

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА СУДНА И ДАЛЬНОСТИ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКИ НА ВОЗМОЖНОЕ УМЕНЬШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЙСА

Вишневская О. Д., Вишневский Д. О.

1. Введение

Морской бизнес является высоко рискованным с различных точек зрения. Любые запланированные результаты даже на оперативном уровне практически не достижимы фактически в силу значительного влияния на процесс морской перевозки погодно-климатических условий, наличия обширных взаимосвязей участников процесса обслуживания судна и груза и т. д.

Поэтому даже на уровне рассмотрения отдельного рейса, лицо, принимающее решение в рамках коммерческого менеджмента судна, должно учитывать возможные отклонения различных параметров, характеризующих процесс морской перевозки, и их влияние на эффективность работы судна. Такой учет позволит более обоснованно принимать решения и повысит эффективность работы судоходной компании в целом.

2. Объект исследования и его технологический аудит

Объектом данного исследования является эффективность выполнения морским судном рейса с точки зрения ее отклонения под влиянием факторов риска.

Как известно, одним из центральных показателей эффективности работы судна в рамках конкретного рейса является «тайм-чартерный эквивалент (ТЧЕ)» – показатель, который отличается от суточной прибыли на величину норматива постоянных затрат по судну. В качестве расчетной формулы тайм-чартерного эквивалента может быть принята следующая:

$$ТЧЕ = \frac{f \cdot Q - R_{неp}(t_x, t_{cm}, c_{норм}, c_{бунк})}{t_x + t_{cm}}, \quad (1)$$

где f – фрахтовая ставка (цена морской перевозки); Q – количество перевозимого груза; $R_{неp}$ – переменные затраты по судну, которые складываются из затрат на бункер, портовые сборы, платы, затрат на прохождение каналов; t_x – время ходовое; t_{cm} – время стояночное; $c_{бунк}$ – стоимость бункера; $c_{норм}$ – тарифы портовых сборов и плат, а также стоимости прохождения каналов.

Данный показатель (1) используется как на этапе предварительного рассмотрения коммерческих условий рейса, так и по факту его выполнения.

На этапе предварительной оценки эффективности рейса, основными параметрами, которые не могут быть достоверно определены, так как являются случайными величинами: $t_x, t_{cm}, c_{бунк}$. Поэтому в качестве планируемых значений данных параметров в (1) используются математические ожидания (средние значения). Фактические значения данных параметров обуславливают отклонение фактически достигнутой эффективности от запланированной. Естественно, что увеличение данных параметров влечет за собой уменьшение эффективности рейса на величину $\Delta TЧЕ$ – разницу между планируемой и фактической эффективностью.

В свою очередь, практически все составляющие (1) определяются либо характеристиками рейса (например, спецификой портов захода, расстоянием перевозки), либо характеристиками судна (основной из которых является размер судна).

Интерес для исследования представляет установление характера влияния размера судна и условий выполнения рейса на возможное уменьшение показателя $TЧЕ$, что может быть использовано как основа для принятия решений и дальнейших исследований, связанных с коммерческим и операционным менеджментом судов.

3. Цель и задачи исследования

Целью данного исследования является установление влияния основных характеристик судна и рейса на возможное отклонение эффективности работы судна.

Достижение цели связано с решением следующих основных задач:

1. Установить принципиальный вид зависимостей дохода и элементов затрат по судну от размера судна и дальности морской перевозки.
2. Сформировать показатель, характеризующий отклонение эффективности работы судна, как функцию от параметров, характеризующих размер судна и специфику рейса.
3. Сформировать выводы по влиянию размера судна и дальности морской перевозки на отклонения эффективности выполнения судном рейса на базе функционального анализа.

4. Анализ литературных данных

Проблема влияния размера судна на различные экономические и эксплуатационные показатели его работы является предметом различных исследований.

Многие современные публикации посвящены вопросам, связанным с экологическими последствиями эксплуатации судов и взаимосвязи данных последствий (в виде выбросов CO) с размерами судов (например, [1]).

Связь «размер судна – экономические показатели» исследовалась в [2].

Влияние размера судна на его стоимость и эффективность проекта приобретения судна рассматривалась в [3]. Особенно актуальным данный вопрос стал в связи с ростом размеров современных контейнеровозов и

достаточной нестабильностью контейнеропотоков. Определение некоего баланса «размер судна – эффективность» для судов-контейнеровозов рассматривался в [4, 5].

С учетом нестабильности цены на нефть, и, как следствие, стоимости бункера, не утрачивает своей актуальности проблема определения оптимальной скорости судна в рейсе на базе установления баланса доходной и расходной частей при формировании прибыли. Этой тематике посвящены ряд работ, одна из которых [6] базируется на регрессионной зависимости скорости судна и расхода топлива.

Проблема риска в экономическом контексте, а именно, уменьшения эффективности работы судов с точки зрения влияния на него размеров судна или характеристик рейса, практически не рассматривалась. Можно отметить лишь ряд работ, в которых данные вопросы были затронуты, но в контексте всего эксплуатационного периода работы судов, а не конкретного рейса. В [7] исследовалось соотношение «поток денежных средств – риск» в зависимости от размера судна (дедвейта), в качестве меры риска использовался VAR-метод.

Отметим, что указанные публикации касались риска уменьшения финансовых показателей исключительно за счет рыночных факторов – отклонения фрахтовых ставок от планируемых при обосновании результатов работы судов и оценки эффективности проектов их приобретения. Но риск изменения фрахтовых ставок, и под его влиянием изменения эффективности работы судов, может рассматриваться только в рамках среднесрочного и долгосрочного планирования (что и было сделано в [8, 9]).

Тем не менее, даже при выполнении конкретного рейса по заключенному контракту (договору перевозки – чартеру) работа судна связана с наличием целого множества факторов риска, не связанных с изменчивостью фрахтовых ставок (что было показано выше), поэтому их влияние также проявляется в возможном уменьшении эффективности работы судна.

Такая проблема на сегодняшний день практически не рассматривалась, поэтому она является предметом данного исследования.

5. Материалы и методы исследования

Данное исследование выполнено в соответствии с логикой системной методологии. В качестве методов исследования с учетом специфики решаемых задач используются:

- регрессионный анализ – для установления вида связи между характеристиками судна (рейса) и элементами эксплуатационных затрат и дохода;
- аппарат теории вероятностей (характеристика и свойства нормального закона распределения) – для оценки возможных отклонений времени рейса;
- функциональный анализ для исследования влияния характеристик рейса и судна на возможное уменьшение эффективности рейса.

