

УДК 656.614

## МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ НА КОНСИГНАЦИОННЫХ СКЛАДАХ В СЕРВИСНЫХ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

**Петров И. М.**, к.т.н., профессор Национального университета «Одесская морская академия», E-mail: firmness@list.ru, ORCID: 0000-0002-1962-6463

*В работе разработаны методологические основы организации услуг морского агента по судовому снабжению с использованием консигнационного склада. При этом функции консигнатора выполняет морской агент, будучи оператором сервисной эргатической системы. Разработана и на численном примере проанализирована модель оптимального планирования закупок товаров на заданном временном горизонте на основе заявок, получаемых от судов. Выработаны рекомендации по дальнейшему совершенствованию модели и ее реализации на практике.*

*Полученные результаты могут быть использованы в практике работы судоходных, агентских и шипчандлерских компаний, а также в учебном процессе.*

**Ключевые слова:** морской агент, снабжение, консигнатор, оператор, сервисная эргатическая система, консигнационный склад, оптимизация, планирование закупок.

**Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научными или практическими задачами.** В обеспечении эффективной технической эксплуатации судна важное место принадлежит его своевременному техническому снабжению различного вида запасами. В деятельности агентских фирм, образующих сервисные эргатические системы, управляющих и обеспечивающих обслуживание морских судов, прибывших в порт, важную роль играют консигнационные склады. Эти склады служат для предварительного накопления партий товаров для обеспечения снабжения ими судов, прибывающих в порты. На наш взгляд, их использование является наиболее оптимальной формой продажи товаров, которая, к тому же, удобно соответствует сложившейся системе снабжения судов нужными им запасами. Такая форма судового снабжения регламентируется договором консигнации, при котором консигнатор (комиссионер) берёт обязательство, исходя из поручения консигнанта, за комиссионное вознаграждение реализовать в определенный срок от своего имени товары, которые поставлены на склад консигнатора и являющиеся собственностью консигнанта до момента реализации [1]. Функциями консигнатора может быть наделен и морской агент как оператор сервисной эргатической системы.

Согласно обычной морской практике капитаны судов заблаговременно (обычно за несколько дней до прибытия судна в порт назначения) подают заявки агентской компании на снабжение судна различными товарами для текущего ремонта судна и предстоящего рейса [2, 3]. На основе информации, содержащейся в указанных заявках, менеджеры консигнационного склада могут контролировать наличие на складе необходимых товаров в требуемом количестве и нужного качества. Создание запасов товаров на складе является сложной экономико-организационной проблемой. Действительно, с одной стороны, чрезмерное увеличение запасов на складе ведет к исключению из оборота дорогостоящих предметов судового снабжения. С другой стороны, при необоснованном снижении наличных запасов возникают риски простоев судов в ожидании их закупки на стороне и доставки. Таким образом, справедлива гипотеза, что решение проблемы создания запасов и управления ими находится в оптимизации их уровня.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Впервые простые оптимизационные модели для определения объемов партий поставок были разработаны еще в трудах Ф. Эджуорта и Ф. Харриса, которые относятся к концу 19-го – началу 20-го столетия. В них расход товаров предполагался постоянным равномерным, а поступление на склад – в заданные периоды времени. Однако, по-настоящему развитие теории управления запасами, как раздела общей теории управления, бурно началось во время Второй мировой войны и после ее окончания в рамках ряда прикладных математических

дисциплин, составившими основу дисциплины «Исследование операций». Обширные методические разработки, созданные в теории управления запасами, были сделаны отечественными учеными, среди которых В. Г. Алиев, А. В. Баскин, М. А. Государев, В. В. Дыбская, Е. И. Зайцев, В. Н. Захаров, Э. А. Зинь, Л. И. Иоффе, В. Л. Зюзин, Г. Б. Клейнер, С. П. Колосов, В. А. Кутыркин, В. М. Лагуткин, В. А. Лотоцкий, А. Г. Малышкин, В. П. Маталин, А. Я. Олешко, Ю. И. Рыжиков, Л. М. Рыжов, В. А. Сакович, В. И. Сергеев, А. Н. Стерлигова, А. И. Телегин, Е. А. Хруцкий, В. А. Черемин и др. [4–13]. Весомый научный вклад в теорию управления запасами внесли зарубежные ученые Е. Алан, Дж. Букан, Т. Е. Воллман, Э. М. Кенигсберг, Эрнест Л. Николс, Майкл Е. Портер, Дж. Стивенсон, Роберт Б. Хэндфилд, J. Bramel, P. Brandimarte, D. Laha, P. Mandal, G. Zotteri и др [14–22].

