

ЛОГИСТИКА

И УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

LOGISTICS and Supply Chain Management

№ 05 (76), октябрь 2016

Тема номера:

**Методы повышения устойчивости
и надежности цепей поставок**

*Methods to improve the supply chain
sustainability and reliability*

Формирование устойчивых цепей поставок ТНК
*Creating a sustainable supply chain
in transnational corporations*

**Оптимизационные модели управления
товарными запасами**
Inventory management optimization models

Анализ логистических рисков в цепях поставок
Supply chain logistics risks analysis

**Интегрированное планирование
цепей поставок – новые возможности**
Integrated supply chain planning - new opportunities

ISSN 1727 - 6349



9 771727 634007



ЛОГИСТИКА журнал
и управление цепями
поставок

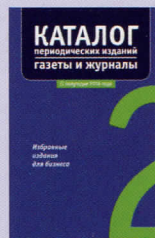
Scientific and analytical Magazine
LOGISTICS and Supply
Chain Management

ПОДПИСКА SUBSCRIPTION

Индекс **20797** Index



Объединенный каталог
«Пресса России»
Catalog
«The Russian Press»



Каталог
Урал-Пресс
Catalog
«Ural-Press»

Каталог
«Газеты. Журналы»
Catalog
«Newspapers. Journals»
(Rospechat)



Подписка on-line

Агентство Урал-пресс <http://ural-press.ru>

Интернет-каталог «Российская
периодика» <http://www.arpk.org/>

Интернет-магазин «PRESS cafe» <http://www.presscafe.ru>

АДРЕС РЕДАКЦИИ

125319, РФ, Москва, ул. Черняховского, д. 16

ADDRESS

Chernyakhovskogo str. 16, Moscow, 125 319, Russia

Web: <http://lscm.ru>

tel. / fax (495) 772-95-90

E-mail: info@mclog.ru

Ответственность за достоверность информации в рекламных объявлениях несут рекламодатели. Все права на материалы, опубликованные в номере, принадлежат журналу «Логистика и управление цепями поставок». Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.

**С января 2008 г. журнал
Логистика и управление цепями поставок включен в список ВАК**

Зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати,
телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Регистрационный номер ПИ № 77-17 137 от 26 декабря 2003 г.
Тираж 5000 экз. Цена договорная.

Учредители – Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики (НИУ ВШЭ)

– Национальная логистическая ассоциация
Издатель – Национальная логистическая ассоциация

СОСТАВ НАУЧНО-РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Уваров С.А. – д.э.н., профессор, заведующий кафедрой «Управление цепями поставок и товароведение» Санкт-Петербургского государственного экономического университета (главный редактор).

Сергеев В.И. – д.э.н., профессор, заведующий кафедрой «Управление цепями поставок» Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (научный редактор).

Гатторна Джон – доктор, адъюнкт-профессор Бизнес-школы UTS (г. Сидней, Австралия).

Дыбская В.В. – д.э.н., профессор, заведующая кафедрой «Логистика» Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Кржижаняк Станислав – доктор, директор по научным исследованиям Института логистики и складирования (г. Познань, Польша).

Лукинский В.С. – д.т.н., профессор, руководитель департамента логистики Санкт-Петербургского филиала Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Мак-Киннон Алан – доктор экономики, профессор, руководитель департамента логистики Университета логистики Кюна (г. Гамбург, Германия).

Проценко О.Д. – д.э.н., профессор, декан Института менеджмента и маркетинга Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ.

Сапронов А.А. – Исполнительный директор, АО «Первая Грузовая Компания»

Хафер Гебхард – доктор технических наук, профессор, ректор Института прикладных наук «bbw Hochschule» (г. Берлин, Германия).

Штраубе Франк – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Логистика» Института технологий и менеджмента Технического университета (г. Берлин, Германия).

Эльберт Ральф – доктор экономики, профессор, заведующий кафедрой «Менеджмент и логистика» Технического университета (г. Дармштадт, Германия).

Выпускающий редактор

Левина Т.В. – ст. преподаватель кафедры логистики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Founders – National Research University
Higher School Of Economics
– National Logistic Association Russia

Publisher – National Logistic Association
Russia

EDITORIAL COUNCIL

Dr.sc.oec **Sergey A. Uvarov**, Professor, Head of «Supply Chain Management and Product Distribution» Department in Saint-Petersburg State Economic University, Saint-Petersburg, Russian Federation (**Chief Editor**)

Federation (**Adjunct Chief Editor**)
Dr.sc.oec **Victor S. Sergeev**, Professor, Head of «Supply Chain Management» Department in National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russian Federation (**Scientific Editor**)

Dr. John Gattorna, Adjunct Professor in UTS Business School, Sydney, Australia; Adjunct Professor in S P Jain School of Global Management, Dubai – Singapore – Sydney
Dr.sc.oec **Valentina V. Dybskaya**, Professor, Dean of Logistics Faculty, Head of «Logistics» Department in National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russian Federation

Dr. Stanislaw Krzyzaniak, member of ECBL Counsel, Scientific Deputy Director for Research of Institute of Logistics and Warehousing, Poznan, Poland

Dr.sc.Tech. **Valeriy S. Lykinskiy**, Professor, Head of «Logistics» Department in National Research University Higher School of University, campus in Saint Petersburg, Russian Federation
Dr.sc.oec. **Alan C. McKinnon**, Professor, Head of «Logistics» Department in the Kühne Logistics University, Hamburg, Germany

Dr.sc.oec. **Oleg D. Protchenko**, Professor, Dean of Institute of Management and Marketing in Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration Moscow, Russian Federation

Alexander A. Sapronov, Joint Stock Company Freight One, Moscow, Russian Federation

Dr.-Ing. **Gebhard Hafer**, Professor, Rector of bbw University of Applied Sciences (bbw Hochschule), Berlin, Germany

Dr.-Ing. **Frank Straube**, Professor, Dean of Logistics Faculty, Head of «Logistics» Department of Institute of Applied Sciences in Berlin Technical University, Berlin, Germany

Dr.sc.oec. **Ralf Elbert**, Professor, Head of Management and Logistics Department of Darmstadt Technical University, Darmstadt, Germany

Executive Editor: Tamara V. Levina, Senior Professor of «Logistics» Department in National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russian Federation

СОДЕРЖАНИЕ

СТР.

КЛОЧКО О.А., ТИХОНОВА Е.В.

Формирование устойчивых цепочек поставок
в транснациональных корпорациях: опыт Нестле

KLOCHKO O.A., TIKHONOVA E.V.

