

УДК 656.613.2:629.124.34

## СОСТАВ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ БАРЖЕБУКСИРНЫХ СУДОВ

Шибяев А.Г., Щербина О. В.

## COMPOSITION AND SEQUENCE OF OPERATIONS AT THE ORGANIZATION OF THE WORK OF THE TUG BARGE VESSELS

Shibaev A.G., Shcherbina O.V.

*В статье представлена структурная модель организации работы баржебуксирных судов с применением экономико-математического и имитационного моделирования на основе логико-эвристического подхода с учетом сформулированного комплекса требований. Разработанная модель отображает полный цикл задач и включает в себя вопросы обоснования типоразмера баржебуксирного судна при определенной форме организации работы его функциональных элементов, а также вопросы распределения и закрепления судов за схемой движения.*

**Ключевые слова:** баржебуксирное судно, типоразмер, распределение судов, график движения

**Введение.** В последние годы наблюдается повышенный интерес как к баржебуксирным судам (ББС), так и к методикам организации их работы, позволяющим увеличить эффективность перевозок, что предопределяет актуальность настоящего исследования.

Как известно, эффективность баржебуксирных перевозок (ББП) зависит от организации работы флота. Известные публикации и методики не отражают полного комплекса задач организационного характера.

В научных исследованиях последних лет перевозки с участием ББС рассматриваются преимущественно в следующих направлениях:

- освещаются стратегии развития ББП, в том числе в области интермодальных контейнерных перевозок [1, 2, 3];
- в области судостроения [4, 5];
- в области судовождения.

В работах [2, 3] предложена методика определения и оценки:

- вариантов интермодальных схем доставки контейнеров по Европейским внутренним водным путям;
- места дислокации портов-хабов.

Представленная методика [2, 3] отображает решение некоторых задач в перспективном направлении организации работы ББС при интермодальной перевозке грузов в контейнерах. При рассмотрении для классического варианта эксплуатации ББС при перевозке массовых грузов методика представляет интерес при определении порта смены тяги при участковой форме организации работы судов.

В методике, представленной в серии работ [4, 5], рассматривается задача определения оптимальных характеристик ББС смешанного плавания с позиции судостроения и проектирования судов. Кроме того, автором решается частная задача для определенного направления и группы судов для варианта с рейдовым перегрузочным комплексом [4]. В предложенной методике не обозначено, как учитываются главные линейные размерения ББС при отборе судов для работы на схеме при различных формах взаимодействия тяги и тоннажа.

**Целью статьи** является структурирование последовательности задач и определение состава операций при организации работы ББС.

Исходя из цели, формируется задача исследования по определению состава и последовательности операций на следующих этапах организации работы ББС:

1. Составление возможных схем работы ББС;
2. Обоснование типоразмера ББС для работы на схеме;
3. Формирование приоритетного ряда для работы на схеме при различных вариантах организации работы ББС;
4. Обоснование оптимального распределения судов для работы на схеме;
5. Закрепление ББС за графиком движения.

**Изложение основного материала.** Настоящее исследование входит в цикл публикаций авторов, посвященных организации работы ББС. Как известно, задача организации работы таких судов

является достаточно сложной в силу технических и технологических особенностей их эксплуатации. Реализация поставленной задачи осуществляется в последовательности, изложенной ниже.

*Этап 1. Составление возможных схем работы ББС.* На основании информации о грузопотоках, технических средствах и трассе следования подбираются формы организации их работы и составляются возможные схемы работы ББС [6].

На основании анализа практики эксплуатации ББС делается вывод о том, что наибольшее распространение получили следующие варианты организации работы ББС ( $k$ ):

— маршрутная отправка и сквозная форма организации работы (ФОР) тяги ( $k=a$ );

— сборная отправка и сквозная ФОР тяги ( $k=b$ );

— работа по системе тяговых плеч и участковой ФОР тяги ( $k=c$ ).

Учет отмеченных ФОР определяет схему работы ББС.

*Этап 2. Обоснование типоразмера баржебуксирного состава для работы на схеме* содержит следующие задачи [2]:

*Этап 2.1.* Отбор из исходного множества буксиров типа  $i$  и барж типа  $j$  базиса предварительно отобранных судов;

*Этап 2.2.* Определение максимально допустимой загрузки комплекта барж типа  $j$ , входящих в состав ББС типа  $z$ ;

*Этап 2.3.* Формирование исходного множества возов  $\lambda$  и определение типоразмеров ББС типа  $z$ ;

*Этап 2.4.* Формирование базиса предварительно отобранных ББС типа  $z$  для работы на схеме  $\ell$ ;

*Этап 2.5.* Определение габаритных размеров ББС типа  $z$  из базиса предварительно отобранных судов.

