



Вишнеvский Д. О.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ФЛОТА И ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ЕГО РАБОТЫ

В данном исследовании рассматривается задача оптимизации структуры флота и направлений его работы в рамках годового отрезка времени. Проанализированы недостатки в существующих подходах к решению данной задачи. На базе требований практики и специфики годового периода планирования сформулированы основные требования к структуре флота, на их основе разработана экономико-математическая модель, спецификой которой является учет возможных простоев судов из-за падения грузовой базы.

Ключевые слова: моделирование, флот, суда, оптимизация, грузопотоки, структура, фрахтование, аренда, тайм-чартер.

1. Введение

В процессе планирования деятельности в рамках годового отрезка времени морские перевозчики решают задачу формирования структуры флота и определения наиболее коммерчески привлекательных направлений его работы с учетом конкурентной ситуации.

Под структурой флота понимается количественное распределение судов по специализациям и размерам. Направления работы — грузопотоки, обусловленные международной торговлей, в рамках отдельных географических сегментов.

В различные временные промежутки спрос на суда определенной специализации и размера в конкретном регионе может значительно варьироваться, и, как следствие, также могут значительно отличаться и ставки фрахта (цены морской перевозки). Более того, отдельные грузопотоки являются достаточно устойчивыми, а некоторым присущи значительные колебания с точки зрения их объемов. В такой ситуации, согласно мнению специалистов морского бизнеса (например, [1]), флот становится аналогом портфеля ценных бумаг. Поэтому так важно формировать такую структуру флота, которая бы обеспечивала наибольшие финансовые результаты в сложившихся рыночных условиях с учетом возможных рисков.

Отметим, что «структура флота» является динамичным объектом, благодаря возможностям аренды судов на время (так называемому, тайм-чартеру), что позволяет исключать суда из структуры флота (отфрахтовывать) и включать (фрахтовать). Отфрахтованные суда, в свою очередь, работают в тех географических сегментах, где у судовладельца нет возможности самостоятельно участвовать в перевозках, например, из-за отсутствия необходимых связей с грузовладельцами. Таким образом, аренда судов на время (тайм-чартер) позволяет нивелировать несоответствия спроса-предложения в различных географических сегментах фрахтового рынка как на уровне рынка в целом, так и на уровне отдельных компаний, занимающихся морскими перевозками.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Планированию работы флота посвящено значительное количество публикаций отечественных ученых советского периода, например [2, 3], однако данные исследования утратили свою актуальность в силу отсутствия тех условий, для которых они проводились. Современные специалисты рассматриваемой предметной области в основном уделяют внимание тенденциям фрахтового рынка [4, 5], обоснованию коммерческих условий фрахтовых сделок [6]. Ряд публикаций рассматривает систему планирования работы специализированных судов с позиции специфики эксплуатации данных судов. В основном, представленные в данных публикациях результаты (например, [7, 8]) ориентированы на оперативный уровень принятия решений по работе судов (оптимизация загрузки, коммерческое обоснование захода судна в порт и т. д.). Стратегическому уровню планирования деятельности морских перевозчиков посвящены работы [9–11]: в частности, в [9] рассматривается программа пополнения флота арендованными и приобретаемыми судами в долгосрочной перспективе без учета «деталей» текущего состояния рынка, грузопотоков, работы судов. Авторы предлагают модель, которая может быть использована в процессе стратегического планирования развития судоходной компании. В публикации [12] предлагается модель для формирования структуры флота на принципах «сбалансированного портфеля», с учетом корреляции ставок фрахта различных локальных рынков.

Таким образом, практически все исследования, связанные со структурой флота, ориентированы на длительную перспективу, и остается не охваченным период планирования равным годовому отрезку времени, в рамках которого не затрагиваются проблемы приобретения судов, присутствует возможность отклонения фактического состояния рынка от прогнозируемого, и при этом грузопотоки и показатели работы судов рассматриваются с достаточно высокой степенью детализации.

3. Объект, цель и задачи исследования

Объект исследования — структура флота судоходной компании и набор обслуживаемых ею грузопотоков.

Таким образом, целью данного исследования является разработка экономико-математической модели, позволяющей оптимизировать структуру флота и набор перспективных направлений его работы в рамках годового отрезка времени с учетом возможных изменений объемов спроса.

Исходя из цели, формируются следующие задачи исследования:

- 1) характеристика основных требований, предъявляемых к структуре флота и направлениям его работы;
- 2) разработка соответствующей модели на базе сформулированных требований в соответствии с поставленной целью;
- 3) экспериментальные исследования разработанной модели.