Creating sustainable supply chain in transnational corporations: Nestlé experience

7

МОИСЕЕВА Н.К., ОЛЕЙНИК С.П., МАТЫНА Л.И.

Государственное регулирование трансграничных товарных потоков. Как оно
устроено?

MOISEEVA N.K., OLEYNIK S.P., MATYNA L.I.

State Regulation of Trans-Border Products Flows. How Is It Organized?

17

ГЕРАМИ В.Д., ШИДЛОВСКИЙ И.Г.

Эффективность многономенклатурных поставок несколькими транспортными
средствами при оптимизации запасов

GERAMI V.D., SHIDLOVSKIY I.G.

*The Effectiveness Of Multinomenclature Deliveries By Several Vehicles
For Each Delivery At Inventory Optimisation*

24

ПОДОЛЬНАЯ М.М.

Понимание структуры запасов предприятия как инструмент управления ими

PODOLNAYA M.M.

Understanding The Company's Inventory Structure As an Inventory Management Tool

37

ВИНОГРАДОВ А.Б.

Управленческая теория на службе логистики: основные подходы
к внутрифирменной координации и управлению конфликтами

VINOGRADOV A.B.

*Management Theory for the Sake Of Logistics: Main Approaches
to The Intra-Organizational Coordination and Conflict Management*

43

СОЛОДОВНИКОВ В.В.

Развитие методологии планирования цепей поставок для металлургической
отрасли

SOLODOVNIKOV V.V.

Development Of Supply Chain Planning Methodology For Metals

52

СОКОЛОВ А.А.

Внедрение технологии совместного планирования
и пополнение запасов в ритейле

SOKOLOV A.A.

Implementation Of Collaborative Planning And Replenishment Technologies In Retail

60

СЕРГЕЕВ В.И., ДУДИНСКАЯ М.В.

Анализ логистических рисков в цепях поставок металлургических компаний

SERGEEV V.I., DUDINSKAYA M.V.

Logistic risks analysis in iron and steel companies' supply chains

65

САРАТОВЦЕВ Ю.И.

Место и роль контроля и контроллинга в логистике и управлении цепями поставок

SARATOVTSSEV Y.I.

The Place and Role Control and Controlling in Logistic and Supply Chain Management

80

Эффективность многономенклатурных поставок несколькими транспортными средствами при оптимизации запасов

The Effectiveness Of Multinomenclature Deliveries By Several Vehicles For Each Delivery At Inventory Optimisation

ГЕРАМИ В.Д.

д.т.н., профессор, зав. кафедрой

GERAMI V.D.

Doctor of Technical Science, Professor,
Head of Department



ШИДЛОВСКИЙ И.Г.

Ассистент

SHIDLOVSKIY I.G.

Assistant



Кафедра управления логистической инфраструктурой
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (Россия, Москва)
Department of Logistic Infrastructure Management
National Research University Higher School of Economics (Moscow, Russia)

Ключевые слова: управление запасами, многономенклатурные модели, оптимизация транспортного обеспечения, грузоподъемность транспорта, EOQ модели, поставки несколькими транспортными средствами

Keywords: inventory management, multinomenclature deliveries, transport service optimization, vehicle capacity, EOQ models, deliveries by several vehicles.

АННОТАЦИЯ

Задачи транспортного обеспечения поставок для многономенклатурных моделей управления запасами сегодня особо актуальны, если при их решении учитывается фактор грузоподъемности / грузоподъемности транспортного средства (ТС). Такие решения требуются применительно к ситуациям, когда найденный по традиционным формулам оптимальный размер заказа не удастся разместить в ТС, причем именно из-за имеющихся ограничений по габаритам или весу. Цель статьи – помочь менеджерам, работающим в указанной области, в освоении новых подходов и методов для принятия оптимальных / наилучших решений по транспортному обеспечению поставок применительно к таким ситуациям. Речь идет о возможности использования имеющихся на сегодняшний день скрытых резервов для повышения эффективности работы цепей поставок указанного типа. Такие возможности может обеспечить учет при оптимизации запасов ряда важных факторов, таких как: 1) временная ценность денег; 2) специфика денежных потоков цепи поставок, обуславливаемая форматом начисления издержек хранения (аренда или оплата только занятых мест на складе); 3) грузоподъемность / грузоподъемность ТС; 4) а также возможность эффективной организации поставок, при использовании нескольких ТС одновременно. Критерием оптимизации решений выступает традиционное для таких моделей требование минимизации издержек работы такой цепи поставок в формате соответствующей модификации EOQ-модели управления запасами, позволяющей учитывать указанные факторы. Модификация модели потребовала разработки нового универсального формата задания, как самой модели, так и соответствующей EOQ-формулы, что впервые реализовано в этой статье для многономенклатурных поставок. Такой новый формат представления модели позволил единым образом, т.е. сразу для всех ее модификаций, провести анализ целесообразности совместных поставок несколькими ТС при скидках на стоимость таких поставок. Доказано необходимое и достаточ-

ABSTRACT

Transport maintenance of multiproduct inventory management deliveries problems are especially relevant nowadays if for their solving the vehicle cargo load / capacity is taken into account. Such decisions are required for situations, when it is not possible to place defined by traditional formulas optimal order quantity in vehicle due to existing restrictions on overall dimensions or weight. The purpose of the article is to help managers working in this area, in harnessing new approaches and methods for making optimal / best decisions on the transport provision of supplies with regard to such situations. We are talking about the possibility of using available hidden reserves for increasing the efficiency of the specified type supply chain operation. Such possibilities can be provided by taking into account several important factors in optimization, such as: 1) time value of money; 2) the specifics of supply chain cash flows which determined by the format of storage costs calculation (rent, or paying only for the occupied places in a warehouse); 3) vehicle cargo load / capacity; 4) and also the possibility of an effective supply maintenance using multiple vehicles per each delivery. The criterion for decisions optimization is the traditional for such type of models minimization of supply chain operation costs in a format of corresponding inventory management EOQ-model modification that allows to take mentioned above factors into account. For the model modification implementation it was required to develop the new universal formal of both the model and corresponding EOQ-formula what is firstly realized in this article for the multinomenclature supplies. Such a new model representation format allowed in a uniform way, i.e. at once for all of model modifications, to carry out the analysis of joint deliveries by several vehicles feasibility at discounts on the costs of such deliveries. It is proved the necessary and sufficient condition that establish the acceptable / threshold level of prices at which the joint deliveries in format of such multinomenclature models can be effective, in order to compete with traditional solutions. Numerical example illustrates the ef-

ное условие, устанавливающее приемлемый / пороговый уровень скидки, при котором совмещенные поставки в формате таких многономенклатурных моделей могут быть эффективными, чтобы конкурировать с традиционными вариантами решений. Численный пример иллюстрирует эффективность предложенного подхода к оптимизации транспортного обеспечения поставок в многономенклатурных моделях управления запасами.

effectiveness of the proposed approach to the optimization of transport maintenance of deliveries at inventory management multimomenclature models.

