УДК 656.612

*Лапкина И. А., д.е.н.,
(профессор, заведующая кафедрой управления логистическими системами и проектами, Одесский национальный морской университет);*

*Малаксиано Н. А., к.ф.-м.н.,
(доцент кафедры управления логистическими системами и проектами, Одесский национальный морской университет);*

*Главатских В. И.,
(магистрант кафедры управления логистическими системами и проектами, Одесский национальный морской университет)*

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ВЫБОРА ПРОЕКТА ПРИОБРЕТЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДНА-БАЛКЕРА

В работе использованы методы многокритериальных оценок для обоснования выбора инвестиционного проекта приобретения судна балкера и оптимального скоростного режима его использования с учетом как значений экономических показателей эффективности использования судна, так и среднего времени транспортировки грузов.

Ключевые слова: *трамповые перевозки, многокритериальная оптимизация, морской транспорт, оптимальная скорость, выбор судна.*

Введение. Для того, чтобы увеличить свою конкурентоспособность на фрахтовом рынке, судовладельцы и операторы вынуждены оптимизировать расходы, и в том числе расходы на топливо. Так как расход топлива напрямую зависит от скорости судна, эксплуатация судов на пониженных скоростях широко применяется в мировой практике. Поэтому исследования, направленные на выбор экономически обоснованной скорости движения судов, особенно актуальны.

Анализ последних исследований и постановка проблемы. Имеется ряд исследований по широкому кругу проблем, касающихся управления судоходными компаниями и их оптимальной инвестиционной политики. Методы управления транспортными компаниями рассматриваются в работах [1–4].

В работах [5, 6] авторы исследуют влияние уменьшения скорости на расход топлива и эксплуатационные характеристики судов, используемых в линейных перевозках.

Существует несколько путей сокращения расходов на горюче-смазочные материалы. Один из путей заключается в обновлении флота судами нового поколения, которые оснащены современными экономичными двигателями [7, 8].

DOI: 10.32703/2617-9040-2019-33-2-10

Вопросы обоснования стратегий эксплуатации и замены оборудования с учетом факторов неопределенности рассмотрены в работах [9, 10]. В работах [11, 12] изучаются вопросы замены оборудования с учетом роста уровня физического износа. Обоснования оптимальных сроков службы оборудования с учетом как физического, так и морального износа оборудования проведены в статье [13]. Другой путь сокращения расхода топлива при эксплуатации судов заключается в выборе и обеспечении оптимальных режимов работы судовой энергетической установки, а также проведении различных организационно-технических мероприятий по экономии горюче-смазочных материалов [14]. Экономия горюче-смазочных материалов на судах является важной комплексной задачей, требующей обоснованного решения не только потому, что при этом обеспечивается увеличение прибыли судоходных компаний и операторов флота, но также из-за того, что рациональное использование энергетических ресурсов позволяет значительно уменьшить объем выбрасываемых в атмосферу продуктов сгорания. Также уменьшение расхода топлива, как правило, позволяет экономить моторесурс главных двигателей судна и генераторных агрегатов судовых электростанций.

В работе [1] исследована оптимальная скорость работы судов в трамповом судоходстве. Статья [15] посвящена исследованию процесса установления гарантированной скорости судна и расхода топлива в контрактах морских перевозок. Методы обоснования оптимальной скорости при проектировании судов рассматривались в работе [7]. Изучению вопросов зависимости расхода топлива от скорости движения судов и разработке методов выбора оптимальной эксплуатационной скорости судов посвящены работы [16–21] и ряд других исследований. Однако ряд вопросов все еще остается недостаточно исследованным. В частности, практический интерес представляет исследование задачи обоснования выбора проекта приобретения и эксплуатации судна-балкера с учетом возможности его использования на разных скоростях.

