

DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-5-651-658

MATHEMATICAL MODEL FOR PLANNING THE OPERATION OF TOWING FLEET FOR HANDLING SHIPS ON THE REID

T. E. Malikova, E. S. Timoshek

Maritime State University named after Admiral G. I. Nevelskoi,
Vladivostok, Russian Federation

The problem of the optimal arrangement of the auxiliary fleet of a small shipping company that transports supply cargoes in the regions of the Eastern Arctic is discussed in the paper. The «small shipping company» term in the framework of the study means that the transport company has a small number of vessels (from two to three) under its management and carries out cargo transportation in one single direction. Since mathematical modeling and model experiment make it possible to speed up the process of making a managerial decision and bring it to a higher quality level, it is proposed, within the framework of the developed methodological support for the planning and management of the fleet of a small shipping company, to use one of the mathematical models of production planning of maritime transport and adapt it to the investigated technological process. It is known that one of the conditions for the successful development of the sea freight transport system and infrastructure modernization is the optimal use of the port fleet resources. For this reason, the object of optimization for the mathematical model is the process of performing offshore transshipment operations using the resources of the port fleet. The result of the study is a mathematical model for the arrangement of barges for the carriage of goods on a raid, which allows, among other things, to determine the optimal need for each type of available floating craft for handling ships arriving for unloading. When distributing the tug fleet, the option of attaching the thrust to the tonnage was considered, in which the tug changes the vessel in each port of the line, thereby achieving the maximum degree of utilization and the minimum costs for the maintenance of the tug per ton of cargo.

Keywords: sea transport, raid port, simulation, fleet management, loading operations.

For citation:

Malikova, Tatiana E., and Elena S. Timoshek. "Mathematical model for planning the operation of towing fleet for handling ships on the reid." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 13.5 (2021): 651–658. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-5-651-658.

УДК 656.614.34

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ БУКСИРНОГО ФЛОТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СУДОВ НА РЕЙДЕ

Т. Е. Маликова, Е. С. Тимошек

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского,
Владивосток, Российская Федерация

В статье рассмотрена задача оптимальной расстановки вспомогательного флота малой судоходной компании, осуществляющей перевозку грузов снабжения в районах Восточной Арктики. В рамках проводимого исследования дано пояснение термина «малая судоходная компания», согласно которому транспортная компания имеет в своем управлении малое количество судов (от двух до трех) и осуществляет перевозки груза в одном-единственном направлении. В связи с тем, что математическое моделирование и модельный эксперимент позволяют ускорить процесс принятия управленческого решения и вывести его на более качественный уровень, в рамках разрабатываемого методического обеспечения процессов планирования и управления работой флота малой судоходной компании предложено использовать одну из математических моделей производственного планирования морского транспорта, адаптировав ее под исследуемый технологический процесс. Поскольку известно, что одним из условий успешного развития системы морских грузовых перевозок и модернизации инфраструктуры является оптимальное использование ресурсов портового флота, объектом оптимизации математической модели является процесс производства рейдовых перегрузочных операций с использованием ресурсов портового флота. Результатом исследования является математическая модель расстановки барж для перевозки грузов на рейде, позволяющая в том числе определять оптимальную

потребность каждого типа имеющихся плавсредств для обработки прибывающих под разгрузку судов. При распределении буксирного флота был рассмотрен вариант закрепления тяги за тоннажем, при котором буксир сменяет судно в каждом порту линии, достигая тем самым максимальной степени использования и минимальных расходов по содержанию буксира, приходящихся на тонну груза.

Ключевые слова: морской транспорт, рейдовый порт, моделирование, управление работой флота, перегрузочные операции.

Для цитирования:

Маликова Т. Е. Математическая модель планирования работы буксирного флота для обработки судов на рейде / Т. Е. Маликова, Е. С. Тимошек // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 5. — С. 651–658. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-5-651-658.

