение Z_{sn} сбалансированного объёма поставок q_{rp} за весь период поставок T_p рассчитываются по формулам (11) и (12).

$$Z_{sn} = S_s \cdot t_p \cdot \left(\frac{q_{rp} + q_r}{2}\right) \cdot n_p, \text{ (руб.)}. \quad (16)$$

При избыточных запасах общее количество поставок n_p рассчитывается по формуле (14).

Во-вторых, затраты $Z_{s\Delta}$ на хранение избыточного объёма поставки $Q_{s\Delta}$ в запасе в течение периода его накопления – общего периода поставки T_p . При $\varepsilon > 1$ объём разовой поставки q_p превышает необходимый для отгрузки в течение одного цикла поставки t_p сбалансированный объём q_{rp} на величину $q_{s\Delta}$:

$$q_{s\Delta} = q_p - q_{rp} = q_p - q_r \cdot n_{rp} = q_p - q_r \cdot \frac{t_p}{t_r}, \quad (\text{т}). \quad (17)$$

После каждой первой и последующей очередной поставки избыточный объём на складе увеличивается на величину $q_{s\Delta}$ и хранится в течение периода поставки t_p .

Общий объём накопления товаров в избыточном запасе $Q_{s\Delta}$ после всех циклов поставок n_p составит:

$$Q_{s\Delta} = q_{s\Delta} \cdot n_p, \quad (\text{т}). \quad (18)$$

Ниже приведена взаимосвязь между различными видами объёмов запасов при избыточных поставках:

$$Q_p = q_p \cdot n_p = Q_{rp} + Q_{s\Delta} = q_{s\Delta} \cdot n_p + q_{rp} \cdot n_p = Q_r, \quad (\text{т}), \quad (19)$$

где Q_{rp} – общий объём поставляемых товаров, обеспечивающих бесперебойную отгрузку товаров в течение всего периода поставок T_p :

$$Q_{rp} = q_{rp} \cdot n_p, \quad (\text{т}). \quad (20)$$

Затраты на хранение избыточных запасов $Z_{s\Delta}$ в течение периода их накопления до объёма $Q_{s\Delta}$ за весь период поставок T_p рассчитываются как возрастающая арифметическая прогрессия с использованием формул (7) и (12):

$$\begin{aligned} Z_{s\Delta} &= S_s \cdot t_p \cdot \left(\frac{2 \cdot q_{s\Delta} + q_{s\Delta} \cdot (n_p - 1)}{2} \right) \cdot n_p = \\ &= S_s \cdot t_p \cdot n_p \cdot \left(\frac{2 \cdot q_{s\Delta} + q_{s\Delta} \cdot n_p - q_{s\Delta}}{2} \right) = \\ &= S_s \cdot T_p \cdot \frac{q_{s\Delta} \cdot (n_p + 1)}{2} = S_s \cdot T_p \cdot \left(\frac{Q_{s\Delta} + q_{s\Delta}}{2} \right), \quad (\text{руб.}) \end{aligned} \quad (21)$$

В-третьих, затраты $Z_{sr\Delta}$ на хранение избыточного объёма поставки $Q_{s\Delta}$ в течение периода его расходования ΔT_r , то есть начиная с момента окончания поставок T_p и до момента окончания периода отгрузок T_r (см. рис. 3). Величина ΔT_r рассчитывается по формуле:

$$\Delta T_r = T_r - T_p, \quad (\text{дни}), \quad (22)$$

где – T_p общая продолжительность периода поставок всего планового объёма Q_p товаров может быть рассчитана по формуле:

$$T_p = t_p \cdot n_p, \quad (\text{дн.}). \quad (23)$$

Для расчета величины $Z_{sr\Delta}$ также используется формула убывающей арифметической прогрессии (7) с первым элементом арифметической прогрессии $Q_{s\Delta}$ и разностью прогрессии q_r :

$$\begin{aligned} Z_{sr\Delta} &= S_s \cdot t_r \cdot \left(\frac{2 \cdot Q_{s\Delta} - q_r \cdot (n_{r\Delta} - 1)}{2} \right) \cdot n_{r\Delta} = \\ &= S_s \cdot t_r \cdot n_{r\Delta} \cdot \left(\frac{2 \cdot Q_{s\Delta} - q_r \cdot n_{r\Delta} + q_r}{2} \right) = \\ &= S_s \cdot \Delta T_r \cdot \left(\frac{2 \cdot Q_{s\Delta} - Q_{s\Delta} + q_r}{2} \right) = S_s \cdot \Delta T_r \cdot \left(\frac{Q_{s\Delta} + q_r}{2} \right). \quad (\text{руб.}) \end{aligned} \quad (24)$$

