

## РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОТБОРА БАРЖЕБУКСИРНЫХ СУДОВ ДЛЯ РАБОТЫ НА ЛИНИИ

Щербина О. В.

### 1. Введение

В условиях стабильного грузопотока одной из эффективных форм организации работы баржебуксирного судна (ББС) является работа по принципу маршрутной отправки со сквозной формой работы тяги и сменной формой согласования работы тяги и тоннажа в пунктах отправления и назначения.

Под маршрутными отправками подразумеваются перевозки, при которых число судов не изменяется на всем протяжении рейса. Таким образом, составы, сформированные в пунктах погрузки барж или вблизи от этих пунктов, следуют до пунктов расформирования, находящихся в пунктах выгрузки барж, или вблизи от этих пунктов. Также количество и состав несамоходных судов, входящих в ББС, не изменяются на всем пути следования, и не выполняются с ними грузовые операции (догрузка или отгрузка). При этом форма работы тяги может быть как сквозной, так и участковой.

При организации маршрутных перевозок следует обязательно учитывать пропускную способность пунктов погрузки – выгрузки, чтобы не допустить в них простоев судов. Для этого формируемый маршрутный состав должен состоять из столько барж, сколько пункт назначения может одновременно принять.

Применение данного способа организации работы судов позволяет сократить либо ликвидировать излишние перечалки, паузы, переформирования составов и операции с грузом. Как следствие, отмечается повышение таких показателей как производительность и провозная способность судов, ускорение доставки грузов и, соответственно, сокращение потребного флота [1].

При сквозной тяге предусмотрена работа с маршрутными составами, представляющая собой работу тяги от пункта отправления (формирования) состава до пункта его назначения (расформирования). Сквозная форма работы тяги, соответствующая работе судов на «выделенном тяговом плече», рекомендуется для мощных устойчивых судовых потоков в течение всей навигации. Кроме того, сквозная форма рекомендуется на всех направлениях, которые имеют относительно равные условия плавания. Как правило, это срединные и низовые участки магистральных рек [2].

В практике эксплуатации ББС при таком способе согласования движения тяги и тоннажа как закрепление тяги за составом на отдельные рейсы выделяются способы закрепления тяги за составом на рейс (сменная) и на круговые рейсы (смешанная) [1].

При сменной форме эксплуатации работы ББС предусматривается готовность барж в портах к моменту прихода состава и освобождения тяги от предыдущего рейса. При этом практически исключаются простои буксиров в ожидании барж, не исключая незначительные простои тяги. В обоих пунктах тяга, не дожидаясь обработки приведенного им тоннажа, берет подготовленный состав, находящийся в пункте, и отправляется в новый рейс.

Эффективность смешанного способа закрепления обеспечивается при высоких нормах грузовых работ в одном из портов. Данный факт предопределяет исключение простоев тоннажа в ожидании тяги и исключение или сведение к минимуму простоев тяги. Поскольку применение данного способа закрепления при речных перевозках не целесообразно по причине низких норм грузовых работ, поэтому в настоящей работе он не рассматривается.

В практике эксплуатация речного транспорта со сменной формой совместной работы тяги и тоннажа и сквозной форме работы тяги имеет название «вертушка» [3]. Это означает, что в конечных пунктах тяга, не дожидаясь обработки доставленного тоннажа, берет подготовленный состав, находящийся в порту, и отправляется в новый рейс из пункта отправления в пункт назначения груза.

Повышенный интерес к перевозкам ББС, обоснованный в работах [3–6], в настоящий период времени остается прежним и подтверждает актуальность исследования.

## **2. Объект исследования и его технологический аудит**

Одним из вопросов организации работы судов является их отбор из приоритетного ряда с целью обеспечения наибольшего соответствия линейных и технических характеристик судов условиям предстоящего рейса. Таким образом, предметом исследования являются методы отбора типоразмеров ББС для работы на схеме по указанной форме организации. В качестве *объекта исследования* выступает процесс работы ББС по определенной организационной форме.