*Этап 2.1. Отбор из исходного множества буксиров типа  $i$  и барж типа  $j$  базиса предварительно отобранных судов.* Из списочного состава буксирного флота (исходного множества тяги) с учетом плана пополнения и списания судов формируется базиса предварительно отобранных судов из буксиров типа  $i$  и барж типа  $j$  по признаку соответствия технико-эксплуатационных характеристик тяги условиям предстоящего рейса, а также возможность взаимозаменения тяги и тоннажа (модель организации работы ББС «вертушка»). Следует отметить, что буксир типа  $i$  в комбинации с возом  $\lambda$  (состоящего из барж типа  $j$ ) образуют ББС типа  $z$ .

Таким образом при формировании базиса предварительно отобранных судов из буксиров типа  $i$  и барж типа  $j$  применяется вариантный метод отбора составных элементов ББС для определенных условий рейса.

Содержание *этапов 2.2. – 2.3.* изложено в работе [7];

*Этап 2.4. Формирование базиса предварительно отобранных ББС типа  $z$  для работы на схеме  $\ell$ .* Возможность работы тяги типа  $i$  с возом из барж типа  $j$  в составе ББС типа  $z$  для работы на схеме  $\ell$  определяется параметром управления ( $Y_{iz\ell}$ ) принимающим следующее значение:

$$Y_{iz\ell} = \begin{cases} 1, & \text{если буксир типа } i, \text{ входит в} \\ & \text{состав ББС типа } z \text{ для работы на} \\ & \text{схеме } \ell, \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (1)$$

На значение параметра  $Y_{iz\ell}$  оказывает влияние соблюдение следующего условия [7]:

$$\rho_i \geq \frac{Q_{zr\ell}}{N_i^e} \quad (i=\overline{1,I}; z=\overline{1,Z}; r=\overline{1,R}; \ell=\overline{1,L}), \quad (2)$$

где  $\rho_i$  - удельная нагрузка тяги типа  $i$ ;  $Q_{zr\ell}$  - загрузка ББС типа  $z$  грузом  $r$  для работы на схеме  $\ell$ ;  $N_i^e$  - мощность энергетической установки тяги типа  $i$ .

Таким образом

$$Y_{iz\ell} = \begin{cases} 1, & \text{если } \rho_i \geq \frac{Q_{zr\ell}}{N_i^e} \\ & (i=\overline{1,I}; z=\overline{1,Z}; r=\overline{1,R}; \ell=\overline{1,L}); \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (3)$$

Таким образом, ряды буксиров типа  $i$  в комбинации с возом барж  $\lambda$  в составе ББС типа  $z$  для работы на схеме  $\ell$  образуют множество ББС (базис предварительно отобранных ББС типа  $z$ ) из наличного и / либо арендованного флота для работы на направлении.

Поскольку загрузка ББС типа  $z$  грузом  $r$  для работы на схеме  $\ell$  ( $Q_{zr\ell}$ ) находится в прямой зависимости от максимальной регистрируемой грузоподъемности ББС типа  $z$  при работе с буксиром типа  $i$  ( $Dч_p^z \max_i$ ) то, формирование приоритетного ряда ББС типа  $z$  из ввозов  $\lambda$  и буксиров типа  $i$  выполняется в порядке убывания значения показателя  $Dч_p^z \max_i$  и описывается выражением:

$$\begin{aligned} & Dч_p^1 \max_i > Dч_p^2 \max_i > \dots > Dч_p^z \max_i > \dots, \\ & > Dч_p^Z \max_I \quad (i=\overline{1, I}; z=\overline{1, Z}) \end{aligned} \quad (4)$$

Согласно условия (4), первый порядковый номер соответствует ББС типа  $z$  с наибольшим значением регистрающей грузоподъемности. По результатам расчетов делается вывод с формированием приоритетного ряда ББС типа  $z$ , типоразмер которых позволяет им работать на определенной линии с известным грузопотоком и формой организации движения барж и буксиров.