Введение (Introduction)

Порты Северного морского пути являются уникальными транспортными объектами ввиду широкого охвата социально-экономических, транспортных, инфраструктурных и технических, вопросов организации их работы, а также эффективного управления и обязательного учета влияния агрессивной окружающей природной среды на производственный процесс. Развитие инфраструктуры северных портов [1] и вспомогательного флота [2], [3], позволяющего выполнять грузовые операции на необорудованных берегах Арктических и Субарктических морей, требует значительных финансовых вложений, что определяет высокую цену ошибочно принятого решения. Техническое оснащение морских терминалов без проведения прогнозного анализа рыночной ситуации и востребованности транспортных продуктов [4] может оказаться в данном случае как недостаточным, так и избыточным, что в конечном итоге приведет к моральному старению уже имеющейся в наличии инфраструктуры либо невостребованности вновь приобретаемой. Наиболее важной и сложной задачей является комплексная оптимизация технологических процессов работы флота [5]–[7] и морского порта [8]–[10], а также планирование и прогнозирование их развития для качественного принятия решений по модернизации инфраструктуры и сохранения уровня прибыльности. Как известно, одним из условий успешного развития системы морских грузовых перевозок и модернизации инфраструктуры является оптимальное использование ресурсов портового флота и грузовых терминалов.

Поскольку для формирования транспортной инфраструктуры необходимы качественная и количественная оценки взаимодействия «*стационарный флот — береговая инфраструктура (порт)*», в процессе исследования необходимо применять различные модели и методы на основе системного многокритериального анализа. Обзор иностранных научных источников, посвященных математическому моделированию технологических процессов морского транспорта, показал, что при принятии управленческих решений наибольшее распространение получили *методы регрессионного анализа*. При этом основными критериями оптимальной работы флота являются следующие регрессионные зависимости: зависимость суточного расхода топлива от мощности главного двигателя [11] и зависимость от дедвейта [12], [13]. В отечественных источниках широкое применение получили хорошо зарекомендовавшие себя методы имитационного моделирования с использованием такого основного критерия оптимальности, как производительность технологических операций [14]–[16], а также методы исследования операций с традиционными критериями оптимальности: максимизацией прибыли, минимизацией расходов или максимизацией объемов перевозок [17], [18]. Последний из трех указанных математических аппаратов был выбран в качестве инструментария для создания методического обеспечения процессов планирования и управления работой флота малой судоходной компании.

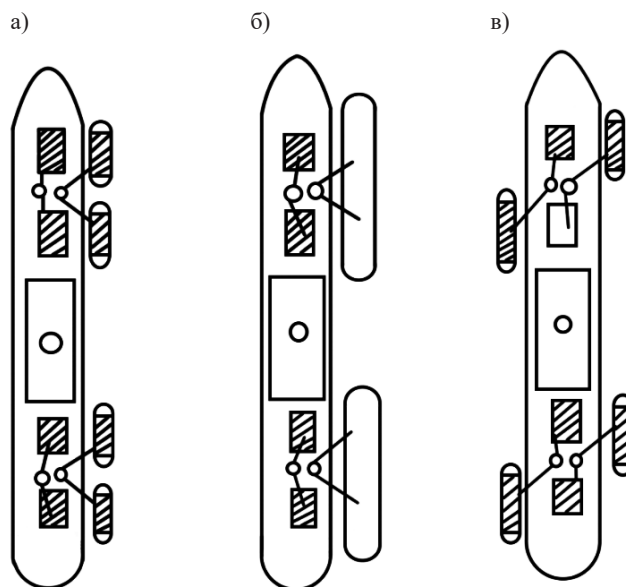
В контексте данного исследования термин «малая судоходная компания» означает, что исследуемая компания владеет малым количеством судов, но не менее двух, либо арендует флот, при этом осуществляя перевозки в одном-единственном направлении [19]. Следует отметить, что на российском рынке морских перевозок грузов снабжения для Восточной Арктики работают

в основном судоходные компании, подпадающих под данное определение. Исходя из этого при разработке методического обеспечения необходимо описать на формализованном языке не только процесс управления работой транспортного флота [20]–[22], но и процесс организации обработки судов на рейде силами портового флота в условиях его дефицита. Целью проведенного в данной статье исследования является частная задача расстановки вспомогательного флота и ее формализация.