4. Основные требования к структуре флота и направлениям его работы

Как ранее отмечалось, в рамках годового отрезка времени структура флота может изменяться посредством фрахтования/отфрахтования судов. Судовладелец должен найти оптимальное сочетание «набор судов» — «набор грузопотоков», обеспечивающий максимальную прибыль в рассматриваемом периоде. При этом основным ограничением является спрос, объемы которого следует учитывать в оптимистическом и пессимистическом вариантах. Простои судов, связанные с уменьшением грузовой базы, не только влекут за собой недополучение прибыли, а и дополнительные расходы, что должно быть также учтено в процессе планирования.

Также судовладелец, как правило, ограничивает количество судов для отфрахтования/фрахтования, исходя из стратегических целей компании.

Условием необходимости отфрахтования судна (исключения его из структуры флота) является определенный уровень тайм-чартерного эквивалента (меньший, чем текущий уровень ставок аренды судов в тайм-чартер). Таким образом, если самостоятельная эксплуатация судовладельцем судна не обеспечивает определенный уровень прибыли, то лучшее решение — отфрахтование судна. Исключения — те ситуации, когда для компании стратегически важно сохранить свое присутствие на определенном грузопотоке. В таком случае, данное условие может быть откорректировано.

Критерием оптимизации структуры флота и направлений его работы должна являться прибыль, которая учитывает и возможные простои судов, и связанные с этим потери доходов и текущие расходы.

5. Экономико-математическая модель оптимизации структуры флота и набора перспективных направлений его работы

На этапе анализа грузовой базы формируется множество возможных для освоения перспективных направлений перевозок в рассматриваемом географическом секторе. По каждому направлению оцениваются прогнозные значения объемов перевозок Q_{Ψ} и их структура:

$$Q_r^{\Psi}, r = \overline{1, R}, \quad Q^{\Psi} = \sum_{r=1}^R Q_r^{\Psi}.$$

Как правило, прогнозирование спроса осуществляется на базе регрессионных моделей, что предполагает установление границ доверительного интервала для прогнозных значений — $Q_{r\max}^{\Psi}, Q_{r\min}^{\Psi}$. Таким образом, $Q_{r\max}^{\Psi}$ — максимально прогнозируемый объем грузопотока на направлении Ψ , $Q_{r\min}^{\Psi}$ — минимально прогнозируемый объем грузопотока на направлении Ψ . Отметим, что данные значения определяются с учетом конкуренции, то есть возможного участия флота компании в освоении данных перевозок.

Интересы компании обуславливают рассмотрение m типов судов (специализация, тоннажная группа). Флот компании состоит из N_i действующих судов типа $i = \overline{1, m}$. Отметим, что какие-то из типов судов могут не присутствовать в текущей структуре флота, но рассматриваться в качестве потенциальных для включения в нее.

Уровень тарифных ставок при перевозке груза r судном i в направлении Ψ оценивается как f_{ir}^{Ψ} . Кроме действующих судов, компания может привлечь подобный тоннаж на условиях тайм-чартера в рамках рассматриваемого периода времени T по ставке $f_i^{T-\Psi}$.

Для каждого направления перевозок Ψ и груза r известны следующие технико-эксплуатационные и экономические показатели работы судов:

- годовая провозная способность p_{ir}^{Ψ} ;
- годовые эксплуатационные затраты (переменные) c_{ir}^{Ψ} .

Кроме того, для каждого судна известны годовые постоянные затраты $c_i^{\text{пост}}$ и может быть оценена величина $c_i^{\text{сп}}$ — суточные затраты по судну, когда оно не задействовано на перевозках (по сути, расходы во время простоя судна).

Введем в рассмотрение параметры управления:

- x_{ir}^{Ψ} — число судов типа i с грузом r на направлении Ψ ;
- x_i^- — число судов типа i , сданных в тайм-чартер в рамках рассматриваемого периода T ;
- x_i^+ — число судов типа i , арендованных в тайм-чартер в рамках рассматриваемого периода T .