*Этап 2.5. Определение габаритных размеров ББС типа  $z$  из базиса предварительно отобранных судов.* Известно [8], что типоразмер ББС, а, следовательно, и его габариты, зависят от способа вождения (буксирование или толкание), способа сцепки (гибкий или жесткий), конфигурации кормовых и носовых оконечностей, количества барж в составе, способа формирования состава (кильватерный или пыжевый), конструктивного типа кормовой оконечности баржи (с транцевым или врезным упором).

Главные линейные характеристики ББС вычисляются на основании общепринятых формул [5, 8].

*Этап 3. Формирование приоритетного ряда для работы на схеме при различных вариантах организации работы баржебуксирных судов* осуществляется при помощи имитационного моделирования, основанного на необходимости проведения анализа возможности работы ББС на участке с учетом влияния лимитирующих характеристик трассы на технико-эксплуатационные характеристики ББС [9].

*Этап 4. Обоснование оптимального распределения судов для работы на схеме.* После отбора судов, которые могут работать на направлении при различных возможных вариантах организации их движения, целесообразно решить задачу распределения судов в баржебуксирной транспортно-технологической системе. Такая задача решается посредством применения экономико-математических методов оптимального управления, что также позволяет определить наилучший вариант организации работы судов.

При выборе варианта организации работы собственного флота судоходной компании следует рассмотреть следующую математическую модель (5) – (17), обеспечивающую максимальную прибыль и учитывающую особенности организации работы ББС типа  $z$ , входящих в базис предварительно отобранных ББС типа  $z$  для работы на схеме  $\ell$  ( $\{z^{k\ell}\}$ ).

$$Z = \sum_{z=1}^Z \sum_{r=1}^R \Phi_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \rightarrow \max; \quad (5)$$

$$\sum_{z=1}^Z n_z^\ell \cdot n_{pz}^\ell \cdot t_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq T^{r\ell\psi} \quad (\ell=\overline{1, L}; r=\overline{1, R}; \psi=\overline{1, \Psi}; z=\overline{1, Z}); \quad (6)$$

$$\sum_{r=1}^R n_z^\ell \cdot n_{pz}^\ell \cdot t_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq T^{z\ell} \quad (\ell=\overline{1, L}; r=\overline{1, R}; z=\overline{1, Z}); \quad (7)$$

$$x_{r\ell}^z \cdot T^{r\ell\psi} \leq T^{z\ell} \quad (\ell=\overline{1, L}; r=\overline{1, R}; \psi=\overline{1, \Psi}; z=\overline{1, Z}); \quad (8)$$

$$\sum_{\ell=1}^L x_{r\ell}^z \cdot n_z^\ell \leq N_z \quad (z=\overline{1, Z}); \quad (9)$$

$$z \in \{z^{k\ell}\} \quad (k=a, b, c; \ell=\overline{1, L}); \quad (10)$$

$$\sum_{z=1}^Z n_z^\ell \cdot n_{pz}^\ell \cdot q_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq Q_{r\ell}^\psi \quad (r=\overline{1, R}; \psi=\overline{1, \Psi}; \ell=\overline{1, L}); \quad (11)$$

$$\sum_{r=1}^R q_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq Dч_p^{z\ell}, \quad \text{если } u_r \leq \omega_z \quad (z=\overline{1, Z}; \ell=\overline{1, L}); \quad (12)$$

$$\sum_{r=1}^R u_r \cdot q_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq W^z, \quad \text{если } u_r > \omega_z \quad (z=\overline{1, Z}; \ell=\overline{1, L}); \quad (13)$$

$$x_{r\ell}^z \cdot Dч_p^{z\ell} \leq Dч \max_\ell \quad (z=\overline{1, Z}; \ell=\overline{1, L}); \quad (14)$$

$$x_{r\ell}^z \in \{0, 1\} \quad (r=\overline{1, R}; z=\overline{1, Z}; \ell=\overline{1, L}), \quad (15)$$

$$x_{r\ell}^z \cdot \Phi_{r\ell}^z > 0 \quad (r=\overline{1, R}; z=\overline{1, Z}; \ell=\overline{1, L}); \quad (16)$$

$$x_{r\ell}^z \geq 0 \quad (r=\overline{1, R}; z=\overline{1, Z}; \ell=\overline{1, L}); \quad (17)$$