На водном транспорте применение экономико-математических методов и моделей, а также вычислительной техники для совершенствования комплексного обслуживания судов в портах, было начато еще в 70–80-х гг. прошлого столетия. Оно отражено в трудах Э. К. Блинова, Е. Д. Бучина, О. Л. Домнина, А. М. Дуберштейна, В. Н. Кострова, И. В. Морозовой, М. Я. Постанова, В. А. Черемина и др [23–27]. Однако можно констатировать, что выполненные исследования или отражали условия отраслевого управления при плановой экономике и не учитывали новые условия хозяйствования, или не рассматривали особенности организации работы консигнационных складов, работы флота и портов.

Указанные замечания приводят к выводу о чрезвычайной актуальности решения вопросов обеспечения надежности снабжения морских судов запасами, как фактора, влияющего на эффективность технического обслуживания флота.

**Формулирование целей статьи (постановка задачи).** Целью данной работы является повышение эффективности и качества снабжения судов путем оптимизации управления запасами на консигнационных складах в сервисных эргатических системах на морском транспорте. В соответствии с целью статьи, намеченными и решенными задачами, предметом исследования являются сервисная эргатическая система и происходящие в ней процессы снабжения судов с консигнационного склада на основе учета судовых заявок.

**Изложение материалов исследования с обоснованием полученных научных результатов.** Для построения и анализа модели оптимального планирования закупками товаров консигнационным складом на основе заявок, получаемых от судов, предлагается воспользоваться классической моделью оптимального управления запасами Вагнера-Уайтина [21], модифицированной для условий работы консигнационного склада.

*Математическая модель задачи.* Пусть руководство склада вместимости  $E$  планирует закупку  $M$  видов товаров для удовлетворения потребностей судов на горизонте планирования  $T$ . Исходная информация для составления указанного плана содержится в заявках на снабжение от судов, причем суммарная ожидаемая потребность в товарах  $m$ -го вида всех судов, прибытие которых намечается в периоде  $t$ , равна  $g_{mt} \geq 0$ :

$$\sum_{t=1}^T g_{mt} > 0.$$

Введем следующие условные обозначения:

$x_{mt}$  – объем закупок складом товара  $m$  – го вида в периоде  $t$ ;

$I_{mt}$  – уровень запаса товара  $m$ -го вида на складе в конце периода  $t$ .

Очевидно, справедливы следующие балансовые соотношения:

$$I_{mt} = I_{m,t-1} + x_{mt} - g_{mt}, m = 1, 2, \dots, M; t = 1, 2, \dots, T. \quad (1)$$

Из (1) следует, что:

$$I_{mt} = q_m + \sum_{j=1}^t (x_{mj} - g_{mj}), t = 1, 2, \dots, T, \quad (2)$$

где  $q_m$  – начальный запас товара  $m$ -го вида на складе, причем  $q_m \geq g_{m1}$ .

Условие не превышения складской вместимости имеет вид:

$$\sum_{m=1}^M I_{mt} \leq E, t = 1, 2, \dots, T,$$

или с учетом (2):

$$\sum_{m=1}^M [q_m + \sum_{j=1}^t (x_{mj} - g_{mj})] \leq E, t = 1, 2, \dots, T. \quad (3)$$

Условие отсутствия неудовлетворительного спроса на товар  $m$ -го вида в любом периоде записывается так:

$$g_{mt} \leq I_{m,t-1}, t = 1, 2, \dots, T,$$

или (с учетом (2)):

$$q_m + \sum_{j=1}^{t-1} x_{mj} \geq \sum_{j=1}^t g_{mj}, t = 1, 2, \dots, T. \quad (4)$$