ВВЕДЕНИЕ

В этой статье рассматриваются модели транспортного обеспечения поставок, которые соотносятся с задачами многономенклатурного управления запасами. Анализируется традиционная многономенклатурная модель, формат которой будет модифицирован. А именно, модификация обеспечит возможность дополнительного учета ряда факторов при оптимизации решений: 1) фактора грузовместимости транспортного средства (ТС); 2) фактора временной ценности денег (ВЦД); 2) фактора учета издержек хранения, определяющего формат начисления издержек хранения (аренда или оплата по занятым местам на складе). Соответственно далее речь пойдет о ситуациях, когда для модели оптимизации запасов указанного типа надо обеспечить требуемый годовой объем поставок для всей номенклатуры товаров с наименьшими затратами / издержками на поставки и хранение.

Исследование представлено в формате детерминированной многономенклатурной модели с учетом ВЦД. Востребованность на практике моделей детерминированного типа для приложений бизнеса уже не раз подчеркивалась в публикациях (Бродецкий, 2013; Герами и Шидловский, 2014: 1-2). Действительно, несмотря на детерминированный характер модели, указанные формулы позволяют определять параметры оптимальной стратегии при моделировании реальных ситуаций, как в условиях риска, так и в условиях неопределенности (для конкретного множества сценариев развития событий, при которых будут заданы параметры системы). Далее, разработанные в теории подходы к моделированию в условиях риска по методу дерева решений и/или к моделированию в условиях неопределенности позволяют находить наилучшее решение. Соответственно, традиционная *EOQ*-модель остается востребованной на практике.

Решение задач оптимизации запасов указанного типа, в общем случае, может потребовать модификации известных процедур анализа, которые приводят к традиционной формуле экономического размера заказа (*EOQ*-формулы, – Economic Order Quantity), разработанной в теории управления запасами (Герами и Шидловский, 2015; Герами и Шидловский, 2016; Рыжиков, 2001; Сергеев и Эльяшевич, 2011; Стерлигова, 2008). Это относится к ситуациям, когда найденный по *EOQ*-формуле (или по соответствующей модификации такой формулы) размер пакета заказа будет таким, что его не удастся разместить в ТС при заданных ограничениях на его грузовместимость. Какие решения должны быть приняты практикующим менеджером при оптимизации запасов в такой ситуации? Целесообразно ли использовать при поставках одновременно несколько ТС? Было доказано (Шидловский, 2015), что совместные поставки сразу несколькими ТС в формате многономенклатурных моделей управления запасами не могут быть экономически эффективными, если отсутствует дисконт / скидка на их стоимость при увеличении числа используемых при поставках ТС.

В данной работе рассматривается следующая модификация такой модели. А именно, пусть при поставках товара несколькими ТС предлагается скидка на стоимость таких поставок. При этом учитывается, что соответствующие расходы на поставку будут расти, но с дисконтом / скидкой по отношению к росту числа ТС. В таком случае, отличие от модели, рассмотренной Шидловским в 2015 г., менеджеру потребуются продолжить процедуры поиска наилучшего решения, т.к. совместные поставки могут стать более эффективными, чем поставки одним ТС. Чтобы облегчить процедуры оптимизации таких решений, в этой статье будут представлены необходимые и достаточные условия целесообразно-

сти использования произвольного количества ТС при многономенклатурных поставках товара. Такие условия будут представлены в виде ограничений, накладываемых на величину соответствующего дисконта/скидки.

Атрибуты EOQ-модели и ее модификаций

Рассматривается классическая многономенклатурная EOQ-модель управления запасами. Как уже неоднократно отмечалось (Бродецкий, 2014; Герами и Шидловский, 2014: 1), результаты оптимизации для такой модели (несмотря на ее детерминированный характер) потребуются при моделировании систем управления запасами и в условиях риска, и в условиях неопределенности, что подчеркивает их актуальность. Представленный ниже анализ соотносится с прикладными вопросами принятия решений для таких моделей. Используем следующие обозначения:

- D_i – потребление i -товара за год (ед. тов.);
- C_{pi} – стоимость единицы продукции/товара (руб.);
- P_{pi} – прибыль от реализации единицы товара; этот и следующий показатели понадобятся, если при оптимизации запасов будет учитываться ВЦД (руб.);
- L_{pi} – возможные отчисления от прибыли с единицы товара; этот показатель вводится, чтобы учитывать различные расходы бизнеса, пропорциональные обороту товара, например, выплаты сотрудникам и/или страховым организациям, отчисления на хеджирование рисков и т.д. (руб.);
- C_{hi} – затраты на хранение единицы товара за год (руб.);
- C_0 – стоимость поставки; это затраты, не зависящие от размера заказа; их нельзя соотносить к стоимости единицы товара до определения размера заказа (руб.);
- принято, что издержки поставок, которые зависят от размера заказа, при формализации модели уже учитываются в стоимости единицы товара;
- q_i – значение размера заказа при поставках (ед. тов.); оптимизируемая величина;
- q_{mi} – максимальный размер заказа i -товара (в ед. тов.), который можно разместить в ТС, если поставлять отдельно только этот i -товар;
- T – длительность интервала времени между поставками (лет); она связана с размерами i -заказов равенствами $T = q_i / D_i$ – также оптимизируемая величина;
- T^* – оптимальная длительность интервала времени между поставками в формате EOQ-модели без учета грузопместимости ТС (лет);
- T_0^* – оптимальная длительность интервала времени между поставками в формате EOQ-модели с учетом грузопместимости ТС (лет);
- d_n – дисконт на стоимость поставок, реализуемых n ТС (доля от единицы);
- r – показатель процентной ставки, которая характеризует эффективность преобразования требуемого для работы цепи поставок оборотного капитала в прибыль (этот показатель необходимо использовать, если при оптимизации будет учитываться ВЦД).

Традиционный подход к оптимизации параметров многономенклатурной стратегии управления запасами на основе EOQ-модели не учитывает грузопместимость ТС. Однако, модифицированные EOQ-модели позволяют учитывать формат начисления издержек хранения. Кроме того, они также позволяют учитывать, принимается ли во внимание при оптимизации концепция ВЦД. Фактически, можно говорить о четырех видах моделей такого типа, которые широко распространены на практике.

