

УДК 656.614.2:656.022.1

Д.О. Вишневский

**ФОРМИРОВАНИЕ СХЕМ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ  
И РАССТАНОВКА ФЛОТА В ЛИНЕЙНОМ СУДОХОДСТВЕ**

*В статье рассмотрена процедура формирования схем движения, для организации работы судов на линии по расписанию. Изложены вопросы, требующие предварительного решения для построения схем движения, осуществления рациональной расстановки судов и формирования самой линии. Изучены причины, по которым вопросы проектирования схем движения универсальных судов на сегодняшний день актуальны для участников транспортного процесса в современной конкурентной среде. Рассмотрены научные публикации, посвященные вопросам моделирования перевозочного процесса. Предложена экономико-математическая модель задачи формирования схем движения, при одновременном осуществлении оптимизации данных схем и расстановки универсальных судов на линии. Выделены принципиальные отличия данной методики от действующей практики в вопросах расстановки флота. Отмечены перспективы осуществления дальнейших исследований в сфере организации работы универсальных судов по расписанию, с применением полученных результатов.*

**Ключевые слова:** транспортный процесс, линейное судоходство, расписание, тоннаж, грузопотоки, схемы движения, расстановка флота, тоннажеспотоки, универсальные суда.

*У статті розглянута процедура формування схем руху, для організації роботи суден на лінії за розкладом. Викладені питання, що потребують попереднього вирішення для побудови схем руху, здійснення раціональної розстановки суден та формування самої лінії. Вивчено причини, за якими питання проектування схем руху універсальних суден на сьогоднішній день актуальні для учасників транспортного процесу в сучасному конкурентному середовищі. Розглянуто наукові публікації, присвячені питанням моделювання перевізного процесу. Запропоновано економіко-математичну модель задачі формування схем руху, при одночасному здійсненні оптимізації даних схем і розстановки універсальних суден на лінії. Виділено принципові відмінності даної методики від діючої практики в питаннях розстановки флоту. Відзначені перспективи здійснення подальших досліджень в сфері організації роботи універсальних суден за розкладом, із застосуванням отриманих результатів.*

**Ключові слова:** транспортний процес, лінійне судноплавство, розклад, тоннаж, вантажопотоки, схеми руху, розстановка флоту, тоннажеспотоки, універсальні судна.

---

© Вишневский Д.О., 2013

*The article describes the procedure of formation of traffic patterns for the organization of future vessels' operation on the line within the schedule. Issues, requiring timely solving for the organization of traffic patterns, rational arrangement of the vessels and the formation of the line itself are studied in the article. Here were explored the reasons, which reveal the significance of the general cargo vessels' traffic schemes designing, for the participants of the transport process in today's competitive environment. A set of scientific publications devoted to the issues of the transport process modelling. Here is also proposed an economic-mathematical model of organization of traffic patterns, in order to perform simultaneous optimization of these schemes and disposition of the general cargo vessels on the line. Principal differences between this methodology and the current practice in the issues the fleet allocation were considered in the article. Here were also specified the perspectives of the further researches in the sphere of organization of the general cargo vessels' operation within the schedule, with the application of obtained results.*

**Keywords:** *transport process, liner shipping, schedule, tonnage, cargo traffics, traffic schemes, vessel's allocation, tonnage traffics, general cargo vessels.*

**Введение.** Важнейшим фактором, определяющим возможность лучшего использования морских транспортных судов, достижения наибольшей эффективности перевозок, является рациональная расстановка флота [1. С. 237].

Расстановка судов также представляет собой один из основных вопросов организации движения флота. Решать этот вопрос можно, лишь базируясь на определенных данных о грузопотоках.

Грузопотоки на предстоящий период времени устанавливаются исходя из экономического обоснования, а также тщательного анализа заявок грузоотправителей. При этом экономические изыскания ставят перед собой задачу выявления грузопотоков, установление их тяготения к тому или иному виду транспорта, а также разработку рациональных направлений грузопотоков.