Будем также считать, что выполнено следующее условие баланса между спросом на товары и их закупкой на горизонте планирования:

$$q_m + \sum_{t=1}^T x_{mt} = \sum_{t=1}^T g_{mt}. \quad (5)$$

Переменные  $x_{mj}, m = 1, 2, \dots, M; t = 1, 2, \dots, T$ , должны быть неотрицательными, т.е. должны выполняться условия:

$$x_{mj} \geq 0, m = 1, 2, \dots, M; t = 1, 2, \dots, T. \quad (6)$$

В качестве целевой функции могут быть суммарные расходы склада на горизонте планирования, т.е.:

$$C = \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T (K_{mt} \delta(x_{mt}) + r_{mt} x_{mt} + c_{mt} I_{mt}),$$

где  $K_{mt}$  – затраты на оформление заказа на закупку товара  $m$ -го вида в периоде  $t$ ;  $r_{mt}$  – закупочная цена товара  $m$ -го вида в периоде  $t$ ;  $c_{mt}$  – стоимость хранения единицы товара  $m$ -го вида в периоде  $t$ ;  $\delta(x) > 0, x > 0, \delta(0) = 0$ . Перепишем эту целевую функцию с учетом равенств (2) следующим образом:

$$C = \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T \{K_{mt} \delta(x_{mt}) + r_{mt} x_{mt} + c_{mt} [q_m + \sum_{j=1}^t (x_{mj} - g_{mj})]\}. \quad (7)$$

Требуется найти такой план закупок  $\{x_{mj}\}$  товаров всех видов, чтобы функция (7) приняла минимальное значение при условиях (1)–(6). Отметим, что мы пришли к задаче нелинейного программирования с недифференцируемой целевой функцией. Если пренебречь транзакционными затратами  $K_{mt}$  (т.е. если они незначительны по сравнению с другими видами затрат), то, очевидно, придем к задаче линейного программирования.

Рассмотрим теперь случай задолженного спроса. В этом случае условия (4) следует отбросить, а величина задолженного спроса на товар  $m$  – го вида в периоде  $t$  будет равна:

$$\max\{0, g_{mt} - I_{m,t-1}\}.$$

Если владелец склада продает (оказывает услугу) судовладельцу (фрахтователю) товар  $m$  – го вида в периоде  $t$  по цене  $p_{mt}$ , то размер упущенной выгоды для владельца составит:

$$p_{mt} \max\{0, g_{mt} - I_{m,t-1}\}.$$

Поэтому выражение для суммарных затрат  $C_1$  владельца склада, с учетом соотношений (2), теперь примет вид:

$$C_1 = C + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M p_{mt} \max\{0, g_{mt} - q_m - \sum_{j=1}^{t-1} (x_{mj} - g_{mj})\}. \quad (8)$$

Таким образом, вновь мы пришли к новой задаче нелинейной оптимизации: найти план закупок  $\{x_{mj}\}$ , который доставляет минимальное значение функции (8) при условиях (1)–(3), (5), (6).

*Числовой пример.* Приведем численную иллюстрацию построенной оптимизационной модели, ограничившись случаем, когда задолженный спрос отсутствует, т.е. рассмотрим задачу минимизации функции (7) при условиях (3)–(6). Варианты исходных данных для расчета приведены в табл. 1, а результаты расчета по вариантам – в табл. 2. Расчеты выполнены с помощью пакета программ *Microsoft Excel*. Из табл. 2 видно, что при изменении размеров планируемых поставок  $g_{mt}$  в промежутке от 0,5 тыс. т до 5,5 тыс. т минимальные значения целевой функции изменялись в диапазоне от 2,08 до 5,046 тыс. ден. ед. При этом наименьшее значение целевой функции приходится на вариант 1. Как и следовало ожидать, переменные  $x_{13}$ ,  $x_{23}$  в оптимальном плане равны нулю, поскольку в целях экономии в последнем периоде нет смысла делать закупки товаров.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Условные обозначения	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант	5 вариант	6 вариант	7 вариант
$I$	2	3	4	5	6	7	
$q_1$ , тыс. т	1,0	1,0	2,5	2,5	0,5	1,5	
$q_2$ , тыс. т	2,0	2,0	1,5	1,5	0,5	2,5	
$E$ , тыс. т	10,0	10,0	10,0	15,0	10,0	9,0	
$g_{11}$ , тыс. т	0,8	1,0	2,0	2,0	0,5	0,5	
$g_{12}$ , тыс. т	2,0	3,0	3,8	3,8	5,2	5,2	
$g_{13}$ , тыс. т	1,5	2,5	4,5	4,5	4,2	4,2	
$g_{21}$ , тыс. т	1,5	2,0	1,4	1,4	0,5	0,5	
$g_{22}$ , тыс. т	3,0	3,5	4,8	4,8	3,8	3,8	
$g_{23}$ , тыс. т	2,2	2,0	5,5	5,5	4,5	4,5	
$r_{11}$ , тыс. ден. ед./т	0,3	0,15	0,3	0,3	0,4	0,4	
$r_{12}$ , тыс. ден. ед./т	0,3	0,15	0,4	0,4	0,3	0,3	