Сумма фрахта от работы судов на всех рассматриваемых направлениях составит:

$$F = \sum_{\Psi=1}^{\Phi} \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^R p_{ir}^{\Psi} \cdot f_{ir}^{\Psi} \cdot x_{ir}^{\Psi} + \sum_{i=1}^m f_i^{T-\Psi} T x_i^- . \quad (1)$$

Расходы эксплуатационные переменные, постоянные, на привлечение судов на условиях тайм-чартера, составляют:

$$C^{\Psi+a} = \sum_{\Psi=1}^{\Phi} \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^R c_{ir}^{\Psi} \cdot x_{ir}^{\Psi} + \sum_{i=1}^m f_i^{T-\Psi} T x_i^+ + \sum_{i=1}^m c_i^{\text{пост}} \sum_{\Psi=1}^{\Phi} \sum_{r=1}^R x_{ir}^{\Psi} . \quad (2)$$

Отметим, что планируя на перспективу, следует учесть возможные отклонения спроса от прогнозируемого значения, что влечет за собой расходы, связанные с простоем судов. Таким образом, к (2) добавится еще одно слагаемое:

$$C^{пп} = \sum_{i=1}^m c_i^{пп} T \alpha_i, \quad (3)$$

где α_i — доля бюджета времени судна, которая может прийти к простои, в связи с уменьшением спроса.

Величины α_i могут быть оценены либо с помощью мнений экспертов, либо расчетным путем, для чего может быть использован предлагаемый далее подход.

Участие судна и в перевозках на направлении Ψ определяется как доля, приходящаяся на судно в общем объеме транспортной работы судов:

$$\beta_i^\Psi = \begin{cases} \frac{\sum_{r=1}^R p_{ir}^\Psi x_{ir}^\Psi}{\sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^R p_{ir}^\Psi x_{ir}^\Psi}; & \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^R p_{ir}^\Psi x_{ir}^\Psi > 0; \\ 0; & \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^R p_{ir}^\Psi x_{ir}^\Psi = 0; \end{cases} \quad i = \overline{1, m}; \Psi = \overline{1, \Phi}. \quad (4)$$

Соответственно, при уменьшении общего объема транспортной работы на конкретном направлении, пропорционально уменьшается фактическое участие каждого судна в данных перевозках (во сколько раз может уменьшиться объем транспортной работы на рассматриваемом направлении, во столько раз уменьшится участие судна в обслуживании данных грузоперевозок):

$$\alpha_i^\Psi = \beta_i^\Psi \left(1 - \frac{\sum_{r=1}^R Q_{r \min}^\Psi}{\sum_{r=1}^R Q_{r \max}^\Psi} \right), \quad \Psi = \overline{1, \Phi}; i = \overline{1, m}. \quad (5)$$

Следовательно:

$$\alpha_i = \sum_{\Psi=1}^{\Phi} \alpha_i^\Psi. \quad (6)$$

При этом уменьшении спроса повлечет за собой уменьшение суммы фрахта на величину:

$$\Delta F = \sum_{i=1}^m \alpha_i \sum_{\Psi=1}^{\Phi} \sum_{r=1}^R p_{ir}^\Psi \cdot f_{ir}^\Psi \cdot x_{ir}^\Psi. \quad (7)$$

Также уменьшаться эксплуатационные (переменные) затраты на величину:

$$\Delta C^{\text{э+а}} = \sum_{i=1}^m \alpha_i \sum_{\Psi=1}^{\Phi} \sum_{r=1}^R c_{ir}^\Psi \cdot x_{ir}^\Psi. \quad (8)$$

Каждое из рассматриваемых судов должно обеспечивать при эксплуатации уровень ТЧЭ (тайм-чартерного эквивалента), иначе самостоятельная эксплуатация судна нецелесообразна и более эффективным будет сдача его в аренду на условиях тайм-чартера. Как известно, ТЧЭ представляет собой суточную прибыль без учета постоянных затрат по судну. Данное условие может быть записано как:

$$\left[\frac{(1 - \alpha_i) \sum_{\Psi=1}^{\Phi} \sum_{r=1}^R (p_{ir}^\Psi \cdot f_{ir}^\Psi - c_{ir}^\Psi) \cdot x_{ir}^\Psi - c_i^{пп} T \alpha_i}{T} \right] \geq f_i^{т-ч} \sum_{\Psi=1}^{\Phi} \sum_{r=1}^R x_{ir}^\Psi, \quad i = \overline{1, m}. \quad (9)$$

Другими словами, (9) отражает ТЧЭ для судов конк-ретного типа.

Кроме того, должны быть выполнены условия по освоению грузопотоков:

$$\sum_{i=1}^m p_{ir}^\Psi x_{ir}^\Psi \leq Q_{r \max}^\Psi, \quad \Psi = \overline{1, \Phi}; r = \overline{1, R}, \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^m p_{ir}^\Psi x_{ir}^\Psi \geq Q_{r \min}^\Psi, \quad \Psi = \overline{1, \Phi}; r = \overline{1, R}. \quad (11)$$

В данном случае условия по освоению грузопотоков сформулированы для ситуации, когда руководство компании считает необходимым обязательно участие флота в перевозках на рассматриваемых направлениях. В других условиях, достаточно использовать условие (11).