**Актуальность.** Актуальность данной темы обусловлена заинтересованностью участников транспортного процесса в качественно новых способах расстановки судов на линии и составления схем движения, которые способствовали бы повышению эффективности работы универсальных судов по расписанию.

**Цель работы.** Разработка экономико-математической модели задачи формирования схем движения для последующей организации работы универсальных судов на линии, в рамках расписания.

**Основной материал.** При постановке задачи перспективного планирования основная тяжесть решения вопроса ложится на экономические изыскания. В то время как при оперативном планировании задача решается в основном на основе заявок клиентуры.

Схемы грузо- и тоннажепотоков отражают их совокупность за период действия линии. Грузовым линиям свойственны двусторонние сложные и, в отдельных случаях, простые схемы грузопотоков. Схемы тоннажепотоков являются преимущественно простыми, в связи с тем что суда на линиях обращаются между определенными конечными портами. Им корреспондируют совокупность круговых рейсов судов. Круговые рейсы являются основным видом перевозочного процесса на грузовых линиях. Он составляется из рейсов прямого и обратного направлений. Посещение портов захода предусматривается или в каждом рейсе, или поочередно при наличии факультативных портов.

Для построения эффективных схем работы судов необходимо должным образом осуществить расстановку флота. Качество работы судов на той или иной схеме будет выражаться в полученной прибыли.

Задаче рациональной расстановки флота уделено достаточно внимания в ряде научных работ [2-7]. В каждой из них предлагались методики, актуальные каждая для своего времени и для решения конкретных проблем. Так, к примеру, в работе [3] были раскрыты фундаментальные аспекты данного вопроса, в то время как в работе [2] уделено внимание расстановке крупнотоннажного флота.

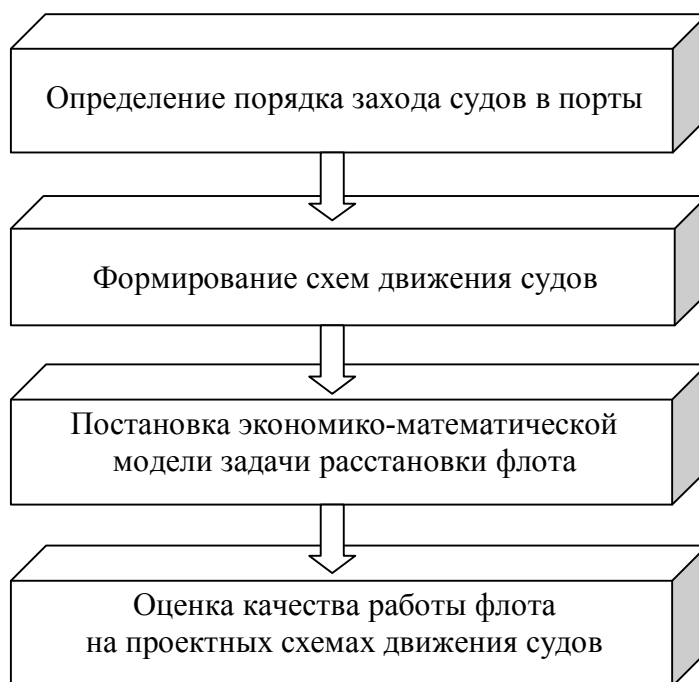
Следовательно, актуален поиск практических способов расстановки судов и формирования схем движения для организации их дальнейшей работы на линии по расписанию, в современной, динамично изменяющейся конкурентной среде.

Для осуществления процедуры формирования схем движения, необходимо предварительно сформировать комплекс задач [8], решение которых в дальнейшем будет способствовать эффективной расстановке флота (см. рис.).

Таким образом, выполнив поставленные задачи и произведя оценку эффективности работы универсальных судов на проектных направлениях, в соответствии с системой формирования расписаний в линейном судоходстве [8], на следующей стадии можно будет принимать решение о целесообразности составления расписаний для построенных схем движения судов.

В ходе решения задачи формирования схем движения, суда осуществляют свою работу в рамках определенного эксплуатационного периода, поэтому как и в экономико-математической модели задачи отбора участков [9] его превышение недопустимо.