Методы и материалы (Methods and Materials)

При производстве рейдовых перегрузочных операций плавсредства швартуются вдоль борта судна. Их расстановку необходимо выполнять с учетом одновременного использования максимального количества судовых грузовых средств. Кроме того, необходимо учитывать удобство подхода и отхода плавсредств от борта судна. При наличии волнения швартовка разрешена только со стороны подветренного борта. Расстановка у одного борта влечет за собой дополнительные трудозатраты по ручной разноске груза вдоль плавсредств. В хорошую погоду оптимальной является расстановка плавсредств у борта судна в шахматном порядке, т.е. с одного борта — на четные номера люков, с другого — на нечетные номера. Такая схема расстановки обеспечивает возможность быстрого и легкого продвижения плавсредств вдоль борта судна. Количество плавсредств, которые одновременно могут быть размещены вдоль борта судна, зависит от их размеров и размеров самого судна.

Для простоты дальнейших рассуждений примем, что с одного борта могут швартоваться одновременно четыре малых или два больших плавсредства. Таким образом, получим три варианта схем расстановки плавсредств судна, при этом варианты 1 и 2 (схемы *а* и *б*) используются при плохих погодных условиях, вариант 3 (схема *в*) — в хорошую погоду.



Схемы расположения плавсредств у судна:
а — с одного борта на каждый люк; *б* — с одного борта на смежные люки;
в — с обоих бортов в шахматном порядке

Постановка задачи. Для организации обработки судов на рейде с помощью плавсредств портовый флот располагает определенным числом барж двух типов. Будем называть их «малое плавсредство» и «большое плавсредство». Как отмечалось ранее, по условиям эксплуатации технологические схемы расстановки барж зависят от волнения моря и размеров используемых плавсредств. Следовательно, каждая из рассматриваемых схем (см. рисунок) обладает определенным набором барж разных типов, которые одновременно пришвартованы под разгрузку. Соответствующие каждой схеме наборы барж будем называть «буксирным возом». Входные параметры модели представлены в виде табл. 1.

Таблица 1

Принятые обозначения математической модели

Тип баржи	Грузоподъемность, т	Состав «буксирного воя» для каждой схемы, шт.			Количество барж, шт.
		1-я схема	2-я схема	3-я схема	
Малое плавсредство	q_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	N_1
Большое плавсредство	q_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	N_2

Примечание. Если данный тип баржи не входит в состав буксирного воя рассматриваемой схемы, то соответствующий ему коэффициент a_{ij} равен нулю.

Требуется распределить имеющиеся у портового флота баржи по трем схемам так, чтобы общая грузоподъемность «буксирных воев» была наибольшей.

Результаты (Results)

Согласно общеизвестной классификации математических моделей исследования операций [23, с. 19], в данной постановке рассматриваемая задача относится к классу «задача производственного планирования морского транспорта». Следовательно, ее математическая модель (целевая функция, ограничения на ресурсы и условие неотрицательности переменных) должна быть сформирована следующим образом. Поскольку в качестве целевой функции выбрано условие «общая грузоподъемность воев наибольшая», за параметры управления примем x_j — количество буксирных воев, формируемых для каждой из трех схем, и рассчитаем грузоподъемность для каждой из технологических схем (см. рисунок и табл. 1). В результате получим целевую функцию математической модели (табл. 2).