Как известно, эффективность работы ББС зависит от рационального сочетания тяги и тоннажа (типоразмера судна). Типоразмер ББС определяется типом и мощностью буксира (тяги); типом, количеством барж (тоннажа); формой счала; способом вождения составов из барж. При изучении работы ББС пришли к выводу, что на их типоразмер оказывают влияние преимущественно следующие физико-географические факторы:

- район плавания;
- параметры судового хода (прямолинейность, кривизна, ширина, глубина, извилистость, наличие шлюзов);
- параметры течения (скорость и направление);
- ветро-волновой режим;
- параметры уровня воды;
- прочие характеристики внутренних водных путей (уклон реки, грунт дна и его состояние, наличие растительности, длительность навигации).

Перечисленные факторы оказывают прямое действие на такие параметры судна, как линейные характеристики ББС (длину, ширину и его осадку), количество барж в составе, общую грузоподъемность судна:

- a) гарантированные глубины ограничивают осадку судна;
- b) радиус закругления, длина шлюзовой камеры ограничивают длину судна;
- c) ширина фарватера и шлюзовой камеры ограничивают ширину состава;
- d) высота пролета под мостами ограничивает высоту судна над водой с рангоутом.

Учет выявленных зависимостей позволит упростить процесс формирования приоритетного ряда ББС и, следовательно, сократить общее время на организацию транспортного процесса.

### **3. Цель и задачи исследования**

*Целью исследования* является разработка методики формирования приоритетного ряда баржебуксирных судов для работы на линии при определенном варианте организации их работы исходя из ограничений на трассе по грузоподъемности и линейным характеристикам.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Определить зависимость между параметром ББС и фактором, оказывающим влияние на типоразмер судна.
2. Разработать имитационную модель отбора судов.

### **4. Исследование существующих решений проблемы**

Большая часть исследований в области баржебуксирных перевозок относится к периоду 70–80-гг. XX ст. Необходимость выполнения новых исследований связано преимущественно с расширением сферы эксплуатации ББС в следствии:

- внедрения контейнеризации в речные перевозки;
- применения современных инженерных разработок для сцепных устройств;
- изменения технологии согласованной работы морских и баржебуксирных судов.

Все перечисленные нововведения повлекли за собой изменения в теории организации работы ББС.

Анализ литературных данных показал, что вопросу отбора судов для работы на линии не уделено должного внимания. В серии работ [3, 4] предложена модель определения оптимальных характеристик ББС смешанного плавания с позиции судостроения и проектирования судов. Автор предлагает выполнить отбор судов, характеристики которых обеспечивают экономическую эффективность. При этом решается частная задача для определенного направления и группы судов для варианта с рейдовым перегрузочным комплексом [3]. В предложенной методике [3, 4] не обозначено, как учитываются главные линейные размерения ББС при различных формах организации работы ББС.

В научных исследованиях баржебуксирные перевозки рассматриваются преимущественно в следующих направлениях:

- освещается стратегии развития ББП [5, 6];
- в области интермодальных контейнерных перевозок [7–10];
- в области судостроения;
- в области судовождения.

В рассматриваемых исследованиях в области коммерческой эксплуатации наблюдаются принципиальные отличия. Так, в работах [7, 8] предложена методика определения и оценки:

- вариантов интермодальных схем доставки контейнеров для Европейских внутренних водных путей;
- места дислокации портов-хабов.

Представленная методика представляет интерес при определении порта смены тяги при участковой форме организации работы ББС при перевозке массовых грузов.

В работе [8] авторы предлагают модель проектирования сети, отмечая, что задачи, связанные с планированием работы транспорта, являются специализациями и вариациями общей модели построения сети перевозок. Представленная в работе модель для осуществления баржевого сервиса в интермодальных перевозках позволяет проектировать схему доставки грузов без привязки к судам. Исходной информацией при решении модели является информация о контейнеропотоках и необходимом времени кругового рейса.