1	2	3	4	5	6	7
$r_{13}$ , тыс. ден. ед./т	0,3	0,15	0,3	0,3	0,3	0,3
$r_{21}$ , тыс. ден. ед./т	0,15	0,3	0,15	0,15	0,15	0,15
$r_{22}$ , тыс. ден. ед./т	0,12	0,3	0,12	0,12	0,1	0,1
$r_{23}$ , тыс. ден. ед./т	0,1	0,3	0,12	0,12	0,1	0,1
$c_{11}$ , тыс. ден. ед./т.сут.	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
$c_{12}$ , тыс. ден. ед./т.сут.	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02
$c_{13}$ , тыс. ден. ед./т.сут.	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
$c_{21}$ , тыс. ден. ед./т.сут.	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
$c_{22}$ , тыс. ден. ед./т.сут.	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
$c_{23}$ , тыс. ден. ед./т.сут.	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07

Таблица 2 – Оптимальные значения параметров управления и целевой функции

Условные обозначения	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант	5 вариант	6 вариант
$x_{11}$ , тыс. т	1,8	3,0	4,7	7,8	5,2	4,2
$x_{12}$ , тыс. т	1,5	2,5	3,1	0	4,2	4,2
$x_{13}$ , тыс. т	0	0	0	0	0	0
$x_{21}$ , тыс. т	2,5	3,5	4,7	4,7	3,8	1,8
$x_{22}$ , тыс. т	2,2	2,0	5,5	5,5	4,5	4,5
$x_{23}$ , тыс. т	0	0	0	0	0	0
$C$ , тыс. ден. ед.	2,08	3,045	4,833	4,554	5,046	4,346

### Выводы и перспективы дальнейшей работы по данному направлению:

1. В статье разработаны методологические основы организации услуг морского агента по судовому снабжению в рамках диверсификации его традиционной деятельности, а также выработаны рекомендации по их практической реализации. Предложенная методика достаточно проста, для её применения не требуется большого количества данных, высокой квалификации персонала.

2. Приведенная модель может использоваться в практической деятельности менеджеров консигнационного склада при разработке плана закупок товаров на заданном горизонте планирования, основываясь на информации, содержащейся в заявках от судов, прибывающих в порты в течение данного периода. Для ее численной реализации необходимо использовать соответствующее программное обеспечение (например, пакет программ *Microsoft Exc.*

Эффективность ее применения, конечно, зависит от точности исходных данных (в основном, величин  $g_{mt}$ ). Однако, точность указанных исходных величин обычно не очень высока, так как они носят прогнозный характер. Поэтому в будущих исследованиях целесообразно обобщить приведенную выше модель оптимизации на случай, когда  $g_{mt}$  являются случайными величинами с заданными законами распределения. В этом случае мы придем к некоторой задаче стохастической оптимизации, в которой должны быть отражены ситуации возникновения риска дополнительного простоя судов из-за отсутствия на складе необходимых товаров в требуемом количестве.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Консигнация: форма продажи товара [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.malb.ru/glossariy077.html>
2. Петров И. М. Агентирование морских судов: теория и практика : учебное пособие/ И. М. Петров, В. А. Виговский – Черновцы : «Книги – XXI», 2005. – 496 с.
3. Транспортно-экспедиционное и агентское обслуживание при перевозке грузов : [спр. и науч.-метод. пособ.] / [А. И. Телегин, В. Н. Костров, А. А. Макаров и др.; под ред. А. И. Телегина]. – Н. Новгород : изд-во «Райт», 1999. – 426 с.