При этом особенности различных форматов целевой функции для указанных моделей, а также требуемого формата модифицированной EOQ-формулы для нахождения оптимального решения, удобно представлять единым универсальным образом. Это легко сделать, если ввести специальный показатель K , который будет принимать одно из двух значений ($K = 1, 2$), в зависимости от схемы начисления издержек хранения. В сочетании с показателем r , для которого при расчетах также может быть использовано два значения (либо, определяемое приведенной ниже формулой (3), если при оптимизации учитывается ВЦД, либо $r = 0$, если такой учет не требуется). Как видим, параметры K и r позволяют учитывать специфику разных моделей (обозначим такие модели A-D):

А) $K=1$ и $r=0$, если оплачивается аренда и нет учета ВЦД;

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ

В) $K=1$ и $r \neq 0$, если оплачивается аренда и учитывается ВЦД;

С) $K=2$ и $r=0$, если оплачиваются занятые места на складе и нет учета ВЦД;

Д) $K=2$ и $r \neq 0$, если оплачиваются занятые места на складе и учитывается ВЦД.

Для удобного представления, как целевых функций для таких моделей управления запасами, так и соответствующих модифицированных *EOQ*-формул, определяющих параметры оптимальной стратегии применительно к указанным моделям (А-Д), введем дополнительные обозначения. А именно, далее рассматриваем следующие скалярные произведения:

■ число $(\vec{D} \cdot \vec{C}_h)$ – соответствующее произведение вектора годового потребления $\vec{D}=(D_1, D_2, \dots, D_n)$ на вектор $\vec{C}_h=(C_{h1}, C_{h2}, \dots, C_{hn})$ годовых тарифов, связанных с издержками хранения единиц i -товаров, т.е. $(\vec{D} \cdot \vec{C}_h) = \sum D_i \cdot C_{hi}$;

■ число $(\vec{D} \cdot \vec{C}_n)$ – соответствующее произведение вектора годового потребления $\vec{D}=(D_1, D_2, \dots, D_n)$ на вектор $\vec{C}_n=(C_{n1}, C_{n2}, \dots, C_{nn})$ стоимостей единиц i -товаров, т.е. $(\vec{D} \cdot \vec{C}_n) = \sum D_i \cdot C_{ni}$;

■ число $(\vec{D} \cdot \vec{P}_n)$, которое обозначает скалярное произведение векторов \vec{D} и $\vec{P}_n=(P_{n1}, P_{n2}, \dots, P_{nn})$, т.е. $(\vec{D} \cdot \vec{P}_n) = \sum D_i \cdot P_{ni}$;

■ число $(\vec{D} \cdot \vec{L}_n)$, которое обозначает скалярное произведение векторов \vec{D} и $\vec{L}_n=(L_{n1}, L_{n2}, \dots, L_{nn})$, т.е. $(\vec{D} \cdot \vec{L}_n) = \sum D_i \cdot L_{ni}$.

Тогда при оптимизации поставок в формате задач многономенклатурного управления запасами без учета грузоподъемности, но с учетом ВЦД, целевую функцию при выборе интервала времени T между поставками товара (после ее упрощения к формату, характерному для теории управления запасами) можно задавать, как следует из (Brodetskiy, 2015), в следующем универсальном виде (1):

$$\frac{K \cdot C_0}{T} + T \cdot [(\vec{D} \cdot \vec{C}_h) + \frac{r}{2} \cdot K \cdot (\vec{D} \cdot \vec{C}_n)] \rightarrow \min. \quad (1)$$

При этом решение T^* дает следующий новый универсальный формат *EOQ*-формулы:

$$T^* = \sqrt{KC_0 / (\vec{D} \cdot \vec{C}_h + r\vec{C}_n K/2)} \quad (2)$$

Кроме того, если при оптимизации требуется учитывать ВЦД, то для показателя r можно использовать оценку (3):

$$r = \frac{\vec{D} \cdot (\vec{P}_n - \vec{L}_n) \sqrt{(\vec{D} \cdot \vec{C}_h) / KC_0} - 2 (\vec{D} \cdot \vec{C}_h) / K}{(\vec{D} \cdot \vec{C}_n) + C_0 (\vec{D} \cdot \vec{C}_h) / K}, \quad (3)$$

где, как отмечено выше, либо $K=1$, либо $K=2$ (как этого требует анализируемая модель), что также легко видеть из (Brodetskiy, 2015).

Указанный традиционный подход к оптимизации (на основе указанных формул) имеет очевидный недостаток. А именно, такие процедуры оптимизации не учитывают грузоподъемность ТС. В реальной ситуации стоимость поставки C_0 зависит от ТС и его грузоподъемности. Тем не менее, приведенные формулы не учитывают этой особенности. В частности, нельзя априори исключать, что найденные по формуле (2) размеры заказов для i -товаров окажутся такими, что весь пакет заказов не удастся разместить в ТС. Для учета грузоподъемности при оптимизации таких многономенклатурных поставок предложен специальный подход (Шидловский, 2015). Его можно использовать и для анализа целесообразности поставок двумя (трем и т.д.) ТС при скидках на стоимость таких поставок, что и будет реализовано в этой статье.

А именно, пусть q_{mi} обозначает максимальный размер заказа i -товара (в ед. тов.), который можно разместить в ТС, если поставлять отдельно только этот i -товар. Для учета грузоподъемности можно задать ограничения на длительность интервала повторного заказа T . В частности, грузоподъемность ТС не должна помешать разместить в нем весь товар, соответствующий сумме компонент вектора $\vec{T}D = (TD_1, TD_2, \dots, TD_n)$, если координаты такого вектора указывают на среднюю загрузку ТС товарами каждой номенклатуры при поставках через время T . Рассматриваемый подход к учету фактора грузоподъемности

мости для многономенклатурных моделей позволяет соотнести такое ограничение со специальным ограничением, формализованным применительно к одной (любой) номенклатуре.

Это реализуется с помощью специальных индексов $I_i = D_i / q_{mi}$ ($i = 1, 2, \dots, n$). Они показывают среднее число поставок, необходимое для покрытия годового спроса по i -товару с учетом грузовместимости ТС, если в такое ТС загружать только i -товар. Структура распределения грузового пространства ТС между поставляемыми товарами принимается рациональной, т.е. соответствует степени их потребления. Это означает, что при поставках применительно к любой номенклатуре i выделяется доля w_i от всего объема (грузовместимости) ТС, которая определяется как $w_i = I_i / (\sum I_i)$.