6. Результаты исследования

6.1. Зависимость отклонения эффективности выполнения рейса от размера судна и дальности перевозки

Выше было отмечено, что погодно-климатические условия, человеческий фактор, а также динамика рыночной конъюнктуры могут обуславливать увеличение параметров, характеризующих процесс выполнения судном рейса. Прежде всего, речь идет о возможных отклонениях времени рейса, а также повышении стоимости бункера и расходов на судозаход в порт.

Отклонение тайм-чартерного эквивалента от планируемого значения может быть выражено следующим образом:

$$\begin{aligned} \Delta TЧЕ = & \frac{f \cdot Q}{t_x + t_{cm}} - \frac{f \cdot Q}{t_x + \Delta t_x + t_{cm} + \Delta t_{cm}} - \\ & - \frac{c_{бунк} (q_x \cdot t_x + q_{cm} \cdot t_{cm}) + c^1_{норм} + c^2_{норм} (t_{cm})}{t_x + t_{cm}} + \\ & + \frac{(c_{бунк} + \Delta c_{бунк}) (q_x \cdot (t_x + \Delta t_x) + q_{cm} \cdot (t_{cm} + \Delta t_{cm}))}{t_x + \Delta t_x + t_{cm} + \Delta t_{cm}} + \\ & + \frac{c^1_{норм} + \Delta c^1_{норм} + c^2_{норм} (t_{cm} + \Delta t_{cm}) + \Delta c^2_{норм} (t_{cm} + \Delta t_{cm}) + R_{непр}}{t_x + \Delta t_x + t_{cm} + \Delta t_{cm}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\Delta t_x, \Delta t_{cm}$ – увеличение ходового и стояночного времени соответственно; $\Delta c_{бунк}$ – изменения стоимости бункера.

Расходы на бункер определяются нормативами расхода топлива на ходу q_x и на стоянке q_{cm} (принимая, что расход топлива на ходу соответствует экономической скорости судна). В (2) изменение расходов на бункер отражают:

– за счет увеличения временных параметров при запланированной стоимости бункера:

$$C_{бунк} (q_x \cdot \Delta t_x + q_{cm} \cdot \Delta t_{cm});$$

– за счет изменения стоимости бункера с учетом изменения времени рейса:

$$\Delta c_{бунк} (q_x \cdot (t_x + \Delta t_x) + q_{cm} \cdot (t_{cm} + \Delta t_{cm})).$$

$c^1_{норм} + c^2_{норм} (t_{cm})$ – зависимость портовых затрат от времени. Ранее в (1) принято, что $c_{норм}$ является объединением различного вида сборов и плат для рассматриваемого судна. Декомпозиция $c_{норм}$ позволяет получить две составляющие: $c^1_{норм}$ – составляющая портовых сборов, плат и стоимостей прохождения каналов, которая не зависит от времени стоянки судна в порту

(например, корабельный, маячный и т. п.); $c_{норм}^2$ – сборы, которые зависят от времени стоянки судна в порту (например, санитарный в украинских портах).

С учетом этого, изменение расходов на портовые сборы, прохождение каналов может быть представлено следующим образом:

$$\Delta R_{норм} = \Delta c_{норм}^1 + \Delta c_{норм}^2 (t_{см} + \Delta t_{см}), \quad (3)$$

где $\Delta c_{норм}^1$ – увеличение сборов и плат, не зависящих от времени пребывания судна в порту; $\Delta c_{норм}^2$ – увеличение сборов и плат, зависящих от времени стоянки судна.

Планируемое время ходовое t_x (сут) и время стояночное $t_{см}$ (сут) определяются исходя из заданных характеристик судна, трассы следования и интенсивности грузовых работ в портах захода.

Основной характеристикой судна, влияющей на стояночное время $t_{см}$, является загрузка Q (т). Для балкерных судов и большинства массовых грузов она определяется по чистой грузоподъемности D_u (т). Поэтому, в подобных случаях, без потери смысловой нагрузки, может быть принято $Q = K \cdot D_u$, где K – коэффициент, который учитывает долю чистой грузоподъемности, используемой на рейсовые запасы (прежде всего, топливо).

Также, если принять, что время стоянки судна в порту равняется сталийному времени (то есть времени выполнения грузовых операций), и, для упрощения дальнейшей формализации, усредненные интенсивности выполнения грузовых работ по погрузке и выгрузке M_n (т/сут) одинаковыми, то:

$$t_{см} = \frac{2 \cdot Q}{M_n} = \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n}. \quad (4)$$

Такое допущение не противоречит сути решаемой задачи, так как с точки зрения решаемой задачи интерес представляют отклонения временных параметров Δt_x и $\Delta t_{см}$, а не сами временные параметры.

Ходовое время t_x зависит от скорости судна V (принимая усредненной для балластного перехода и перехода с грузом) и расстояния перевозки L . С учетом замечания о допущениях, сделанного выше, для данной задачи можно пренебречь прохождением участков с ограниченной скоростью, поэтому время ходовое определяется как:

$$t_x = \frac{2 \cdot L}{V}. \quad (5)$$

Фрахтовая ставка f (долл/т) в рассматриваемый момент времени (то есть для заданной рыночной ситуации) зависит от характеристик рейса (прежде всего, расстояния перевозки L) и от грузоподъемности D_u , поэтому:

$$f = f(D_u, L). \quad (6)$$

Расходы на бункеровку определяются суточными нормативами расхода топлива (q_x, q_{cm} (т/сут)), зависящими от скорости судна и характеристик судовых энергетических установок, которые, в свою очередь, находятся в регрессионной зависимости от размера судна.

По информации о характеристиках балкерных судов водоизмещением 10000-22000 т, представленной в [10], построена регрессионная зависимость: «водоизмещение судна – нормативный расход топлива на ходу» (рис. 1).