где  $\Phi_{r\ell}^z$  - прибыль ББС типа  $z$  от перевозки груза  $r$  на схеме  $\ell$ ;  $X_{r\ell}^z$  - параметр, определяющий перевозку груза  $r$  ББС типа  $z$  на схеме  $\ell$ ;  $n_z^\ell$  - число судов типа ББС типа  $z$  при работе по схеме  $\ell$ ;  $n_{pz}^\ell$  - число рейсов ББС типа  $z$  с грузом  $r$  при работе по схеме  $\ell$ ;  $t_{r\ell}^z$  - время рейса ББС типа  $z$  с грузом  $r$  при работе по схеме  $\ell$ ;  $T^{r\ell\psi}$  - время доставки груза  $r$  на схеме  $\ell$ , указанное в запродажном контракте  $\psi$ ;  $T^{z\ell}$  - бюджет времени в эксплуатации ББС типа  $z$  на схеме  $\ell$ ;  $N_z$  - наличный флот ББС типа  $z$ ;  $q_{r\ell}^z$  - загрузка ББС типа  $z$  с грузом  $r$  при работе по схеме  $\ell$  за круговой рейс;  $Q_{r\ell}^\psi$  - размер осваиваемого грузопотока  $r$ , предъявляемого к перевозке по схеме

$\ell$  согласно запродажного контракта  $\psi$ ;  $Dч_p^z$  -  
 регистрирующая грузоподъемность ББС типа  $z$ ;  $u_r$  -  
 удельно-погрузочный объем груза  $r$ ;  $W^z$  -  
 грузоместимость ББС типа  $z$ ;  $Dч_{max_\ell}$  -  
 максимально допустимая грузоподъемность ББС  
 при работе на схеме  $\ell$ , исходя из ограничений.

Если маршрутная отправка, то в экономико-  
 математическую модель (5) – (17) добавляются  
 следующее ограничения:

- определяющее число портов отправления  
 ( $p_d$ )

$$p_d = \{0,1\} \quad (d=\overline{1,D}), \quad (18)$$

где  $p_d$  - параметр, определяющий порт отправления  
 $d$ ;

- определяющее число портов назначения ( $p_\tau$ )

$$p_\tau = \{0,1\} \quad (\tau=\overline{1,T}), \quad (19)$$

где  $p_\tau$  - параметр, определяющий порт  
 трансшипмента  $\tau$

- запрещающее перевозку груза  $r$  ББС типа  $z$  между  
 внутренними водными портами, которые являются  
 портами отправления  $p_d \leftrightarrow p_\tau$  по схеме  $\ell$

$$x_{ddr}^z = 0 \quad (d=\overline{1,D}; r=\overline{1,R}; z=\overline{1,Z}; \ell=\overline{1,L}), \quad (20)$$

где  $x_{ddr}^z$  - параметр, характеризующий перевозку  
 груза между портами по внутренним водным путям.

Описание ограничений:

(6) – сумма времени рейса ББС  $z$ , меньше либо  
 равно времени доставки груза  $r$ , оговоренного в  
 запродажном контракте  $\psi$ ;

(7) – сумма времени рейса ББС  $z$ , меньше либо  
 равно бюджету времени каждого ББС типа  $z$  при  
 работе на схеме  $\ell$ ;

(8) – время доставки груза  $r$  не превышает  
 бюджет времени каждого ББС типа  $z$  при работе на  
 схеме  $\ell$ ;

(9) – используется наличный флот;

(10) – типы ББС типа  $z$  выбираются из  
 множества предварительно отобранных в базис ББС  
 для работы при определенной форме организации  
 их работы;

(11) – суммарное количество грузов  $r$ ,  
 перевозимых ББС типа  $z$  из порта  $d$  в порт  $\tau$  при  
 работе по схеме  $\ell$ , меньше либо равно общему  
 количеству грузов предъявляемого к перевозке  
 согласно запродажного контракта;

(12) – загрузка ББС типа  $z$  грузом  $r$ ,  
 перевозимым из порта  $d$  в порт  $\tau$  при работе по  
 схеме  $\ell$ , меньше либо равно допустимой  
 грузоподъемности ББС типа  $z$  на схеме  $\ell$  для  
 тяжелых грузов;

(13) – загрузка ББС типа  $z$  грузом  $r$ ,  
 перевозимым из порта  $d$  в порт  $\tau$  при работе по  
 схеме  $\ell$ , меньше либо равно грузоместимости ББС  
 типа  $z$  на схеме  $\ell$  для легких грузов;

