



УДК: 656.022:06.049:658.513.3

## ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА УЧАСТКОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ СУДОВ НА ЛИНИИ

**Вишневский Д.О.**

*Одесский национальный морской университет*

*В статье рассматривается процесс организации линии, а именно этап выбора участков, где в дальнейшем будет осуществляться работа универсальных судов. Произведена оценка текущей ситуации в сфере линейного судоходства. Выделена совокупность причин, по которым вопросы поиска наилучшего маршрута, при работе судов по расписанию в линейном судоходстве, представляют существенный интерес для участников транспортного процесса в современной, динамично изменяющейся конкурентной среде. Рассмотрен ряд научных публикаций, посвященных вопросам отбора оптимального маршрута. Предложена экономико-математическая модель задачи выбора участков, для последующей организации линии. Отмечены принципиальные отличия данного метода от существующей практики в вопросах маршрутизации. Определена роль и место задачи нахождения участков в рамках системы формирования расписаний в линейном судоходстве. Отражены перспективы дальнейшего применения результатов данного исследования в сфере организации работы универсальных судов по расписанию.*

*Ключевые слова: транспортный процесс, линейное судоходство, тоннаж, порты захода, грузоподъемность, грузместимость, универсальные суда, система формирования расписаний в линейном судоходстве.*

**Введение.** Ритмичность работы всех звеньев перевозочного процесса на линии, имеет особо важное значение. Она предполагает своевременную подачу судов в порты под погрузку и выгрузку, строгое выполнение требований по срокам и качеству обслуживания судов, подготовке их к выходу в рейс и сдаче в эксплуатацию после ремонта.

Четкая и слаженная работы морских портов по обработке и обслуживанию морских судов в значительной мере зависит от формы движения флота [1].

Равномерная и своевременная подача судов в порт, с учетом его производственных возможностей, способствует лучшему обращению товарно-денежных потоков, а также обуславливает повышение провозной способности флота.

**Актуальность.** Актуальность данной темы обуславливается заинтересованностью участников транспортного процесса в новых, более эффективных способах выбора участков для формирования структуры линии.

Вопросам определения оптимальных маршрутов следования транспортных средств посвящено множество научных работ [2-11]. В каждой из них рассматривался свой метод по выявлению наилучшей схемы следования транспорта. В данной работе предлагается актуальный для современной конкурентной среды метод по отбору участков, на которых будет организована работа линейного флота по расписанию. В соответствии с системой формирования расписаний в линейном судоходстве [12], на каждой стадии формирования линии осуществляется рассмотрение исключительно тех факторов, которые представляют актуальность в настоящий период времени. Поэтому, в предложенном в статье методе, главным образом фокусируется внимание на наиболее важных для этого этапа аспектах транспортного процесса.

**Цель работы.** Разработка экономико-математической модели задачи отбора участков, при формировании новой линии.

**Основной материал.** Сущность организации перевозочного процесса и работы морского флота состоит в приведении в строгую систему деятельности подразделений морского транспорта – судоходных компаний и инфраструктуры морского бизнеса, тем или иным образом связанной с осуществлением перевозочного процесса [13]. Основой формирования этой системы является совокупность мероприятий, которые направлены на достижение наилучших результатов использования флота в перевозочном процессе при доставке грузов и экспорте транспортных услуг.



В статті розглядається процедура вибору найкращого складу ділянок, які в подальшому сформують основу лінії, для організації роботи універсальних судів по розписанню. Наслідково, в ході роботи, основне увагу буде звернено на ті елементи системи в роботі морського флоту, які мають найбільший пріоритет при вивченні даного процесу.

Таким чином, при наявності даних, отриманих в результаті рішення задачі вибору і обґрунтування тоннажа [14], стає можливим приступити до наступного кроку [12,15] – визначенню потенціальних портів заходу і вибору ділянок руху судів.

Ділянки, які в подальшому складуть основу лінії, розташовані на проектному напрямку. З усіх можливих варіантів повинні бути обрані ті з них, на яких суди будуть працювати з найбільшою ефективністю. Критерієм ефективності в даному випадку буде виступати максимальна прибуток.

