

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЩЕРБИНА ОЛЬГА ВАСИЛІВНА



УДК 656.613.2:629.124.34

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ БАРЖЕБУКСИРНИХ СУДЕН У ТРАНСПОРТНО-  
ТЕХНОЛОГІЧНІЙ СИСТЕМІ

Спеціальність 05.22.01 - Транспортні системи

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Одеса – 2019

**Дисертацією є рукопис.**

Робота виконана в Одеському національному морському університеті Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**ШИБАЄВ Олександр Григорович,**  
Одеський національний морський університет,  
завідувач кафедри «Експлуатація флоту і технологія  
морських перевезень»

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**ЛАВРУХІН Олександр Валерійович,**  
Український державний університет залізничного  
транспорту,  
завідувач кафедри «Управління вантажною і  
комерційною роботою»;

кандидата технічних наук  
**КИМАН Андрій Миколайович,**  
ПАТ «Укрзалізниця» регіональна філія «Одеська  
залізниця»,  
начальник виробничого підрозділу «Дирекція  
залізничних перевезень з організації взаємодії портів та  
припортових станцій»

Захист відбудеться “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року о \_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.060.01 в Одеському національному морському університеті Міністерства освіти і науки України за адресою: 65029, м. Одеса, вул. Мечнікова, 34.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічній бібліотеці ім. проф. Г.К. Суслова Одеського національного морського університету за адресою: 65029, м. Одеса, вул. Мечнікова, 34.

Автореферат розісланий “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
Д 41.060.01 кандидат технічних наук, доцент



О. В. Акімова

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Спрямованість світової практики вантажних перевезень до економічних і екологічних видів транспорту, поставила перевезення за участю баржебуксирних суден<sup>1</sup> (ББС) в ряд найбільш перспективних.

Останнім часом спостерігається зміна структури, географії та обсягів вантажопотоків, що в комплексі з дією інших чинників спонукає до змін в організації роботи суден. Насамперед це стосується питань технології перевантаження вантажів з баржебуксирних на морські судна (і в зворотному напрямку) в умовах рейду, та організації узгодженої роботи суден.

Перспективними варіантами засвоєння українських вантажопотоків є варіант перевезень за участі ББС на річковій ділянці та варіант узгодженої роботи річкового та морського флоту з рейдовим перевантаженням.

На сьогодні, серед вітчизняних компаній, що займаються перевезеннями вантажів та організацією їх рейдового перевантаження, насамперед, слід зазначити компанії «Нібулон» та "Трансшип".

Відродження баржебуксирних перевезень відновило і науковий інтерес до цього роду перевезень. Період вітчизняних досліджень роботи ББС припадає на 60-80 рр. ХХ століття. Базовими працями з питань організації роботи річкового флоту виділені роботи наступних авторів: Союзова А.А., Ірхіна А.П., Юміна Н.А., Бунєєва В.М., Казакова Н.Н., Капітанова В.П., Савіна В.І., Ляхова К.С., Хейфеца М.Б., Шустрова Д.Н.

Таким чином, національні перевезення ББС та періоди їх наукового обґрунтування проходять етапи становлення, розвитку, згасання та відродження, починаючи від випадкових перевезень, до роботи в транспортно-технологічній системі (ТТС). Значний вклад в дослідження торії роботи флоту в ТТС мають наукові труди Кочетова С.М., Сича Є.М., Кирилової О.В., згідно до яких, у якості ТТС роботи ББС виділяються так звані баржебуксирна та комбінована ТТС.

Розвиток баржебуксирних перевезень та їх наукове обґрунтування в різних країнах світу відбувається в різні проміжки часу. Відображення сучасних принципів організації роботи ББС та світових тенденцій розвитку перевезень, за їх участі, відзначені в працях Stoop J.A., Duinkerken M.B., Konings J.W., B. van Riessen, Rob Konings, Christopher Wright, Michael S. Bomba и Robert Harrison.

При вивченні теорії роботи суден в різних країнах встановлено, що ряд актуальних питань з організації роботи ББС в ТТС залишаються або недослідженими, або вимагають уточнення і врахування сучасних вимог щодо організації перевезень вантажів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Результати досліджень використовувалися при розробці наступних науково-дослідних тем кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень» («Морські перевезення») Одеського національного морського університету (ОНМУ) в період з 2013 по 2017: К 33-12 (РК№0109U003246) «Організація транспортного процесу та

---

<sup>1</sup> Термин «баржебуксирне судно» є синонімом загальноприйнятого терміну «баржебуксирний склад».

управління роботою флоту на міжнародному ринку транспортних послуг в умовах глобалізації міжнародного судноплавства» (2013-2014 рр.) з роботами відповідно «Перспективні судна для перевезення українських вантажів», «Координація роботи морського та річкового транспорту (планування та кількісна оцінка)»; К 05-15 (РК№0115U003601) «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства» (2015-2017 рр.) з роботами відповідно «Перспективи наукових досліджень з питань удосконалення роботи суден в баржебуксирній транспортно-технологічній системі», «Основні принципи організації роботи барже буксирних суден», «Технологічні аспекти застосування конфігурації ББС при роботі в різних умовах».

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування транспортно-технологічної системи шляхом розробки і обґрунтування теоретичних і методичних положень з організації та управління роботою баржебуксирних суден.

Реалізація поставленої мети вимагає вирішення наступних завдань, які визначають логічну послідовність дисертаційного дослідження:

- Провести аналіз теорії і практики роботи ББС в ТТС для визначення актуальних, але не вирішених питань;
- Формалізувати процес прийняття рішень щодо розподілу суден, виходячи зі структури вантажопотоків;
- Формалізувати процес прийняття рішень щодо розподілу вантажопотоків при різних варіантах узгодження роботи тяги і тоннажу;
- Розробити основні теоретичні та методичні положення щодо формування графіка руху ББС.

*Основна наукова задача* - розробка і обґрунтування теоретичних і методичних положень щодо організації роботи ББС з метою підвищення ефективності функціонування ТТС.

*Об'єкт дослідження* - процес роботи ББС в ТТС.

*Предмет дослідження* - методи і засоби організації роботи ББС в ТТС.

**Методи дослідження.** Для реалізації поставлених завдань в дисертаційному дослідженні застосовувалися такі методи, які виділені в наступні групи:

- Загальнонаукові методи (аналіз, синтез, індукція, дедукція), які застосовувалися при зборі та обробці вихідної інформації, в т.ч. при обґрунтуванні термінології, яка використовувалася в дисертаційному дослідженні при систематизації класифікаційних ознак ББС та при побудові схем і графіка руху суден;
- Методи лінійного програмування, математичного та імітаційного моделювання, на основі яких вирішуються завдання обґрунтування конфігурації ББС; вибору варіанта узгодження роботи тяги і тоннажу; визначення кращих варіантів схем роботи суден; оптимального розподілу ББС за схемами руху; розподілу вантажопотоків при різних варіантах узгодження роботи тяги і тоннажу; засвоєння факультативного вантажопотоку;
- Варіантний метод при обґрунтуванні відбору суден з пріоритетного ряду їх використання;
- Метод прямих розрахунків при експериментальному дослідженні отриманих теоретичних результатів для базисних умов роботи ББС.

### **Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:**

#### *Вперше:*

розроблено теоретичні та методичні положення щодо:

- обґрунтування конфігурації ББС із застосуванням математичного моделювання, що на відміну від існуючих рішень дозволяє отримати типорозмір ББС, який найбільш відповідає умовам майбутнього рейсу;
- узгодження роботи річкового і морського флоту за рахунок обґрунтування вибору типів ББС з урахуванням сформульованих евристик, варіантів організації їх роботи і розподілу, з подальшим закріпленням за графіком руху суден. На відміну від існуючих теоретичних та методичних положень, запропоновані положення враховують варіант рейдової взаємодії річкового і морського транспорту та носять комплексний характер;
- відбору суден для роботи за схемою із застосуванням математичного та імітаційного моделювання на базі логіко-евристичного підходу з урахуванням сформульованого комплексу вимог до судна в залежності від способу взаємодії тяги і тоннажу. Отримані рішення вперше носять комплексний характер, а формалізація забезпечує відповідність рішень сучасним умовам експлуатації ББС.