Модели, представленные в работах [9, 10], разработаны для судов река-море плавания в целом. При этом они достаточно легко адаптируются к баржебуксирным перевозкам (ББП) для определенных организационных форм работы судов. Представленная модель применима при работе ББС по принципу сборной отправки со сквозной формой работы тяги и сменной формой согласования работы тяги и тоннажа в пунктах отправления и назначения. При реализации данной методики определяются схемы работы судов.

Однако, в отличие от предыдущих моделей [7, 8], модель [9] является более жесткой, поскольку задается ограничениями по характеристикам судов и грузопотоков. Из методики, реализованной и представленной в работе [10], наглядно видно, что выбор предельных характеристик судна (скорости движения и грузоподъемности), а, следовательно, и самого судна, для определенной схемы осуществляется по экономическим показателям работы судов.

В работе [11] представлена основная терминология, применяемая при ББП, и требования к определению главных линейных размерений ББС при эксплуатации в Великих озерах. Различие в требованиях при определении допустимых размеров ББС, представленных в работах [4, 11], обуславливается не только различными условиями плавания, но и уровнем необходимой точности получаемых результатов.

Таким образом, проведенный анализ публикаций подтвердил перспективность проведенного исследования, представленного в настоящей работе.

#### 4. Методы исследования

Задача расстановки судов по линиям достаточно сложная. Для упрощения расчетов на первом этапе решения задачи организации работы ББС целесообразно произвести отбор судов, которые могут работать на линии при определенном варианте организации. При отборе учитываются характеристики трассы, накладывающие ограничения на грузоподъемность судна и его линейные размерения. Для этого целесообразно применить имитационное моделирование, результатом которого является состав и последовательность операций, определяющих возможность работы ББС на схеме при определенном варианте организации их работы.

Для реализации поставленной задачи следует учитывать следующие требования и условия осуществления рейса:

- груз может быть доставлен из одного речного порта в рейдовый порт ББС речного и смешанного река-море плавания, как в прямом, так и в обратном направлении;
- груз может быть доставлен ББС морского или смешанного плавания, как из морского порта в рейдовый (устьевой) порт, так и в обратном направлении;
- на трассе могут быть опорные пункты (пункты смены условий рейса);
- возможны различные комбинации ББС из барж (секций) различной грузоподъемности и буксиров (тягачей) различной мощности.

Предлагается вариант имитационной модели отбора и закрепления ББС для работы на линии с соответствующим представлением состава операций по отбору судов исходя из того, что исследуемый вариант организации работы ББС основывается на:

- маршрутных перевозках, при которых составные элементы ББС и их число не изменяется на всем протяжении рейса;
- сквозной форме организации работы тяги, при которой одно и тоже ББС осуществляет перевозки из начального порта в конечный (в качестве которых выступают речной или морской порт, рейд порта);
- сменной форме эксплуатации работы ББС.

Имитационная модель основана на необходимости проведения анализа возможности работы ББС на участке с учетом влияния ограничений трассы на технико-эксплуатационные характеристики судна (наибольшую длину и ширину ББС, его грузоподъемность и осадку с грузом). Для этого необходимо:

- определить на схеме движения участки  $\delta$ , на которых значение характеристик судового хода резко отличаются;
- обозначить их границы;
- исходя из ограничений на трассе, определить максимально допустимую на участке  $\delta$  схемы  $\ell$  грузоподъемность ББС и (или) количество барж.

Моделью предусматривается предварительный отбор ББС типа  $z$  из представленного ряда судов, предлагаемых для работы на линии посредством проверки соответствия их характеристик максимально допустимым

параметрам. Методика формирования типоразмера ББС для работы на линии, результатом которой является ряд судов, предлагаемых для работы на линии, представлена в работе [12].