Цель и задача исследования. Жизненные циклы проектов изменения структуры флота судовладельцев (продажи и приобретения судов) имеют свои особенности. Одной из основных является то, что, как правило, операционная фаза по длительности значительно превышает все предшествующие. В связи с этим весьма важным является не только тщательный анализ характеристик судов-претендентов, а также оценка возможных перспектив их эксплуатации. Целью данного исследования является обоснование методики выбора проекта приобретения и эксплуатации судна-балкера с учетом возможности его использования на разных скоростях. Для достижения поставленной задачи планируется:

1. Исследовать зависимость показателей эксплуатации судов, используемых в трамповых перевозках, от скорости движения судов;
2. Исследовать влияние скорости движения судов на значение NPV (Net Present Value, чистой современной стоимости) проектов приобретения и эксплуатации судов;
3. Использовать методы многокритериальных оценок для обоснования оптимального выбора судна с учетом возможности его использования на разных скоростях.

Материалы и методы исследования. Рассмотрим несколько альтернативных проектов приобретения судов-балкеров для перевозки зерновых грузов из

українських портів в країни Юго-Всхідної Азії. Основні характеристики розглядаємих судів-претендентів приведені в табл. 1.

При оцінці ефективності інвестиційних проектів придбання і експлуатації розглядаємих судів-претендентів за основу візьмемо методику, викладену в [2]. Для того, щоб оцінити ефективність використання судів-претендентів, розрахуємо експлуатаційні показники судів на кількох напрямках і знайдемо показники тайм-чартерного еквівалента (ТЧЕ). Показатель тайм-чартерного еквівалента за рейс будемо розраховувати по формулі

$$TCE = \frac{(F - R_{var})}{t_r}, \quad (1)$$

де F – величина фрахту за рейс, дол.;

R_{var} – змінні витрати за рейс, дол.;

t_r – загальне час рейсу, год.

Значення NPV проекту придбання і експлуатації судна будемо оцінювати, використовуючи формулу

$$NPV = \sum_{i=1}^T \frac{TCE \cdot T_e - R_i^{perm} - R_i^{cred}}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^i} + \frac{I_{sale}}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^T} - I_0^{own}, \quad (2)$$

де TCE – показник середньозваженого тайм-чартерного еквівалента по всіх напрямках перевезень, дол./год;

T_e – період експлуатації судна впродовж року, год.;

R_i^{perm} – постійні витрати при експлуатації судна за i -й рік, дол.;

R_i^{cred} – витрати по кредиту за i -й рік, дол.; T – період використання кредиту, років;

p – річна процентна ставка по кредиту, %;

Таблиця 1. Основні характеристики судів-претендентів

Характеристики	Судно 1	Судно 2	Судно 3	Судно 4	Судно 5	Судно 6	Судно 7
Тип судна	балкер	балкер	балкер	балкер	балкер	балкер	балкер
Дедвейт, т	35000	31900	42650	38600	34100	29500	40600
Осадка, м	9,7	9,6	11,2	10,5	9,5	9,4	10,8
Чиста грузопідйомність , т	29150	25700	35900	31700	28900	21900	33800
Грузомісткість (W), м ³	44200	40500	51900	50800	40300	37800	49800
GRT, рег.т	22100	19800	24900	25600	21500	16200	22400
NRT, рег.т	12800	10400	18900	13060	11600	9400	16100

Продолжение табл. 1

Длина, м	194	175	181	180	185	171	172
Ширина, м	27,5	29,5	30,5	32	26,5	28,0	29,5
Высота борта, м	15,8	15,2	16,1	16,6	15,5	15,0	15,9
Максимальная скорость в грузу, узл.	13,0	13,5	12,0	14,0	12,5	14,5	12,0
Расход топлива IFO 180 на ходу в грузу, т/сут.	24,2	22,5	28,0	26,0	23,5	23,4	29,0
Цена покупки судна, млн. дол.	9,1	10,2	7,5	19,0	10,7	11,4	5,6

I_0^{own} – объем инвестиций за счет собственных средств, дол;

I_{sale} – прогнозируемая стоимость продажи судна после его эксплуатации в течение T лет, дол.