где $n_{r\Delta}$ – общее количество циклов отгрузок товаров из логистического центра за период ΔT_r :

$$n_{r\Delta} = \frac{\Delta T_r}{t_r} = \frac{Q_{s\Delta}}{q_r}, \quad (\text{ед.}). \quad (25)$$

Тогда общие затраты на хранение товаров в запасе $Z_{sp\Delta}$ на ЛЦ при избыточных поставках определяются суммированием рассмотренных выше видов затрат:

$$Z_{sp\Delta} = Z_{sn} + Z_{s\Delta} + Z_{sr\Delta}, \quad (\text{руб.}). \quad (26)$$

4. Расчёт затрат на хранение запасов при предварительных поставках

Необходимость формирования избыточных запасов возникает при $\varepsilon < 1$, когда объём текущего пополнения q_p является недостаточным для удовлетворения плановых отгрузок товаров из ЛЦ в течение периода между смежными поставками (рис. 4). При организации поставок с предварительным накоплением запасов расчёт затрат на их хранение производит в четыре этапа.

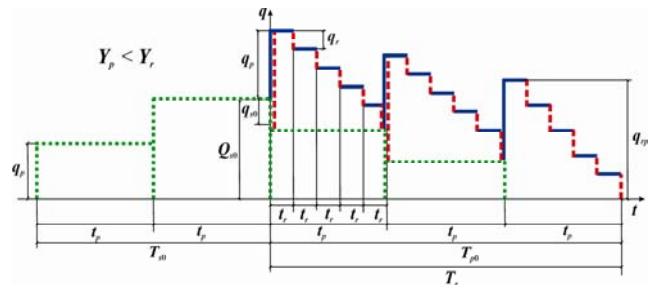


Рис. 4. Механизм формирования и расходования запасов для предварительного накопления

На первом этапе рассчитываются затраты на хранение Z_{s0} предварительно завозимых товаров до объёма Q_{s0} в течение периода накопления T_{s0} , то есть до начала их отгрузки из ЛЦ. Этот объём будет использоваться в течение всего периода отгрузки T_r для увеличения объёма поставки q_p на величину q_{s0} , чтобы до момента следующей поставки через период t_p для отгрузки всегда имелся необходимый сбалансированный объём q_{rp} :

$$q_{s0} = q_{rp} - q_p = q_r \cdot n_{rp} - q_p = q_r \cdot \frac{t_p}{t_r} - q_p, \quad (\text{т}). \quad (27)$$

Необходимый объём предварительного накопления Q_{s0} зависит от общего количества синхронных с отгрузками поставок n_{p0} в течение всего периода отгрузок периода T_r , величина которых рассчитывается по формуле:

$$n_{p0} = \frac{T_r}{t_p}, \quad (\text{ед.}). \quad (28)$$

С учётом (27) и (28) совокупный объём предварительно накопленного запаса Q_{s0} может быть рассчитан по формуле:

$$\begin{aligned} Q_{s0} &= q_{s0} \cdot n_{p0} = (q_{rp} - q_p) \cdot \frac{T_r}{t_p} = \\ &= q_r \cdot \frac{T_r}{t_r} - q_p \cdot \frac{T_r}{t_p} = Q_r - q_p \cdot \frac{T_r}{t_p}, \quad (\text{т}). \end{aligned} \quad (29)$$

Чтобы обеспечить наличие в ЛЦ предварительных запасов в объёме Q_{s0} до начала их отгрузки получателям, поставка должна осуществляться с опережением (предварительно) на величину T_{s0} , которая определяется по формуле:

$$T_{s0} = n_{s0} \cdot t_p, \quad (\text{дн.}), \quad (30)$$

где T_{s0} – общая продолжительность предварительного завоза товаров в ЛЦ в объёме Q_{s0} , достаточном для бесперебойной отгрузки товаров в течение всего периода отгрузки T_r , дни; n_{s0} – общее количество предварительных поставок в объёме q_p для формирования предварительного запаса в объёме Q_{s0} :

$$n_{s0} = \frac{Q_{s0}}{q_p}, \quad (\text{ед.}). \quad (31)$$

Соответственно общее время поставки T_p будет состоять из двух периодов времени:

$$T_p = T_{p0} + T_{s0}, \quad (\text{дн.}). \quad (32)$$

Для расчёта затрат на хранение Z_{s0} предварительно завозимых товаров используется формула возрастающей арифметической прогрессии с разностью прогрессии q_p и количеством элементов n_{s0} :

$$\begin{aligned} Z_{s0} &= S_s \cdot t_p \cdot \left(\frac{2 \cdot q_p + q_p \cdot (n_{s0} - 1)}{2} \right) \cdot n_{s0} = \\ &= S_s \cdot t_p \cdot \left(\frac{2 \cdot q_p + q_p \cdot Q_{s0} / q_p - q_p}{2} \right) \cdot \frac{T_{s0}}{t_p} = \\ &= S_s \cdot T_{s0} \cdot \left(\frac{q_p + Q_{s0}}{2} \right), \quad (\text{руб.}). \end{aligned} \quad (33)$$

На втором этапе рассчитываются затраты Z_{sn0} на текущее хранение сбалансированного объёма q_{rp} в течение периода отгрузки T_r , синхронного с поставками.

Можно напомнить, что сбалансированный объём отгрузки q_{rp} состоит из объёма текущих поставок q_p и объёма q_{s0} , отгружаемого из предварительно накопленного запаса Q_{s0} :

$$q_{rp} = q_{s0} + q_p, \quad (\text{т.}). \quad (34)$$

Общие затраты Z_{sn0} на хранение сбалансированного объёма q_{rp} в течение всего периода отгрузок T_r рассчитываются с учётом общего количества синхронных с отгрузками поставок n_{p0} :

$$\begin{aligned} Z_{sn0} &= S_s \cdot t_p \cdot \left(\frac{2 \cdot q_{rp} - q_r (n_{rp} - 1)}{2} \right) \cdot n_{p0} = \\ &= S_s \cdot t_p \cdot \left(\frac{2 \cdot q_{rp} - q_r \cdot q_{rp} / q_r + q_r}{2} \right) \cdot n_{p0} = \\ &= S_s \cdot t_p \cdot \left(\frac{q_{rp} + q_r}{2} \right) \cdot \frac{T_r}{t_p} = S_s \cdot T_r \cdot \left(\frac{q_{rp} + q_r}{2} \right), \quad (\text{руб.}). \end{aligned} \quad (35)$$

На третьем этапе определяются затраты Z_{sr0} на хранение предварительно накопленного объёма Q_{s0} , который через интервал t_p уменьшается на величину q_{s0} для увеличения объёма поставки q_p до сбалансированного объёма q_{rp} в течение всего периода отгрузки T_r :

$$\begin{aligned} Z_{sr0} &= S_s \cdot t_p \cdot \left(\frac{2 \cdot Q_{s0} - q_{s0} \cdot (n_{z0} - 1)}{2} \right) \cdot n_{p0} = \\ &= S_s \cdot t_p \cdot \left(\frac{2 \cdot Q_{s0} - q_{s0} \cdot Q_{s0} / q_{s0} + q_{s0}}{2} \right) \cdot \frac{T_r}{t_p} = \\ &= S_s \cdot T_r \cdot \left(\frac{Q_{s0} + q_{s0}}{2} \right), \quad (\text{руб.}), \end{aligned} \quad (36)$$

где n_{z0} – общее количество циклов отгрузок, в течение которых будет расходоваться предварительно накопленный объём запаса, то есть снижаться на величину q_{s0} :

$$n_{z0} = \frac{Q_{s0}}{q_{s0}}, \quad (\text{ед.}). \quad (37)$$

Величина n_{z0} может быть рассчитана также как n_{p0} по формуле (28), но в данном случае для упрощения выражения (36) предложено выражение (37).

На четвёртом этапе все рассчитанные затраты суммируются, что даёт величину совокупных затрат на хранение запасов в ЛЦ для случая предварительного накопления запасов:

$$Z_{s0} = Z_{s0} + Z_{sn0} + Z_{sr0}, \quad (\text{руб.}). \quad (38)$$

Выводы

Представленные в статье аналитические выражения расчёта совокупных затрат на хранение в ЛЦ ориентированы на детерминированные условия осуществления процессов завоза и вывоза грузов. В то же время модели расчёта могут быть использованы в качестве основы для нахождения затрат на хранение запасов и для стохастических условий с некоторыми доработками. При этом главными особенностями изложенного выше подхода к расчёту затрат на хранение грузов являются следующие положения. Во-первых, необходимо учитывать различия в интенсивностях поставок и отгрузок товаров из ЛЦ, что позволяет повысить точность расчёта затрат на хранение. При этом выбор одной из трёх расчётных моделей осуществляется с учётом конкретных параметров работы ЛЦ. Учитывается дискретный характер завоза и отгрузки товаров. Во-вторых, предложенная методология структурирования процесса формирования запасов в ЛЦ позволяет не только повысить точность расчётов по сравнению с существующими методами, но и является достаточно простой для практического применения. Предложенные методики могут быть интегрированы в используемые информационные системы управления ЛЦ. В-третьих, результаты расчёта объёмов запасов и затрат на их содержание обеспечивают чёткое понимание специалистами, ответственными за логистические решения, происходящих в ЛЦ процессов образования и расходования запасов, что обеспечивает дополнительный эффект в виде улучшения процесса управления запасами на основе адекватного планирования и контроля уровня запасов и затрат на их хранение.

Литература:

1. Багинова В.В., Ларин О.Н., Шипкова К.В. Моделирование поставок через терминально-логистические центры // Соискатель. Приложение к журналу «Мир транспорта». – 2015 – №2(10). – С. 42–44.

2. Ларин, О.Н. Моделирование параметров поставок товаров через терминалы // О.Н. Ларин, С.Б. Лёвин, З.В. Альметова, И.А. Горяева / Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: экономика и менеджмент. – 2015. – Т. 9. – № 1. – С. 185–190
3. Ларин, О.Н. Современные задачи развития транзитных провозных возможностей транспортных систем / О.Н. Ларин, Э.Р. Латыпов, В.В. Вязовский // Вестник Тихоокеанского государственного университета – 2011. – №3(22). – С. 57–62.
4. Модели и методы теории логистики / под ред. В.С. Лукинско. – СПб.: Питер, 2003. – 176 с. и др.
5. Резер С.М. Контейнеризация грузовых перевозок. – М.: ВИНТИ РАН, 2012. – 678 с.
6. Резер С.М., Ларин О.Н. Логистические методы управления грузопотоками в материально-техническом обеспечении железных дорог // Транспорт: наука, техника, управление. – 2015 – № 9. – С. 3–6.
7. Хедли, Дж. Анализ систем управления запасами / Дж.Хедли, Т. Уайтин. – М.: Наука, 1969. – 513 с.
8. Enrique Martin Alcaldea, Kap Hwan Kimb, Sergi Saurí Marchána. Optimal space for storage yard considering yard inventory forecasts and terminal performance // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. – Volume 82, October 2015, Pages 101–128
9. FORD W. HARRIS (1913) HOW MANY PARTS TO MAKE AT ONCE. Reprinted from Factory, The Magazine of Management, Volume 10, Number 2, February 1913, pp. 135–136, 152 – <http://logist.ru/sites/default/files/users/user1/files/eoqmodel-originalpaper.pdf>.
10. Hamdi G. Resat, Metin Turkey. Design and operation of intermodal transportation network in the Marmara region of Turkey // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review/ – Volume 83, November 2015, Pages 16–33.
11. Weihua Liua, Qian Wanga, Qiaomei Maob, Shuqing Wanga, Donglei Zhua. A scheduling model of logistics service supply chain based on the mass customization service and uncertainty of FLSP's operation time // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. – Volume 83, November 2015, Pages 189–215.

Сведения об авторах:

Резер Семен Моисеевич, заведующий ОНИ по транспорту ВИНТИ РАН.

Адрес: 125190 г. Москва, ул. Усиевича, д. 20.

Тел. 499-152-56-11.

Е-mail: Semenrezer@mail.ru.

Ларин Олег Николаевич.

1. Ведущий научный сотрудник Центра экономических исследований ФГНБУ «Российский институт стратегических исследований»

Адрес: г. Москва, ул. Флотская, 15Б.

Тел. 495-454-92-56.

2. Профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения»

Адрес: г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9.

Тел. 495-684-29-07.

Е-mail: larin_on@mail.ru

Венде Франк, заведующий кафедрой «Логистика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)».

Адрес: г. Москва, пр. Ленинградский, 64.

Тел. 499-155-04-46.

Е-mail: fdw@pro-de.de.

Тарасов Дмитрий Эдуардович, аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения»

Адрес: г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9.

Тел. 495-684-29-07.

Е-mail: detarasov@mail.ru.