Расход топлива, т/сут

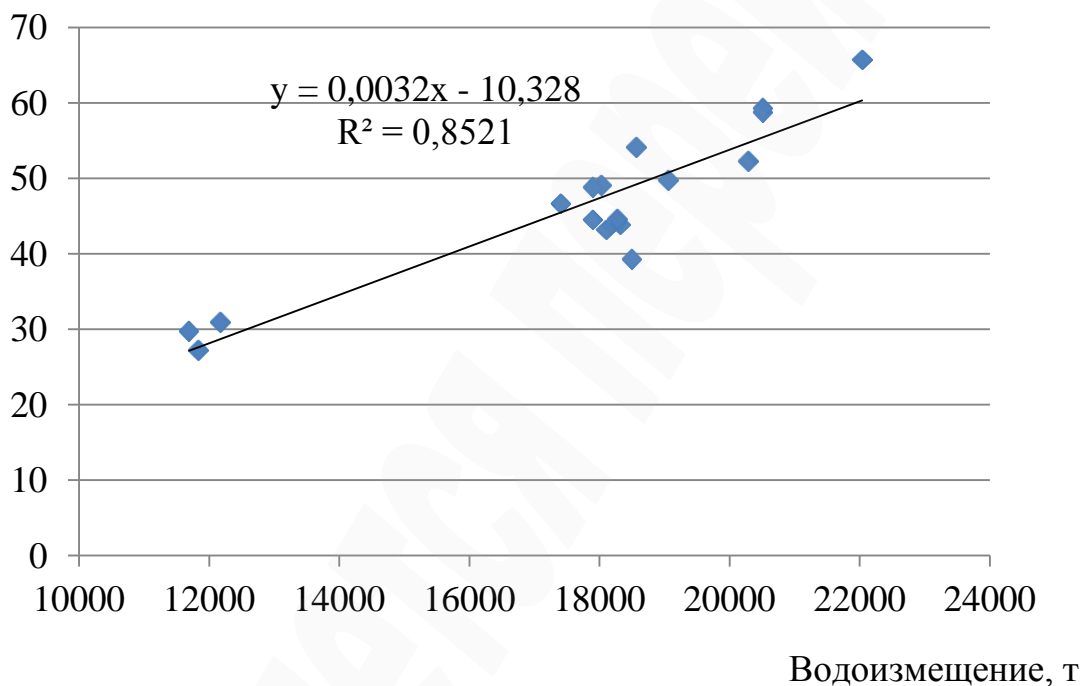


Рис. 1. Зависимость расхода топлива на ходу от водоизмещения

Из рассматриваемой статистической базы были исключены несколько судов, имеющие определенную конструктивную специфику, которая не присуща основной совокупности. Как видно, для судов рассматриваемого водоизмещения, зависимости носят четко выраженный линейный характер.

При проектировании мощности главной энергетической установки судов, в широком диапазоне изменения водоизмещения, используются различные двухкомпонентные формулы [11], устанавливающие зависимость мощности главной энергетической установки N (кВт) от водоизмещения D (т) и скорости судна V (узл). В частности, формула Давыдова имеет следующий вид:

$$N = \frac{D^{0,5} \cdot V^{3,25}}{C}, \quad (7)$$

где C – коэффициент, диапазон изменения которого 103–119.

С учетом того, что водоизмещение D и чистая грузоподъемность D_u находятся в прямой зависимости (в частности, на рис. 2 представлена подобная зависимость для балкеров водоизмещением 10000–22000 т), приведенные рассуждения позволяют сделать вывод о правомерности представления нормативов расхода топлива в виде зависимостей:

$$q_x = q_x(D_u), \quad q_{cm} = q_{cm}(D_u), \quad (8)$$

полагая, что $q_x(D_u)$ рассматривается для принятого уровня скорости.

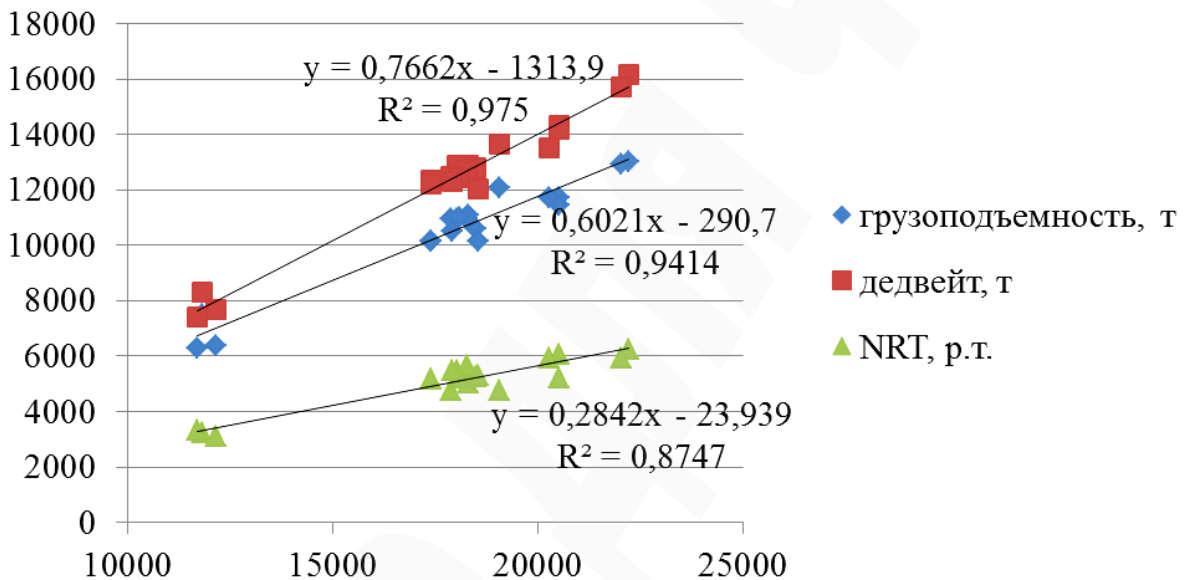


Рис. 2. Зависимости грузоподъемности, дедвейта и NRT от водоизмещения

Портовые сборы и платы в различных портах мира изымаются либо с нетто и брутто регистрового тоннажа (NRT, BRT), либо с дедвейта, либо с условного модуля судна (произведение длины, ширины и высоты борта). С учетом зависимости между собой указанных характеристик, а также их регрессионной взаимосвязи с чистой грузоподъемностью (рис. 2), можно принять:

$$\begin{aligned} c^1_{норм} &= c^1_{норм}(D_u), \\ c^2_{норм} &= c^2_{норм}(D_u, t_{cm}), \end{aligned} \quad (9)$$

Согласно практике работы морских судов по перевозке грузов, во временных рамках конкретного рейса, практически достоверно, что:

$$\Delta c_{норм}^1 = 0, \Delta c_{норм}^2 = 0,$$

а наиболее значащими отклонениями являются отклонения времени $\Delta t_x, \Delta t_{cm}$, стоимости бункера $\Delta c_{бунк}$, а также дополнительные расходы $R_{непр}$.