Постоянные расходы при эксплуатации судна включают в себя заработную плату экипажа, расходы, связанные с поддержанием судна в надлежащем техническом состоянии, а также страховые сборы.

В табл. 2 представлены значения ТЧЭ и NPV проектов приобретения и эксплуатации судов-претендентов при движении на максимальных (паспортных скоростях).

Таблица 2. Показатели эффективности проектов приобретения и эксплуатации судов при движении на паспортных скоростях

Суда	Паспортная скорость судна, узл.	Среднее ходовое время в одном направлении, сут.	ТЧЭ, дол./сут.	NPV, тыс. дол.
Судно 1	13,0	26,8	6708,9	873,1
Судно 2	13,5	25,9	6063,7	832,9
Судно 3	12,0	29,0	7335,4	822,5
Судно 4	14,0	25,0	8550,1	596,1
Судно 5	12,5	27,9	6632,7	908,0
Судно 6	14,5	24,2	6553,5	615,6
Судно 7	12,0	29,0	7050,0	486,2

Из табл. 2 видно, что при использовании судов на паспортных скоростях наибольшее значение NPV имеет проект приобретения и использования Судна 5.

С одной стороны, снижение скорости движения судов позволяет сэкономить топливо и, следовательно, уменьшить себестоимость грузоперевозок. Но, с другой стороны, слишком медленное передвижение груза не всегда может быть приемлемым для грузовладельцев. Поэтому для обоснования выбора инвестиционного проекта приобретения судна-балкера и определения

оптимального скоростного режима его использования целесообразно использовать многокритериальный подход.

Есть ряд подходов к исследованию задач многокритериальной оптимизации. Наиболее простые из них – это метод свертывания критериев, метод главного критерия и метод последовательных уступок [22]. Однако использование этих методов делает решение задачи выбора оптимальных сроков замены оборудования в значительной степени формальным и может отсеять значительную часть важной информации, которая могла бы помочь лицу, принимающему решение, сделать более обоснованный и взвешенный выбор. Упаковка всех показателей в единый интегральный показатель не дает возможности всесторонне изучить рассматриваемую задачу. При исследовании задач многокритериальной оптимизации исчерпывающая объективная информация становится доступной, когда найдено множество Парето. На основании информации о множестве Парето лицо, принимающее решение, может сделать окончательный выбор одного из неуправляемых решений.

Обозначим символом X множество допустимых решений. Для формального математического описания рассматриваемой задачи рассмотрим набор допустимых решений задачи выбора проекта приобретения и эксплуатации судна в виде упорядоченной пары:

$$X = (x_1, x_2), \quad (3)$$

где значение переменной x_1 определяет выбор судна, а значение переменной x_2 определяет выбор скорости движения, на которой планируется эксплуатировать заданное судно. Каждой паре $X = (x_1, x_2)$ соответствует пара значений критериев

$$Y = (y_1, y_2), \quad (4)$$

где y_1 – значение среднего времени доставки груза, y_2 – значение NPV проекта приобретения данного судна.

Таким образом, выбор значений параметров управления (x_1, x_2) однозначно определяет значения критериев (y_1, y_2) :

$$(x_1, x_2) \rightarrow (y_1, y_2). \quad (5)$$

Для получения наилучшего из допустимых решений нужно выбрать такие значения (x_1, x_2) , при которых значение y_1 становится минимальным, а y_2 – максимальным. То есть, задачу многокритериальной оптимизации можно записать в виде

$$\begin{cases} y_1(x_1, x_2) \xrightarrow{(x_1, x_2)} \min \\ y_2(x_1, x_2) \xrightarrow{(x_1, x_2)} \max \end{cases}. \quad (6)$$

Очевидно, что не существует таких параметров управления (x_1, x_2) , при которых одновременно достигались бы лучшие значения обоих критериев. Поэтому данная задача является типичной задачей многокритериальной оптимизации. Для ее исследования построим множество Парето-оптимальных значений.