При здійсненні перевезок на ділянках, суди можуть транспортувати строго регламентовану кількість вантажу, як по вантажопідйомності, так і по вантажовмістимості.

Час впродовж якого суди можуть працювати на ділянках, обмежено експлуатаційним періодом. Внаслідок цього, необхідно спланувати роботу флоту таким чином, щоб за встановлений термін суди змогли показати найкращий результат роботи.

Також слід врахувати, що кількість вантажу, який суди можуть перевезти на кожному з ділянок не безмежно. Наслідково, не можна вивезти з кожного порту більше вантажу, ніж пред'явлено до перевезки.

Таким чином, необхідно знайти таке рішення, яке дозволило б обмеженому числу судів перевезти як можна більше кількість вантажу, по можливості задовольнити потреби в перевезках на пред'явлених ділянках, і при цьому не вийти за межі експлуатаційного періоду.

Подібний підхід дозволить виявити ділянки, на яких суди здійснювали перевезки найбільш ефективно. Наслідково, і прибуток від роботи на них також буде вище. Дані ділянки і сформують в подальшому основу лінії.

В розглядуваному періоді представлений ряд ділянок з кількістю вантажу  $Q_r^{\alpha\beta}$  тис. т і тарифними ставками  $f_{ir}^{\alpha\beta}$ . Для виконання цих перевезок використовуються суди, попередньо обрані в задачі вибору тоннажа [14]  $i = \overline{1, m}$ , але вже з нормативами завантаження  $q_{\alpha\beta}^{ir}$  в тис. т і вже для ряду ділянок з проектного напрямку. Загальна кількість пред'явленого вантажу все так же більше, ніж можливості флоту по його перевезці, а бюджет часу в експлуатації судів кожного типу становить  $T_1, T_2$  судосут.

$$Z = \sum_{\alpha\beta=1}^m \sum_{r=1}^R q_{ir}^{\alpha\beta} \cdot f_{ir}^{\alpha\beta} \cdot x_{ir}^{c\alpha\beta} + \sum_{\alpha\beta=1}^m \sum_{r=1}^R q_{ir}^{\alpha\beta} \cdot f_{ir}^{am-c\alpha\beta} \cdot x_{ir}^{m-c\alpha\beta} + \sum_{\alpha\beta=1}^m \sum_{r=1}^R q_{ir}^{\alpha\beta} \cdot f_{ir}^{\delta-c\alpha\beta} \cdot x_{ir}^{a\delta-c\alpha\beta} \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\sum_{r=1}^R q_{ir}^{\alpha\beta} \cdot x_{ir}^{\alpha\beta} \leq D_q^i, \text{ для } U_i \leq \omega (i = 1, m'; m'+1, m); \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^R U_{ir}^{\alpha\beta} \cdot q_{ir}^{\alpha\beta} \cdot x_{ir}^{\alpha\beta} \leq W_k^i, \text{ для } U_i > \omega (i = 1, m'; m'+1, m); \quad (3)$$



$$\sum_{\alpha\beta=1}^R \sum_{r=1}^m t_{ir}^{\alpha\beta} \cdot x_{ir}^{\alpha\beta} = T_i, (i = \overline{1, m}); \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m q_{ir}^{\alpha\beta} \cdot x_{ir}^{\alpha\beta} \leq Q_r^{\alpha\beta}, (r = \overline{1, R}); \quad (5)$$

$$\sum_{\alpha\beta=1}^m \sum_{i=1}^m f_{ir}^{\alpha\beta} \cdot t_{ir}^{\alpha\beta} \cdot x_{ir}^{\alpha\beta} + \sum_{\alpha\beta=1}^m \sum_{i=1}^m f_{ir}^{\alpha\beta} \cdot t_{ir}^{\alpha\beta} \cdot x_{ir}^{\alpha\beta} \leq K_i \quad (6)$$

$$x_{ir}^{\alpha\beta} \geq 0, (i = \overline{1, m}; r = \overline{1, R}); \quad (7)$$

$$X_{ir}^{\alpha\beta} = \begin{cases} 1, & \text{если судно типа } i \text{ с грузом } r \text{ осуществляет работу на участке } \alpha\beta; \\ 0, & \text{если судно типа } i \text{ с грузом } r \text{ не работает на участке } \alpha\beta \end{cases}$$

