



**Олег Николаевич  
Ларин**  
Oleg N. Larin



**Дмитрий Эдуардович  
Тарасов**  
Dmitri E. Tarasov

## О выборе рациональных схем доставки товаров

### On the choice of rational schemes for the delivery of goods

#### Аннотация

В статье рассматриваются методические положения поиска рациональных вариантов доставки товаров от поставщика к получателю. Материалы содержат результаты анализа особенностей базовых схем доставки товаров, математические модели расчета их основных параметров. Рекомендовано производить выбор рационального варианта доставки грузов на основе критерия минимальных совокупных затрат на логистические операции.

**Ключевые слова:** схема доставки грузов, транспортировка, логистические операции, тарифы, грузовой терминал, склад.

#### Abstract

In the article methodical positions of search of rational variants of delivery of the goods from the supplier to the receiver are considered. The materials contain the results of the analysis of the features of the basic schemes for the delivery of goods, mathematical models for calculating their basic parameters. It is recommended to choose the rational variant of cargo delivery based on the criterion of minimum total costs for logistics operations.

**Keywords:** scheme of cargo delivery, transportation, logistics operations, tariffs, cargo terminal, store.

DOI:10.20291/2311-164X-2017-2-15-19

#### Авторы Authors

*Олег Николаевич Ларин, д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГНБУ «Российский институт стратегических исследований», Москва; e-mail: larin\_on@mail.ru | Дмитрий Эдуардович Тарасов, аспирант, ассистент кафедры ФГБОУ ВО «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II» (МИИТ), Москва; e-mail: detarasov@mail.ru*

*Oleg Nikolaevich Larin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher of the Russian Strategic Research Institute, Moscow; e-mail: larin\_on@mail.ru | Dmitri Eduardovich Tarasov, postgraduate student, assistant of the Department of FSBEI of HPE (Federal State Budget Education Institution of professional higher education) "Moscow State University of Railway Transport of the Emperor Nicholas II" (MSU of RT), Moscow; e-mail: detarasov@mail.ru*

Широкая востребованность услуг логистических посредников (3PL-операторов) обусловлена высокой эффективностью используемых ими схем доставки грузов, основанных на применении технологий интеграции грузопотоков в транспортно-логистических центрах. Среди различных схем доставки грузов от производителей до потребителей выделяют два основных (базовых) типа — прямые и терминальные схемы.

При прямой схеме транспортировка груза осуществляется от отправителя до получателя без трансформации грузопотока в транзитных терминалах и логистических центрах. Как правило, прямая доставка осуществляется с использованием одного вида транспорта. При этом прямая схема может быть реализована в двух вариантах — в зависимости от объема грузовой партии и периодичности поставок.

Первый вариант предусматривает осуществление прямой доставки груза непосредственно от отправителя получателю, при этом объемы и периодичность каждой поставляемой партии грузов не сбалансированы с технологическими параметрами использования товаров грузополучателями. Условия разовой поставки по объемам и периодичности определяются с учетом производственных интересов отправителя и превышают текущие потребности получателя в грузе, что приводит к накоплению избыточных объемов в запасе и их хранению на складе. Такой вариант доставки в теории грузовых перевозок относится к магистральным и предполагает использование большегрузного транспорта для доставки общего (планового) объема груза крупными партиями в адрес одного получателя в течение непродолжительного периода времени [1].

При магистральной схеме поставщик отправляет каждому грузополучателю товары в объеме совокупного спроса с использованием большегрузных транспортных средств по относительно низкому тарифу на перевозку. Так как доставляемый объем товаров больше требуемого, то грузополучатели вынуждены хранить запасы товаров на складе в течение длительного периода. Совокупные затраты на поставку товаров каждому грузополучателю по магистральной схеме складываются из затрат на магистральную транспортировку и затрат на хранение товаров на складе у грузополучателя [5].

При втором варианте груз также доставляется напрямую от отправителя получателю, но условия поставки каждой партии грузов по объемам и периодичности сбалансированы с технологическими параметрами использования груза получателем. Сбалансированность условий предполагает соответствие разового объема поставки и текущих потребностей получателя в грузе в течение планового периода между двумя смежными поставками (интервала поставки). Превышение указанных потребностей приводит к накоплению груза в запасе у получателя. При этой схеме доставка общего объема груза осуществляется в течение длительного пери-

ода времени, как правило, небольшими партиями. Такой вариант доставки может быть назван развозным, так как допускает, что за один рабочий цикл транспортное средство способно доставить обособленные грузовые партии нескольким получателям. В теории грузовых перевозок использование развозных схем рекомендуется для доставки грузов на небольшие расстояния (до 150 км) [2].