На рис. 1 представлены графики изменения расхода топлива IFO 380 в зависимости от скорости движения рассматриваемых судов. В табл. 3 представлены значения NPV проектов приобретения и эксплуатации рассматриваемых судов в зависимости от скорости их движения. Кривые изменений значений NPV проектов приобретения и эксплуатации судов-претендентов в зависимости от скорости движения представлены на рис. 2. На рис. 3. изображены кривые изменения значений NPV проектов приобретения и эксплуатации судов в зависимости от среднего ходового времени в одном направлении.

Из рис. 2 и 3 видно, что за счет уменьшения скорости движения судов можно существенно повысить значение NPV, однако при этом будет наблюдаться увеличение ходового времени. Для каждого судна-претендента существует такая скорость, при которой NPV достигает максимального значения (табл. 4).

Рис. 1. Сравнение зависимостей расхода тяжелого топлива от скорости движения для рассматриваемых судов-претендентов

Таблица 3. Изменение значений NPV проектов приобретения и эксплуатации судов в зависимости от скорости их движения

Скорость, узлы	Значение NPV, тыс. дол.						
	Судно 1	Судно 2	Судно 3	Судно 4	Судно 5	Судно 6	Судно 7
5,0	-1953,5	-2083,6	-1707,0	-3359,3	-1690,1	-3276,3	-1734,8

Продолжение табл. 3

5,5	-1416,3	-1583,6	-1117,2	-2734,1	-1208,7	-2740,0	-1156,9
6,0	-931,0	-1127,5	-596,2	-2163,2	-777,7	-2244,5	-649,3
6,5	-496,9	-714,9	-142,4	-1644,9	-395,5	-1788,5	-210,5
7,0	-113,0	-345,0	245,8	-1178,1	-60,4	-1371,6	161,2
7,5	221,6	-17,3	569,9	-761,3	229,1	-993,1	467,4
8,0	507,7	268,8	831,5	-393,3	474,5	-652,3	709,3
8,5	746,1	514,0	1031,8	-72,9	677,1	-348,5	888,4
9,0	937,8	718,7	1172,2	201,0	838,4	-81,1	1006,0
9,5	1083,4	883,7	1253,9	429,6	959,5	150,5	1063,3
10,0	1183,7	1009,4	1278,3	613,7	1041,8	346,9	1061,7
10,5	1239,4	1096,4	1245,9	754,4	1086,4	508,6	1001,8
11,0	1251,3	1145,2	1159,5	852,7	1094,0	636,1	886,3
11,5	1219,7	1156,2	1016,1	909,4	1067,0	730,1	712,1
12,0	1146,9	1129,9	822,5	925,1	1003,1	791,1	486,2
12,5	1028,7	1068,0	—	900,9	908,0	819,2	—
13,0	873,1	966,3	—	838,6	—	815,4	—
13,5	—	832,9	—	733,8	—	780,8	—
14,0	—	—	—	596,1	—	711,3	—
14,5	—	—	—	—	—	615,6	—

Рис. 2. Залежність значень NPV проектів придбання та експлуатації судів-претендентів в залежності від швидкості руху

Рис. 3. Изменения значений NPV проектов приобретения и эксплуатации судов-претендентов в зависимости от ходового времени в одном направлении

Таким образом, при эксплуатации судов на паспортных скоростях наиболее эффективным с точки зрения максимизации NPV выглядит проект приобретения Судна 5 (табл. 1, рис. 3). Однако с учетом возможности эксплуатации судов на замедленных скоростях наиболее выгодным оказался проект приобретения Судна 3 (табл. 4, рис. 3).