#### *Удосконалено:*

- методику рішення задачі вибору оптимальних схем і способу взаємодії тяги і тоннажу шляхом використання логічної оцінки завантаження суден і фінансових результатів їх роботи;
- методику рішення задач визначення необхідного числа складових елементів ББС, розподілу і закріплення їх за схемами з урахуванням способу взаємодії тяги і тоннажу.

#### *Набули подальший розвиток:*

- методика оцінки доцільності освоєння факультативних вантажопотоків;
- теоретичні та методичні положення щодо розподілу суден в залежності від варіанта узгодження роботи тяги і тоннажу;
- існуючі систематизації та класифікації, що застосовуються в баржебуксирних перевезеннях шляхом адаптації до сучасних умов при розгляді їх з позиції комерційної експлуатації ББС. В рамках завдання проведені систематизації:
  - ✓ факторів, що впливають на роботу ББС з використанням загальнонаукових методів;
  - ✓ термінології, що використовується у вітчизняній та міжнародній практиках баржебуксирних перевезень. Раніше такого роду систематизація термінів не проводилася, а мало місце лише їх практичне і теоретичне застосування;
  - ✓ класифікаційних ознак ББС, а також проведена їх диференціація за районом плавання.

**Практична значимість отриманих результатів.** Результати дисертаційного дослідження мають практичне значення і призначені для використання в діяльності судноплавних, агентських, експедиторських компаній з метою підвищення ефективності оперування баржебуксирним флотом. Основні результати, що отримані в роботі, знайшли застосування у виробничій діяльності судноплавних компаній ТОВ «Траншип» та «Intresco L.T.D.», приватного акціонерного

товариства «Українське дунайське пароплавство», про що свідчать відповідні акти, які підтверджують практичну цінність результатів.

Результати дослідження мають також теоретичну цінність для навчальних закладів Міністерства освіти і науки України та використовуються в навчальному процесі Одеського національного морського університету при підготовці бакалаврів і магістрів за спеціальністю 275 «Транспортні технології (на морському і річковому транспорті)».

**Особистий внесок здобувача.** У дисертаційному дослідженні використані лише ті ідеї, розробки і наукові результати, які отримані здобувачем самостійно або за його безпосередньою участю.

У роботах [1, 3, 4, 7, 10-13, 20-22], підготовлених у співавторстві, особисто здобувачеві належать наступні розробки. В роботі [1] - розробка складу і послідовності операцій відбору суден за допомогою евристичного підходу, а також розробка методичних положень організації транспортного процесу перевезення вантажів в системі «ББС - морське судно». В роботі [3] - визначення особливості організації роботи ББС при різних варіантах узгодження тяги і тоннажу та візуалізація їх за допомогою схематичного зображення. В роботі [4] - виявлення й систематизація факторів, що впливають на типорозмір ББС. В роботі [7] - обґрунтування доцільності застосування евристичного підходу при побудові графіка руху ББС. В роботі [10] - розробка структурної моделі організації роботи ББС із застосуванням математичного та імітаційного моделювання на основі логіко-евристичного підходу з урахуванням сформульованого комплексу вимог. В роботі [11] - визначення перспективних типів суден для перевезення українських вантажів. В роботі [12] - виявлення і систематизація класифікаційних ознак ББС. В роботі [13] - виявлення чинників, що впливають на циклічну роботу ББС. В роботі [20] - визначення сфери раціональної експлуатації ББС різних конструктивних типів. В роботі [21] - розробка методики обґрунтування варіанту ББС при організації транспортного процесу перевезень вантажів. В роботі [22] - розробка методичних положень щодо визначення потреби в тоннажі при злагодженій роботі річкових і морських суден.

**Публікації.** Основні результати дисертаційного дослідження були опубліковані в 22 наукових роботах. З них: у спеціалізованих виданнях, рекомендованих Міністерством освіти і науки України - 6 робіт [5-10]; в наукових виданнях України - 2 роботи [20, 22]; в колективних монографіях - 4 роботи [1-4]; в програмах і / або збірниках наукових праць, виданих за матеріалами науково-практичних конференцій - 9 робіт [11-19], 1 робота – навчальний посібник [21]. З них в співавторстві - 11 робіт [1, 3, 4, 7, 10-13, 20-22].

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення і результати досліджень були представлені, обговорені та схвалені в період 2014 - 2018 рр. на 9 міжнародних, національних науково-практичних конференціях, які проходили в містах: Одеса [11-16, 18], Тернопіль [17], Миколаїв [19].

Окремі результати роботи були також апробовані в виробничій діяльності транспортних підприємств, в науково-дослідній, науково-методичній та освітній діяльності ОНМУ.

Дисертація в цілому доповідалась на науковому семінарі в Інституті морегосподарства і підприємництва.

**Обсяг і структура дисертації.** Дисертація складається із анотації, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Основний текст дисертації викладено на 135 сторінках, список використаних джерел включає 135 найменувань на 18 сторінках. Робота містить 10 малюнків, 4 таблиць, з них 7 займають повні сторінки.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, відображена наукова новизна отриманих результатів, їх практичне значення та особистий внесок здобувача. Також розглянуто зв'язок з науковими програмами, планами, темами, наведена інформація про публікації та апробацію результатів дослідження, про його структуру та обсяг.

У **першому розділі** «Теорія і практика роботи баржебуксирних суден у транспортно-технологічній системі» був проведений аналіз сучасних вітчизняної та міжнародної практик роботи ББС в ТТС в рамках якого: визначено сучасний стан та тенденції розвитку перевезень баржебуксирним флотом; охарактеризовані конструктивні і техніко-експлуатаційні особливості ББС, визначено місце ББС в ТТС. Особливу увагу приділено основам організації роботи ББС.

Аналіз літературних джерел і досліджень, що висвітлюють питання як організації транспортного процесу перевезень вантажів водним транспортом в цілому, так і питань щодо організації баржебуксирних перевезень, виявив актуальні питання, необхідні для реалізації основної наукової задачі:

- а) Обґрунтування термінології, що застосовується в дисертаційному дослідженні;
- б) Визначення конструктивних особливостей та сфери раціонального використання функціональних елементів баржебуксирного флоту;
- с) Систематизація і адаптація до сучасних умов роботи ББС класифікаційних ознак з позиції організації перевезень;
- д) Виявлення факторів, що впливають на транспортний процес роботи ББС в ТТС і на їх конфігурацію при роботі на різних напрямках;
- е) Визначення можливих схем організації перевезень вантажів за участю ББС.

За результатами аналізу теорії та практики роботи ББС в ТТС зроблено наступні висновки:

1. Концепція ББС заснована на застосуванні складу з відокремлених модулів (енергетичного і вантажного), з метою забезпечення більш ефективної експлуатації більш дорогої енергетичної частини судна.

2. Практика баржебуксирних перевезень здійснюється суднами обмеженого і необмеженого плавання. Переваги їх експлуатації в порівнянні з суднами, що експлуатуються на певному напрямку перевезень, обумовлюють їх затребуваність, перспективність і конкурентоспроможність.

3. Реалізація сучасних технічних можливостей в галузі суднобудування

стосовно баржебуксирних перевезень вимагає вдосконалення теоретичної та методичної бази з організації та управління роботою суден.

4. У сучасних наукових дослідженнях практично залишаються поза увагою окремі питання з організації та управління роботою ББС в прямому повідомленні при роботі в баржебуксирній ТТС, а також у випадку рейдового перевантаження при узгодженій роботі річкового і морського флоту при роботі в комбінованій ТТС. Це вимагає розробки відповідного методичного забезпечення процесів організації і управління роботою ББС в ТТС в основу чого, покладено наступне:

- при роботі в рамках ТТС тільки ББС розглядається баржебуксирна ТТС;
- у випадку узгодженої роботи ББС з іншими типами суден (чи то балкери, контейнеровози, пороми, танкери та т.і.) вважається, що зазначені судна являють собою елементи комбінованої ТТС.