где  $x_{ir}^{\alpha\beta}$  – булева переменная, выражающая будет ли работать ли судно типа  $i$  с грузом  $r$  на участке  $\alpha\beta$ ;  $q_{ir}^{\alpha\beta}$  – загрузка судна типа  $i$  с грузом  $r$  на участке  $\alpha\beta$ ;  $f_{ir}^{\alpha\beta}$  – тарифная ставка за перевозку одной тонны груза партии  $r$  судном типа  $i$  на участке  $\alpha\beta$ ;  $D_c^i$  – чистая грузоподъемность судов типа  $i$ ,  $W_\kappa^i$  – грузоподъемность судов типа  $i$ ;  $U_i$  – удельно-погрузочный объем судна типа  $i$ ;  $\omega$  – удельная грузоподъемность;  $T_i$  – эксплуатационный период работы судов типа  $i$ ;  $K_i$  – денежные средства для аренды новых судов типа  $i$  как в тайм-чартер так и в бербоут-чартер;  $Q_r^{\alpha\beta}$  – прогнозируемый объем грузопотока на участке  $\alpha\beta$ .

(1) – целевая функция, при которой достигается максимальный доход от работы всех судов на всех участках.

(2) – ограничение, при котором количество груза по массе для каждого судна строго регламентировано и не должно превышать его чистую грузоподъемность.

(3) – ограничение, отражающее, что количество груза по объему для каждого судна строго регламентировано и не должно превышать его грузоподъемность.

(4) – группа уравнений, обозначающая, что суда могут эксплуатироваться ровно столько времени сколько предусмотрено эксплуатационным периодом.

(5) – при данном ограничении, выполнение перевозок на направлениях осуществляется в объемах не превышающих заданных.

(6) – суть данного ограничения состоит в том, что расход денежных средств на взятие судов в тайм-чартер и бербоут-чартер не должен превышать выделенной на это суммы.

(7) – условие неотрицательности переменных.

В результате решения данной экономико-математической модели задачи мы получаем конкретные участки, которые в дальнейшем и составят основу проектной линии. Следовательно, руководствуясь данными полученными в ходе решения задачи отбора тоннажа [14] и задачи отбора участков, можно приступить к следующему шагу, где уже из участков будут составляться схемы движения судов компании [12,15].

Таким образом, по результатам данной работы можно сформулировать методику организации работы судов на участках планируемой линии. Анализ текущей ситуации в морской отрасли, показал отсутствие существенных изменений в сфере линейного судоходства за последнее время. Выявлена важность правильного отбора участков линии для обеспечения надежности и целостности расписаний работы судов. Сделан вывод о том, что участники морского транспортного процесса заинтересованы в современных, гибких способах формирования расписаний для сегодняшней конкурентной среды. Так же, проведенные исследования позволяют выделить ряд вопросов первоочередной



значимости, требующих своевременного рассмотрения для должной организации работы судов на участках линии.

Перспективы проведения дальнейших исследований в данном направлении, находят свое отражение в самой структуре системы формирования расписаний в линейном судоходстве [12]. Взаимосвязь элементов данной системы с задачей отбора участков, где в дальнейшем будет организована работа универсальных судов по расписанию, можно увидеть на рис. 1.