В модели применяются следующие обозначения:

$\delta = \overline{1, \Theta}$  – параметр, определяющий участок схемы;

$z = \overline{1, Z}$  – параметр, определяющий типоразмер ББС;

$\ell = \overline{1, L}$  – параметр, определяющий схему;

$r = \overline{1, R}$  – параметр, определяющий грузопоток;

$i = \overline{1, II}$  – параметр, определяющий тип тяги;

$L_{z\ell}$  – общая длина ББС типа  $z$  при работе на схеме  $\ell$ , м;

$B_{z\ell}$  – общая ширина ББС типа  $z$  при работе на схеме  $\ell$ , м;

$Te_{z\ell}$  – эксплуатационная осадка ББС типа  $z$  ограниченная путевыми условиями схемы  $\ell$ , м;

$Dч\ max_{\delta}$  – максимально допустимая грузоподъемность ББС при работе на участке  $\delta$  исходя из ограничений, т;

$L\ max_{\delta}$  – максимально допустимая длина ББС на участке  $\delta$  исходя из ограничений, м;

$B\ max_{\delta}$  – максимально допустимая ширина ББС на участке  $\delta$  исходя из ограничений, м;

$T\ max_{\delta}$  – максимально допустимая осадка ББС на участке  $\delta$  исходя из ограничений, м;

$Dч\ max_{\ell}$  – максимально допустимая грузоподъемность ББС при работе на схеме  $\ell$ , исходя из ограничений, т:

$$Dч\ max_{\ell} = \max \left\{ Dч\ max_{\delta} \right\}, \delta = \overline{1, \Theta}; \ell = \overline{1, L}, \quad (1)$$

где  $L\ max_{\ell}$  – максимально допустимая длина ББС на схеме  $\ell$  исходя из ограничений, м:

$$L\ max_{\ell} = \max \left\{ L\ max_{\delta} \right\}, \delta = \overline{1, \Theta}; \ell = \overline{1, L}, \quad (2)$$

где  $B\ max_{\ell}$  – максимально допустимая ширина ББС на схеме  $\ell$  исходя из ограничений, м:

$$B\ max_{\ell} = \max \left\{ B\ max_{\delta} \right\}, \delta = \overline{1, \Theta}; \ell = \overline{1, L}, \quad (3)$$

где  $T \max_{\ell}$  – максимально допустимая осадка ББС на схеме  $\ell$  исходя из ограничений, м:

$$T \max_{\ell} = \max \left\{ T \max_{\delta} \right\}, \delta = \overline{1, \Theta}; \ell = \overline{1, L}, \quad (4)$$

где  $Q_{zr\ell}$  – максимально допустимая загрузка комплекта барж или судна исходя из ограничений (методика определения изложена в работе [12]).

Поскольку при маршрутной отправке груз загружается в порту отправления и направляется в порт назначения, то целесообразно рассматривать возможность работы ББС на схеме при выполнении следующих ограничений в целом для схемы  $\ell$ :

$$Q_{zr\ell} \leq D\chi_p^{z\ell} - \Delta D\chi, z = \overline{1, Z}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}, \quad (5)$$

$$D\chi_p^{z\ell} \leq D\chi \max_{\ell}, z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}, \quad (6)$$

$$T e_{z\ell} \leq T \max_{\ell}, z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}, \quad (7)$$

$$L_{z\ell} \leq L \max_{\ell}, z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}, \quad (8)$$

$$B_{z\ell} \leq B \max_{\ell}, z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}, \quad (9)$$

где  $D\chi_p^{z\ell}$  – регистрационная грузоподъемность ББС типа  $z$  при работе на схеме  $\ell$ ;

$\Delta D\chi$  – предел допустимого отклонения в загрузке, заданный заранее.

Методика определения регистрационной грузоподъемности ББС типа  $z$  при работе на схеме  $\ell$  ( $D\chi_p^{z\ell}$ ) изложена в работе [12], которая сводится к следующему:

$$D\chi_p^{z\ell} \leq D\chi_{\max}^{z\ell}, z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}, \quad (10)$$

где  $D\chi_{\max}^{z\ell}$  – максимально допустимая грузоподъемность ББС типа  $z$  при работе на схеме  $\ell$ , т;

$$D\chi_{\max}^{z\ell} = \min \left\{ D\chi_p^z \max_i, D\chi \max_{\ell} \right\}, \quad (11)$$

$$i = \overline{1, I}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L},$$

где  $Dч_p^z max_i$  – максимальная регистровая грузоподъемность ББС типа  $z$  при работе с буксиром типа  $i$ ;

$$Dч_p^z max_i = \rho_i \cdot N_i^e, \quad i = \overline{1, I}, z = \overline{1, Z}, \quad (12)$$

где  $\rho_i$  – удельная нагрузка тяги типа  $i$ , т/ кВт;  $N_i^e$  – мощность энергетической установки тяги типа  $i$ , кВт.