Таким образом, отдельные элементы затрат по судну представлены в виде зависимостей от характеристик судна и рейса. При подстановке (4)–(6), (8), (9) в (2) получится выражение изменения тайм-чартерного эквивалента $\Delta TЧЕ(L, D_u)$ в виде зависимости от характеристики судна (грузоподъемности D_u) и характеристики рейса (расстояния перевозки L):

$$\begin{aligned} \Delta TЧЕ(L, D_u) = & \frac{f(D_u, L) \cdot K \cdot D_u}{\frac{2 \cdot L}{V} + \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n}} - \frac{f(D_u, L) \cdot K \cdot D_u}{\frac{2 \cdot L}{V} + \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n} + \Delta t_x + \Delta t_{cm}} - \\ & \frac{c_{бунк}(q_x(D_u) \cdot \frac{2 \cdot L}{V} + q_{cm}(D_u) \cdot \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n}) + c_{норм}^1(D_u) + c_{норм}^2(D_u, \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n})}{\frac{2 \cdot L}{V} + \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n}} + \\ & \frac{(c_{бунк} + \Delta c_{бунк})(q_x(D_u) \cdot (\frac{2 \cdot L}{V} + \Delta t_x) + q_{cm}(D_u) \cdot (\frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n} + \Delta t_{cm}))}{\frac{2 \cdot L}{V} + \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n} + \Delta t_x + \Delta t_{cm}} + \\ & \frac{c_{норм}^1(D_u) + c_{норм}^2(D_u, \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n} + \Delta t_{cm}) + R_{непр}}{\frac{2 \cdot L}{V} + \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n} + \Delta t_x + \Delta t_{cm}}, \end{aligned} \quad (10)$$

В [12] для оценки возможных отклонений показателей эффективности работы судов предлагалось использовать метод, основанный на параметрах нормального закона распределения. Представленные результаты статистических исследований обосновали правомочность данного подхода. Обобщение данного подхода позволяет оценивать отклонения времени и стоимости бункера следующим образом:

$$\Delta t_x = k(\alpha) \cdot \sigma_{t_x}, \quad (11)$$

$$\Delta t_{cm} = k(\alpha) \cdot \sigma_{t_{cm}}, \quad (12)$$

$$\Delta c_{бунк} = k(\alpha) \cdot \sigma_{c_{бунк}}, \quad (13)$$

где:

$$\alpha = P(t_x \geq \overline{t_x} + \Delta t_x), \quad (14)$$

$$\alpha = P(t_{cm} \geq \overline{t_{cm}} + \Delta t_{cm}), \quad (15)$$

$$\alpha = P(c_{бунк} \geq \overline{c_{бунк}} + \Delta c_{бунк}), \quad (16)$$

$\overline{t_x}$, $\overline{t_{cm}}$, $\overline{c_{бунк}}$ – соответственно, средние значения времени ходового, стояночного и цены бункера. Таким образом, (14)–(16) выражают вероятность того, что увеличение времени ходового, стояночного и стоимости бункера не превысят рассматриваемых отклонений $\Delta t_x, \Delta t_{cm}, \Delta c_{бунк}$. При этом величины $\overline{t_x} + \Delta t_x$, $\overline{t_{cm}} + \Delta t_{cm}$; $\overline{c_{бунк}} + \Delta c_{бунк}$ являются, своего рода, пороговыми значениями рассматриваемых параметров с заданной вероятностью. Отметим, что в (1) в качестве $t_{cm}, t_x, c_{бунк}$ используются именно средние значения (математические ожидания); $\sigma_{t_x}, \sigma_{t_{cm}}, \sigma_{c_{бунк}}$ – среднеквадратические отклонения времени ходового, стояночного и стоимости бункера; $k(\alpha)$ определяется по таблицам значений функции Лапласа.

$R_{непр}$ может приниматься на базе статистических данных или экспертным путем. С учетом отсутствия соответствующей информационной базы, в рамках данного исследования сделать выводы о характере поведения $R_{непр}$ не представляется возможным. Отметим, что при оценке возможного уменьшения эффективности конкретного рейса, в $R_{непр}$ учитываются различные непредвиденные расходы, связанные с судозаходами в порты и не принимаются во внимание возможные затраты из-за непредвиденных поломок и связанных с этим ремонтами.

Данные факторы учитываются в рамках годового планирования результатов работы судов судоходной компании в целом.

Таким образом, с учетом оценок отклонений времени и повышения стоимости бункера, (11) может быть преобразовано следующим образом:

$$\Delta TЧЕ(L, D_u, \alpha) = \frac{f(D_u, L) \cdot K \cdot D_u}{\frac{2 \cdot L}{V} + \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n}} - \frac{f(D_u, L) \cdot K \cdot D_u}{\frac{2 \cdot L}{V} + \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n} + k(\alpha)(\sigma_{t_x} + \sigma_{t_{cm}})} -$$

$$\frac{c_{бунк}(q_x(D_u) \cdot \frac{2 \cdot L}{V} + q_{cm}(D_u) \cdot \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n}) + c^1_{порт}(D_u) + c^2_{порт}(D_u, \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n})}{\frac{2 \cdot L}{V} + \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n}} +$$

$$\begin{aligned}
& (c_{\text{бунк}} + k(\alpha) \cdot \sigma_{c_{\text{бунк}}})(q_x(D_u) \cdot (\frac{2 \cdot L}{V} + k(\alpha)\sigma_{t_x}) + q_{cm}(D_u) \cdot (\frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n} + k(\alpha)\sigma_{t_{cm}})) \\
& + \frac{\frac{2 \cdot L}{V} + \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n} + k(\alpha)(\sigma_{t_x} + \sigma_{t_{cm}})}{c_{\text{норм}}^1(D_u) + c_{\text{норм}}^2(D_u, \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n} + k(\alpha)\sigma_{t_{cm}}) + R_{\text{непр}}} \\
& + \frac{\frac{2 \cdot L}{V} + \frac{2 \cdot K \cdot D_u}{M_n} + k(\alpha)(\sigma_{t_x} + \sigma_{t_{cm}})}{.} \quad (17)
\end{aligned}$$

В зависимости от задаваемой вероятности α , которая влияет на учитываемые максимально возможные отклонения ходового и стояночного времени $\Delta t_x, \Delta t_{cm}$, (17) позволяет оценивать возможное отклонение тайм-чартерного эквивалента для судов различной грузоподъемности при работе по выполнению рейсов различной протяженности.

6.2. Влияние грузоподъемности судна и дальности перевозки на отклонение эффективности работы судна

На базе (17) появляется возможность исследовать влияние размера судна и дальности морской перевозки на отклонение тайм-чартерного эквивалента и возможное уменьшение эффективности рейса.

Проведем данные исследования для судов грузоподъемностью 5000-30000 т, которые являются наиболее характерными для отечественной грузовой базы и украинских портов.

Для проведения данных исследований были приняты следующие виды зависимостей отдельных элементов затрат от характеристик судна и рейса в соответствии с результатами статистических исследований специалистов по морскому транспорту.

Проведенные статистические исследования позволяют принять зависимость ставки фрахта от грузоподъемности и расстояния перевозки в виде линейной зависимости:

$$f = a_0 + a_1 D_u + a_2 L, a_0 > 0. \quad (18)$$

Не смотря на то, что в большинстве исследований обосновано, что ставка фрахта от размера судна зависит нелинейно, тем не менее, для относительно небольшого диапазона изменения размера судна, линейная зависимость также обеспечивает достаточный уровень достоверности (рис. 3).