4. Алиев В. Г. Теория организации / В. Г. Алиев. – М. : Луч, 2009. – 416 с.
5. Баскин А. Материальные запасы / А. Баскин, Г. Зенкова // Журнал РИСК. – 1997. – № 3–4. – С. 45–52.
6. Дыбская В. В. Логистика: учебник / В. В. Дыбская, Е. И. Зайцев, В. И. Сергеев, А. Н. Стерлигова; под ред. В.И. Сергеева. – М. : Эксмо, 2011. – 944 с.
7. Иоффе Л. И. Применение математических моделей в управлении материально-техническим снабжением / Л. И. Иоффе, Г. Б. Клейнер. – М. : Информэлектро, 1982. – 47 с.
8. Лагуткин В. М. Экономико-математические методы в снабжении / В. М. Лагуткин. – М. : Экономика, 1971. – 367 с.
9. Лотоцкий В. А. Модели и методы управления запасами / В. А. Лотоцкий, А. С. Мандель. – М. : Наука, 2006. – 360 с.
10. Олешко А. Я. К вопросу определения величины страховых запасов материальных ресурсов / А. Я. Олешко. – М. : Наука, 1972. – 35 с.
11. Рыжиков Ю. И. Теория очередей и управления запасами / Ю. И. Рыжиков. – СПб : Питер, 2007. – 386 с.
12. Стерлигова А. Н. Анализ процесса стандартизации терминологии логистики за рубежом / А. Н. Стерлигова // Логистика и управление цепями поставок. – 2006.
13. Хруцкий Е. А. Оптимизация хозяйственных связей и материальных запасов (вопросы методологии) / Е. А. Хруцкий, В. А. Сакович, С. П. Колосов. – М. : «Экономика», 1977. – 263 с.
14. Alan E. Economics of Shipping Practice and Management. Branch / E. Alan. – London, New York : Chapman and Hall, 1995. – 360 p.
15. Букан Дж. Научное управление запасами / Дж. Букан, Э. М. Кенигсберг. – М. : Наука, 1967. – 423 с.
16. Vollman T. E. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management. McGraw-Hill/Irwin. – NY : Fifth Edition, 2005. – 710 pp.
17. Роберт Б. Хэндфилд. Реорганизация цепей поставок. Создание интегрированных систем формирования ценности / Роберт Б. Хэндфилд, Эрнест Л. Николс мл. – М. : Вильямс, 2003. – 416 с.
18. Майкл Е. Портер. Конкурентное преимущество: как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость / Майкл Е. Портер : пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. – 715 с.
19. Designing a distribution network to address today's challenges. Tompkins associates' article. Supply chain excellence. M-9 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.tompkinsinc.com>. 2. – № 1. – С. 63–82.
20. Bramel J. The logic of logistics: theory, algorithms, and applications for logistics management / J. Bramel., D. Simchi. – Levi. – Berlin : Springer, 1997. – 285 p.
21. Brandimarte P. Introduction to distribution logistics / P. Brandimarte, G. Zotteri. – NY : Wiley, 2007. – 320 p.
22. Laha D. Handbook of computational intelligence in manufacturing and production management / D. Laha, P. Mandal. – Hershey, PA : Information Science Reference, 2008. – 491 p.
23. Блинов Э. К. Комплексное обслуживание судов в морских портах / Э. К. Блинов, А. М. Дуберштейн. – М. : Транспорт, 1975. – 208 с.
24. Бучин Е. Д. Диверсификация основной деятельности на водном транспорте : учебн. пособие. / Е. Д. Бучин, О. Л. Домнина, В. Н. Костров. – Н. Новгород : ВГАВТ, 1994. – 138 с.
25. Костров А. В. Управление надежностью снабжения в логистической системе / А. В. Костров, В. А. Черемин // Труды ВГАВТ. – Н. Новгород, 2000. – Вып. 295. – С. 50–55.