5. Оскільки основними способами організації роботи ББС є збірні та маршрутні перевезення при дільничній і наскрізній способах організації роботи тяги, то в дисертаційному дослідженні до розробки прийняті наступні варіанти організації роботи ББС ( $k = a, b, c$ ), урахування яких визначає схему роботи ББС:

- маршрутна відправка і наскрізний спосіб організації роботи тяги ( $k = a$ );
- збірна відправка і наскрізний спосіб організації роботи тяги ( $k = b$ );
- робота по системі тягових плечей і дільничним способом організації роботи тяги ( $k = c$ ).

У **другому розділі** «Методичні положення щодо організації перевезення вантажів баржебуксирними суднами» визначено склад і послідовність вирішення завдань при організації роботи ББС. Реалізація поставленого завдання здійснюється в наступній послідовності:

**Етап 1** «Складання можливих схем роботи ББС». На підставі інформації щодо вантажопотоків, технічних засобів та траси проходження підбираються варіанти організації їх роботи та складаються можливі схеми роботи ББС.

**Етап 2** «Формалізація процесу прийняття рішень щодо розподілу суден, виходячи зі структури вантажопотоків» (рис.1).

**Етап 2.1** «Розробка методики визначення типорозміру баржебуксирного складу для роботи на схемі» містить наступні завдання:

**Етап 2.1.1** «Формування з вихідної множини буксирів типу  $i$  та барж типу  $j$  базису попередньо відібраних суден». З спискового складу буксирного флоту (вихідна множина тяги) з урахуванням плану поповнення та списання суден формується базис попередньо відібраних суден з буксирів типу  $i$  та барж типу  $j$  за ознакою відповідності техніко-експлуатаційних характеристик (ТЕХ) умовам майбутнього рейсу. Крім того оцінюється можливість взаємозаміни як тяги, так і тоннажу (модель організації роботи ББС «вертушка»). Слід зазначити, що буксир типу  $i$  в комбінації з возом  $\lambda$  (що складається з барж типу  $j$ ) утворюють ББС типу  $z$ .

На **етапі 2.1.2** «Формування вихідної множини возів  $\lambda$  і визначення типорозмірів ББС типу  $z$ » виконується визначення кількості барж типу  $j$ , що входять до складу воза ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$  (визначення типорозміру воза). При цьому необхідно враховувати наступні умови:

$$Dc_p^{z\ell} \leq Dc_{max}^{z\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (1)$$



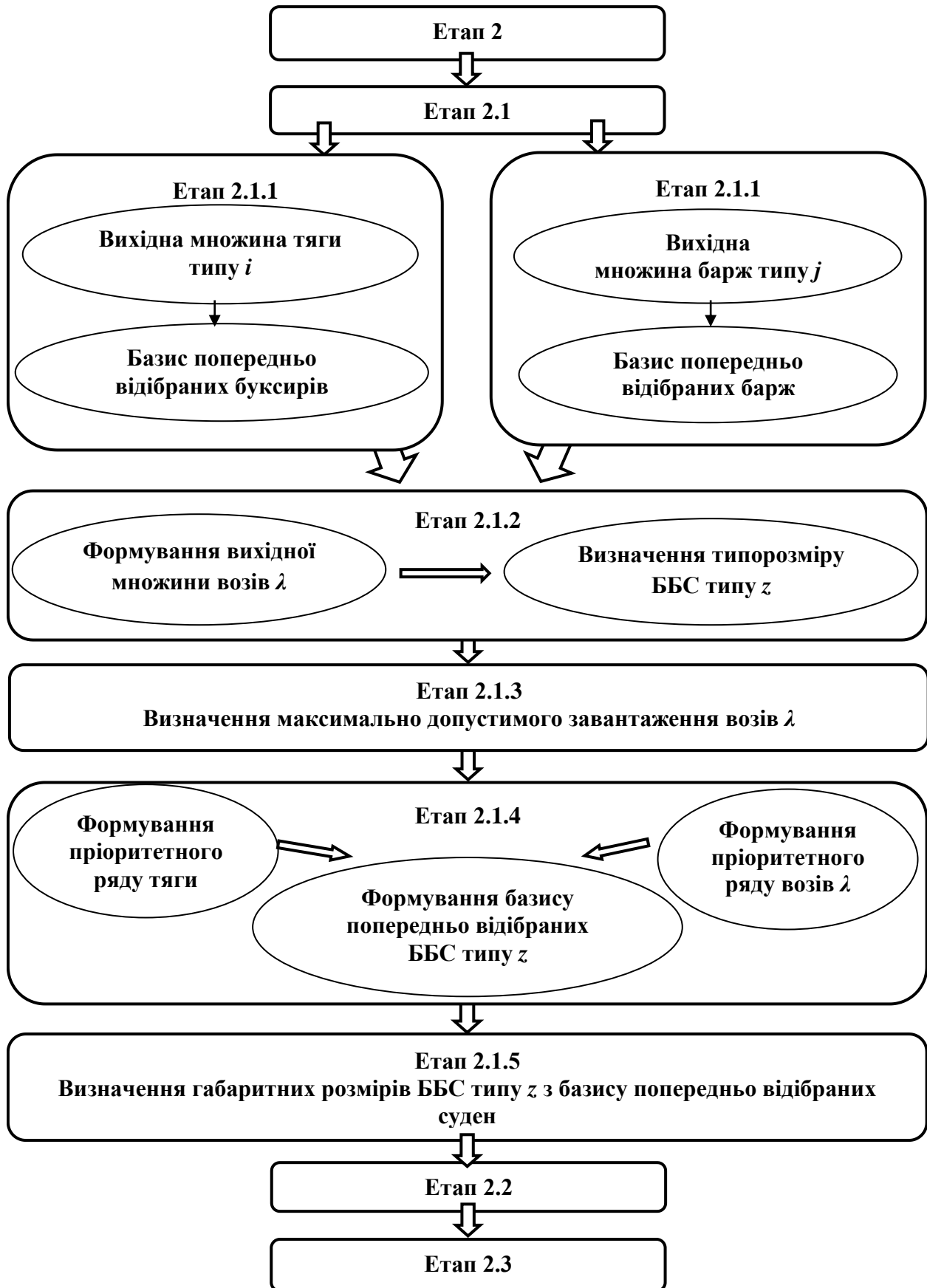


Рисунок 1 – Склад і послідовність етапів процесу прийняття рішень щодо розподілу суден

де  $Dч_p^{z\ell}$  - реєстрова вантажопідйомність ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$ ;  $Dч_{\max}^{z\ell}$  - максимально допустима вантажопідйомність ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$$Dч_{\max}^{z\ell} = \min \left\{ Dч_p^{z\ell} \max_i, Dч_{\max} \ell \right\} \quad (i=\overline{1, I}; z = \overline{1, Z}; \ell=\overline{1, L}), \quad (2)$$

де  $Dч_p^{z\ell} \max_i$  - максимальна реєстрова вантажопідйомність ББС типу  $z$  при роботі з буксиром типу  $i$ ;  $Dч_{\max} \ell$  - максимально можлива вантажопідйомність ББС при роботі на схемі  $\ell$ .

Оскільки віз  $\lambda$  може складатися з барж різних за типом і кількістю, то реєстрова вантажопідйомність ББС типу  $z$  визначається з виразу

$$Dч_p^{z\ell} = \sum_{j=1}^J Dч_j^{z\ell} \cdot n_j^{z\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell=\overline{1, L}), \quad (3)$$

де  $Dч_j^{z\ell}$  - реєстрова вантажопідйомність барж типу  $j$ , що входять до складу ББС типу  $z$ ;  $n_j^{z\ell}$  - кількість барж типу  $j$ , що входять до складу ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$ .