## 6. Результаты исследования

Состав и последовательность операций в имитационной модели представлены на рис. 1.

Присвоенный № 1 в блоке 6 обозначает, что соблюдаются ограничения (5)–(9), а ББС загружается полностью в начальном пункте ( $d=1$ ) схемы  $\ell$  по максимально допустимой грузоподъемности.

Ячейки, обозначенные «0», в блоке 7, отмечают нецелесообразность использования ББС типа  $z$  на схеме, поскольку не полностью используется грузоподъемность ББС ( $Dч_p^{z\ell}$ ) или его линейные характеристики ( $Te_{z\ell}$ ,  $L_{z\ell}$ ,  $B_{z\ell}$ ) не отвечают требованиям схемы к судам.

В блоке 8 формируется матрица результатов предварительного отбора судов для работы на схеме.

Итерации выполняются, пока не будут проверены все ББС типа  $z$ .

В блоке 10 выполняется обработка результатов, в результате которой определяется возможность работы ББС типа  $z$  по схеме  $\ell$  при маршрутном сообщении.

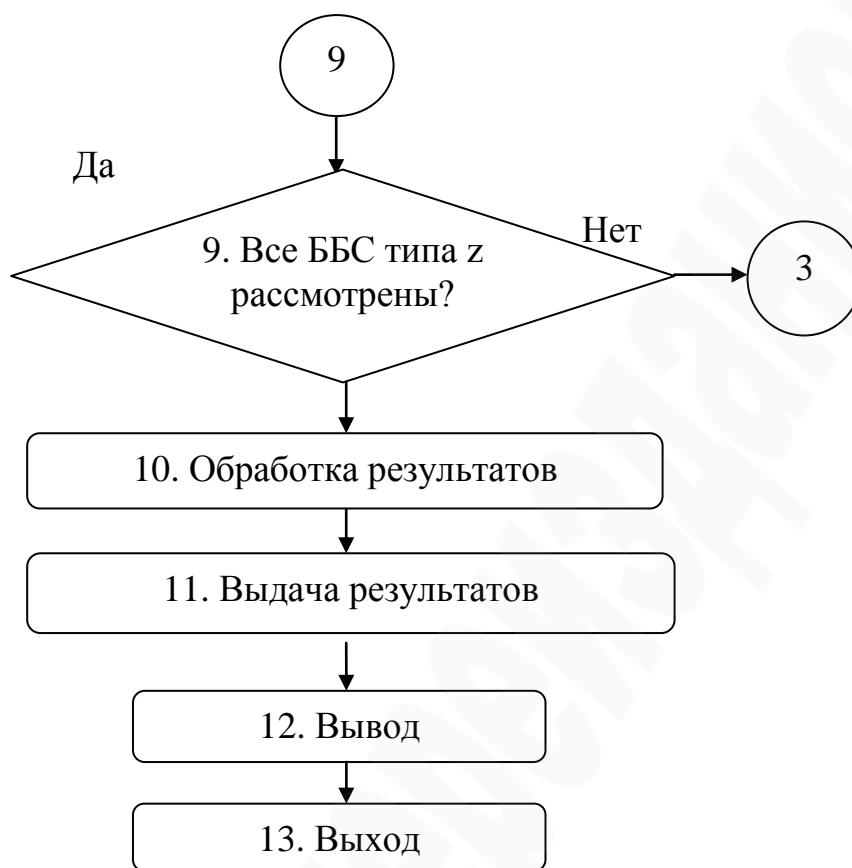
В блоке 11 выполняется формирование базиса судов  $S^\alpha = \{z^{ad\tau}\}$ , которые должны быть рассмотренными, как возможные ББС типа  $z$  для работы по схеме между портами  $d \leftrightarrow \tau$  при варианте организации работы судов на маршрутном сообщении  $\alpha$ .