26. Morozova I. V. Dynamic Optimization Model for Planning of Integrated Logistical System Functioning/ I. V. Morozova, M. Ya. Postan, S. N. Dashkovskiy // Proceedings of 3d International Conference «Dynamics in Logistics», LDIC2012, Bremen, Germany, Feb. / March 2012. – Berlin : Springer, 2013. – P. 291–300.

27. Постан М. Я. Динамическая модель оптимального управления запасами товаров и их доставкой в деятельности логистической фирмы / М. Я. Постан // Логистика: проблемы и решения. – 2009. – № 2. – С. 54–58.

## REFERENCES

1. Konsignatsiya: forma prodazhi tovara [Elektronnyiy resurs] / Rezhim dostupa: // [www.malb.ru/glossariy077.html](http://www.malb.ru/glossariy077.html)
2. Petrov I.M. Agentirovanie morskikh sudov: teoriya i praktika: uchebnoe posobie/ I.M. Petrov, V.A. Vigovskiy – Chernovtsy, «Knigi – XXI», 2005. – 496 s.
3. Transportno-ekspeditsionnoe i agentskoe obsluzhivanie pri perevozke грузов: [ср. i nauch.-metod. posob.] / [A.I. Telegin, V.N. Kostrov, A.A. Makarov i dr.; pod red. A.I. Telegina]. - N. Novgorod: izd-vo «Rayt», 1999. - 426 s.
4. Aliev V.G. Teoriya organizatsii / V.G. Aliev. – M.: Luch, 2009. – 416 s.
5. Baskin A. Materialnyie zapasy / A. Baskin, G. Zenkova // Zhurnal RISK. – 1997. – # 3-4. – S. 45-52.
6. Dyibskaya V.V. Logistika: [uchebnik] / V.V. Dyibskaya, E.I. Zaytsev, V.I. Sergeev, A.N. Sterligova; pod red. V.I. Sergeeva. – M.: Eksmo, 2011. – 944 s.
7. Ioffe J.I. Primenenie matematicheskikh modeley v upravlenii materialno-tehnicheskim snabzheniem / L.I. Ioffe, G.B. Kleyner. - M.: Informelektro, 1982. - 47 s.
8. Lagutkin V.M. Ekonomiko-matematicheskie metody v snabzhenii / V.M. Lagutkin. K M.: Ekonomika, 1971. - 367 s.
9. Lototskiy V.A. Modeli i metody upravleniya zapasami / V.A. Lototskiy, A.S. Mandel. – M.: Nauka, 2006. – 360 s.
10. Oleshko A.Ya. K voprosu opredeleniya velichiny strahovyih zapasov materialnyih resursov / A.Ya. Oleshko. - M.: Nauka, 1972. - 35 s.
11. Ryizhikov Yu.I. Teoriya ocheredey i upravleniya zapasami / Yu.I. Ryizhikov. – SPb: Piter, 2007. – 386 s
12. Sterligova A.N. Analiz protsessa standartizatsii terminologii logistiki za rubezhom / A.N. Sterligova // Logistika i upravlenie tsepyami postavok.
13. Hrutskiy E.A. Optimizatsiya hozyaystvennyih svyazey i materialnyih zapasov (voprosyi metodologii) / E.A. Hrutskiy, V.A. Sakovich, S.P. Kolosov. – M.: «Ekonomika», 1977. – 263 s.
14. Alan E. Economics of Shipping Practice and Management. Branch /E. Alan. - London, New York: Chapman and Hall, 1995. - 360 p.
15. Bukan Dzh. Nauchnoe upravlenie zapasami / Dzh. Bukan, E. M. Kenigsberg. – M.: Nauka, 1967. - 423 s.
16. Vollman T.E. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management. McGraw-Hill/Irwin. NY. Fifth Edition, 2005.
17. Robert B. Hendfield. Reorganizatsiya tsepey postavok. Sozdanie integrirovannyih sistem formirovaniya tsennosti / Robert B. Hendfield, Ernest L. Nikols ml.
18. Maykl E. Porter. Konkurentnoe preymushchestvo: kak dostyeh' vysokoho rezul'tata y obespechyt' eho ustoychivost' /. Maykl E. Porter: per. s anhl. – M.: Al'pyna Byznes Buks, 2005. – 715 s.
19. Designing a distribution network to address today's challenges. Tompkins associates' article. Supply chain excellence. M-9 [Электронныи resurs]. – Rezhym dostupa: [http:// ww.tompkinsinc.com](http://ww.tompkinsinc.com). 2. – № 1. – С. 63–82
20. Bramel J. The logic of logistics: theory, algorithms, and applications for logistics management / J. Bramel., D. Simchi - Levi. – Berlin: Springer, 1997. – 285 r.