Можливість участі веза в освоєнні вантажопотоку визначається параметром, який визначає перевезення вантажу  $r$  баржами типу  $j$ , що входять до складу ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$  ( $Y_{jz\ell}$ ).

$$Y_{jz\ell} = \begin{cases} 1, \text{ якщо баржі типу } j \text{ призначені для перевезення вантажу } r \\ \text{на схемі } \ell \text{ в складі ББС типу } z \text{ (тобто збігається призначення} \\ \text{барж, їх район плавання і лінійні параметри, а також} \\ \text{зчіпний пристрій дозволяє працювати в складі веза типу } \lambda); \\ 0, \text{ в іншому випадку.} \end{cases} \quad (4)$$

При визначенні типорозміру веза  $\lambda$  з барж типу  $j$ , що входить до складу ББС типу  $z$ , для розподілу наявного тоннажу за напрямками (схемами  $\ell$ ) запропонована математична модель (5) - (10), рішення якої забезпечує максимальне використання як лінійних характеристик суднового ходу, так і потужності СЕУ тяги. Крім того, в моделі обмежується загальна кількість необхідних суден (барж типу  $j$ ) наявним складом флоту ( $N_j$ ) з урахуванням його кількісних змін за рахунок як убутку суден, так і їх поповнення.

$$Z = \sum_{j=1}^J x_{jz\ell} \cdot Dч_j^{z\ell} \cdot Y_{jz\ell} \rightarrow \max ; \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^J x_{jz\ell} \cdot Dч_j^{z\ell} \cdot Y_{jz\ell} \leq Dч_{\max}^{z\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell=\overline{1, L}); \quad (6)$$

$$\sum_{z=1}^Z \sum_{\ell=1}^L x_{jz\ell} \leq N_j \quad (j=\overline{1, J}); \quad (7)$$

$$Y_{jz\ell} = \{0,1\} \quad (j=\overline{1,J}; z = \overline{1,Z}; \ell=\overline{1,L}) ; \quad (8)$$

$$x_{jz\ell} = 1,2,\dots,P \quad (j=\overline{1,J}; z = \overline{1,Z}; \ell=\overline{1,L}) ; \quad (9)$$

$$x_{jz\ell} \geq 0 \quad (j=\overline{1,J}; z = \overline{1,Z}; \ell=\overline{1,L}) , \quad (10)$$

де  $x_{jz\ell}$  - кількість барж типу  $j$ , що входить до складу ББС типу  $z$  для перевезення вантажу  $r$  на схемі  $\ell$ ;  $N_j$  - наявний склад барж типу  $j$ .

Цільова функція (5) забезпечує максимізацію реєстрової вантажопідйомності ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$ , при виконанні наступних обмежень:

(6) - сумарне завантаження ББС типу  $z$ , яке складається з завантаження барж типу  $j$ , що перевозять вантаж  $r$ , не може перевищувати максимально допустиму вантажопідйомність, яка лімітована на схемі  $\ell$ ;

(7) - сумарне число барж типу в складі всіх ББС типу  $z$  не повинно перевищувати наявний склад флоту з барж відповідного типу  $j$ ;

(8) - параметр, що визначає перевезення вантажу  $r$  на схемі  $\ell$  баржами типу  $j$ , які входять до складу ББС, позначає двоїстість змінних, тобто приймає тільки значення 0 і 1;

(9) - умова цілочисельності змінних;

(10) – умова невід'ємності змінних.

**Етап 2.1.3** «Визначення максимально допустимого завантаження комплекту барж типу  $j$ , що входять до складу ББС типу  $z$ ». Виходячи з практики експлуатації ББС, максимально допустиме завантаження комплекту барж або судна ( $Q_{zr\ell}$ ) при оперативному плануванні доцільно визначати з урахуванням осідання судна; питомого навантажувального об'єму вантажу; умов плавання; потужності енергетичної установки тяги.

**Етап 2.1.4** «Формування базису попередньо відібраних ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$ ». Можливість роботи тяги типу  $i$  з возом з барж типу  $j$  у складі ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$  визначається параметром управління ( $Y_{iz\ell}$ ).

На значення параметра  $Y_{iz\ell}$  впливає дотримання наступної умови:

$$\rho_i \geq \frac{Q_{zr\ell}}{N_i^e} \quad (i=\overline{1,I}; z = \overline{1,Z}; r=\overline{1,R}; \ell=\overline{1,L}), \quad (11)$$

де  $\rho_i$  - питома навантаження тяги типу  $i$ ;  $Q_{zr\ell}$  - завантаження ББС типу  $z$  вантажем  $r$  для роботи на схемі  $\ell$ ;  $N_i^e$  - потужність енергетичної установки тяги типу  $i$ .

Таким чином  $Y_{iz\ell} = \{0,1\}$ , та дорівнює одиниці, якщо дотримується умова (11), інакше дорівнює нулю.

Ряди буксирів типу  $i$  в комбінації з возом барж  $\lambda$  в складі ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$  утворюють безліч ББС (базис попередньо відібраних ББС типу  $z$ ) з

наявного і / або орендованого флоту.

Оскільки завантаження ББС типу  $z$  вантажем  $r$  для роботи на схемі  $\ell$  ( $Q_{zr\ell}$ ) знаходиться в прямій залежності від максимальної реєстрової вантажопідйомності ББС типу  $z$  при роботі з буксиром типу  $i$  ( $Dч_p^z max_i$ ) то, формування пріоритетного ряду ББС типу  $z$  з возів  $\lambda$  і буксирів типу  $i$  виконується в порядку убунання значення критерію ( $K_{\xi}^Q$ )

$$K_{\xi}^Q = \frac{Q_{zr\ell}}{Dч_p^z max_i} \quad (\xi = \overline{1, \Xi}; i = \overline{1, I}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}; z = \overline{1, Z}) \quad (12)$$

Формалізація процесу формування базису попередньо відібраних ББС типу  $z$  для роботи на схемі наведена на рис. 2.

**Етап 2.1.5** «Визначення габаритних розмірів ББС типу  $z$  з базису попередньо відібраних суден». Головні лінійні характеристики ББС обчислюються на підставі загальноприйнятих формул.

**Етап 2.2** «Формування пріоритетного ряду ББС типу  $z$  для роботи на схемі при різних варіантах організації роботи баржебуксирних суден» здійснюється за допомогою імітаційного моделювання, заснованого на необхідності проведення аналізу можливості роботи ББС на ділянці з урахуванням впливу лімітуючих характеристик траси на ТЕХ ББС. Запропоновані імітаційні моделі враховують визначені і представлені в роботі залежності між параметром судна і обмежуючим фактором, що дозволяє скласти вихідну множину ББС для роботи на схемі при різних варіантах організації їх роботи. Формалізація процесу відбору ББС при маршрутній відправці та наскрізному способі організації роботи тяги ( $k = \alpha$ ) наведена на рис.3.

**Етап 2.3** «Обґрунтування оптимального розподілу суден для роботи на схемі». Вибір варіанту організації роботи наявного флоту судноплавної компанії здійснюється на основі математичної моделі (13) - (24), що забезпечує максимальний прибуток і враховує особливості організації роботи ББС типу  $z$ , що входять в базис попередньо відібраних ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$  ( $\{z^{k\ell}\}$ ).