Таблица 4. Максимальные значения NPV, которые могут быть достигнуты при уменьшении скорости движения судов-претендентов

Суда	Скорость судна, узл.	Среднее ходовое время в одном направлении, сут.	Максимальное значение NPV, тыс. дол.
Судно 1	10,9	31,8	1 251,3
Судно 2	11,5	30,2	1156,2
Судно 3	9,9	34,8	1278,3
Судно 4	12,0	29,0	925,1
Судно 5	10,8	32,0	1098,2
Судно 6	12,7	27,4	821,1
Судно 7	9,8	35,7	1068,1

Жирной линией на рис. 3 обозначена паретова граница, состоящая из неувеличиваемых значений целевых функций задачи многокритериальной оптимизации (6). Оптимальные решения многокритериальной задачи следует искать только среди элементов множества альтернатив, которые лежат на паретовой границе. Для каждого такого решения ни один критерий не может быть улучшен без ухудшения хотя бы одного из остальных. Важным свойством множества Парето является возможность исключить из рассмотрения заведомо

невыгодные точки, которые могут быть улучшены. В большинстве случаев при отсутствии дополнительной информации о системе преимуществ, лицо, принимающее решение, должно выбирать решение именно из множества Парето. Из рис. 3 можно видеть, что паретова граница состоит из четырех дуг. Первая дуга состоит из неулучшаемых точек, для которых характерны малые средние значения средней продолжительности рейса в одном направлении (от 24 до 26 сут.) и малые значения NPV (от 0,6 до 0,8 млн. дол.). Эти точки соответствуют выбору Судна 6 и его использованию на максимальных скоростях (от 13,5 до 14,5 узлов). Максимальные значения NPV достигаются для точек четвертой дуги паретовой границы (1,28 млн. дол.). Однако при этом время рейса в одном направлении увеличивается до 35 сут. Точки второй и третьей дуги соответствуют выбору Судна 2 и Судна 1 и их использованию в диапазоне скоростей 12,3 – 13,5 и 11–12,3 узлов соответственно (рис. 3). Очевидно, что использование любого из рассматриваемых судов-претендентов на скорости меньшей, чем 10 узлов, является нецелесообразным. Из рис. 3 также видно, что ни одна из точек кривых, соответствующих судам Судно 4, Судно 5 и Судно 7, не попала на паретову границу. Лучшие значения NPV при использовании в диапазоне скоростей от 11 до 12,3 узлов показывает Судно 1. При этом наибольшее значения NPV для Судна 1 составляет 1,25 млн. дол., что всего на 30 тыс. дол. меньше, чем максимальное значение NPV для Судна 3 (табл. 4, рис. 3).

Таким образом, исследование показало, что наибольшее значение NPV при использовании судов на паспортных скоростях достигается для Судна 5. При использовании судов на замедленных скоростях наибольшее значение NPV достигается для Судна 3. На высоких скоростях (13,5-14,5 узлов) лучшие значения NPV имеет Судно 6. Судно 1 не обладает ни максимальной скоростью, ни максимальным значением NPV, но при этом в широком диапазоне скоростей его показатели эффективности использования близки к оптимальным. Поэтому в условиях неопределенности, когда сложно заранее спрогнозировать, какой скоростной режим будет наиболее востребован в будущем, проект покупки Судна 1 выглядит наиболее сбалансированным.

Выводы. 1. Исследования показали, что зависимость показателей эксплуатации судов от скорости движения судов носит нелинейный характер. Эта нелинейность обусловлена нелинейной зависимостью расхода топлива от выбора скорости движения судов.

2. Кривые изменения значений NPV проектов приобретения и эксплуатации судов в зависимости от скорости движения судов в большинстве случаев выпуклы вверх. При этом для каждого судна существует такой скоростной режим, при котором может быть достигнуто максимальное значение NPV.