Каждая из проектируемых схем имеет свою собственную грузовую базу. Следовательно, суда, работающие на участках, не могут освоить больше груза, чем имеется в порту отправления. Также суда не способны перевезти за рейс больше груза, чем позволяют возможности их полной загрузки.



*Рис. Состав и взаимосвязь задач при реализации этапа формирования схем движения судов и расстановки флота*

Немаловажным требованием для решения этой задачи, является выполнение условия баланса грузопотоков, т.е. равенство числа начинающихся и заканчивающихся в каждом порту судорейсов для каждого типа судов.

Одновременную оптимизацию схем движения и расстановки флота возможно осуществить, применив подход к моделированию рассмотренный ниже. Предложенная экономико-математическая модель задачи формирования схем движения позволяет учесть род груза и не требует построения вариантов схем движения вне модели, а лишь задания определенных балластных переходов.

В качестве параметров управления при данных условиях принимаются показатели на участке, а не на схеме движения. Увязка участков работы флота (груженых и балластных) в замкнутые схемы движения обеспечивается вводимой в модель группой ограничений – уравнениями баланса судопотоков.

Задача формирования схем движения для организации работы судов на линии формулируется следующим образом. В рассматриваемом периоде, на ряде участков, определенных из экономико-математической модели задачи отбора участков [9], предъявляется к перевозке величина груза  $Q$  тыс. т. Для выполнения этих перевозок как и прежде использу-

ются суда, ( $i = 1, 2$ ) выбранные в ходе решения экономико-математической модели задачи отбора судов [10], для которых установлены затраты времени  $t_{\alpha\beta}^{ir}$  в сут, загрузки  $q_{\alpha\beta}^{ir}$  в тыс. т на каждом участке. Общее количество предъявленного груза все так же больше, нежели возможности флота по его перевозке, а бюджет времени в эксплуатации судов каждого типа составляет  $T_1, T_2$  судо-сут. как и для задачи [10].

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{r=0}^R \sum_{\alpha\beta \in G} c_{\alpha\beta}^{ir} \cdot x_{\alpha\beta}^{ir} \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\sum_{\alpha\beta \in G} \sum_{r=0}^R t_{\alpha\beta}^{ir} \cdot x_{\alpha\beta}^{ir} = T^i, \quad (i = \overline{1, m}); \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m q_{\alpha\beta}^{ir} \cdot x_{\alpha\beta}^{ir} \leq Q_{\alpha\beta}^r, \quad (r = \overline{1, R}; \alpha, \beta \in G); \quad (3)$$

$$\sum_{j \in G_{\beta}^{+}} \sum_{r=0}^R x_{j\beta}^{ir} = \sum_{k \in G_{\beta}^{-}} \sum_{r=0}^R x_{\beta k}^{ir}, \quad (i = \overline{1, m}; \beta \in G); \quad (4)$$

$$x_{\alpha\beta}^{ir} \geq 0, \quad (i = \overline{1, m}; r = \overline{0, R}; \alpha, \beta \in G); \quad (5)$$

где  $x_{\alpha\beta}^{ir}$  – число рейсов, которое совершают суда  $i$ -го типа с грузом  $g$  на участке  $\alpha\beta$ ;

$t_{\alpha\beta}^{ir}$  – затраты времени судов  $i$ -го типа с грузом  $g$  на участке  $\alpha\beta$ ;

$q_{\alpha\beta}^{ir}$  – загрузка судов  $i$ -го типа с грузом  $g$  на участке  $\alpha\beta$ ;

$c_{\alpha\beta}^{ir}$  – прибыль судов  $i$ -го типа с грузом  $g$  на участке  $\alpha\beta$ ;

$T_i$  – эксплуатационный период работы судов  $i$ -го типа;

$Q_r^{\alpha\beta}$  – прогнозируемый объем грузопотока на участке  $\alpha\beta$ ;

$G$  – множество корреспондирующих портов;

$G_{\beta}^{+}$  – подмножество портов множества  $G$ , которые являются начальными для груженых и балластных участков, и заканчивающихся в порту  $\beta$ ;

$G_{\beta}^{-}$  – подмножество портов множества  $G$ , которые являются конечными для груженых и балластных участков, и начинающихся в порту  $\beta$ ;

$\alpha, \beta, j, k$  – совокупность корреспондирующих портов.