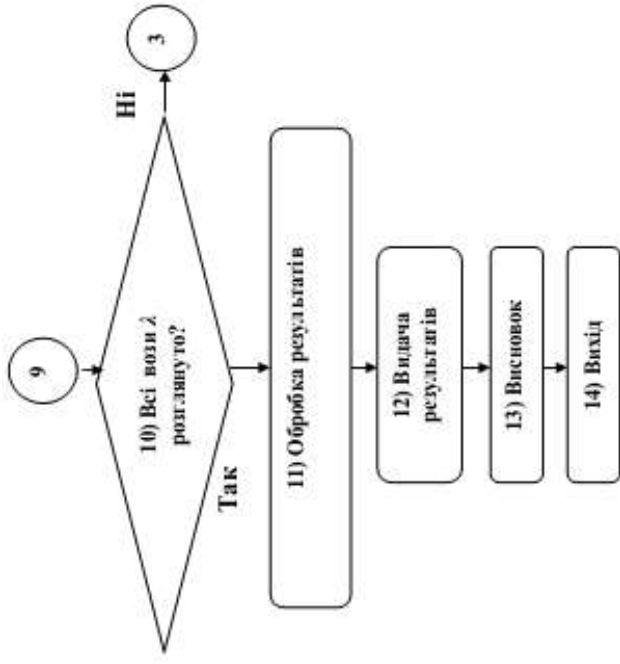
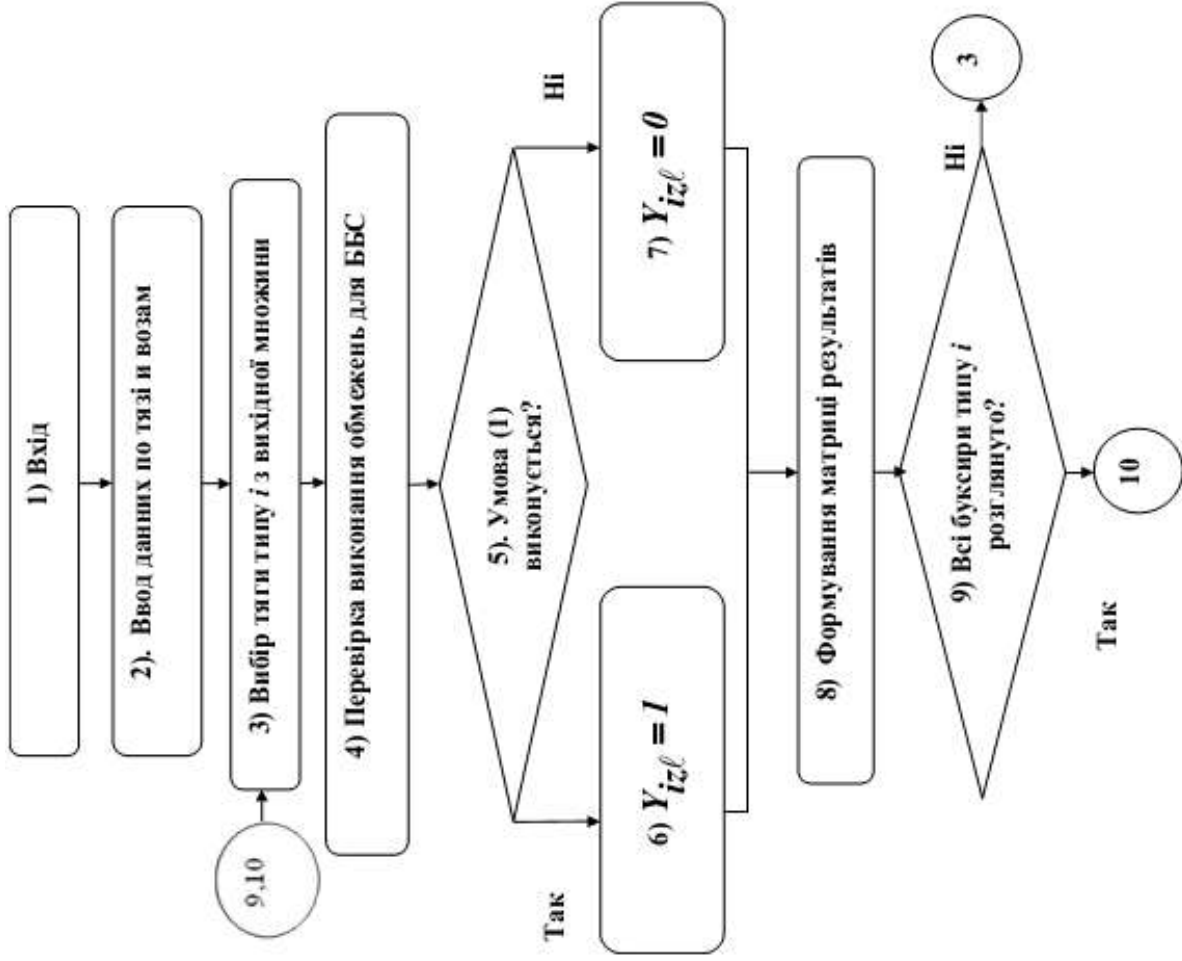
$$Z = \sum_{z=1}^Z \sum_{r=1}^R \Phi_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \rightarrow max; \quad (13)$$

$$\sum_{z=1}^Z n_z^{\ell} \cdot n_{p_z}^{\ell} \cdot t_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq T^{r\ell\psi} \quad (\ell = \overline{1, L}; r = \overline{1, R}; \psi = \overline{1, \Psi}); \quad (14)$$

$$\sum_{r=1}^R n_z^{\ell} \cdot n_{p_z}^{\ell} \cdot t_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq T^{z\ell} \quad (\ell = \overline{1, L}; z = \overline{1, Z}); \quad (15)$$

$$x_{r\ell}^z \cdot T^{r\ell\psi} \leq T^{z\ell} \quad (\ell = \overline{1, L}; r = \overline{1, R}; \psi = \overline{1, \Psi}; z = \overline{1, Z}); \quad (16)$$

$$\sum_{\ell=1}^L x_{r\ell}^z \cdot n_z^{\ell} \leq N_z \quad (z = \overline{1, Z}); \quad (17)$$



Обмеження:

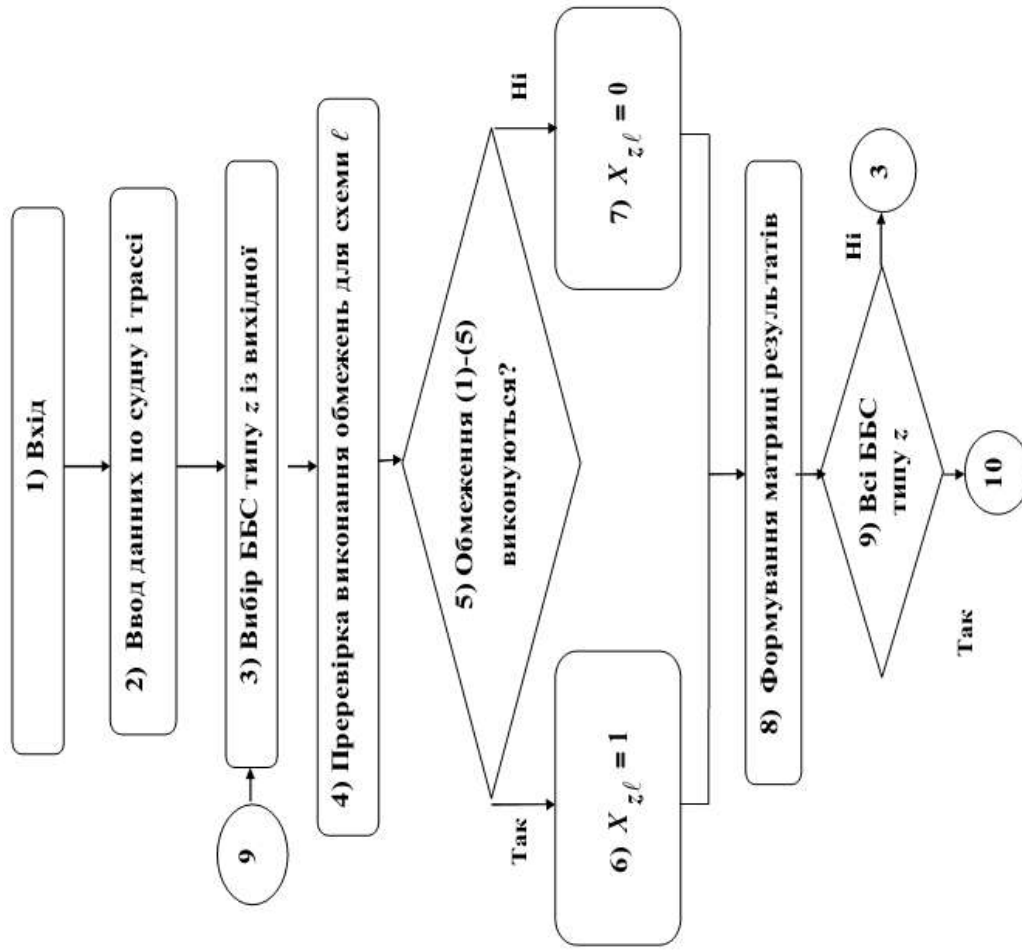
$$\rho_i \geq \frac{Q_{zrl}}{N_i^e} \quad (i=\overline{1, I}; z=\overline{1, Z}; r=\overline{1, R}; \ell=\overline{1, L}), \quad (1)$$