3. Для обоснования выбора проекта приобретения и эксплуатации судна-балкера использованы методы многокритериальных оценок. Исследования показали, что при обосновании проектов изменения структуры флота судовладельцев (продажи и приобретения судов) необходимо учитывать не только основные характеристики судов-претендентов, но также иметь рекомендации о скоростных режимах, в которых планируется использовать эти суда. Эффективность проектов приобретения и эксплуатации судов-балкеров может быть существенно улучшена за счет обоснованного выбора скорости движения судов. На разных скоростных режимах лучшие значения показателей эффективности использования могут демонстрировать разные судна. Предложенная методика позволяет лицу,

приймаючому рішення, делать обоснованный выбор варианта приобретения судна, учитывая возможность его последующей эксплуатации на разных скоростях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chen S., Meersman H., Van de Voorde E., Frouws K. *Modelling and Forecasting in Dry Bulk Shipping*. Informa Law from Routledge, 2014. 438 p.
2. Лапкина И. А., Павловская Л. А., Болдырева Т. В., Шутенко Т. Н. Проектный анализ: теоретические основы оценки проектов на морском транспорте. Одесса: Феникс, 2008. 315 с.
3. Meersman H., Van De Voorde E., Vanelslander T. *Future Challenges for the Port and Shipping Sector*. Informa Law from Routledge, 2008. 208 p.
4. Breskin I. *The Business of Shipping*. Cornell Maritime Press, 2018. 448 p.
5. Notteboom T., Cariou P. Slow steaming in container liner shipping: is there any impact on fuel surcharge practices? // *The International Journal of Logistics Management*. 2013. Vol. 24 (1). P. 73–86.
6. Wigforss J. Benchmarks and measures for better fuel efficiency // *Department of Shipping and Marine Technology*. Chalmers University of Technology. Gothenburg. Report No. NM-12/29. 2012. 50 p.
7. Papanikolaou A. *Ship Design: Methodologies of Preliminary Design*. Springer, 2014. 628 p.
8. Sharifi Y., Ghassemi H., Zanganeh H. Various Innovative Technologic Devices in Shipping Energy Saving and Diminish Fuel Consumption // *International Journal of Physics*. 2017. Vol. 5 (1). P. 21–29.
9. Lapkina I. O., Malaksiano M. O. Modelling and optimization of perishable cargo delivery system through Odesa port // *Actual Problems of Economics*. 2016. Vol. 3 (177). P. 353–365.
10. Lapkina I. O., Malaksiano M. O. Estimation of fluctuations in the performance indicators of equipment that operates under conditions of unstable loading // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1 (3 (91)). P. 22–29.
11. Lapkina I. O., Malaksiano M. O., Malaksiano M. O. Optimization of the structure of sea port equipment fleet under unbalanced load // *Actual Problems of Economics*. 2016. Vol. 9 (183). P. 364–371.
12. Malaksiano N. A. On the stability of economic indicators of complex port equipment usage // *Actual Problems of Economics*. 2012. Vol. 12 (138). P. 226–233.
13. Lapkina I. O., Malaksiano M. O. Elaboration of the equipment replacement terms taking into account wear and tear and obsolescence // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 3(93)). P. 30–39.
14. Mrzljak V., Žarković B., Poljak I. Fuel mass flow variation in direct injection diesel engine-influence on the change of the main engine operating parameters // *Scientific Journal of Maritime Research*. 2017. Vol. 31. P. 119–127.
15. Veenstra A. W., Van Dalen J. Ship Speed and Fuel Consumption Quotation in Ocean Shipping Time Charter Contracts // *Journal of Transport Economics and Policy*. 2011. Vol. 45 (1). P. 41–61.
16. Wang S., Meng Q., Liu Z. Bunker consumption optimization methods in shipping: A critical review and extensions // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2013. Vol. 53. P. 49–62.
17. Лапкина И. А., Акимова О. В. Определение оптимальной эксплуатационной скорости судов-контейнеровозов при изменении объемов перевозок на линии // *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем*. Одесса. изд-во ОНМУ. 2011. № 18. С. 165–181.
18. Ronen D. The effect of oil price on containership speed and fleet size // *Journal of the Operational Research Society*. 2011. Vol. 62 (1). P. 211–216.
19. Jae-Gon Kim, Hwa-Joong Kim, Paul Tae-Woo Lee Optimizing ship speed to minimize fuel consumption // *Transportation Letters*. 2014. Vol. 6(3). P. 109–117.
20. Norlund E. K., Gribkovskaia I. Reducing emissions through speed optimization in supply vessel operations // *Transportation Research*. 2013. Part D. Vol. 23. P. 105–113.
21. Halvorsen-Weare E. E., Fagerholt K., Nones L. M., Asbjørnslett B. E. Optimal fleet composition and periodic routing of offshore supply vessels // *European Journal of Operational Research*. 2012. Vol. 223. P. 508–517.
22. Collette Y., Siarry P. *Multiobjective Optimization: Principles and Case Studies*. Springer, 2011. – 293.