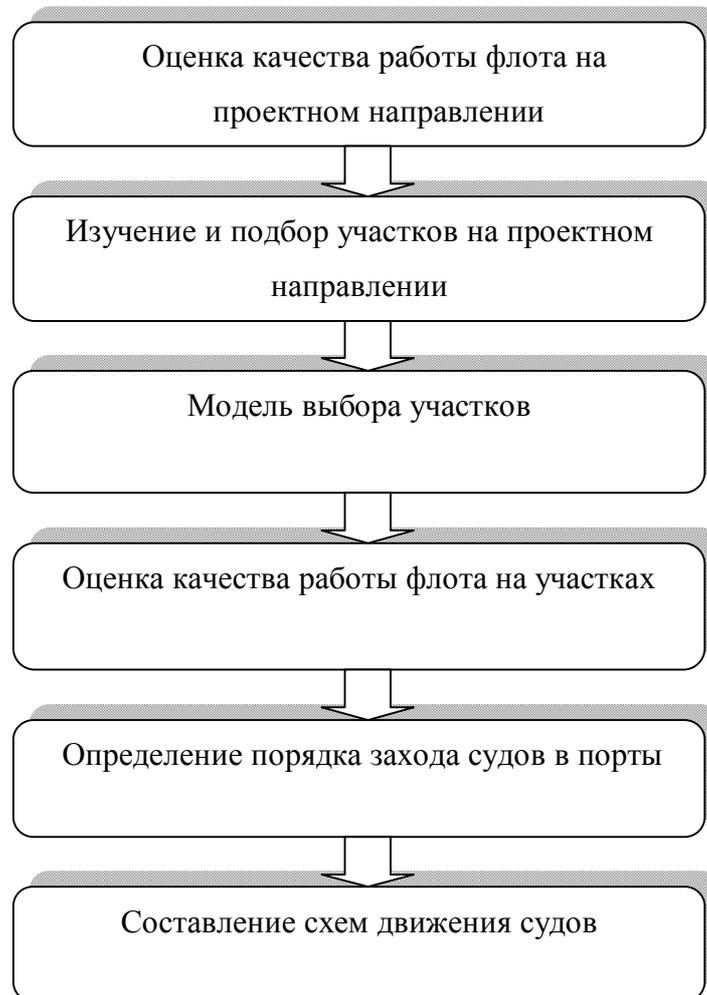


Рисунок 1 – Задача отбора участков и её взаимосвязь с элементами системы формирования расписаний в линейном судоходстве

Следовательно, полученные в ходе работы результаты послужат основой для осуществления очередного этапа данной системы – формирования схем движения судов. Данная стадия будет включать в себя оценку качества работы тоннажа и очередности захода судов в порты, а также постановку очередной экономико-математической модели задачи. Таким образом и будет определен дальнейший ход исследований.

**Выводы:**

1. Определена методика отбора участков, для организации работы судов на линии.
2. Исследован комплекс вопросов, требующих рассмотрения для осуществления процедуры выбора участков.
3. Изучен ряд научных изысканий, где рассматривалась методика поиска наилучшего маршрута следования транспортных средств.
4. Сделан вывод об актуальности разработки новых способов отбора участков линии в современных условиях.



5. В соответствии с разработанным [12] комплексом задач для системы формирования расписаний в линейном судоходстве при современных условиях, предложена экономико-математическая модель задачи отбора участков для формирования линии.