Так как при развозной схеме поставщик отправляет товары небольшими партиями, близкими по объему к объему текущих продаж, с использованием транспортных средств малой грузоподъемности, то применяются относительно высокие тарифы на перевозку. В этом случае получателю нет необходимости создавать запасы товаров на складе, а у производителя соответствующие расходы для общего случая не учитываются, так как он может организовать производство без накопления запасов. Поэтому затраты на доставку товаров грузополучателям по развозной схеме включают только затраты на транспортировку.

Современные логистические технологии доставки товаров потребителям ориентированы на сокращение всех видов затрат в цепи поставок, в том числе на хранение товаров на складах. Однако исключать запасы не всегда целесообразно по различным причинам (например, срыв очередной поставки приведет к потерям доходов от продажи товаров при отсутствии их запасов). Однако можно снизить совокупные затраты на транспортировку и хранение путем использования терминальной схемы доставки грузов, которая предусматривает интеграцию грузопотока в адрес всех получателей в узловых объектах (терминалах, логистических центрах и пр.) для их трансформации и последующей транспортировки в измененном объеме. Такая схема, как правило, предусматривает смену вида транспорта [3].

Функционирование грузового терминала рассматривается как сложная система. Количество и дислокация терминалов в сети, вид и компоновка грузовых фронтов, особенности технологии взаимодействия видов транспорта и т.д. влияют на экономичность, надежность и гибкость схемы доставки [4].

Терминальная схема представляет собой комбинацию магистральной и развозной схем с переносом хранения запасов со складов магазинов на терминал. Поставщик сначала отправляет товары в объеме совокупного спроса для всех грузополучателей по магистральной схеме на терминал, находящийся в районе концентрации грузоотправителей с использованием большегрузных транспортных средств по относительно низкому тарифу на перевозку. Товары, поступающие на терминал, хранятся в запасе по тарифу, который с учетом эффекта масштаба, как правило, ниже, чем себестоимость хранения товара на складе получателя.

Затем товары развозятся из терминала небольшими партиями каждому грузополучателю. Тариф на пере-

возку из терминала, как правило, выше магистрально-го тарифа. Соответственно, совокупные затраты на поставку товаров по терминальной схеме складываются из затрат на магистральную транспортировку до терминала, затрат на хранение товаров на терминале и затрат на развоз товаров от терминала до каждого грузополучателя [7].

Любая из описанных выше схем обладает преимуществами и недостатками, так как не всегда самый быстрый и простой в организационном плане вариант доставки, например развозной, может оказаться наиболее затратным, в то же время более сложная доставка с использованием промежуточного звена цепи доставки (терминала, логистического центра) будет относительно недорогой.

Для выбора рационального варианта доставки рекомендуется использовать критерий совокупных затрат на основные логистические операции (транспортировку и хранение), величина которых в каждом конкретном случае будет зависеть от различных факторов: объемов партий, интенсивности, ритмичности, частоты доставки, количества грузополучателей, расстояния перевозки, класса и вида перевозимых грузов, типажа транспортных средств и т.д.

Для расчета совокупных затрат могут быть использованы следующие методические рекомендации. Например, имеется производитель, который реализует свои товары потребителям через розничную сеть, представленную множеством  $P_i$  торговых точек (магазинов)  $P_i \in P (i = 1, 2, \dots, n)$ . Известны объемы поставок  $Q_{pi}$  (т) в каждый  $i$ -й магазин в течение периода  $T_{pi}$  (как правило, год). При этом текущие потребности магазинов в товарах в объеме продаж (отгрузки)  $q_{ri}$  (т) планируются на более короткие периоды времени  $t_{ri}$ , например, раз в неделю. Поэтому  $T_{pi} > t_{ri}$ , а  $Q_{pi} > q_{ri}$ . Также известны места расположения поставщика и всех  $i$ -х магазинов, заданные координатами  $(x, y)$ . Координаты поставщика —  $(x_0, y_0)$ , координаты магазинов —  $(x_i, y_i)$ .

**1. Затраты на магистральную транспортировку товаров** в  $i$ -й магазин  $G_{magi}$  рассчитываются по формуле:

$$G_{magi} = S_{magi} \cdot Q_{pi} \cdot l_{0i}, \text{ (руб.)}, \quad (1)$$

где  $S_{magi}$  — тариф на магистральную доставку товаров от поставщика до каждого магазина, руб./т·км;  $Q_{pi}$  — совокупный объем поставляемых товаров каждому получателю (магазину), т;  $l_{0i}$  — расстояние от поставщика до каждого магазина, км.