(14) – допустимая грузоподъемность ББС типа  
 $z$  на схеме  $\ell$  меньше либо равно максимальной  
 грузоподъемности ББС на схеме  $\ell$ ;

(16) – условие, определяющее доходность  
 перевозки;

(17) – параметр, определяющий перевозку;

(17) – не отрицательность переменных;

(18) – параметр, определяющий число портов  
 отправления;

(19) – параметр, определяющий число портов  
 назначения;

(20) – параметр, ограничивающий перевозку  
 груза ББС типа  $z$  между внутренними водными  
 портами, являющиеся портами отправления  
 $p_d \leftrightarrow p_\tau$  по схеме  $\ell$ .

Предложенная экономико-математическая  
 модель (5) - (20) решается отдельно для каждой из  
 возможных схем работы ББС для всех  
 предварительно отобранных судов [6]. Также ее  
 следует рассматривать раздельно для прямого и  
 обратного направлений. При этом необходимо  
 учитывать, что при наличии в схемах нескольких  
 внутренних водных портов ( $p_d \geq 2$  и/или  $p_\tau \geq 2$ ) -  
 пунктов отправления (назначения), нумерация их  
 назначается вдоль русла реки от истоков к устью.

Представленная экономико-математическая  
 модель рассматривается также в случае  
 возможности пополнения флота из альтернативных  
 источников, когда возникает задача расстановки  
 ББС определенного типа, обеспечивающая лучшее  
 использование судов под определенный грузопоток.

Если для решения поставленной задачи  
 освоения грузопотока не достаточно наличного  
 флота, пополнение его возможно за счет аренды  
 (тайм-чартер, бербоут-чартер, димайз-чартер). При  
 этом выполняется предварительный отбор судов,  
 как и в случае собственных судов. Затем  
 отобранные суда также включаются в базис  
 предварительно отобранных ББС типа  $z$  входящих в  
 одну из групп судов  $S^k = \{z^{k\ell}\}$  где вариант  
 организации работы судов в ББ ТТС  $k = a, b, c$ . В  
 этом случае при поиске решения в экономико-  
 математическую модель (5) – (20) вводятся  
 дополнительные ограничения:

$$\sum_{r=1}^R n_{z\ell}^r \cdot t_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq T_{z\ell}^z \quad (21)$$

$(\ell=\overline{1,L}; r=\overline{1,R}; z=\overline{1,Z}),$

где  $n_{z\ell}^u$  - количество взятых в аренду ББС типа  $z$  для работы на схеме  $\ell$ ;  $T_u^z$  - бюджет времени арендованного ББС типа  $z$  определяемый условиями аренды (наименьшим из значений либо временного периода аренды, либо периода эксплуатации).

Условие (21) ограничивает суммарное время рейсов всех ББС  $z$ , которое меньше либо равно бюджету времени каждого арендованного ББС типа  $z$  ( $T_u^z$ ).

При этом целесообразность аренды определяется следующим условием

$$f_{r\ell}^z \cdot n_{z\ell}^u \cdot t_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z - f_u^z \cdot T_u^z > 0 \quad (22)$$

где  $f_{r\ell}^z$  - фрахтовая (тарифная) ставка за перевозку груза  $r$  на ББС типа  $z$  по схеме  $\ell$ ;  $f_u^z$  - ставка платы за аренду ББС типа  $z$ .

В данном случае также должно выполняться условие, при котором сумма арендованного и собственного флота не должна превышать потребного количества судов, необходимых для освоения грузопотока:

$$n_{z\ell}^u + N_z = n_z^\ell \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (23)$$

где  $n_z^\ell$  - количество ББС типа  $z$ , необходимое для освоения общего грузопотока на схеме  $\ell$ ;  $N_z$  - наличный флот ББС типа  $z$ .

Количество ББС типа, определяемое количеством комплектов барж, необходимым для освоения общего грузопотока на схеме  $\ell$  ( $n_z^\ell$ ) определяется универсальным методом оборотов исходя из интервала отправления судов [7]:

$$n_z^\ell = \frac{t_p^{\ell z}}{t_u^{\ell z}} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (24)$$

где  $t_p^{\ell z}$  - время замкнутого (кругового) рейса ББС типа  $z$  для работы на схеме  $\ell$ ;  $t_u^{\ell z}$  - интервал отправления ББС типа  $z$  для работы на схеме  $\ell$ .