$$Y_{izl} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } \rho_i \geq \frac{Q_{zrl}}{N_i^e} & (i=\overline{1, I}; z=\overline{1, Z}; r=\overline{1, R}; \ell=\overline{1, L}); \\ 0, \text{ інакше.} & \end{cases} \quad (2)$$

$$K_{\xi}^O = \frac{Q_{zrl}}{D_{\xi p}^{\max}} \quad (\xi=\overline{1, Z}; i=\overline{1, I}; r=\overline{1, R}; \ell=\overline{1, L}; z=\overline{1, Z}) \quad (3)$$

$$K_1^O > K_2^O > \dots > K_{\xi}^O > \dots > K_{\xi}^O > \dots > K_{\xi}^O \quad (\xi=\overline{1, Z}) \quad (4)$$

Рисунок 2 - Формалізація процесу формування базису попередньо відібраних ББС типу  $z$  для роботи на схемі



Обмеження:

$$Q_{zr\ell} \leq Dq_{z\ell}^p - \Delta Dq \quad (z = \overline{1, Z}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}); \quad (1)$$

$$Dq_{z\ell}^p \leq Dq \max_{\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}); \quad (2)$$

$$Te_{z\ell} \leq T \max_{\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}); \quad (3)$$

$$L_{z\ell} \leq L \max_{\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}); \quad (4)$$

$$B_{z\ell} \leq B \max_{\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}). \quad (5)$$

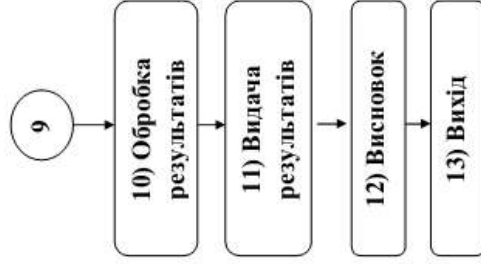


Рисунок 3 - Формалізація процесу відбору БС при маршрутній відправці та наскрізному способі організації роботи ТЯГИ

$$z \in \{ z^{k\ell} \} \quad (k = a, b, c; \ell = \overline{1, L}); \quad (18)$$

$$\sum_{z=1}^Z n_z^\ell \cdot n_{p_z}^\ell \cdot q_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq Q_{r\ell}^\Psi \quad (r = \overline{1, R}; \psi = \overline{1, \Psi}; \ell = \overline{1, L}); \quad (19)$$

$$\sum_{r=1}^R q_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq Q_{zr\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}); \quad (20)$$

$$x_{r\ell}^z \cdot Дч_p^{z\ell} \leq Дч_{max_\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}); \quad (21)$$

$$x_{r\ell}^z \cdot \Phi_{r\ell}^z > 0 \quad (r = \overline{1, R}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}); \quad (22)$$

$$x_{r\ell}^z = \{0, 1\} \quad (r = \overline{1, R}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}); \quad (23)$$

$$x_{r\ell}^z \geq 0 \quad (r = \overline{1, R}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (24)$$

де  $\Phi_{r\ell}^z$  - прибуток ББС типу  $z$  від перевезення вантажу  $r$  на схемі  $\ell$ ;  $x_{r\ell}^z$  - параметр, що визначає перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$ ;  $n_z^\ell$  - число ББС типу  $z$  при роботі за схемою  $\ell$ ;  $n_{p_z}^\ell$  - число рейсів ББС типу  $z$  з вантажем  $r$  при роботі за схемою  $\ell$ ;  $t_{r\ell}^z$  - час рейсу ББС типу  $z$  з вантажем  $r$  при роботі за схемою  $\ell$ ;  $T^{r\ell\Psi}$  - час доставки вантажу  $r$  на схемі  $\ell$ , який визначається за запродажним контрактом  $\psi$ ;  $T^{z\ell}$  - бюджет часу в експлуатації ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$ ;  $N_z$  - наявний флот ББС типу  $z$ ;  $q_{r\ell}^z$  - завантаження ББС типу  $z$  з вантажем  $r$  при роботі за схемою  $\ell$ ;  $Q_{r\ell}^\Psi$  - розмір вантажопотоку  $r$ , який перевозиться за схемою  $\ell$  згідно запродажного контракту  $\psi$ ;  $Дч_p^{z\ell}$  - реєстрова вантажопідйомність ББС типу  $z$ ;  $Дч_{max_\ell}$  - максимально допустима вантажопідйомність ББС при роботі на схемі  $\ell$ , виходячи з обмежень.

Цільова функція (13) забезпечує максимізацію прибутку при виконанні наступних обмежень:

(14) - сума часу рейсу ББС  $z$ , менше або дорівнює часу доставки вантажу  $r$ , обумовленого в запродажному контракті  $\psi$ ;

(15) - сума часу рейсу ББС  $z$ , менше або дорівнює бюджету часу кожного ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

(16) - час доставки вантажу  $r$  не перевищує бюджет часу кожного ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

(17) - використовується наявний флот;

(18) - типи ББС типу  $z$  вибираються з множини попередньо відібраних в базис ББС для роботи при певному варіанті організації їх роботи;

(19) - сумарна кількість вантажів  $r$ , що перевозяться ББС типу  $z$  при роботі за

схемою  $\ell$ , менше або дорівнює загальній кількості вантажів яка перевозиться згідно запродажного контракту  $\psi$ ;

(20) завантаження ББС типу  $z$  вантажем  $r$ , що перевозиться з порту  $d_n^{r(s)}$  в порт  $a_n^{r(s)}$  при роботі за схемою  $\ell$ , менше або дорівнює завантаженню комплекту барж, що входять в ББС типу  $z$ ;

(21) - допустима вантажопідйомність ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$  менше або дорівнює максимальній вантажопідйомності ББС на схемі  $\ell$ ;

(22) - умова, що визначає прибутковість перевезення;

(23) - параметр, що визначає перевезення;

(24) - умова невід'ємності змінних.

Запропонована математична модель (13) - (24) є базовою і вирішується окремо для: а) кожної з можливих схем роботи ББС для всіх попередньо відібраних суден; б) прямого і зворотного напрямків для власного флоту. У разі необхідності поповнення флоту за рахунок оренди, а також для різних варіантів організації роботи ББС, в представлену математичну модель включаються додаткові обмеження. Відібрані судна включаються в базис попередньо відібраних ББС типу  $z$  що входять в одну з груп суден  $S^k = \{z^{k\ell}\}$  де варіант організації роботи суден в ТТС  $k = a, b, c$ .

У запропонованих в розділі математичних моделях судна не ідентифікуються за належністю до судноплавної компанії. Ідентифікація судна відбувається за наданим йому індексом в базі вихідних даних.

Таким чином, перевагою представленої методики є можливість знаходження одночасно оптимального поєднання типорозмірів складів, оптимальних схем їх руху і необхідного наявного складу елементів ББС з урахуванням їх обороту.

У **третьому розділі** "Методичні положення з оперативного управління роботою баржебуксирних суден" запропонована методика вирішення завдань з розподілу вантажопотоків при різних варіантах узгодження роботи тяги і тоннажу, обґрунтуванню рішень по освоєнню факультативних вантажопотоків і побудови графіка руху ББС при організації їх спільної роботи з морськими суднами.