В приведенной экономико-математической модели задачи формирования схем движения, для организации работы универсальных судов на линии, выделены следующие ограничения (1)-(5):

(1) – целевая функция, обеспечивающая получение максимальной прибыли от перевозки грузов;

(2) – комплекс уравнений, отражающих условия, при которых суда могут эксплуатироваться ровно столько времени, сколько предусмотрено эксплуатационным периодом;

(3) – совокупность неравенств, при которых выполнение перевозок на направлениях осуществляется в объемах, не превышающих заданные;

(4) – группа уравнений, отражающих баланс судопотоков, при котором число судорейсов заканчивающихся в каждом порту, для судов каждого типа должно равняться числу начинающихся в нем судорейсов;

(5) – условие неотрицательности переменных.

Таким образом, в соответствии с результатами, полученными в ходе решения экономико-математической модели задачи формирования схем движения для организации работы тоннажа на линии, создаются замкнутые схемы движения. Следовательно, на следующем этапе можно приступить к составлению расписания работы флота. Соответственно, этим и будет обусловлен дальнейший ход исследований. В них будет использован опыт и применены результаты, полученные в ходе проведения работ [8-10]. Это позволит осуществить процедуру формирования расписаний работы универсальных судов в линейном судоходстве.

### **Выводы**

1. Сформулирован состав и взаимосвязь задач, требующих своевременного решения для осуществления расстановки флота и построения схем движения для последующей организации работы судов на линии.

2. Выявлено, что на сегодняшний день вопросы выполнения рациональной расстановки судов и формирования схем движения актуальны и представляют интерес для участников транспортного процесса в современной конкурентной среде.

3. Предложена экономико-математическая модель задачи формирования схем движения адекватных современным условиям, для последующей организации работы флота на линии.

4. Сформирована методологическая база, позволяющая приступить непосредственно к этапу формирования расписания работы универсальных судов в линейном судоходстве.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуревич Г.Е. Организация работы морского флота. – М., 1961. – 355 с.
2. Володин А.А. Модель расстановки крупнотоннажного флота и ее реализация: Сб. научн. трудов Союзморниипроекта. – М.: Транспорт, 1976. – Вып 39(45). – С 55-60.
3. Конвей Р.В., Максвелл В.Л., Миллер Л.В. Теория расписаний. – М.: Гл. ред. физ.-математ. лит-ры изд-ва "Наука", 1975.
4. Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я.М. Теория расписаний. Одностадийные системы. – М.: Наука, 1984.
5. Левин В.И. Структурно-логические методы в теории расписаний. Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2006.
6. Шиббаев А.Г. Экономико-математическое моделирование процессов перевозки грузов флотом морского пароходства Дис... д-ра техн. наук А.Г. Шиббаева. – Одесса: ОНМУ, 1996. – 300 с.
7. Johnson S.M. Optimal two- and three-stage production schedules with setup times included, Naval Res. Log. Quart. 1954. P. 61-68.
8. Вишневский Д.О. Система формирования расписаний в линейном судоходстве // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ. – Вып 36. – С 35-47.
9. Вишневский Д.О. Обоснование состава участков для организации работы судов на линии // Сб. научн. трудов по материалам международной научно-практ. конф. «Современные направления теоретических и прикладных исследований `2013». – Одесса: ОНМУ, 2013. – Т. 1. – Вып 3. – С.54-58.
10. Вишневский Д.О. Обоснование состава флота для организации его работы на линии // Судовождение: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМА. – Вып 22. – С 58-65.

Стаття надійшла до редакції 20.09.2013

#### Рецензенти:

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Організація митного контролю на транспорті» Одеського національного морського університету **С.П. Онищенко**

кандидат технічних наук, професор Одеської національної морської академії **І.М. Петров**