Таблица 2

Построение целевой функции математической модели

Вариант схемы	Грузоподъемность «буксирного воя», т	Параметры управления
1	$q_1 a_{11} + q_2 a_{21}$	x_1 — количество воев, работающих в 1-й схеме
2	$q_1 a_{12} + q_2 a_{22}$	x_2 — количество воев, работающих во 2-й схеме
3	$q_1 a_{13} + q_2 a_{23}$	x_3 — количество воев, работающих в 3-й схеме
Целевая функция математической модели		
Общая грузоподъемность воев		$Z = (q_1 a_{11} + q_2 a_{21}) x_1 + (q_1 a_{12} + q_2 a_{22}) x_2 + (q_1 a_{13} + q_2 a_{23}) x_3 \rightarrow \max$

Лимитирующим параметром, ограничивающим ресурсы для данной задачи, является имеющееся у портового флота количество N_i барж каждого типа. По условию задачи имеются в наличии два типа барж. Рассчитаем необходимое для всех рассматриваемых схем количество барж типа «малое плавсредство»:

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + a_{13} x_3. \quad (1)$$

Полученная величина не должна превышать имеющееся количество барж типа «малое плавсредство», т.е. имеем следующие неравенство:

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + a_{13} x_3 \leq N_1. \quad (2)$$

Рассуждая аналогично для барж типа «большое плавсредство», получим второе неравенство системы ограничений:

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 \leq N_2. \quad (3)$$

Также математическую модель необходимо дополнить условием неотрицательности переменных:

$$x_j \geq 0. \quad (4)$$

Последнее неравенство является областью определения рассматриваемой задачи, смысловой нагрузкой которой является следующее условие: *количество ввозов, планируемых для каждой из трех схем, не может быть числом отрицательным.*

В результате ранее приведенных рассуждений был выполнен переход от словесной постановки задачи к ее математической модели. Таким образом, имеем следующую модель:

Целевая функция:

$$Z = (q_1 a_{11} + q_2 a_{21})x_1 + (q_1 a_{12} + q_2 a_{22})x_2 + (q_1 a_{13} + q_2 a_{23})x_3 \rightarrow \max. \quad (5)$$

Система ограничений на ресурсы:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 \leq N_1;$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 \leq N_2. \quad (6)$$

Условие неотрицательности переменных:

$$x_j \geq 0. \quad (7)$$

Обсуждение (Discussion)

В процессе моделирования было сделано допущение, что портовый флот обладает достаточным количеством барж для обеспечения разгрузки судов на необорудованный берег. Однако большинство рейдовых пунктов недостаточно обеспечено плавсредствами из-за незначительного грузооборота, т.е. задача должна решаться при условии дефицита флота. При этом возникает противоречие между постановкой задачи и фактическими условиями работы, которое можно легко устранить при условии, если учесть, что рейдовые порты и пункты Дальнего Востока расположены по побережьям на сравнительно небольшом расстоянии друг от друга. Поэтому суда, доставляющие снабжение в эти пункты, обычно делают несколько судозаходов в последовательно расположенные порты и разгружаются в каждом из них. Из-за небольших расстояний между пунктами выгрузки при моделировании можно рассматривать портовый флот не каждого из корпунктов в отдельности, а как совокупность плавсредств, принадлежащих множеству всех пунктов судозаходов. С учетом данного обстоятельства получим обобщенную модель планирования работы буксирного флота для обработки судов на рейде:

$$\begin{aligned} Z &= \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m q_i a_{ij} x_j \rightarrow \max; \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &\leq N_i, (i = \overline{1; m}); \\ x_{ij} &\geq 0, \end{aligned} \quad (8)$$

где Z — общая грузоподъемность буксирных ввозов;

q_i — грузоподъемность i -го буксира;

a_{ij} — количество буксиров i -го типа, используемых в j -й схеме;

N_i — количество барж каждого типа;

x_j — количество буксирных ввозов, формируемых для каждой из имеющихся схем.