Основні результати третього розділу полягають у наступному:

1. Множина варіантів організації роботи ББС при освоєнні вантажопотоків вимагає оптимізації розподілу вантажопотоків між суднами судноплавної компанії з метою максимізації прибутку. Розроблена математична модель задачі обґрунтування оптимального розподілу вантажопотоків між суднами відноситься до класу розподільних завдань лінійного програмування зі змішаними умовами, що реалізується або для кругового рейса, або для прямого (зворотного) напрямків. При цьому, річковий порт ( $d$ ) виступає в якості порту відправлення при експорті, і портом призначення при імпорті. Порт трансшипменту ( $\tau$ ) виступає в ролі пункту стикування морських і річкових суден.

Оптимізація процесу розподілу вантажопотоків при плануванні роботи суден спрямована на раціональне використання виробничих можливостей флоту з позиції комерційної експлуатації. Для реалізації поставленого завдання необхідне виконання певних вимог, які формалізовані у вигляді обмежень. Математична модель при маршрутній відправці є базовою. Для інших варіантів організації роботи



ББС вводяться додаткові обмеження.

2. Освоєння факультативного вантажопотоку відбувається або при завантаженні барж в початковому порту відправлення основного вантажопотоку (маршрутне, наскрізне або дільничне перевезення) або за допомогою заходу в додатковий порт (наскрізне чи дільничне перевезення). Доцільність освоєння факультативного вантажопотоку визначається не тільки економічною ефективністю, але й технічною можливістю, пов'язаною з обмеженнями на річковій ділянці маршруту слідування. Математичні моделі, що були розроблені в розділі, визначають комерційну доцільність освоєння факультативного вантажопотоку при врахуванні обмежуючих факторів та різняться при роботі суден в баржебуксирній та комбінованій ТТС.

Оскільки ефективність роботи ББС значною мірою полягає саме в забезпеченні безперервності в роботі дорогої частини судна (машинного відділення) за рахунок скорочення часу стоянки, то вибору варіанта організації роботи буксира має бути приділена належна увага. Поставленому завданню відповідає варіант організації роботи ББС при змінному способі закріплення тяги за тоннажем, що передбачає готовність барж в портах до моменту приходу складу та звільнення тяги.

Встановлено і обґрунтовано, що при побудові графіка руху суден доцільно застосовувати евристичний підхід, який забезпечує достатній по відношенню до вихідної інформації рівень достовірності й поєднує точні математичні прийоми з процедурами, заснованими на інтуїції та досвіді для вирішення завдань цього класу:

**Евристика 1.** Кращою є та схема, де немає простою буксира в очікуванні

звільнення від вантажних операцій баржі (воза  $\lambda$ ) ( $t_{ild}^{o\epsilon(n)}$ ). Тому доцільно прийняти умову, що час очікування (простою) буксиром звільнення баржі від вантажно-розвантажувальних робіт повинно бути мінімальним, і задається межами:

$$0 \leq t_{ild}^{o\epsilon(n)} \leq \xi_{ild} \quad (i=\overline{1, I}; d=\overline{1, D}; \ell = \overline{1, L}), \quad (25)$$

де  $\xi_{ild}$  - величина, що визначає доцільність простою буксира в порту  $d$ , підлягає обґрунтуванню й визначається співвідношенням доходів ББС від перевезення до питомих витрат буксира  $i$  на стоянці при роботі на схемі.

$$\xi_{ild} = \max \left\{ \sum \left( \frac{Q_{dr\ell}^n}{M_{\epsilon rd}^n} + \frac{Q_{dr\ell}^{\epsilon}}{M_{\epsilon rd}^{\epsilon}} \right); \sum \left( \frac{f_{dr\ell}^n \cdot Q_{dr\ell}^n}{c_i^{\ell}} + \frac{f_{dr\ell}^{\epsilon} \cdot Q_{dr\ell}^{\epsilon}}{c_i^{\ell}} \right) \right\} \\ (i=\overline{1, I}; \ell = \overline{1, L}; d=\overline{1, D}; r=\overline{1, R}), \quad (26)$$

де  $Q_{dr\ell}^n$ ,  $Q_{dr\ell}^{\epsilon}$  - кількість вантажу  $r$ , що завантажується (розвантажується) в порту  $d$  при роботі на схемі  $\ell$ ;  $M_{\epsilon rd}^n$ ,  $M_{\epsilon rd}^{\epsilon}$  - валові норми вантажних робіт в

порту  $d$  при завантаженні (розвантаженні) вантажу  $r$ ;  $f_{dr\ell}^{n(\epsilon)}$  - фрахтова (тарифна) ставка за перевезення вантажу  $r$ , що завантажується (розвантажується) в порту  $d$  при

роботі на схемі  $\ell$ ;  $c_i^\ell$  - питомі витрати буксира типу  $i$  в добу експлуатації при роботі на схемі  $\ell$ .

**Евристика 2.** Кращою є та схема, де немає простою баржі в очікуванні звільнення приходу буксира ( $t_{\lambda ld}^{0\epsilon(n)}$ ). Таким чином, час очікування баржею приходу буксира (час простою баржі) має бути мінімальним і задається межами:

$$0 \leq t_{\lambda ld}^{0\epsilon(n)} \leq \xi_{\lambda ld} \quad (\lambda = \overline{1, A}; \ell = \overline{1, L}; d = \overline{1, D}), \quad (27)$$

де  $\xi_{\lambda ld}$  - величина, яка визначає доцільність простою воза  $\lambda$  в порту  $d$ , підлягає обґрунтуванню і визначається співвідношенням доходів ББС від перевезення і питомих витрат воза  $\lambda$  на стоянці при роботі на схемі  $\ell$ .

$$\xi_{\lambda ld} = \max \left\{ \sum \left( \frac{Q_{dr\ell}^n}{M_{\epsilon rd}^n} + \frac{Q_{dr\ell}^{\epsilon}}{M_{\epsilon rd}^{\epsilon}} \right); \sum \left( \frac{f_{dr\ell}^n \cdot Q_{dr\ell}^n}{c_{\lambda}^{\ell}} + \frac{f_{dr\ell}^{\epsilon} \cdot Q_{dr\ell}^{\epsilon}}{c_{\lambda}^{\ell}} \right) \right\} \\ (\lambda = \overline{1, A}; \ell = \overline{1, L}; d = \overline{1, D}; r = \overline{1, R}), \quad (28)$$

де  $c_{\lambda}^{\ell}$  - питомі витрати воза  $\lambda$  в добу експлуатації при роботі на схемі  $\ell$ .

**Евристика 3.** Інтервал відправлення ББС з порту відправлення при рейдовому перевантаженні повинен дорівнювати часу стоянки баржі під вивантаженням (завантаженням) в порту траншшипменту  $t_c^{z\ell\tau}$ :

$$t_c^{z\ell\tau} = \sum_{r=1}^R t_c^{z\ell\tau} \quad (\tau = \overline{1, T}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (29)$$

де  $t_c^{z\ell}$  - інтервал відправлення ББС типу  $z$  з порту відправлення.

**Евристика 4.** Час кругового рейса вантажного морського судна кратно цілочисельному значенню часу кругового (замкнутого) рейсу буксира.

**Евристика 5.** Максимально допустиме завантаження і час вантажних робіт під навантаженням (розвантаженням) морського судна має бути кратно максимально допустимому завантаженню і часу вантажних робіт під навантаженням (вивантаженням) возів  $\lambda$ . Цілочисельне значення кратного визначає необхідну кількість комплектів барж для завантаження морського судна.