После некоторых преобразований с учетом оборачиваемости количество комплектов барж определяется из выражения:

$$n_z^\ell = \frac{t_p^{\ell z} \cdot Q_{r\ell}^\psi}{Q_{zr\ell} \cdot T^{r\ell}} \quad (z = \overline{1, Z}; \psi = \overline{1, \Psi}; \ell = \overline{1, L}) \quad (25)$$

*Этап 5. Закрепление ББС за графиком движения.* Результатом исследования является график движения судов, позволяющий определить количество буксиров и востов ББС, необходимых для освоения грузопотока. Предложенный в работе [10] способ формирования состава флота при освоении грузопотоков при помощи графика является более точным, поскольку позволяет наглядно определить «узкие» места маршрута следования.

**Выводы.** Таким образом, рассмотренные в исследовании этапы организации работы ББС, описывают полный цикл задач по обоснованию выбора судов. Разработанная методика позволяет определить как наилучшее сочетание количества технических средств, необходимых для освоения грузопотока с учетом их оборота, так оптимальную схему их движения, а также организационную форму взаимодействия структурных элементов ББС. Предлагаемая модель исследования справедлива при работе ББС в различных районах плавания и не зависит от конструктивного типа составных элементов ББС.

#### Л и т е р а т у р а

1. Wiegman B. W., Konings R. Strategies and innovations to improve the performance of barge transport // European journal of transport and infrastructure research EJTIR. 2007. Vol. 7, No. 2.
2. Konings J. W. Intermodal Barge Transport: Network Design, Nodes and competitiveness. URL: <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3Aff6f5f10-2acc-43fb-9474-5317b0988bdd/> (Last accessed: 17.12.2017).
3. Caris A., Macharis C., Janssens G. Modelling corridor networks in intermodal barge transport. 2010. URL: <http://www.wctrs-society.com/wp/wp-content/uploads/abstracts/lisbon/selected/01919.pdf> (Last accessed: 17.12.2017).
4. Егоров А. Г. Модели эксплуатации составов смешанного река-море плавания. Морской вестник. 2015. № 1. С. 101–107.
5. Егоров А. Г. Математическая модель определения главных характеристик составных судов. Морской вестник. 2015. № 2. С. 85–89.
6. Щербина О. В. Основні принципи організації роботи баржебуксирних суден [Текст] / О. В. Щербина, О. Г. Шибасев // Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства (частина 2) : кол. моногр. – Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2017. – 69-79 с. – ISBN 978-966-2769-99-9. – [Індексується у міжнародній наукометричній базі даних РІНЦ]
7. Щербина О. В. Определение типоразмера баржебуксирного состава [Текст] / О. В. Щербина // Науковий журнал «Вісник СХУ ім. В. Даля» – 2017. – №4(234). – С. 248–253. – ISSN 1998-7927
8. Богданов Б.В., Алчуджан Г.А., Жинкин В.Б. Проектирование толкаемых составов и составных судов. - Л.: Судостроение, 1981. - 224 с.

9. Shcherbina O. Development of imitation model for selection of tug barge vessels for work on the line / O. Shcherbina // International Journal "Technology audit and production reserves", 2018. – Vol. 1/2 (39). – pp. 28-32. – ISSN (Print) 2226-3780. – ISSN (Online) 2312-8372. – DOI: 10.15587/2312-8372.2018.121514
10. Щербина О. В. Эвристический метод отбора судов для согласованной работы водного транспорта [Текст] / О. В. Щербина, А. Г. Шибяев // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту «Наука та прогрес транспорту»: зб. наук. пр. – Дніпр : ДНУЗТ. - 2018. - № 1(73) – С.112-120. - ISSN 2307-3489 (Print). - ISSN 2307-6666 (Online). - doi 10.15802/stp2018/