Общее количество арендованных судов и сданных в тайм-чартер не должно превышать заданной величины:

$$\sum_{i=1}^m x_i^+ \leq N_{i \max}^+, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^m x_i^- \leq N_{i \max}^-. \quad (13)$$

Следующее ограничение является балансовым по количеству судов компании, которые распределяются по направлениям работы, — входящие в состав флота, арендованные и сданные в аренду:

$$\sum_{\Psi=1}^{\Phi} \sum_{r=1}^R x_{ir}^\Psi = N_i + x_i^+ - x_i^-, \quad i = \overline{1, m}. \quad (14)$$

Ограничения (9)–(14) отражают множество условий, возникающих в процессе планирования эксплуатационной деятельности флота в рамках годового отрезка времени. Критерием оптимальности должен являться итоговый финансовый результат работы флота на заданных перевозках:

$$\begin{aligned} \Pi = & \sum_{i=1}^m (1 - \alpha_i) \sum_{\Psi=1}^{\Phi} \sum_{r=1}^R p_{ir}^\Psi \cdot f_{ir}^\Psi \cdot x_{ir}^\Psi + \sum_{i=1}^m f_i^{т-ч} T x_i^- - \\ & - \sum_{i=1}^m (1 - \alpha_i) \sum_{\Psi=1}^{\Phi} \sum_{r=1}^R c_{ir}^\Psi \cdot x_{ir}^\Psi - \sum_{i=1}^m f_i^{т-ч} T x_i^+ - \\ & - \sum_{i=1}^m c_i^{\text{пост}} \sum_{\Psi=1}^{\Phi} \sum_{r=1}^R x_{ir}^\Psi - \sum_{i=1}^m c_i^{пп} T \alpha_i \rightarrow \max. \end{aligned} \quad (15)$$

Выражение (15) представляет собой прибыль с учетом возможного негативного влияния падения объемов транспортной работы.

Отметим, что при решении рассматриваемой задачи выражение (15) может использоваться в качестве еще одного ограничения, а для целевой функции в этом случае должна быть принята прибыль без учета риска падения грузовой базы. В таком случае структура флота устанавливается, исходя из оптимистических прогнозов, а возможный риск учитывается при задании минимально допустимой границы прибыли.

Условия неотрицательности и целочисленности параметров управления позволяет окончательно сформировать структуру модели:

$$x_{ir}^{\Psi} \geq 0, x_i^- \geq 0, x_i^+ \geq 0, x_i^-, x_i^+ \text{ — целочисленные, } i = \overline{1, m}; r = \overline{1, R}; \Psi = \overline{1, \Phi}. \quad (16)$$

Результатом оптимизации является:

- структура флота с учетом фрахтования (отфрахтования) в тайм-чартер;
- перспективные направления и объемы возможных перевозок;
- прогнозируемый финансовый итог с учетом возможных колебаний спроса и вынужденного простоя судов.

6. Экспериментальные исследования разработанной модели

Экспериментальные исследования проводились для исходных данных, фрагмент которых представлен на рис. 1.

Провозная способность, тыс. т.					
СУДНО	Напр.1	Напр.2	Напр.3	Напр.4	
1	234	300	320	180	
2	260	340	380	220	
3	310	380	420	270	
4	380	450	490	310	
5	430	550	590	350	

Постоянные расходы, тыс.долл	
СУДНО	Пост.расходы
1	800
2	900
3	1100
4	1200
5	1400

Фрахтовая ставка, долл/т					
СУДНО	Напр.1	Напр.2	Напр.3	Напр.4	
1	12	14	17	26	
2	12	14	17	26	
3	12	14	17	25	
4	12	13	16	24	
5	11	13	16	24	

Простой судна, тыс.долл/доб	
СУДНО	Расходы
1	0,3
2	0,34
3	0,39
4	0,47
5	0,54

Эксплуатационные затраты, тыс.долл					
СУДНО	Напр.1	Напр.2	Напр.3	Напр.4	
1	120	140	160	180	
2	140	150	180	190	
3	150	170	200	220	
4	170	190	220	250	
5	190	210	235	260	