При этом учет грузовместимости для всей номенклатуры товаров можно реализовать в виде ограничения на длительность интервала повторного заказа T в виде неравенства (4):

$$T \leq \Delta, \text{ где } \Delta = 1 / (\sum I_i). \quad (4)$$

Здесь использовано обозначение $\Delta = 1 / (\sum I_i)$ для граничного (максимально допустимого) значения длительности интервала времени между поставками T , чтобы не превысить грузовместимость ТС.

Для каждой из моделей (A-D) можно найти параметры оптимальной стратегии управления запасами. При этом вместо задачи (1) требуется рассматривать задачу (5), где задается ограничение на переменную T , чтобы учесть грузовместимость ТС:

$$\frac{K \cdot C_0}{T} + T \cdot [(\vec{D} \cdot \vec{C}_h) + \frac{r}{2} \cdot K \cdot (\vec{D} \cdot \vec{C}_n)] \rightarrow \min_{T \leq \Delta}. \quad (5)$$

Решение задачи (5) дает формула (6):

$$T_0 = \begin{cases} \Delta, & \text{если } \Delta \leq T^*; \\ T^* & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (6)$$

Напомним, что величина $\Delta = 1 / (\sum I_i)$ ограничивает длительность интервала времени между поставками, чтобы не было превышения грузовместимости. Показатель T^* (см. равенство (1)) соответствует традиционным рекомендациям, но без учета ограничений на грузовместимость ТС.

Для оптимизации поставок в ситуации, когда решение в (5) достигается на границе области ограничений (т.е. в (6) имеем равенство $T_0 = \Delta$), необходим дополнительный анализ. Надо установить, смогут ли конкурировать с решением (6) стратегии, когда поставки реализуются одновременно несколькими ТС. Учитывая результаты (Шидловский, 2015), такие стратегии достаточно рассматривать только в формате таких поставок, когда будут иметь место скидки на их стоимость. Соответствующий анализ будет реализован ниже.

Эффективность поставок несколькими ТС с дисконтом на оплату доставки

Итак, как уже было отмечено, анализ целесообразности использования сразу нескольких ТС для поставок товара требуется провести в случае, когда выполнены следующие два условия.

1) Первое условие отражает тот факт, что учет грузовместимости при оптимизации существенно повлиял на размер заказа. Это – ситуация, когда при расчетах по формуле (6) оказывается, что $T_0 = \Delta$. Это, в свою очередь означает, что полученное по соответствующей формуле (2) значение оптимального периода повторного заказа приводит к заказам, которые нельзя разместить в ТС при заданной его грузовместимости. Другими словами, априори для модели выполняется неравенство $\Delta \leq T^*$, где значение T^* определяется формулой (2);

2) Кроме того, второе условие отражает тот факт, что при оптимизации решения надо учесть, что предлагается дисконт / скидка на стоимость поставок несколькими ТС.

Поставки двумя ТС. Для удобства изложения сначала рассмотрим ситуацию, когда анализируется возможность использования двух ТС для поставок (со скидкой на ее стоимость). Модель учитывает, что стоимость такой поставки растет линейно, но менее, чем в два раза. Другими словами, вместо затрат C_0 (при поставках одним ТС) стоимость поставки двумя такими ТС составит $2 \cdot (1 - d) \cdot C_0$. Здесь показатель $0 < d < 1$ характеризует соответствующий дисконт / скидку на указанные издержки (в долях от единицы). Наличие хорошего/большого дисконта может изменить ситуацию и сделать поставки сразу двумя ТС более эффективными. Принимая решение надо, естественно, разобраться в вопросе о том, что должно означать понятие хорошего дисконта.

Для этого отметим следующую особенность рассматриваемой задачи оптимизации. После упрощения задача определения интервала повторного заказа T при поставках именно двумя ТС (с учетом дисконта d на стоимость такой поставки) в отличие от задачи (5) имеет вид (7):

$$\frac{2(1-d)C_0 \cdot K}{T} + T \cdot \left[(\vec{D} \cdot \vec{C}_h) + \frac{r}{2} \cdot K \cdot (\vec{D} \cdot \vec{C}_n) \right] \rightarrow \min_{T \leq 2\Delta}. \quad (7)$$

Подчеркнем, что значение $2(1-d)C_0$ в числителе первого слагаемого отражает стоимость одной поставки двумя ТС со скидкой (в отличие от значения C_0 , которое было в (5) при поставках одним ТС). При этом выражение $(\vec{D} \cdot \vec{C}_n)$ в квадратных скобках остается таким же (как и в (5) при поставках одним ТС). Это обусловлено тем, что независимо от конкретного распределения товара по двум ТС, оплачивается хранение всей суммарной партии заказа, размер которой зависит: а) от годового потребления i -товаров; б) от длительности интервала T между поставками (с учетом допустимой грузоподъемности двух ТС, что учитывается ограничением в задаче минимизации); в) от заданных тарифов на хранение.

Наконец, надо обратить внимание на специфику ограничения $T_0 \leq 2\Delta$, использованного в (7) для оптимизации (вместо ограничения $T \leq \Delta$, использованного в (5) при поставках одним ТС). В задаче минимизации (7) правая часть ограничения $T \leq 2\Delta$ обусловлена тем, что при равномерном спросе поставки двумя ТС должны быть в два раза более редкими, чем поставки одним ТС (по максимальной грузоподъемности). Тогда грузоподъемность двух ТС позволит загрузить всю партию соответствующего заказа при ее поставке. Для случая поставок одним ТС такое ограничение, формализованное применительно к одной критичной / базовой номенклатуре, имело вид $T \leq \Delta$. Поэтому для случая поставок двумя ТС в правой части такого ограничения надо использовать в два раза больший показатель (в формате той же базовой номенклатуры).

Обратим внимание на особенность, которая легко проверяется аналитически. Если бы в задаче (7) не было ограничения на грузоподъемности (т.е. отсутствовало ограничение $T \leq 2\Delta$), то оптимальный интервал повторного заказа определялся бы выражением вида $\sqrt{2(1-d) \cdot T^*}$, где для T^* выполняется равенство (2).

Теперь отметим следующую особенность рассматриваемой задачи оптимизации. С одной стороны, легко подобрать такое достаточно большое значение дисконта ($d \rightarrow 1$), чтобы интервалу между поставками (указанного вида $\sqrt{2(1-d) \cdot T^*}$) соответствовала бы партия заказа, не превышающая суммарной грузоподъемности двух ТС. С другой стороны, при малом дисконте ($d \rightarrow 0$) в рассматриваемой ситуации указанный интервал может оказаться таким, что для каждого ТС будет превышена его грузоподъемность. Потому при анализе интересующей нас ситуации с дисконтом на стоимость поставки товара двумя ТС для многономенклатурной модели надо далее учитывать следующие возможные случаи.