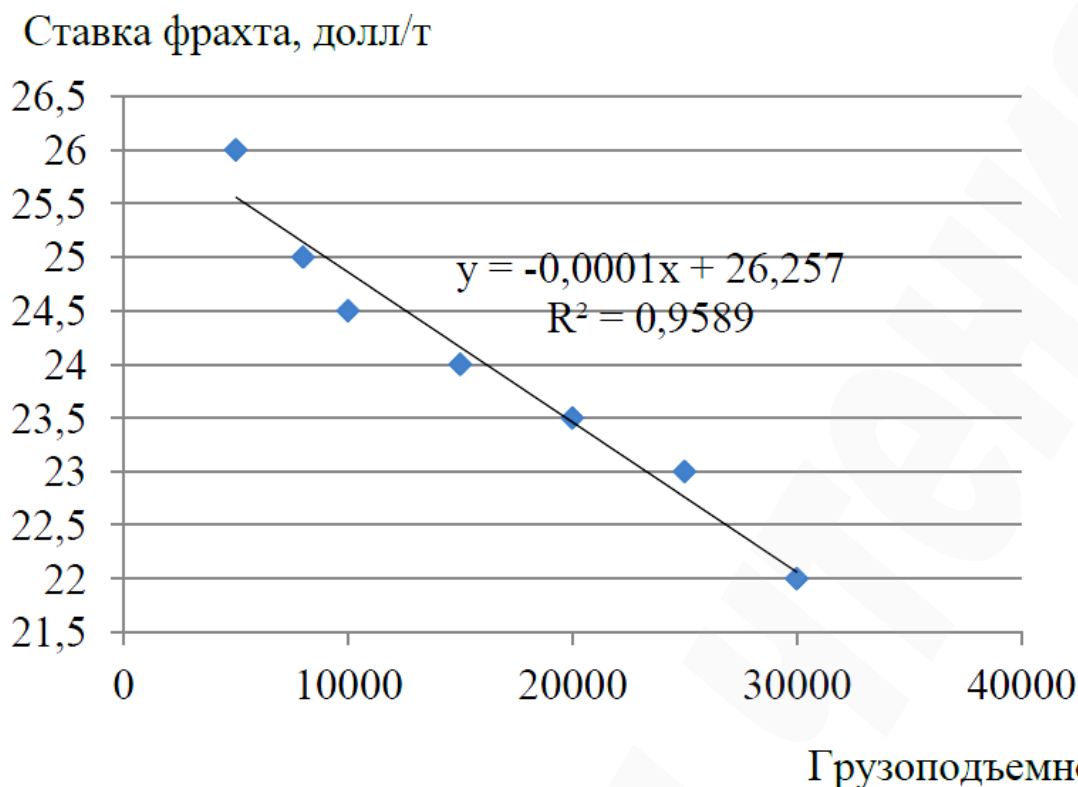


Рис. 3. Зависимость ставки фрахта от грузоподъемности для морской перевозки в 1000 миль (Черноморско-Средиземноморский бассейн)

В результате регрессионного анализа данных по фрахтовым ставкам при перевозке массовых грузов в Черноморско-Средиземноморском регионе была получена следующая регрессионная модель, которая принята за основу в дальнейшем:

$$f = 19,2 + 0,006 \cdot L - 0,0001 \cdot D_u. \quad (19)$$

Расходы на портовые сборы и платы могут быть представлены в виде линейных зависимостей с учетом общепринятой практики установления ставки портовых сборов для единицы используемой характеристики судна (дедвейт, условный объем и т. д.):

$$\begin{aligned} c_{порт}^1 &= c_0 \cdot D_u, \quad c_{порт}^2 = c_1 \cdot D_u, \\ c_0, c_1 &> 0. \end{aligned} \quad (20)$$

В большинстве портов мира существующая практика взимания портовых сборов предполагает рассмотрение, как правило, двух отрезков времени для портовых сборов, которые зависят от времени (например, причальный сбор – до 10 сут и более 10 сут). С учетом относительно небольшого размера судов, рассматриваемых в данном исследовании, будем полагать, что стояночное время судов даже с учетом их возможных задержек в порту вписывается в первый установленный временной диапазон. Поэтому, основываясь на

полученных по результатам анализа портовых сборов в портах Украины, Турции, Румынии, примем:

$$c_{норм}^1 + c_{норм}^2 = 3,04 \cdot D_u. \quad (21)$$

Норматив расхода топлива может быть принят в виде линейной зависимости от грузоподъемности:

$$\begin{aligned} q_x &= b_0 + b_1 D_u, q_{cm} = b_2 + b_3 D_u, \\ b_0, b_1, b_2, b_3 &\geq 0. \end{aligned} \quad (22)$$

В рамках дальнейших экспериментальных расчетов примем следующие зависимости расхода топлива (рис. 4, 5):

$$\begin{aligned} q_x &= 0,46 + 0,0044 \cdot D_u, \\ q_{cm} &= 0,743 + 0,0001 \cdot D_u. \end{aligned} \quad (23)$$

Расход топлива, т/сут

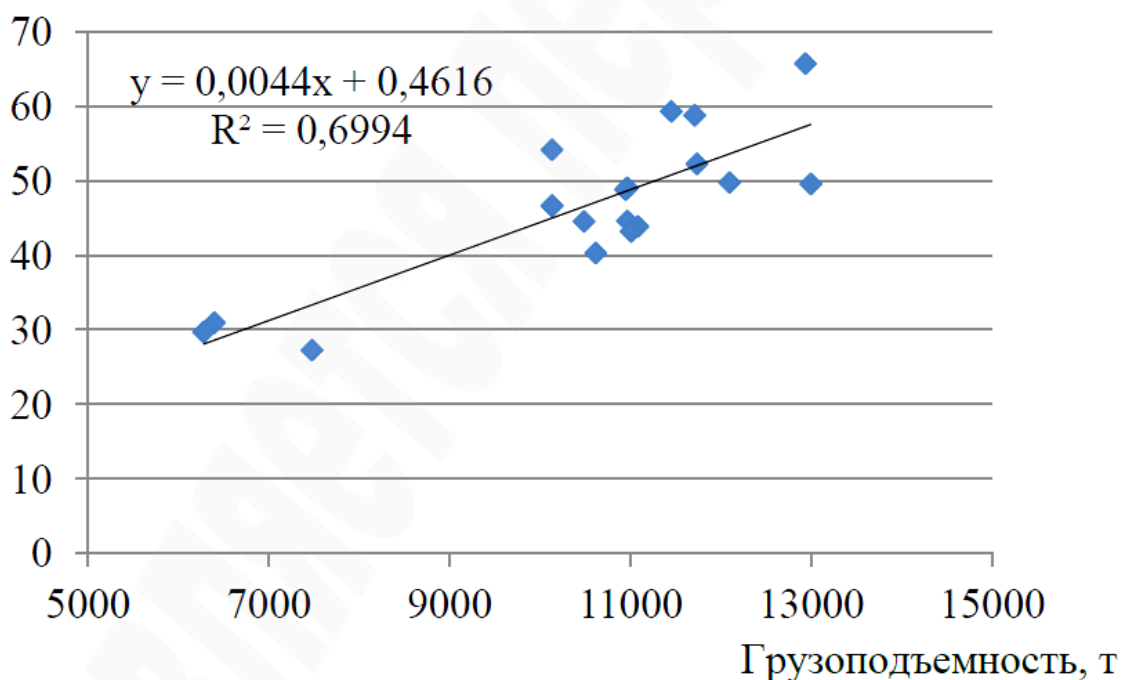


Рис. 4. Зависимость расхода топлива (т/сут) на ходу от грузоподъемности (т)