REFERENCES

- 1.Chen, S., Meersman, H., Van de Voorde, E., Frouws, K. (2014). *Modelling and Forecasting in Dry Bulk Shipping*. Informa Law from Routledge. 438.

2. Lapkina, I. A., Pavlovskaya, L. A., Boldyreva, T. V., Shutenko, T. N. (2008). *Proyektnyy analiz: teoreticheskiye osnovy otsenki proyektov na morskoy transporte* [Project analysis: theoretical foundations for evaluating projects in maritime transport]. Odessa, Phoenix. 315.
3. Meersman, H., Van De Voorde, E., Vanelander, T. (2008). *Future Challenges for the Port and Shipping Sector*. Informa Law from Routledge. 208.
4. Breskin, I. (2018). *The Business of Shipping*. Cornell Maritime Press. 448.
5. Notteboom, T., Cariou, P. (2013). *Slow steaming in container liner shipping: is there any impact on fuel surcharge practices?* The International Journal of Logistics Management, 24 (1), 73–86. doi: <https://doi.org/10.1108/IJLM-05-2013-0055>
6. Wigforss, J. (2012). *Benchmarks and measures for better fuel efficiency*. Department of Shipping and Marine Technology. Chalmers University of Technology. Gothenburg. Report No. NM-12/29. 50.
7. Papanikolaou, A. (2014). *Ship Design: Methodologies of Preliminary Design*. Springer. 628.
8. Sharifi, Y., Ghassemi, H., Zanganeh, H. (2017). *Various Innovative Technologic Devices in Shipping Energy Saving and Diminish Fuel Consumption*. International Journal of Physics, 5 (1), 21–29. doi: [10.12691/ijp-5-1-4](https://doi.org/10.12691/ijp-5-1-4)
9. Lapkina, I. O., Malaksiano, M. O. (2016). *Modelling and optimization of perishable cargo delivery system through Odesa port*. Actual Problems of Economics, 3 (177), 353–365.
10. Lapkina, I., Malaksiano, M. (2018). *Estimation of fluctuations in the performance indicators of equipment that operates under conditions of unstable loading*. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (3 (91)), 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123367>
11. Lapkina, I. O., Malaksiano, M. O., Malaksiano, M. O. (2016). *Optimization of the structure of sea port equipment fleet under unbalanced load*. Actual Problems of Economics, 9 (183), 364–371.
12. Malaksiano, N. A. (2012). *On the stability of economic indicators of complex port equipment usage*. Actual Problems of Economics, 12 (138), 226–233.
13. Lapkina, I., Malaksiano, M. (2018). *Elaboration of the equipment replacement terms taking into account wear and tear and obsolescence*. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (3 (93)), 30–39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133690>
14. Mrzljak, V., Žarković, B., Poljak, I. (2017). *Fuel mass flow variation in direct injection diesel engine-influence on the change of the main engine operating parameters*. Scientific Journal of Maritime Research, 31, 119–127.
15. Veenstra, A. W., Van Dalen, J. (2011). *Ship Speed and Fuel Consumption Quotation in Ocean Shipping Time Charter Contracts*. Journal of Transport Economics and Policy, 45 (1), 41–61.
16. Wang, S., Meng, Q., Liu, Z. (2013). *Bunker consumption optimization methods in shipping: A critical review and extensions*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 53, 49–62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2013.02.003>
17. Lapkina, I. A., Akimova, O. V. (2011). *Opredeleniye optimal'noy ekspluatatsionnoy skorosti sudov-konteynerovozov pri izmenenii ob'yemov perevozok na linii* [Determination of the optimal operational speed of container ships when the volume of traffic on the line changes]. Methodology of managing the development of transport systems, 18, 165–181.
18. Ronen, D. (2011). *The effect of oil price on containership speed and fleet size*. Journal of the Operational Research Society, 62(1), 211–216. doi: <https://doi.org/10.1057/jors.2009.169>
19. Jae-Gon, Kim, Hwa-Joong, Kim, Paul, Tae-Woo Lee (2014). *Optimizing ship speed to minimize fuel consumption*. Transportation Letters, 6 (3), 109–117. doi: <https://doi.org/10.1179/1942787514Y.0000000016>
20. Norlund, E. K., Gribkovskaia, I. (2013). *Reducing emissions through speed optimization in supply vessel operations*. Transportation Research. Part D, 23, 105–113. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.04.007>
21. Halvorsen-Weare, E. E., Fagerholt, K., Nones, L. M., Asbjørnslett, B. E. (2012). *Optimal fleet composition and periodic routing of offshore supply vessels*. European Journal of Operational Research, 223, 508–517. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.06.017>
22. Collette, Y., Siarry, P. (2011). *Multiobjective Optimization: Principles and Case Studies*. Springer. 293.