Выводы (Summary)

В результате выполненного исследования построена математическая модель расстановки буксирного флота для перевозки грузов на рейде, позволяющая в том числе определять оптимальную потребность каждого типа из имеющихся буксиров. При расстановке буксирного флота был

учтен вариант закрепления тяги за тоннажем, когда буксир сменяет судно в каждом порту линии, достигая тем самым максимальной степени использования и минимальных расходов по его содержанию, приходящихся на тонну груза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Изотов О. А.* Обоснование оптимальных капиталовложений в формирование транспортной инфраструктуры обеспечения работы на Арктическом шельфе России / О. А. Изотов // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 3 (31). — С. 132–138. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-3-132-138.
2. *Азовцев А. И.* Развитие судов для условий грузовых операций на необорудованных берегах Арктических и Субарктических морей / А. И. Азовцев [и др.] // Полярная механика. — 2016. — № 3. — С. 450–460.
3. *Азовцев А. И.* Мореходные вездеходы на воздухоопорных гусеницах для повышения эффективности транспортной системы Арктики / А. И. Азовцев, С. А. Огай // Полярная механика. — 2016. — № 3. — С. 483–494.
4. *Изотов О. А.* Прогнозирование перевозок грузов / О. А. Изотов // Системный анализ и логистика. — 2019. — № 4 (22). — С. 12–19.
5. *Кузнецов А. Л.* Использование эвристических алгоритмов в задачах моделирования работы морского транспорта / А. Л. Кузнецов [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. — 2018. — № 4–4 (42). — С. 224–228.
6. *Румянцева А. А.* Рациональная расстановка флота с использованием индексного метода / А. А. Румянцева // Экономика и предпринимательство. — 2019. — № 7(108). — С. 1073–1076.
7. *Галин А. В.* Поиск унифицированного метода для маршрутизации судов при сбое работы линейного контейнерного сервиса / А. В. Галин, А. С. Малыхин // Логистика: современные тенденции развития: материалы XVIII Междунар. науч.-практ. конф. — СПб.: ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», 2019. — С. 90–100.
8. *Янченко А. А.* Дискретно-событийная модель в задачах эксплуатации контейнерных терминалов / А. А. Янченко, Т. Е. Маликова // Эксплуатация морского транспорта. — 2017. — № 4 (85). — С. 25–31.
9. *Майоров Н. Н.* Исследование состояния контейнерного терминала на основе транспортной модели и имитационного моделирования / Н. Н. Майоров, А. В. Кириченко, В. А. Фетисов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 3 (37). — С. 7–15. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-7-3-7-15.
10. *Янченко А. А.* Разработка модели исследования влияния зонирования контейнерного терминала на эффективность его работы / А. А. Янченко, Т. Е. Маликова, И. Н. Вольнов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 4. — С. 704–713. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-704-713.
11. Economic Guidance memorandum. 05–06 FY 2004. Shallow Draft Vessel Operating Costs. — U. S. Army Corps of Engineers, 2004. — 16 p.
12. *Gentle N. F.* An Estimate of Operating Costs for Bulk, Ro-Ro and Container Ships / N. F. Gentle, R. J. Perkins. — Watson Ferguson and Co., 1982. — 53 p.
13. *Počuča M.* Methodology of day-to-day ship costs assessment / M. Počuča // Promet-Traffic&Transportation. — 2006. — Vol. 18. — No. 5. — Pp. 337–345.
14. *Кузнецов А. Л.* Показатели производительности в производственном, финансовом и стратегическом планировании работы порта / А. Л. Кузнецов [и др.] // Транспортное дело России. — 2020. — № 3. — С. 123–126.
15. *Янченко А. А.* Экспериментальные исследования влияния зонирования контейнерного терминала на эффективность его работы в условиях свободного порта Владивосток / А. А. Янченко, Т. Е. Маликова, Д. А. Оськин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 1. — С. 57–67. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-57-67.
16. *Киселев В. С.* Формирование логико-информационной структуры имитационной модели ледовых операций линейных ледоколов / В. С. Киселев [и др.] // Транспортное дело России. — 2019. — № 6. — С. 93–98.
17. *Дмитриенко Д. В.* Исследование операций — инструмент для повышения эффективности управления водным транспортом / Д. В. Дмитриенко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 5. — С. 1131–1141. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1131-1141.