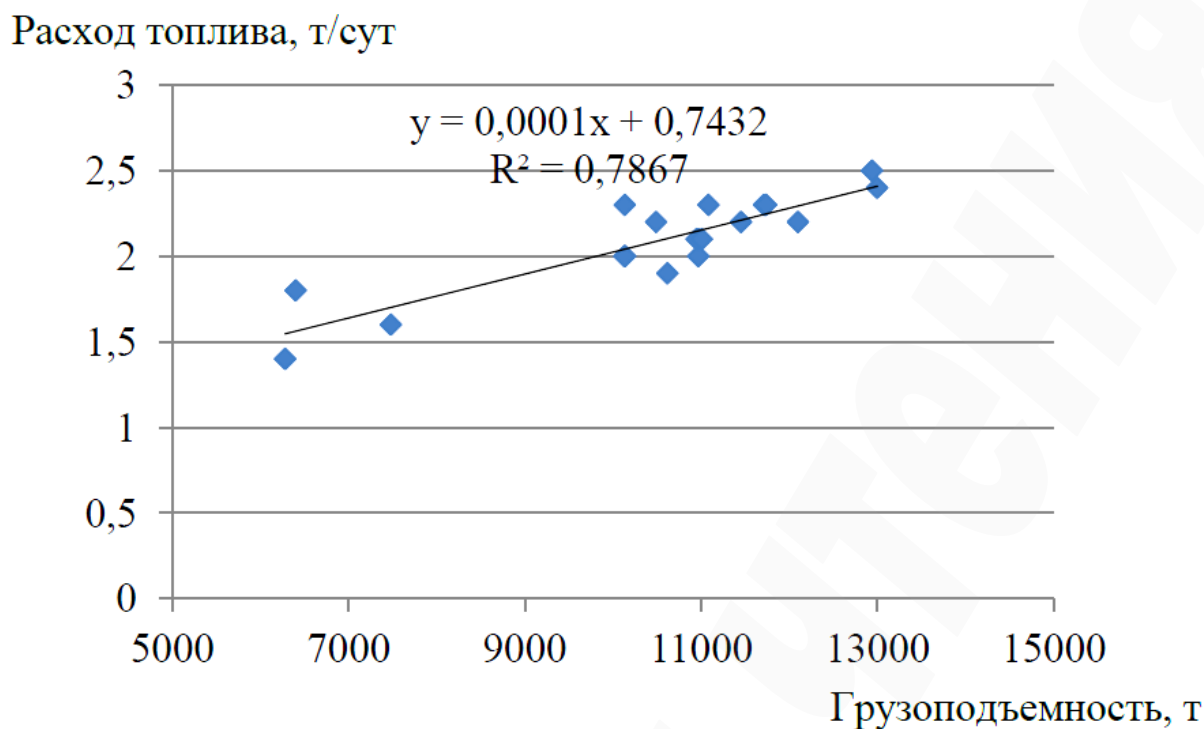


Рис. 5. Зависимость расхода топлива (т/сут) на стоянке от грузоподъемности (т)

Для экспериментальных исследований примем: скорость судна $V = 12 \text{ узл} = 288 \text{ миль/сут}$, $K = 0,95$, нормы грузовых работ $M_n = 3000$ (что является усредненными нормами грузовых работ для массовых грузов), стоимость бункера $c_{\text{бунк}} = 300 \text{ долл/т}$. Среднеквадратическое отклонение стоимости бункера примем $\sigma_{c_{\text{бунк}}} = 10 \text{ долл/т}$.

σ_{t_x} , $\sigma_{t_{cm}}$ могут зависеть и не зависеть от расстояния перевозки и размера судна, хотя логичнее было бы предположить наличие связи между отклонением времени и расстоянием перевозки. С учетом отсутствия адекватной информационной базы, необходимой для формулировки подобных выводов (это может являться предметом отдельных исследований), среднеквадратические отклонения ходового и стояночного времени $\sigma_{t_x}, \sigma_{t_{cm}}$ (сут) примем по 5–8 % от среднего (что соответствует результатам статистического анализа). В дальнейшем обозначим их одинаковое значение в процентном выражении как σ , полагая, что увеличение стояночного времени не связано с грузовыми операциями и не является ответственностью грузовладельца.

Непредвиденные расходы в рамках экспериментальных исследований можно не принимать во внимание с учетом специфики решаемой задачи.

После всех представленных выше выражений элементов доходов и затрат, допущений и преобразований, получим следующее:

$$\Delta TЧЕ(L, D_u, \alpha) = \frac{(19,2 + 0,006 \cdot L_u - 0,0001 \cdot D_u) \cdot 0,95 \cdot D_u - 3,04 D_u}{\frac{2 \cdot L}{288} + \frac{2 \cdot 0,95 \cdot D_u}{3000}} - \frac{(19,2 + 0,006 \cdot L - 0,0001 \cdot D_u) \cdot 0,95 \cdot D_u - 3,04 D_u}{\left(\frac{2 \cdot L}{288} + \frac{2 \cdot 0,95 \cdot D_u}{3000}\right) (1 + k(\alpha) \sigma)} + \frac{k(\alpha) \cdot 10 \left((0,46 + 0,0044 \cdot D_u) \cdot \frac{2 \cdot L}{288} + (0,743 + 0,0001 \cdot D_u) \cdot \frac{2 \cdot 0,95 \cdot D_u}{3000} \right)}{\frac{2 \cdot L}{288} + \frac{2 \cdot 0,95 \cdot D_u}{3000}}. \quad (24)$$

На рис. 6 по (24) построены графики зависимостей изменения тайм-чартерного эквивалента для различных значений σ (5 %, 7 %, 8 %) для заданного $k(\alpha) = 1,65$ для судов различного дедвейта и для рейсов различной продолжительности.