■ **Первый случай (решение (7) лежит на границе области ограничений).** Это случай, которому будет соответствовать использование максимально допустимой вместимости обоих ТС при таких поставках. Указанному граничному случаю сопоставляется неравенство вида $\sqrt{(1-d)/2} \cdot T^* \geq \Delta$, в соответствии с которым каждое ТС при поставках будет загружено максимально. При этом, разумеется, надо учитывать, что для параметров модели также априори будет выполнено неравенство $\Delta \leq T^*$ (т.к. в противном случае поставки сразу двумя ТС анализировать не требуется).

Каждый из результатов (8) и (9) дает достаточное условие целесообразности поставок двумя ТС (применительно к разной степени их загрузки: полной или нет соответственно). В совокупности они покрывают весь перечень требуемых вариантов анализа при поставках двумя ТС, что позволяет сформулировать следующее утверждение.

Утверждение 1. Необходимым и достаточным условием целесообразности совместного использования сразу двух ТС при поставках является выполнение любого из неравенств: (8) или (9). При этом именно в случае, когда выполняется условие (8), соответствующие два ТС будут загружены по их максимальной грузоподъемности.

Поставки произвольным числом ТС

Аналогичным образом, можно рассмотреть случай, когда дисконт на издержки поставок сделает целесообразной поставку товара n ТС. При этом будут получены пороговые значения для величины соответствующего дисконта. Приведем результаты, опуская доказательство (чтобы не увеличивать объем статьи). Нетрудно доказать, что вместо условий (8) и (9) при использовании n ТС для предлагаемого дисконта d_n потребуются выполнение одного из двух (любого) несовместных условий (10) или (11), где условия (10) можно представить в виде

$$1 - n \cdot \left(\frac{\Delta}{T}\right)^2 \geq d_n \geq (n-1) \cdot \left(\frac{\Delta}{T}\right)^2, \quad (10)$$

а условие (11) – в виде

$$d_n \geq 1 - n \cdot (\Delta/T)^2$$

$$d_n \geq 1 - \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{L(\Delta)}{L(T)}\right)^2. \quad (11)$$

Таким образом, имеет место результат, который облегчит менеджерам анализ стратегий такого типа.

Утверждение 2. Необходимым и достаточным условием целесообразности совместного использования n ТС при поставках товара является выполнение для предлагаемого дисконта d любого из неравенств: либо (10), либо (11). При этом именно в случае, когда выполняется условие (10), соответствующие n ТС надо будет загружать по их максимальной грузоподъемности / вместимости.

Как видим, полученные выше результаты помогут менеджерами реализовать процедуры оптимизации решений о транспортном обеспечении многономенклатурных поставок, если при совместном использовании ТС будут предложены скидки. Анализ рассмотренных выше стратегий, когда поставки реализуются сразу несколькими ТС, будет целесообразным только в ситуации, если выполняется необходимое и достаточное условие, представленное утверждением 2.

Дополнительные аспекты вопроса целесообразности поставок несколькими ТС. Системный подход к транспортному обеспечению поставок требует учесть, что дисконт/скидка на стоимость поставок может предлагаться и в случае, когда оптимальное решение в (5) – (6) не приводит к превышению грузоместимости ТС. Это ситуации, когда при оптимизации в (6) выполняется равенство $T_0 = T^*$. Специфика таких процедур анализа дана в приложении.

Для ситуации, когда предложение дисконта / скидки на издержки поставок относится к использованию произвольного числа n ТС, легко проверить следующее (доказательство опускается для сокращения объема статьи). Такое предложение будет эффективным, если для дисконта d будет выполнено неравенство: $d \geq 1 - \frac{1}{n}$. В частности, при $n=2$ такое условие имеет вид $d \geq 1/2$ (что уже было отмечено выше). При $n=3$ такое условие имеет вид $d \geq 2/3$, а при $n=4$ оно имеет вид $d \geq 3/4$. Это означает, что при двух ТС соответствующая скидка должна быть не менее 50%, при трех ТС – не менее 66,6(6)%, а при четырех ТС – не менее 75%. В практических ситуациях на такие скидки вряд ли можно рассчитывать. Поэтому альтернативы указанного типа для реальных ситуаций можно не рассматривать.

Иллюстрации этапов принятия решений числовым примером

Для компании «АВС», которая является дистрибьютором кабельно-проводниковой продукции, требуется обеспечить поставки для удовлетворения годовых потребностей четырех видов муфт: соединительные и концевые, 1 и 10 квт (их значения представлены в табл. 1). Распределительный центр производителя находится в г. Углич, Ярославской области. Склад компании находится в поселке городского типа Нахабино, Московской области. Для поставок предполагается использовать автотранспортные средства грузоподъемностью 3,5 тонны и объемом кузова в 17,6 м³. Надо учитывать, что стоимость одной поставки (указанных i -товаров) таким ТС составляет $C_0 = 7400$ (руб.). При этом, если поставки делать сразу двумя ТС, то будет предоставлена скидка в 11% на стоимость такой поставки. Максимально допустимые объемы каждого i -товара для такого ТС ограничены величинами q_{mi} (ед. тов.), которые также представлены в табл. 1 наряду с другими параметрами модели.

Таблица 1

Параметры анализируемой модели поставок

Показатель	Товар i -го типа			
	1	2	3	4
Годовое потребление, D_i , ед. тов.	7900	9900	5200	7000
Издержки хранения, C_{hi} , ед. тов.	542	1050	622	1200
Стоимость поставки, C_0 , руб.	7400			
Максимальный объем товара q_{mi} , размещаемый в ТС, ед. тов.	466	241	400	218
Стоимость ед. товара, C_{pi} , руб.	7500	14100	8500	16720

Требуется: на основе соответствующей EOQ -модели определить наилучший вариант транспортного обеспечения таких поставок применительно к заданному ТС, если ВЦД не учитывается ($r = 0$), а издержки хранения начисляются в виде аренды ($K = 1$).

Решение. 1) Сначала определим интервал повторного заказа T^* без учета грузоподъемности ТС, т.е. по формуле (2), в соответствии с традиционными рекомендациями теории, полагая, как и требуется, что $K = 1$ и $r = 0$, а также учитывая, что $(\vec{D} \cdot \vec{C}_h) = \sum D_i \cdot C_{hi} = 26311846$:

$$T^* = \sqrt{KC_0 / \vec{D} \cdot (\vec{C}_h + r \vec{C}_p K / 2)} = \sqrt{1 \cdot 7400 / 26311846} = 0,017$$

(напомним, что возможность поставок товара с таким интервалом повторного заказа еще нельзя обсуждать, пока не будет определено максимально допустимое значение Δ для интервала времени между поставками, при котором не будет нарушена грузоподъемность этого ТС).