18. Салько Д. Ю. Применение линейного моделирования при планировании работы флота судоходной компании / Д. Ю. Салько, К. М. Искандаров // Вестник Государственного морского университета имени адмирала Ф. Ф. Ушакова. — 2012. — № 1(1). — С. 81–84.

19. Маликова Т. Е. Формирование понятийного аппарата «малая судоходная компания» / Т. Е. Маликова, Е. С. Тимошек // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы IV Национальной науч.-техн. конф. — Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный ун-т, 2021. — С. 319–325.

20. Тимошек Е. С. Распределительная модель судов снабжения Арктического региона на участке транспортной сети / Е. С. Тимошек, Т. Е. Маликова // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. — 2019. — № 60. — С. 213–222.

21. Маликова Т. Е. Результаты численной реализации задачи расстановки флота малой судоходной компании / Т. Е. Маликова, Е. С. Тимошек // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 4. — С. 654–665. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-654-665.

22. Тимошек Е. С. Адаптация задачи расстановки флота к условиям работы малых судоходных компаний / Е. С. Тимошек, Т. Е. Маликова // Логистика: современные тенденции развития: материалы XIX Международной науч.-практ. конф. — СПб.: Изд-во ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2020. — С. 97–103.

23. Маликова Т. Е. Математические методы и модели в управлении на морском транспорте: учебное пособие / Т. Е. Маликова. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Изд-во «Юрайт», 2018. — 373 с.

REFERENCES

1. Izotov, O. A. “Substantiation of the optimum investment in enveloping transport infrastructure for the work on the Russia’s Arctic shelf.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3 (31) (2015): 132–138. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-3-132-138.

2. Azovtsev, Anatoliy, Victor Kulesh, Aleksey Ogay, and Vladimir Petrov. “Ship’s Construction Development for Cargo Operations in Condition of the Unimproved Port Facilities in Arctic and Subarctic Coast.” *Polyarnaya mekhanika* 3 (2016): 450–460.

3. Azovtsev, Anatoliy, and Sergey Ogai “Seaworthy All-Terrain Vehicles on Air-Supported Tracks for Increasing Effectiveness of the Arctic Transport System.” *Polyarnaya mekhanika* 3 (2016): 483–494.

4. Izotov, Oleg Albertovich. “Forecasting of freight transportation.” *System analysis and logistics* 4(22) (2019): 12–19.

5. Kuznetsov, Alexander L., Alexander V. Kirichenko, Anatoly E. Sazonov, and German B. Popov. “Application of heuristic algorithms in the problem of simulation of sea transport operations.” *Marine Intellectual Technologies* 4–4(42) (2018): 224–228.

6. Rumiantseva, A.A. “Rational fleet allocation using the index method.” *Journal of Economy and entrepreneurship* 7(108) (2019): 1073–1076.

7. Galin, A. V., and A. S. Malykhin. “Search unified method for routing vessels in case of fault of liner container service.” *Logistika: sovremennye tendentsii razvitiya: Materialy XVIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. SPb.: FGBOU VO «GUMRF imeni admirala S. O. Makarova», 2019. 90–100.

8. Yanchenko, A. A., and T. E. Malikova. “A discrete-event model for operations in container terminals.” *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 4 (85) (2017): 25–31.

9. Maiorov, Nikolai Nikolaevich, Aleksandr Viktorovich Kirichenko, and Vladimir Andreevich Fetisov. “Research operational management container terminal based on the transport model and simulation.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3(37) (2016): 7–15. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-7-3-7-15.

10. Yanchenko, Anna A., Tatiana E. Malikova, and Igor N. Volnov. “Developing the model for study of terminal zoning impact on its operating efficiency.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.4 (2017): 704–713. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-704-713.

11. *Economic Guidance memorandum. 05–06 FY 2004. Shallow Draft Vessel Operating Costs*. U. S. Army Corps of Engineers, 2004.