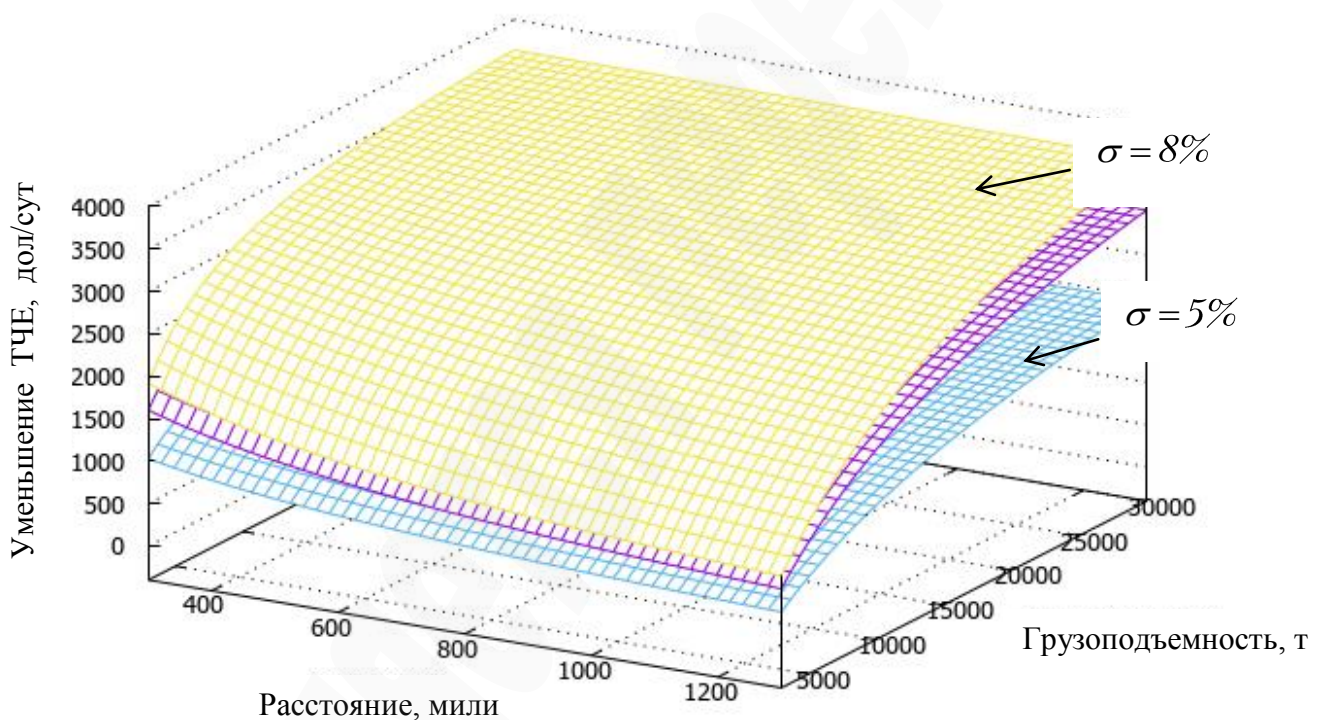


Рис. 6. Возможные отклонения тайм-чартерного эквивалента для судов различного дедвейта и для рейсов различной продолжительности

Как видно, при увеличении продолжительности рейса возможное уменьшение тайм-чартерного эквивалента становится менее существенным, чем на более коротких дистанциях. Естественно, что для судов большего размера возможное уменьшение тайм-чартерного эквивалента является более значительным. При этом следует отметить, что значительное влияние на

поведение $\Delta TЧЕ(L, D_u, \alpha)$ оказывает σ -среднеквадратическое отклонение времени рейса.

На рис. 7 представлена графическая иллюстрация (24) для двух уровней фрахтовых ставок, разница между которыми составляет 10 %.

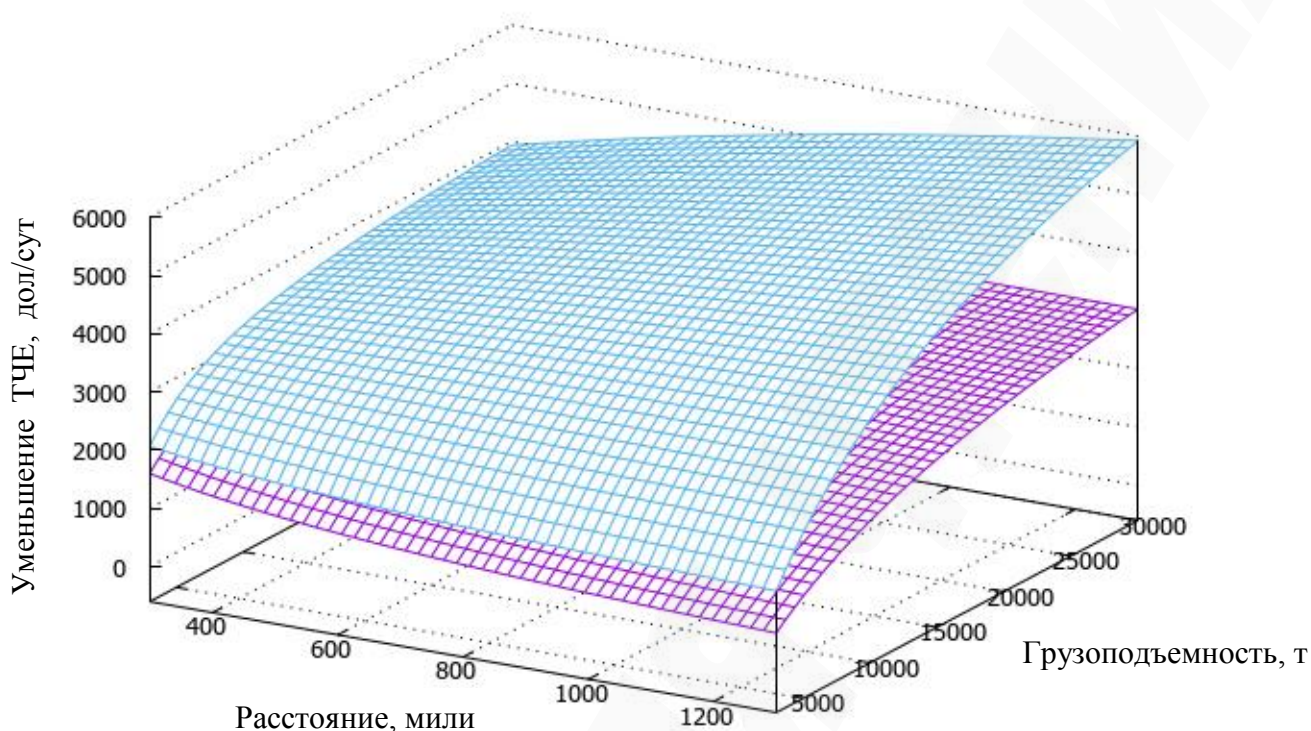


Рис. 7. Возможные отклонения тайм-чартерного эквивалента для судов различного дедвейта и для рейсов различной продолжительности при двух уровнях фрахтовых ставок

Как видно, данное влияние является также достаточно существенным наряду со среднеквадратическим отклонением времени рейса.