2) Для учета грузоподъемности ТС теперь требуется определить введенные в статью вспомогательные индексы $I_i = D_i / q_{mi}$ для всех четырех типов i -товаров:

$$I_1 = 7900 / 466 = 16,95; I_2 = 9900 / 241 = 41,08; I_3 = 5200 / 400 = 13,00; I_4 = 7000 / 218 = 32,11.$$

3) На основе этих значений индексов I_i определим максимально допустимое значение Δ для интервала времени между поставками, при котором не будет нарушена грузоподъемность ТС для требуемой его загрузки:

$$\Delta = 1 / (\sum I_i) = \frac{1}{16,95 + 41,08 + 13,00 + 32,11} = 0,0097$$

(далее в расчетах оставляем значение 0,0097).

4) Как видим, теперь можно формализовать требуемое ограничение на допустимый по длительности интервал повторного заказа, чтобы учесть грузоподъемность ТС. А именно, неравенство (4) (оно имеет вид $T \leq \Delta$, где $\Delta = 0,0097$), в этом примере можно записать как ограничение $T \leq 0,0097$.

5) Определим оптимальный интервал времени между поставками T_0^* , но уже с учетом ограниченной грузоподъемности ТС, т.е. по формуле (6). Для данного примера имеем: $T_0 = 0,0097$, т.к. в формате представленных выше расчетов оказалось, что $T^* > \Delta$. Это вызвано тем, что решение, полученное при использовании классического подхода, требует загрузки такого количества товара, которое превысит допустимую грузоподъемность рассматриваемого ТС. Как видим, ограничение на длительность интервала повторного заказа оказалось существенным. Найденное значение $T_0 = 0,0097$ означает, что для обеспечения потребности в товарах необходимо осуществлять, в среднем, две поставки товара в неделю (за семь календарных дней). При этом, нетрудно видеть, что коэффициент использования грузоподъемности ТС составит 98,9%.

6) Поскольку для решения, найденного с использованием (6), в рассматриваемом примере имеем равенство $T_0 = \Delta$ (при поставках ТС должно быть загружено максимально), то далее требуется провести анализ целесообразности организации поставок этой номенклатуры товара одновременно двумя ТС, так как транспортной компанией предоставляется скидка в 11% ($d_2 = 0,11$) при использовании двух ТС при поставках. Отметим, что в данной ситуации применительно к такому анализу мы имеем первый случай (*максимальная загрузка ТС при поставках*), с которым соотносится неравенство $\sqrt{(1-d)/2} \cdot T^* \geq \Delta$, поскольку оно действительно выполняется: $0,663 \geq 0,0097$.

7) Проверим, удовлетворяет ли предлагаемый дисконт $d_2 = 0,11$ (на стоимость поставки двумя ТС) системе соответствующих неравенств (8). Для этого надо проверить двойное неравенство:

$$1 - 2 \cdot \left(\frac{0,0097}{0,017} \right)^2 \geq d_2 \geq \left(\frac{0,0097}{0,017} \right)^2.$$

После упрощения оно принимает вид $0,35 \geq 0,11 \geq 0,33$ и, как видим, не выполняется (из-за второго неравенства).

8) Поскольку предоставляемый дисконт не удовлетворяет системе неравенств (8), то поставки двумя ТС не будут целесообразными. Кстати, отметим, что в данном примере пороговый уровень дисконта для целесообразности поставок двумя такими ТС составляет 33% (это значение стоит в правой части второго из последних представленных неравенств). Поскольку других предложений скидок на стоимость поставок при совместном использовании ТС не имеется, то можно перейти к выводам.

Таким образом, найденные на этапе 5 условия поставок, являются наилучшими. Применительно к параметрам стратегии поставок они означают следующее: время между поставками составит $T_0 = 0,0097$; а для размеров заказов по i -товарам получаем следующие средние значения – $q_1 = 75,75$, $q_2 = 94,9$, $q_3 = 49,9$, $q_4 = 67,1$. За год будет в среднем 105 поставок. Наличие дробных показателей для указанных средних значений объемов заказов не является препятствием (разумеется, при отдельной поставке число поставляемых товаров каждой номенклатуры должно быть целым). Действительно, как отмечено в (Шидловский, 2015), указанные средние показатели можно обеспечить, если правильно чередовать поставки с округлением количества товаров до целых единиц, причем округляя их, как в большую, так и в меньшую стороны (применительно к отдельной номенклатуре). Частота соответствующих поставок с такими округленными показателями размеров заказов устанавливается методами математической статистики (теории вероятностей), решая систему соответствующих линейных уравнений.

Завершая анализ целесообразности использования поставок одновременно несколькими ТС, дополнительно необходимо отметить следующее. Еще один аспект, который может повлиять и/или обуславливать целесообразность использования таких поставок, связан с проблемой учета рисков в таких цепях поставок. Анализ этого аспекта проблемы управления запасами требует: либо использования специальных методов принятия решений в условиях риска и неопределенности (Бродецкий, 2006; 2010), в частности, метода дерева решений (Бродецкий, 2008), который можно, в частности, использовать и при оптимизации решений по многим критериям; либо использования методов теории случайных потоков событий (Бродецкий, 2011). Такие вопросы требуют отдельного исследования и здесь не рассматриваются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены особенности транспортного обеспечения поставок товара при управлении запасами для многономенклатурных моделей с учетом грузовместимости ТС. Проведен анализ целесообразности одновременного использования нескольких ТС для поставок товара в таких моделях применительно к ситуациям, когда предоставляются скидки на стоимость поставок при увеличении числа используемых для этого ТС. Рассмотрены новые постановки таких задач оптимизации применительно к моделям теории управления запасами на основе специально модифицированной EOQ-формулы.