Лапкіна І. О., д. е. н.,
(професор, завідувач кафедри управління логістичними системами і проектами, Одеський національний морський університет);
Малаксіано М. О., к.ф.-м.н.,
(доцент кафедри управління логістичними системами і проектами, Одеський національний морський університет);

*Главатських В. І.,
(магістрант кафедри управління логістичними системами і проектами,
Одеський національний морський університет)*

**БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ
ПРОЕКТУ ПРИДБАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНА-БАЛКЕРА**

У роботі використані методи багатокритеріальних оцінок для обґрунтування вибору інвестиційного проекту придбання судна балкера і оптимального швидкісного режиму його використання з урахуванням як значень економічних показників ефективності використання судна, так і середнього часу транспортування вантажів.

Ключові слова: *трампові перевезення, багатокритеріальна оптимізація, морський транспорт, оптимальна швидкість, вибір судна.*

*I. O. Lapkina, Doctor of Economic Sciences,
(Professor, Head of Department of Logistics Systems and Projects Management,
Odessa National Maritime University);*

*M. O. Malaksiano, PhD in Mathematics,
(Associate Professor, Department of Logistics Systems and Projects Management,
Odessa National Maritime University)*

*V. I. Glavatskykh,
(Master Student, Department of Logistics Systems and Projects Management,
Odessa National Maritime University)*

**A MULTI-CRITERIA APPROACH TO JUSTIFYING THE CHOICE
OF A PROJECT OF BULK CARRIER VESSEL ACQUIRING AND OPERATING**

Since fuel consumption significantly depends on the vessel's speed, operation of vessels at low speeds is widely used in world practice. On the one hand, reducing the speed of vessels allows saving fuel, which helps to reduce the cost of transportation. But, on the other hand, too long cargo delivery time may not always be acceptable for cargo owners. Therefore, studies aimed at choosing an economically viable speed of vessels are particularly relevant. The purpose of the work is to develop measures aimed at improving the operational efficiency of vessels used in tramp shipping, taking into account the possibility of reducing vessels' speed, as well as the rationale for choosing an investment project for acquiring and operating vessels using multi-criteria estimates. Studies have shown that when justifying projects for the acquisition and operation of vessels, it is necessary to take into account the speeds in which these vessels are planned to be used. The effectiveness of projects for the acquisition and operation of bulk carrier vessels can be significantly improved by means of the informed choice of the vessels speed. This made it possible to make an informed choice of the investment project for acquiring a bulk vessel and the optimal speed limit for its use, taking into account both the value of economic indicators of the efficiency of use of the vessel and the average time of cargo transportation.

Keywords: *tramp shipping, multicriterial optimization, sea transport, optimal speed, ship selection.*