При известных координатах поставщика и магазинов расстояние  $l_{0i}$  может быть рассчитано по формуле:

$$l_{0i} = k_{0i} \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2}, \text{ (км)}, \quad (2)$$

где  $k_{0i}$  — коэффициент непрямолинейности маршрута относительно воздушной кратчайшей связывающей

линии между поставщиком и  $i$ -м магазином, определяется с учетом фактической топологии и конфигурации дорожной сети (для упрощения расчетов может быть принят равным единице).

Совокупные затраты на магистральную транспортировку товаров  $G_{mag}$  во все магазины рассчитываются по формуле:

$$G_{mag} = \sum_{i=1}^n G_{magi}, \text{ (руб.)}. \quad (3)$$

Затраты на хранение товаров на складе в  $i$ -м магазине  $G_{cki}$  рассчитываются по формуле:

$$G_{cki} = S_{cki} \cdot Q_{pi}, \text{ (руб.)}, \quad (4)$$

где  $S_{cki}$  — тариф на хранение товаров на складе магазина, руб./т·год.

Совокупные затраты на хранение товаров на складах всех магазинов  $G_{ck}$  рассчитываются по формуле:

$$G_{ck} = \sum_{i=1}^n G_{cki}, \text{ (руб.)}. \quad (5)$$

Тогда совокупные затраты на магистральную схему  $G_{mc}$  составят:

$$G_{mc} = G_{mag} + G_{ck}, \text{ (руб.)}. \quad (6)$$

**2. Затраты на развозную транспортировку товаров** в каждый  $i$ -й магазин  $G_{pagi}$  рассчитываются по формуле:

$$G_{pagi} = S_{pagi} \cdot Q_{pi} \cdot l_{0i}, \text{ (руб.)}, \quad (7)$$

где  $S_{pagi}$  — тариф на развозную доставку товаров от поставщика до каждого магазина, руб./т·км;  $l_{0i}$  — рассчитывается по формуле (2).

Совокупные затраты на развозную транспортировку товаров  $G_{pag}$  во все магазины рассчитываются по формуле:

$$G_{pag} = \sum_{i=1}^n G_{pagi}, \text{ (руб.)}. \quad (8)$$

**3. Затраты на доставку товаров по терминальной схеме** зависят от месторасположения терминала  $T_A$ , которое может быть определено с использованием метода «центра тяжести» [6].

При расчете координат месторасположения терминала  $(A_x, A_y)$  рекомендуется учитывать объемы поставок товаров из терминала в магазины и тарифы на развоз товаров до соответствующих магазинов, чтобы приблизить терминал к получателям товаров, до которых перевозка является наиболее дорогой, для сокращения протяженности относительного дорогого развозочного плеча перевозок товаров от терминала до магазина и, как следствие, соответствующих затрат:

$$A_x = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{pi} \cdot S_{pagi} \cdot X_i)}{\sum_{i=1}^n (Q_{pi} \cdot S_{pagi})}, \quad (9)$$

$$A_y = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{pi} \cdot S_{pagi} \cdot Y_i)}{\sum_{i=1}^n (Q_{pi} \cdot S_{pagi})}. \quad (10)$$

Далее определяются расстояния перевозок от поставщика до терминала:

$$l_{0t} = k_{0t} \sqrt{(A_x - x_0)^2 + (A_y - y_0)^2}, \quad (\text{км}), \quad (11)$$

и от терминала до магазинов:

$$l_{mi} = k_{mi} \sqrt{(A_x - x_i)^2 + (A_y - y_i)^2}, \quad (\text{км}), \quad (12)$$

где  $k_{0t}$  и  $k_{mi}$  — коэффициенты непрямолинейности маршрутов относительно воздушной кратчайшей связывающей линии между поставщиком и терминалом и между терминалом и  $i$ -м магазином, которые определяются аналогично правилу для выражения (2).

Теперь могут быть рассчитаны затраты на магистральную транспортировку всех товаров от поставщика на терминал  $G_{mt}$  по формуле:

$$G_{mt} = S_{mt} \cdot Q_p \cdot l_{0t}, \quad (\text{руб.}), \quad (13)$$

где  $S_{mt}$  — тариф на магистральную доставку товаров от поставщика до терминала, руб./т·км;  $Q_p$  — суммарный объем поставки всех товаров на терминал, т.