Представленные в статье материалы позволят менеджерам при оптимизации многономенклатурных моделей управления запасами принимать во внимание следующие важные факторы. 1) Возможность учета грузовместимости ТС. 2) Возможность учета специфики условий оплаты издержек хранения (аренда или оплата только занятых мест на складе). 3) Возможность учета концепции временной ценности денег. 4) Возможность учета целесообразности поставок товара одновременно несколькими ТС. При этом найдено и доказано соответствующее необходимое и достаточное условие, которое устанавливает приемлемый уровень дисконта на стоимость совместных поставок, чтобы одновременные поставки сразу несколькими ТС (при произвольном числе n таких ТС) смогли оказать конкуренцию традиционным решениям по организации таких поставок.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

- Бродецкий, Г.Л. (2006), *Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска*, Изд-во «Вершина», Москва, Россия
- Бродецкий, Г.Л. (2010), *Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности*, Академия, Москва, Россия
- Бродецкий, Г.Л. (2011), *Экономико-математические методы и модели в логистике. Потоки событий и системы обслуживания*, Сер. Высшее профессиональное образование. Экономика и управление (2-е изд., стер.), Академия, Москва, Россия
- Бродецкий, Г.Л. (2013), «Новый формат формулы Харриса-Уилсона: учет временной ценности денег и аренды мест хранения», *Логистика сегодня*, № 4, С. 242-251
- Бродецкий, Г.Л. (2014), Многономенклатурное управление запасами: новый подход к оптимизации решений // *Логистика сегодня*, № 1, С. 34-45.
- Бродецкий, Г.Л. (2008), «Метод дерева решений при многокритериальной оптимизации в цепях поставок», *Логистика сегодня*, №5, С. 320-329.
- Герامي, В.Д. и Коликов, А.В. (2014), *Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики*, ЮРАИТ, Москва, Россия
- Герامي, В.Д. и Шидловский, И.Г. (2014а), «Поставки несколькими транспортными средствами при управлении запасами», *РИСК: Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция*, № 3, С. 66-71.
- Герامي, В.Д. и Шидловский, И.Г. (2014б), «Условие целесообразности поставок несколькими транспортными средствами при управлении запасами», *РИСК: Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция*, № 4, С. 67-73.
- Герامي, В.Д. и Шидловский, И.Г. (2015), «Учет грузоемкости транспортных средств как атрибут повышения качества решений при управлении запасами», *РИСК: Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция*, № 3, С. 55-61.
- Герامي, В.Д. и Шидловский, И.Г. (2016), «Алгоритм оптимизации транспортного обеспечения поставок при управлении запасами», *РИСК: Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция*, №1, С. 69-77.
- Рыжиков, Ю.И. (2001), *Теория очередей и управление запасами*, Питер, Санкт-Петербург, Россия
- Сергеев, В. И. и Эльяшевич, И.П. (2011), *Логистика снабжения*, Рид Групп, Москва, Россия
- Стерлигова, А.Н. (2008), *Управление запасами в цепях поставок*, учебник, ИНФРА-М, Москва, Россия
- Шидловский, И.Г. (2015), «К вопросу оптимизации многономенклатурных моделей управления запасами с учетом грузоемкости транспортного средства», *Менеджмент качества*, № 4, С. 310-319.
- Brodetskiy, G.L. (2015), «The new approach to inventory optimization», *Int. J. of Logistics Systems and Management (IJLSM)*, Vol. 22, No. 3, pp. 251-266.
- Brodetskiy, G.L. (2006), *Modelirovanie logisticheskikh sistem. Optimal'nye resheniya v usloviyakh riska* [Modeling of Logistics Systems. Optimal Solutions Under Risk], Publishing House «Verшина», Moscow, Russia
- Brodetskiy, G.L. (2010), *Sistemnyy analiz v logistike. Vybór v usloviyakh neopredelennosti* [Systems Analysis In Logistics. Choice Under Uncertainty], Academy, Moscow, Russia
- Brodetskiy, G.L. (2011), *Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli v logistike. Potoki sobytij i sistemy obsluzhivaniya* [Economic and Mathematical Methods and Models in Logistics. Flows of Events and Service Systems], Series of Higher Professional Education. Economics and Management (2nd ed.), Academy, Moscow, Russia
- Brodetskiy, G.L. (2013) «New Format of Harris-Wilson Formula: Taking Into Account the Time Value of Money and The Rental of Storage» *Logistika segodnya* [Logistics Today], no. 4, pp. 242-251.
- Brodetskiy, G.L. (2014) «Multinomenclature Stockpile Management: New Approach to Decisions Optimization» *Logistika segodnya* [Logistics Today], no. 1, pp. 34-45.
- Brodetskiy, G.L. (2008), «Classification Tree Method for Multi-Criteria Optimization in Supply Chains», *Logistika segodnya* [Logistics Today], № 5, pp. 320-329.
- Gerami, V.D. and Kolik, A.V. (2014), *Upravlenie transportnymi sistemami. Transportnoe obespechenie logistiki* [Transport Systems Management. Logistics Transportation Support], URAIT, Moscow, Russia
- Gerami, V.D. and Shidlovskiy, I.G. (2014a) «Deliveries by Several Vehicles in Inventory Management», *RISK: Resursy. Informaciya. Snabzhenie. Konkurenciya* [RISK: Resources, Information, Sourcing, Competition], no. 3, pp. 66-71.
- Gerami, V.D. and Shidlovskiy, I.G. (2014b), «The Condition of The Feasibility of The Deliveries by Several Vehicles in Inventory Management», *RISK: Resursy. Informaciya. Snabzhenie. Konkurenciya* [RISK: Resources, Information, Sourcing, Competition], no. 4, pp. 67-73.
- Gerami, V.D. and Shidlovskiy, I.G. (2015), «Considering Vehicle Capacity as an Attribute for Decisions Quality Improving in Inventory Management», *RISK: Resursy. Informaciya. Snabzhenie. Konkurenciya* [RISK: Resources, Information, Sourcing, Competition], no. 3, pp. 55-61.
- Gerami, V.D. and Shidlovskiy, I.G. (2016), «Algorithm of Transport Service of Supply Optimization in Inventory Management», *RISK: Resursy. Informaciya. Snabzhenie. Konkurenciya* [RISK: Resources, Information, Sourcing, Competition], no. 1, pp. 69-77.
- Ryzhikov, U.I. (2001), *Teoriya ocheredej i upravlenie zapasami* [The Theory of Queues and Inventory Management], Piter, St. Petersburg, Russia
- Sergeev, V.I. and Elyashevich, I.P. (2011), *Logistika snabzheniya* [Procurement Logistics], Rid Group, Moscow, Russia
- Sterligova, A.N. (2008), *Upravlenie zapasami v cephax postavok* [Inventory Management in Supply Chains], Textbook, INFRA-M, Moscow, Russia
- Shidlovskiy, I.G. (2015), «Up to a Multinomenclature Inventory Management Models Optimization Considering Vehicle Capacity Question», *Menedzhment kachestva* [Quality management], no. 4, pp. 310-319.
- Brodetskiy, G.L. (2015), «The new approach to inventory optimization», *Int. J. of Logistics Systems and Management*