12. Gentle, N. F., and R. J. Perkins. *An Estimate of Operating Costs for Bulk, Ro-Ro and Container Ships*. Watson Ferguson and Co., 1982.

13. Počuča, Milojka. “Methodology of day-to-day ship costs assessment.” *Promet-Traffic&Transportation* 18.5 (2006): 337–345.

14. Kuznetsov, A., A. Kirichenko, A. Semonov, and A. Radchenko. "Performance indicators in operational, financial and strategic planning of the sea port." *Transport business of Russia* 3 (2020): 123–126.
15. Yanchenko, Anna A., Tatiana E. Malikova, and Dmitry A. Oskin. "Experimental studies of the impact of a container terminal zoning on its operation efficiency under the conditions of the free port Vladivostok." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.1 (2019): 57–67. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-57-67.
16. Kiselev, V. S., A. V. Kirichenko, A. L. Kuznetsov, and Y. D. Kravets. "The formation of the logic and information structure of the simulation model of ice operations of linear ice-breakers." *Transport business of Russia* 6 (2019): 93–98.
17. Dmitrienko, Dmitry V. "Operations research — a tool to improve the efficiency of management of water transport." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.5 (2017): 1131–1141. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1131-1141.
18. Salko, D. Y., and K. M. Iskandarov. "The application of linear modeling while planning the shipping company operation." *Vestnik gosudarstvennogo morskogo universiteta im. admirala F. F. Ushakova* 1(1) (2012): 81–84.
19. Malikova, Tatiana E., and Elena S. Timoshek. "Formation of the conceptual apparatus "small shipping company"." *Innovatsionnoe razvitie rybnoy otrasli v kontekste obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii. Materialy IV Natsional'noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vladivostok: Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi tekhnicheskii rybokhozyaistvennyi universitet, 2021. 319–325.
20. Timoshek, Elena S., and Tatyana E. Malikova. "Routing model for supply ships operating in the Arctic Region transport network." *Bulletin of VSAWT* 60 (2019): 213–222.
21. Malikova, Tatiana E., and Elena S. Timoshek. "The results of numerical implementation of the task of arranging the fleet of a small shipping company." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 12.4 (2020): 654–665. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-654-665.
22. Timoshek, Elena S., and Tatiana E. Malikova. "Adaptatsiya zadachi rasstanovki flota k usloviyam raboty mal'kh sudokhodnykh kompaniy." *Logistika: sovremennye tendentsii razvitiya. Materialy XIX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. SPb.: Izd-vo GUMRF imeni admirala S. O. Makarova, 2020. 97–103.
23. Malikova, T. E. *Matematicheskie metody i modeli v upravlenii na morskoy transporte: uchebnoye posobie*. M. Izdatel'stvo Jurajt, 2018.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Маликова Татьяна Егоровна —
 доктор технических наук, доцент
 Морской государственный университет
 имени адмирала Г. И. Невельского
 690059, Российская Федерация, Владивосток,
 ул. Верхнепортовая, 50А
 e-mail: Malikova@msun.ru
Тимошек Елена Сергеевна —
 старший преподаватель
 Морской государственный университет
 имени адмирала Г. И. Невельского
 690059, Российская Федерация, Владивосток,
 ул. Верхнепортовая, 50А
 e-mail: timoshek-es@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Malikova, Tatiana E. —
 Dr. of Technical Sciences, associate professor
 Maritime State University named
 after Admiral G. I. Nevel'skiy
 50a Verkhneportovaya Str., Vladivostok,
 690059, Russian Federation
 e-mail: Malikova@msun.ru
Timoshek, Elena S. —
 Senior lecturer
 Maritime State University named
 after Admiral G. I. Nevel'skiy
 50a Verkhneportovaya Str., Vladivostok, 690059,
 Russian Federation
 e-mail: timoshek-es@mail.ru

Статья поступила в редакцию 15 сентября 2021 г.
 Received: September 15, 2021.