Тариф  $S_{mt}$  может быть получен из рыночных источников или определен расчетным путем, например, как среднее арифметическое всех тарифов  $S_{magi}$  или как среднее взвешенное этих тарифов, либо может быть выбран тариф на магистральную перевозку  $S_{magi}$  до магазина, который оказался наиболее близко расположенным к терминалу.

Средневзвешенный тариф на магистральную перевозку рассчитывается по формуле:

$$S_{mt} = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{pi} \cdot S_{magi})}{\sum_{i=1}^n Q_{pi}}, \quad (\text{руб./т·км}). \quad (14)$$

Затраты на хранение товаров на терминале  $G_{ter}$  рассчитываются по формуле:

$$G_{ter} = S_{ter} \cdot Q_p, \quad (\text{руб.}), \quad (15)$$

где  $S_{ter}$  — тариф на хранение товаров на терминале, руб./т·км.

Затраты на развоз товаров во все магазины  $G_{pti}$  из терминала рассчитываются по формуле:

$$G_{pti} = S_{pagi} \cdot Q_{pi} \cdot l_{ti}, \quad (\text{руб.}). \quad (16)$$

Суммарные затраты на развозную транспортировку товаров  $G_{pt}$  из терминала во все магазины рассчитываются по формуле:

$$G_{pt} = \sum_{i=1}^n G_{pti}, \quad (\text{руб.}). \quad (17)$$

Тогда совокупные затраты на терминальную схему  $G_t$  составят:

$$G_t = G_{mt} + G_{ter} + G_{pt}, \quad (\text{руб.}). \quad (18)$$

Следует отметить, что для расчета расстояний перевозок между поставщиками, получателями и терминалами использован тривиальный метод поиска расстояния по теореме Пифагора. Однако на практике для определения кратчайших расстояний часто используются геоинформационные системы, которые позволяют получать достаточно точные сведения о кратчайших или быстрее маршрутах с учетом фактических данных о конфигурации транспортных сетей и топологии объектов логистической цепи поставок.

Окончательный выбор рационального способа доставки товаров от поставщика получателю проводится на основе сравнения совокупных затрат на реализацию каждого из способов. Результаты исследований показывают, что на величину совокупных затрат на доставку общего объема грузов влияет соотношение тарифов на перевозки (магистральные и развозные) и на хранение товаров в запасе на складах получателей и на терминалах. Поэтому экономическая эффективность каждой схемы доставки будет зависеть от совокупности конкретных условий, влияющих на величину указанных тарифов (в частности, объемов и периодичности транспортировки, вида груза, расстояний транспортировки до получателей и терминалов, используемого подвижного состава и пр.). Выбор рационального варианта доставки представляет собой типичный случай решения комбинаторной задачи, для которого могут быть использованы известные математические методы. **ИТ**

## Список литературы

1. Резер С. М., Ларин О. Н., Венде Ф., Тарасов Д. Э. Модели расчета затрат на хранение товаров в логистических центрах // Транспорт: наука, техника, управление. — 2016. — № 4. — С. 3–8. — ISSN 0236–1914.
2. Ларин О. Н. Организация грузовых перевозок : учебное пособие / О. Н. Ларин. — Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2006. — 99 с.
3. Ларин О. Н. Закономерности формирования транзитного потенциала : научная монография / О. Н. Ларин, Н. К. Горяев, З. В. Альметова. — Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2012. — 188 с. — ISBN 978-5-696-04270-1.
4. Покровская О. Д., Самуйлов В. М. Организационно-технические решения при проектировании грузовых терминалов в составе международных транспортных коридоров // Инновационный транспорт. — 2015. — № 4. — С. 13–24. — ISSN 2311–164X.
5. Резер С. М. Логистические методы управления грузопотоками в материально-техническом обеспечении железных дорог / С. М. Резер, О. Н. Ларин // Транспорт: наука, техника, управление : сборник обзорной информации. — 2015. — № 9. — С. 3–6. — ISSN 0236–1914.
6. Модели и методы теории логистики / под ред. В. С. Лукинско. — СПб. : Питер, 2003. — 176 с.
7. Ларин О. Н. Моделирование параметров поставок товаров через терминалы / О. Н. Ларин, С. Б. Левин, З. В. Альметова, И. А. Горяева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: экономика и менеджмент. — 2009. — № 1. — С. 185–190.