В блоке 12 составляется приоритетный ряд из ББС типа  $z$  для работы по схеме.

При этом, первый порядковый номер присваивается ББС типа  $z$ , для которого значение  $Dч_{z\ell}$  наибольшее, а далее в порядке убывания значения этого показателя.







**Рис. 1.** Состав и последовательность операций в имитационной модели отбора судов для работы на линии при маршрутном сообщении

В результате обработки данных согласно приведенной методике на выходе из блока 8 получаем информацию для анализа в виде таблицы, пример которой представлен в табл. 1.

**Таблица 1**

Матрица результатов предварительного отбора судов для работы на схеме

Тип ББС	Участок $\delta$
$z$	1
1	1
2	1
...	0
$z$	0

Ячейки, обозначенные «0», отмечают нецелесообразность использования ББС типа  $z$  на схеме, поскольку не полностью используется грузоподъемность ББС ( $Dч_p^{z\ell}$ ) или его линейные характеристики ( $Te_{z\ell}, L_{z\ell}, B_{z\ell}$ ) не отвечают требованиям схемы к судам. Таким образом, в приведенном примере (табл. 1) ББС № 1 и № 2 полностью соответствуют требованиям схемы и могут

рассматриваться в последующих разработках при работе по схеме при маршрутном сообщении.

В дальнейшем должна быть проведена оценка целесообразности эксплуатации ББС типа  $z$  и его дальнейшее закрепление по схеме рейса  $\ell$ .

## **7. SWOT-анализ результатов исследования**

*Strengths.* Сильной стороной проведенного исследования является подробное исследование предложенной формы организации работы ББС, в результате которого пришли к выводу, что:

– работа должна осуществляться между двумя пунктами на участке с относительно равными условиями плавания без переформирования состава и дозагрузки (паузки);

– форма работа ББС эффективна при наличии мощных, устойчивых грузопотоков.

Внедрение результата исследования на предприятиях не требует дополнительных капиталовложений. При этом необходимое обучение персонала осуществляется в рамках повышения квалификации производственного персонала.

*Weaknesses.* Слабой стороной проведенного исследования является отсутствие в исследовании полного хода расчетов для формирования приоритетного ряда ББС, основанного на отборе судов для работы на схеме по их соответствию ограничениям, накладываемым условиями предстоящего рейса.

*Opportunities.* Дальнейшее развитие подхода предполагает проведение оценки целесообразности эксплуатации ББС типа  $z$  из приоритетного ряда на линии с его последующим закреплением. Предложенная методика призвана:

– сократить время на обработку информации при принятии решения организации работы ББС;

– увеличить прибыль судоходной компании за счет увеличения провозной способности судна при наилучшем согласовании транспортных характеристик ББС и маршрута следования.

*Threats.* Рассматриваемые в работе задачи входят в комплекс задач оптимального планирования работы баржебуксирного флота. В связи с этим, возникает угроза рассогласования результатов настоящего и последующих исследований.

## **8. Выводы**

1. При анализе предложенной формы организации работы ББС пришли к выводу, что на типоразмер судна, а, следовательно, и на работу судов, влияют преимущественно физико-географические факторы. Теоретический аспект влияния обозначенных факторов выходит за пределы настоящей работы и является самостоятельным исследованием. Зависимость между параметром ББС и физико-географическим фактором отображена в ограничениях (5)–(9). Поскольку отмеченные факторы ограничивают максимальную длину судна, его ширину, осадку и грузоподъемность, то соблюдение ограничений позволяет

определить типоразмер ББС, состоящий из определенного типа буксира, барж и их количества и характеристик счала (соединения барж между собой).