Объемы грузопотоков, тыс. т.					
	Напр.1	Напр.2	Напр.3	Напр.4	
мин.	500	800	1000	1000	
макс	700	1200	1400	1600	

Рис. 1. Фрагмент исходных данных для экспериментальных исследований модели

Оптимизация осуществлялась для различных значений ставок тайм-чартерной аренды. Как видно (рис. 2), по мере увеличения арендных ставок, становится экономически целесообразным отфрахтование судов меньшего тоннажа и аренда судов большего тоннажа (что

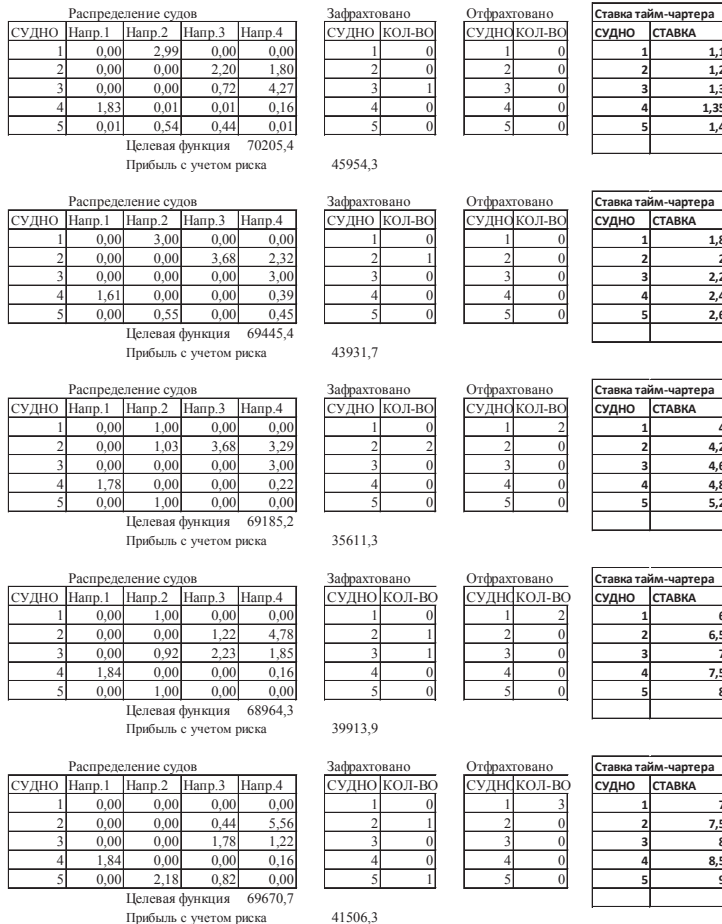


Рис. 2. Результаты оптимизации для различных значений ставок тайм-чартерной аренды судов

объясняется увеличением провозной способности без изменения общего количества судов, что при заданном уровне спроса обуславливает максимизацию прибыли).

При этом меняется и распределение судов по направлениям перевозок. Значение прибыли с учетом возможного падения объемов перевозок позволяет лицу, принимающему решение, адекватно оценить результаты работы судов.

7. Обсуждение результатов исследования проблемы формирования оптимальной структуры флота и перспективных направлений его работы

Представленные результаты исследования являются продолжением существующих работ специалистов по морскому транспорту. В отличие от предлагаемых подходов, разработанная модель ориентирована на годовой отрезок планирования, в рамках которого не рассматриваются вопросы приобретения судов. Кроме того, спецификой модели является учет возможных простоев судов из-за падения грузовой базы, что соответствует реальной ситуации на рынке морских перевозок.

Представленная модель может использоваться в практической деятельности морскими перевозчиками для решения вопросов по фрахтовой политике и маркетинговой политике.

Дальнейшее развитие разработанной модели будет осуществляться в направлении максимизации учета

колебаний рыночной конъюнктуры в различных сегментах, например, по аналогии с подходом в [12].

8. Выводы

В результате проведенных исследований:

1. В результате обобщения практического опыта охарактеризованы основные требования, предъявляемые к структуре флота и направлениям его работы в рамках годового отрезка времени.

2. На основе сформулированных требований разработана экономико-математическая модель, позволяющая определять оптимальные состав флота и набор грузопотоков для его работы.

3. Проведены экспериментальные исследования, которые подтвердили работоспособность и адекватность модели.