7. SWOT-анализ результатов исследования

Полученные результаты позволяют осуществлять практическую оценку возможных отклонений эффективности рейса под влиянием факторов риска. Величина $\Delta TЧЕ(\alpha)$ может служить дополнительным критерием при принятии решения по отфрахтованию судна в рейс наряду с показателями суточной прибыли и тайм-чартерного эквивалента, являясь, своего рода, оценкой риска уменьшения эффективности рейса.

Представленные результаты базируются на регрессионных зависимостях отдельных элементов затрат по судну от его размера и дальности морской перевозки. Тем не менее, в качестве статистической базы использовалась информация по балкерным судам грузоподъемность до 30000 т, а дальность перевозки ограничена 1300 миль. Поэтому было бы интересным провести подобные исследования на более широком статистическом материале.

Кроме того, слабой стороной данного исследования является отсутствие практической информации, которая бы позволила сделать вывод о специфике

среднеквадратических отклонений времени рейсов для различных направлений перевозок и судов различного размера – в исследовании данный параметр рассматривался как независимый от указанных характеристик. Именно он во многом определяет возможное отклонение показателя эффективности.

Отметим, что основными внешними факторами, которые оказывают негативное влияние на эффективность рейса морского судна и ее возможное отклонение, – это специфика украинских портов захода, которая проявляется в увеличении расходов на судозаход в порт. И, как следствие, формирование значительного уровня величины $R_{непр}$.

8. Выводы

1. На базе регрессионного анализа, а также математических взаимосвязей между отдельными характеристиками судна и рейса, установлены принципиальные виды зависимостей дохода и элементов затрат по судну (фрахтовая ставка, расход топлива, портовые сборы) в рейсе от грузоподъемности и дальности перевозки.

2. Полученные закономерности позволили сформулировать выражение отклонения показателя эффективности выполнения судном рейса как функции от характеристик судна и рейса. В качестве данного показателя рассмотрено отклонение тайм-чартерного эквивалента, величины, характеризующей суточную прибыль по судну без учета норматива постоянных затрат. Полученное выражение описывает нелинейную зависимость рассматриваемого показателя от размера судна (грузоподъемности) и характеристики рейса (дальности перевозки).

3. Сделаны выводы о влиянии размера судна и дальности перевозки на возможные отклонения эффективности рейса, в частности, установлено, что при увеличении продолжительности рейса возможное уменьшение тайм-чартерного эквивалента становится менее существенным, чем на более коротких дистанциях. Также определено, что значительное влияние наряду со среднеквадратическим отклонением времени рейса оказывает уровень фрахтовой ставки – даже ее незначительное увеличение приводит к ощутимой разнице в «потери» эффективности.

References

1. Lindstad, H. Reductions in cost and greenhouse gas emissions with new bulk ship designs enabled by the Panama Canal expansion [Text] / H. Lindstad, E. Jullumstro, I. Sandaas // Energy Policy. – 2013. – Vol. 59. – P. 341–349. doi:[10.1016/j.enpol.2013.03.046](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.03.046)

2. Lindstad, H. Assessment of profit, cost and emissions by varying speed as a function of sea conditions and freight market [Text] / H. Lindstad, B. E. Asbjornslett, E. Jullumstro // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2013. – Vol. 19. – P. 5–12. doi:[10.1016/j.trd.2012.11.001](https://doi.org/10.1016/j.trd.2012.11.001)

3. Onyshchenko, S. Regression models for the dependence of ship's cost from deadweight and age: before and after the crisis [Text] / S. Onyshchenko, T. Bernevek, N. Gonchar // *Vodnyi transport*. – 2015. – Vol. 1. – P. 126–133.

4. Ng, A. K. Y. The optimal ship sizes of container liner feeder services in Southeast Asia: a ship operator's perspective [Text] / A. K. Y. Ng, J. K. Y. Kee // *Maritime Policy & Management*. – 2008. – Vol. 35, № 4. – P. 353–376. doi:[10.1080/03088830802198167](https://doi.org/10.1080/03088830802198167)

5. Notteboom, T. E. The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping [Text] / T. E. Notteboom, B. Vernimmen // *Journal of Transport Geography*. – 2009. – Vol. 17, № 5. – P. 325–337. doi:[10.1016/j.jtrangeo.2008.05.003](https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.05.003)

6. Bialystocki, N. On the estimation of ship's fuel consumption and speed curve: A statistical approach [Text] / N. Bialystocki, D. Konovessis // *Journal of Ocean Engineering and Science*. – 2016. – Vol. 1, № 2. – P. 157–166. doi:[10.1016/j.joes.2016.02.001](https://doi.org/10.1016/j.joes.2016.02.001)

7. Onyshchenko, S. P. Peculiarities of market risks and measures for their reduction in contemporary shipping business [Text] / S. P. Onyshchenko, T. M. Shutenko // *Actual problems of economics*. – 2012. – № 2 (128). – P. 85–98.

8. Koekebakker, S. Are Spot Freight Rates Stationary? [Text] / S. Koekebakker, R. Adland, S. Sodal // *Journal of Transport Economics and Policy*. – 2016. – Vol. 40, № 3. – P. 449–472.

9. Adland, R. The stochastic behavior of spot freight rates and the risk premium in bulk shipping [Text]: Ph.D. Thesis / R. Adland. – Massachusetts Institute of Technology, 2003. – P. 141–146.

10. RD 31.03.01-90. Tehniko-ekonomicheskie karakteristiki sudov morskogo flota [Electronic resource] // Internet arhiv zakonodatel'stva SSSR. Bolee 20000 normativno-pravovyh aktov. – Available at: [\www/URL: http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_17959.htm](http://www/libussr.ru/doc_ussr/usr_17959.htm)

11. Artiushkov, L. S. Sudovye dvizhiteli [Text]: Textbook / L. S. Artiushkov, A. Sh. Achkinadze, A. A. Rusetskii. – Leningrad: Sudostroenie, 1988. – 296 p.

12. Onyshchenko, S. P. Evaluation of market risk of projects of vessel acquisition [Text] / S. P. Onyshchenko, T. Ye. Korniets // *Innovative economy*. – 2015. – № 4. – P. 198–205.