6. По результатам проведенных в работе исследований, в дальнейшем будет сформирована база для постановки и решения задачи построения схем движения универсальных судов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробцов В. И. Техническое обслуживание и ремонт флота / В. И. Коробцов. – М. : Транспорт, 1965. – 196 с.
2. Конвей Р. В. Теория расписаний / Р. В. Конвей, В. Л. Максвелл, Л. В. Миллер. – М. : Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1975.
3. Левин В. И. Структурно-логические методы в теории расписаний / В. И. Левин. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2006.
4. Танаев В. С. Теория расписаний. Одностадийные системы / В. С. Танаев, В. С. Гордон, Я. М. Шафранский. – М. : Наука, 1984.
5. Ананий В. Левитин. Метод грубой силы : Задача коммивояжера // Алгоритмы : введение в разработку и анализ. – М. : Вильямс, 2006. – С. 159-160.
6. Томас Х. Кормен. Алгоритмы: построение и анализ / Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. – М. : «Вильямс», 2006. – С. 1296.
7. Мудров В. И. Задача о коммивояжере / В. И. Мудров. – М. : «Знание», 1969. – С. 62.
8. Тарасова В. А. Оптимизация маршрутов движения товарно-материальных ценностей в интегрированной цепи поставок производственно-строительного комплекса. кандидат технических наук : дисс.... канд. техн. наук / В. А. Тарасова. – Уфа. 2008. – 120 с.
9. Яковлева Т. А. Целочисленная мультиноменклатурная оптимизационная задача маршрутизации транспортных средств с ограничениями на перевозку // Современные проблемы науки и образования. – Уфа : ГОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», 2011. – № 5.
10. Пожидаев М. С. Алгоритмы решения задачи маршрутизации транспорта : дисс. ... канд. техн. наук / М. С. Пожидаев. – Томск, 2010. – 136 с.
11. Обобщенная модель перевозочного процесса на автомобильном транспорте (комплексная задача маршрутизации перевозок) / А. А. Аникеич, А. Г. Грибов // Применение математики в экономике : Межвузовский сборник – Л. : Изд-во ЛГУ, 1967. – 136 с.
12. Вишневский Д. О. Система формирования расписаний в линейном судоходстве / Д. О. Вишневский // Вісник Одеського національного морського університету : Зб. наук. праць. – Одеса : ОНМУ. – Вип 36. – С. 35-47.
13. Союзов А. А. Организация и планирование работы морского флота / А. А. Союзов. – М. : Морской транспорт, 1979. – 416 с.
14. Вишневский Д. О. Обоснование состава флота для организации его работы на линии / Д. О. Вишневский // Судовождение : Зб. наук. праць. – Одеса : ОНМА. – Вип. 22. – С. 26-31.
15. Вишневский Д. О. Планирование работы судов по расписанию в линейном судоходстве / Д. О. Вишневский // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований – 2013». – Одесса : ОНМУ, 2013. – Том 1. – С. 67-71.



**Вишневський Д.О. ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ДІЛЯНОК ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ СУДЕН НА ЛІНІЇ**

*У статті розглядається процес організації лінії, а саме етап вибору ділянок, де в подальшому буде здійснюватись робота універсальних суден. Виконано оцінку поточної ситуації в сфері лінійного судноплавства. Виділена сукупність причин, за якими питання пошуку найкращого маршруту, при роботі суден за розкладом в лінійному судноплавстві, представляють істотний інтерес для учасників транспортного процесу в сучасному, конкурентному середовищі, що динамічно змінюється. Розглянуто ряд наукових досліджень, присвячених питанням вибору оптимального маршруту. Запропоновано економіко-математичну модель задачі вибору ділянок, для подальшої організації лінії. Відзначені принципові відмінності даного методу від існуючої практики в питаннях маршрутизації. Визначено роль і місце задачі знаходження ділянок в рамках системи формування розкладів в лінійному судноплавстві. Відображено перспективи подальшого застосування результатів даного дослідження в сфері організації роботи універсальних суден за розкладом.*

*Ключові слова: транспортний процес, лінійне судноплавство, тоннаж, порти заходу, вантажопідйомність, вантажомісткість, універсальні судна, система формування розкладів в лінійному судноплавстві.*

**Vishnevskiy D. O. GROUNDING OF THE AREA STRUCTURE FOR ORGANIZATION OF THE VESSELS OPERATION WITHIN THE LINE**

*The article describes the process of lines organization, namely the area selection stage, where general cargo vessels will perform their further work. An estimation of the current situation in liner shipping is performed here as well. A set of reasons was highlighted, which clarify why the questions of the best route finding for the vessels working within the schedule in liner shipping, are of significant interest to the participants of transport process in a modern, rapidly changing competitive environment. Here is also considered a number of scientific researches, devoted to the issues of the optimal route finding. An economic-mathematical model of the area selection for the subsequent organization of the line is also proposed here. This article specifies principal differences of this method from the existing practice in the issues of routing. Here were also defined the role and the place of the area finding issue within the system of the schedule formation in the liner shipping. The perspectives for the further application of the results of this study in the organization of the general cargo vessels within schedule are also reflected in the article.*

*Keywords: transport process, liner shipping, tonnage, ports of call, carrying capacity, shipload, general cargo vessels, the system of the schedule formation in the liner shipping.*

Статтю прийнято  
до редакції 29.10.2013