2. Предложенная в исследовании имитационная модель позволяет выполнить предварительный отбор судов для работы по схемам движения, что упрощает расчеты, связанные с распределением судов. В основу модели заложена необходимость учета физико-географических факторов при организации работы ББС по внутренним водным путям с целью обеспечения наибольшего соответствия линейных и технических характеристик судов условиям предстоящего рейса. Разработанная группа ограничений учитывает особенности рассмотренной формы организации ББС и рациональна только для нее, поскольку учитывает, что ББС, погруженное в порту отправления, следует к пункту назначения без переформирования и догрузок (выгрузок).

### Литература

1. Shcherbina O. V., Shybaiev O. H. *Osnovni pryntsy py orhanizatsii roboty barzhe buksyrnykh suden // Orhanizatsiia transportnoho protsesu ta upravlinnia robotoiu flotu na rynku mizhnarodnoho sudnoplavstva: Collective Monograph. Odesa: KUPRIeNKO SV, 2017. Part 2. P. 69–79.*

2. Liahov K. S., Heifets M. B. *Grafik dvizheniia flota (osnovy teorii i raschet). Moscow: Rechnoi transport, 1962. 186 p.*

3. Egorov A. G. *Modeli ekspluatatsii sostavov smeshannogo reka-more plavaniia. Morskoi vestnik. 2015. No. 1. P. 101–107.*

4. Egorov A. G. *Matematicheskaia model' opredeleniia glavnyh harakteristik sostavnyh sudov. Morskoi vestnik. 2015. No. 2. P. 85–89.*

5. Wiegmans B. W., Konings R. *Strategies and innovations to improve the performance of barge transport // European Journal of Transport and Infrastructure Research. 2007. Vol. 7, No. 2. P. 145–162.*

6. Malchow U. *Port Feeder Barge: Advanced Waterborne Container Logistics for Ports // TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 2014. Vol. 8, No. 3. P. 411–416. doi:10.12716/1001.08.03.12*

7. Konings J. W. *Intermodal Barge Transport: Network Design, Nodes and Competitiveness: Doctoral Thesis. TRAIL Research school, 2009. URL: <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3Aff6f5f10-2acc-43fb-9474-5317b0988bdd/> (Last accessed: 17.12.2017).*

8. Caris A., Macharis C., Janssens G. K. *Modelling corridor networks in intermodal barge transport. 12th WCTR, July 11–15, 2010. Lisbon, Portugal, 2010. 25 p. URL: <http://www.wctrs-society.com/wp/wp-content/uploads/abstracts/lisbon/selected/01919.pdf> (Last accessed: 17.12.2017).*

9. Kaup M. *Functional model of river-sea ships operating in European system of transport corridors: Part I. Methods used to elaborate functional models of river-sea ships operating in European system of transport corridors // Polish Maritime Research. 2008. Vol. 15, No. 3. P. 3–11. doi:10.2478/v10012-007-0077-y*

10. Kaup M. *Functional model of river-sea ships operating in European system of transport corridors: Part II. Methods of determination of design assumptions for river-sea ships operating in European system of transport corridors, according to their*

functional model // Polish Maritime Research. 2008. Vol. 15, No. 4. P. 3–11.  
doi:[10.2478/v10012-007-0090-1](https://doi.org/10.2478/v10012-007-0090-1)

11. Guide for Building and Classing – Integrated Tug-Barge (ITB) Combinations Intended to Operate on the Great Lakes // American Bureau of Shipping. November 2002. No. 110. URL: [https://preview.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules&Guides/Current/110\\_IntegrTugBargeCombIntendedtoOperateGreatLakes/Pub110\\_ITB\\_GreatLakes](https://preview.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules&Guides/Current/110_IntegrTugBargeCombIntendedtoOperateGreatLakes/Pub110_ITB_GreatLakes) (Last accessed: 17.12.2017).

12. Shcherbina O. Determination of size the tug barge composition // Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. 2017. No. 4 (234). P. 248–253.