Литература

1. Лукашов, А. В. Международные финансы и управление валютными рисками в нефинансовых корпорациях [Текст] / А. В. Лукашев // Управление корпоративными финансами. — 2005. — № 1. — С. 36–52.
2. Воевудский, Е. Н. Экономико-математические методы и модели в управлении морским транспортом [Текст] / Е. Н. Воевудский, Н. А. Коневцева, Г. С. Махуренко, И. П. Тарасова; под ред. Е. Н. Воевудского. — М.: Транспорт, 1986. — 287 с.
3. Громовой, Э. П. Математические методы и модели в планировании и управлении на морском транспорте [Текст] / Э. П. Громовой. — М.: Транспорт, 1979. — 360 с.
4. Stopford, M. Maritime Economics [Текст] / M. Stopford. — Ed. 2. — Routledge, 1997. — 562 p. doi:10.4324/9780203442661
5. Онищенко, С. П. Моделирование процессов организации и функционирования системы маркетинга морских транспортных предприятий [Текст] / С. П. Онищенко. — Одесса: Феникс, 2009. — 328 с.
6. Шибаяев, А. Г. Распределение степени влияния коммерческих рисков при тайм-чартерной аренде судов [Текст]: сб. науч. пр. / А. Г. Шибаяев, С. И. Рылов, Ю. А. Коскина, Н. В. Судник // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем. — Одеса, 2011. — Вип. 17. — С. 197–212.
7. Кириллова, Е. В. Организация и управление работой морских судов в ролкерной транспортно-технологической си-

стеме [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / Е. В. Кириллова; ОНМУ. — Одесса, 2004. — 184 с.

8. Шибаяев, А. Г. Обобщение и развитие моделей оптимальной расстановки флота морской судоходной компании [Текст] / А. Г. Шибаяев // Вісник Одеського державного морського університету. — Одеса: ОДМУ, Астропринт, 1998. — № 2. — С. 66–72.
9. Жихарева, В. В. Теория и практика инвестиционной деятельности судоходных компаний [Текст]: монография / В. В. Жихарева. — Одесса: ИПРЕД-НАН, 2010. — 480 с.
10. Махуренко, Г. С. Моделирование программы пополнения флота судоходной компании [Текст]: сб. науч. пр. / Г. С. Махуренко, В. В. Жихарева // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем. — Одеса, 2008. — № 14. — С. 5–23.
11. McConville, J. The Economics of Maritime Transport. Theory and Practice [Text] / J. McConville. — Witherby&Co. Ltd., 1999. — 424 p.
12. Онищенко, С. П. Специфика рыночных рисков и мероприятий по их снижению в современном судоходном бизнесе [Текст] / С. П. Онищенко, Т. Н. Шутенко // Актуальні проблеми економіки. — 2012. — № 2. — С. 85–98.

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ФЛОТУ І ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ ЙОГО РОБОТИ

У даному дослідженні розглядається задача оптимізації структури флоту і напрямків його роботи в рамках річного відрізка часу. Проаналізовано недоліки в існуючих підходах до вирішення даного завдання. На базі вимог практики і специфіки річного періоду планування сформульовані основні вимоги до структури флоту, на їх основі розроблено економіко-математичну модель, специфікою якої є врахування можливих простоїв суден через падіння вантажної бази.

Ключові слова: моделювання, флот, суди, оптимізація, вантажопотоки, структура, фрахтування, оренда, тайм-чартер.

Вишневский Дмитрий Олегович, ассистент, кафедра морских перевозок, Одесский национальный морской университет, Украина, e-mail: system013@mail.ru.

Вишневський Дмитро Олегович, асистент, кафедра морських перевезень, Одеський національний морський університет, Україна.

Vishnevsky Dmitry, Odessa National Maritime University, Ukraine, e-mail: system013@mail.ru

УДК 504.064

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.37648

**Бойко Т. В.,
Запорожец Ю. А.**

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАССОПЕРЕНОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕННОМ СЛОЕ

В статье представляется математическая модель процесса фильтрации загрязненной воды в почвенном слое с учетом особенностей физико-химических свойств почвы. Применение данной модели дает возможность оценить степень загрязнения, и динамику миграции поллютантов в процессе фильтрации с учетом сложных процессов физико-химического взаимодействия сточных вод с грунтовыми массами.

Ключевые слова: сточные воды, фильтрационный процесс, грунт, математическое моделирование, массообмен, кинетические уравнения.

1. Введение

Почвенный слой, одна из составляющих частей экологической системы, который расположен в промышлен-

ных районах наиболее подвержен негативному влиянию загрязненных веществ, как жидких, так и твердых отходов промышленного происхождения. Исследование влияния загрязняющих веществ, которые поступают в почву,