#### References

1. Wiegman B. W., Konings R. Strategies and innovations to improve the performance of barge transport // European journal of transport and infrastructure research EJTIR. 2007. Vol. 7, No. 2.
2. Konings J. W. Intermodal Barge Transport: Network Design, Nodes and competitiveness. URL: <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3Aff6f5f10-2acc-43fb-9474-5317b0988bdd/> (Last accessed: 17.12.2017).
3. Caris A., Macharis C., Janssens G. Modelling corridor networks in intermodal barge transport. 2010. URL: <http://www.wctrs-society.com/wp/wp-content/uploads/abstracts/lisbon/selected/01919.pdf> (Last accessed: 17.12.2017).
4. Yegorov A. G. Modeli ekspluatatsii sostavov smeshannogo reka-more plavaniya. Morskoy vestnik. 2015. № 1. S. 101-107.
5. Yegorov A. G. Matematicheskaya model' opredeleniya glavnykh kharakteristik sostavnykh sudov. Morskoy vestnik. 2015. № 2. S. 85-89.
6. Shcherbina O. V. Osnovnykh printsipov organizatsii deyatel'nosti barzhebukirsnykh suden [Текст] / О. В. Щербина, О. Г. Шибяев // Organizatsiya transport protsesu ta upravlinnya robotoyu flotu na rinku mizhnarodnogo sudnaplavstva (chastina 2): kol. monogr. - Odesa: KUPRIENKO SV, 2017. - 69-79 s. - ISBN 978-966-2769-99-9. - [Índeksuēt'sya u mizhnarodnii naukometrichnii bazi danikh RÍNTS]
7. Shcherbina O. V. Opredeleniye tiporazmera barzhebukirnogo sostava [Текст] / О. В. Щербина // Naukoviy zhurnal «Vіsник SNU ім. V. Dаlyа» - 2017. - №4 (234). - S. 248-253. - ISSN 1998-7927
8. Bogdanov B.V., Alchudzhan G.A., Zhinkin V.B. Proyektirovaniye tolkayemykh sostavov i sostavnykh sudov. - L.: Sudostroyeniye, 1981. - 224 s.
9. Shcherbina O. Development of imitation model for selection of tug barge vessels for work on the line / O. Shcherbina // International Journal "Technology audit and production reserves", 2018. – Vol. 1/2 (39). – pp. 28-32. – ISSN (Print) 2226-3780. – ISSN (Online) 2312-8372. – DOI: 10.15587/2312-8372.2018.121514
10. Shcherbina O. V. Evristicheskiy metod otbora sudov dlya soglasovannoy raboty vodnogo transporta [Текст] / О. В. Щербина, А. Г. Шибяев // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту «Наука та прогрес транспорту»: зб. наук. пр. - Дніпр: ДНУЗТ. - 2018. - № 1 (73) - S.112-120. - ISSN 2307-3489 (Pechat'). - ISSN 2307-6666 (onlayn). - doi 10.15802/stp2018/

#### Шибяев О.Г., Щербина О.В. Склад і послідовність операцій при організації роботи баржебуксирних суден

*У статті представлена структурна модель організації роботи баржебуксирних суден із застосуванням економіко-математичного та імітаційного моделювання на основі логіко-евристичного походу з урахуванням сформульованого комплексу вимог. Модель описує повний цикл завдань і включає в себе питання обґрунтування типорозміру судна для роботи на схемі при певній формі організації роботи його функціональних елементів, а також питання розподілу і закріплення суден за графіком руху. Запропонована модель дослідження справедлива для баржебуксирних суден різних за формою корпусу барж, способом водіння і районом плавання*

**Ключові слова:** баржебуксирне судно, типорозмір, розподіл суден, графік руху

#### Shibaev A.G., Shcherbina O.V. Composition and sequence of operations at the organization of the work of the tug barge vessels

*The article presents a structural model for the organization of the tug barge vessels using economical, mathematical and simulation modeling based on a logical-heuristic approach, taking into account the formulated set of requirements. The model describes the full cycle of tasks and includes the questions of justification of the vessel's size for working on the scheme with a certain form of organization of act its functional elements, as well as issues of distribution and fixing of vessels for the traffic schedule. The proposed model of research is valid for the tug barge vessels with various shaped of barge hull, the way of driving and the area of navigation.*

**Keywords:** the tug barge vessels, type size, distribution of vessels, traffic schedule

**Шибяев Александр Григорович** – д.т.н., проф. кафедри «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень» Одеського національного морського університету.

**Щербина Ольга Василівна** – аспірантка кафедри «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень» зі спеціальності 05.22.01. «Транспортні системи», здобувач наукового ступеня кандидата технічних наук. асистент кафедри «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень» Одеського національного морського університету. [olahome@rambler.ru](mailto:olahome@rambler.ru)

*Рецензент:* д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Стаття подана 23.03.2018.