21. Brandimarte P. Introduction to distribution logistics / P. Brandimarte, G. Zotteri. NY: Wiley, 2007. – 320 p.
22. Laha D. Handbook of computational intelligence in manufacturing and production management/ D. Laha, P. Mandal.- Hershey, PA: Information Science Reference, 2008. – 491 p.
23. Blynov Э.К. Kompleksnoe obsluzhyvanye sudov v morskikh portakh / Э.К. Blynov, A.M. Dubershteyn - M.: Transport, 1975. - 208 s.
24. Buchyn E.D. Dyversyfykatsiya osnovnoi deiatelnosti na vodnom transporte: [uchebn. posobie] / E.D. Buchyn, O.L. Domnyna, V.N. Kostrov. - N. Novhorod: VHAVT, 1994. - 138 s
25. Kostrov A.V. Upravlenye nadezhnosti snabzheniya v lohystycheskoi systeme / A.V. Kostrov, V.A. Cheremyn // Trudy VHAVT, N. Novhorod, 2000. - вып. 295. - S. 50-55.
26. Morozova I.V. Dynamic Optimization Model for Planning of Integrated Logistical System Functioning/ I.V. Morozova, M. Ya. Postan, S.N. Dashkovskiy//Proceedings of 3d International Conference «Dynamics in Logistics», LDIC2012, Bremen, Germany, Feb. / March 2012. – Berlin: Springer, 2013. – R. 291-300.
27. Postan M.Ia. Dynamycheskaia model optymalnogo upravleniya zapasamy tovarov y ykh dostavkoi v deiatelnosti lohystycheskoi firm / M.Ia. Postan // Lohystyka: problemy y resheniya. – 2009. – №2. – S. 54-58.

**Петров І. М. МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ НА КОНСИГНАЦІЙНИХ СКЛАДАХ В СЕРВІСНИХ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМАХ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ**

*У роботі розроблені методологічні основи організації послуг морського агента по судновому постачанню з використанням консигнаційного складу. При цьому функції консигнатора виконує морський агент, будучи оператором сервісної ергатичної системи. Розроблена і на чисельному прикладі проаналізована модель оптимального планування закупівель товарів на заданому горизонті часу на основі заявок, що надходять від суден. Сформульовані рекомендації по подальшому вдосконаленню моделі і її реалізації на практиці.*

*Отримані результати можуть бути використані в практиці роботи судноплавних, агентських і шипчандлерських компаній, а також в навчальному процесі.*

**Ключові слова:** морський агент, постачання, консигнатор, оператор, сервісна ергатична система, консигнаційний склад, оптимізація, планування.

**Petrov I. M. MODEL OF OPTIMIZATION OF MANAGEMENT BY SUPPLIES ON CONSIGNMENT STORAGES IN SERVICE ERGATIC SYSTEMS ON MARINE TRANSPORT**

*Methodological bases of organization of services of marine agent are in-process worked out on a ship supply with the use of consignment storage. Thus the functions of consignator are executed by a marine agent, being the operator of the service ergatic system. Worked out and on a numeral example the model of the optimal planning of purchases of commodities is analysed on the set horizon of time on the basis of the requests got from courts. Recommendations are mine-out on further perfection of model and her realization in practice.*

*The got results can be drawn on in practice of work navigable, agent and shipchandler companies, and also in an educational process.*

**Keywords:** marine agent, supply, consignator, operator, service ergatic system, consignment storage, optimization, planning of purchases.

© Петров І. М.

Статтю прийнято  
до редакції 17.10.16