**Евристика 6.** При рейдовій вантажеобробці ББС за спрощеним варіантом «борт-борт» економічно обґрунтована доцільність заходу в додатковий порт для дозавантаження, а також для вивантаження факультативного вантажопотоку задається межами

$$0 \leq \Delta t_{Pn(\epsilon)\phi}^{z\ell rd} \leq \xi_{z\ell d}^{\phi} \leq t_{i\ell\tau}^{0\epsilon(n)} \quad (i = \overline{1, I}; d = \overline{1, D}; \ell = \overline{1, L}), \quad (30)$$

де  $\Delta t_{Pn(\epsilon)\phi}^{z\ell rd}$  - час рейсу ББС типу  $z$ , пов'язане із заходом в додатковий порт  $d$  на схемі при освоєнні додаткового  $\phi$  вантажу  $r$ ;  $\xi_{z\ell d}^{\phi}$  - величина, що підлягає обґрунтуванню та визначається співвідношенням доходів ББС від перевезення додаткової  $\phi$  партії вантажу  $r$  і питомих витрат ББС типу  $z$  на ходу і стоянці, пов'язаних із заходом в додатковий порт  $d$  при роботі на схемі;  $t_{i\ell\tau}^{o\epsilon(n)}$  - час очікування буксиром типу  $i$  звільнення від вантажних операцій воза  $\lambda$  в пункті транshipmentу  $\tau$ .

$$\xi_{z\ell d}^{\phi} = \sum \left( \frac{f_{dr\ell}^{n\phi} \cdot Q_{dr\ell}^{n\phi}}{c_z^{\ell}} + \frac{f_{dr\ell}^{\epsilon\phi} \cdot Q_{dr\ell}^{\epsilon\phi}}{c_z^{\ell}} \right) \quad (z=\overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}; d=\overline{1, D}; r=\overline{1, R}), \quad (31)$$

де  $f_{dr\ell}^{n(\epsilon)\phi}$  - фрахтова (тарифна) ставка за перевезення додаткового вантажу  $r$  що завантажуються (вивантажуються) в порту  $d$  при роботі на схемі  $\ell$ ;  $Q_{dr\ell}^{n(\epsilon)\phi}$  - кількість додаткового вантажу  $r$ , що завантажуються (розвантажуються) в порту  $d$  при роботі на схемі  $\ell$ ;  $c_z^{\ell}$  - питомі витрати ББС типу  $z$  в добу експлуатації при роботі на схемі  $\ell$ .

Урахування евристик (25) - (31) забезпечує безперервність вантажно-розвантажувальних робіт при виборі або найкращої схеми для роботи ББС, або ББС для певної схеми роботи за рахунок раціонального поєднання техніко-експлуатаційних характеристик барж і буксирів в складі судна в межах баржебуксирної та комбінованої ТТС.

На підставі вищевикладеного, сформульовані методичні положення побудови графіка руху суден. За графіком уточнюється необхідна кількість комплектів барж і буксирів, які виконують роботу за цикл. Зазначений спосіб визначення кількості суден є більш точним, оскільки враховує всі можливі затримки судна на трасі не тільки в просторі, але й в часі.

Викладений в розділі матеріал має прикладне значення і може бути використаний при організації роботи флоту на морському та річковому транспорті.

## ВИСНОВКИ

При реалізації основної наукової задачі, яка полягає в розробці теоретичних і методичних положень щодо організації роботи ББС в межах ТТС з метою підвищення ефективності функціонування, було сформульовано та послідовно реалізовано комплекс актуальних, але не вирішених питань.

Аналіз наукових досліджень в сфері баржебуксирних перевезень визначив актуальність розробок при роботі суден як в баржебуксирній, так і комбінованій ТТС. У зв'язку з цим, в дисертаційному дослідженні, в складі загальних питань з

організації роботи ББС, виділені та опрацьовані наступні питання узгодження роботи баржебуксирних і морських суден при взаємодії в рамках перевезення вантажів у сполученні «річка-море» з рейдовою вантажеобробкою:

- визначені можливі схеми роботи суден;
- розроблені математичні моделі розподілу суден;
- розроблена методика визначення потреби в тоннажі в умовах узгодженої роботи річкових і морських суден, а також методика побудови графіка руху суден при роботі в комбінованій ТТС.

Крім того, при вирішенні основної наукової задачі сформульовано теоретичні та методичні положення щодо:

- визначення типорозміру ББС для роботи на схемі;
- відбору й розподілу ББС при різних варіантах організації їх роботи.
- розподілу вантажопотоків при різних варіантах узгодження роботи тяги і тоннажу;
- освоєння факультативного вантажопотоку;
- визначення складу флоту.

Запропоновані в дисертаційному дослідженні математичні моделі відносяться до класу розподільних завдань лінійного програмування зі змішаними умовами, що реалізуються або для кругового рейса, або для прямого (зворотного) напрямків, в залежності від поставленого завдання.

В них враховуються:

- техніко-експлуатаційні та конструктивні особливості ББС;
- основні аспекти організації роботи суден, засновані на різних варіантах організації роботи як окремо барж та буксирів, так і складеного судна в цілому;
- параметри маршруту слідування, які накладають обмеження на типорозмір ББС і варіанти організації його роботи.

Реалізація математичних моделей, дозволяє обґрунтувати комерційну доцільність:

- розподілу суден для освоєння вантажопотоку при роботі, як за прямим варіантом, так і при узгодженій роботі з морським транспортом;
- розподілу вантажопотоків поміж наявними суднами судноплавної компанії з метою максимізації прибутку;
- освоєння факультативного вантажопотоку.

Експериментальні розрахунки за розробленими й наведеними у дисертаційному дослідженні методиками проводилися на інформаційній базі судноплавної компанії «Нібулон». Отримані результати підтверджують адекватність проектних рішень сучасним умовам роботи ББС в ТТС.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Праці, які відображають основні наукові результати дисертації**

#### ***Монографії:***

1. Щербина О. В. Координація роботи морського та річкового транспорту (планування та кількісна оцінка) / О. В. Щербина, О. Г. Шибасєв, О. В. Акімова // Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на міжнародному ринку транспортних послуг в умовах глобалізації міжнародного судноплавства : кол. моногр. – Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2015. – С. 13-23 - ISBN 978-9662769-46-3. – [Індексується у міжнародній наукометричній базі даних РІНЦ]
2. Щербина О. В. Перспективи наукових досліджень з питань удосконалення роботи суден в баржебуксирній транспортно-технологічній системі / О. В. Щербина // Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства : кол. моногр. – Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2016. – С. 51-54 – ISBN 978-966-2769-73-9. – [Індексується у міжнародній наукометричній базі даних РІНЦ]
3. Щербина О. В. Основні принципи організації роботи баржебуксирних суден / О. В. Щербина, О. Г. Шибасєв // Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства (частина 2) : кол. моногр. – Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2017. – С. 69-79– ISBN 978-966-2769-99-9. – [Індексується у міжнародній наукометричній базі даних РІНЦ]
4. Щербина О. В. Технологічні аспекти застосування конфігурації ББС при роботі в різних умовах / О. В. Щербина, О. Г. Шибасєв // Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства (частина 3) : кол. моногр. – Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2018. – С. 117-120 – ISBN 978-617-7414-24-6. – DOI: 10.21893/978-617-7414-24-6.0 – [Індексується у міжнародній наукометричній базі даних РІНЦ]

#### ***Статті в наукових фахових виданнях, рекомендованих Міністерством освіти і науки України:***

5. Щербина О. В. Определение типоразмера баржебуксирного состава / О. В. Щербина // Науковий журнал «Вісник СХУ ім. В. Даля» – 2017. – №4(234). – С. 248-253. – ISSN 1998-7927
6. Щербина О. В. Аналіз та синтез класифікаційних ознак в барже-буксирній транспортно-технологічній системі / О. В. Щербина // Вісник ОНМУ : зб. наук. пр. – Одеса : ОНМУ, 2017. – Вип. 4 (53). – С. 194-199.
7. Щербина О. В. Эвристический метод отбора судов для согласованной работы водного транспорта / О. В. Щербина, А. Г. Шибасєв // 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/ – [Журнал індексується в мирових наукометричних базах даних и системах: Ulrichsweb™ Global Serials Directory, DOAJ, Google Scholar, eLIBRARY.ru, Index Copernicus, DRJI, DRIVER, BASE, OCLC WorldCat, "Україніка наукова", Universia,

Global Impact Factor (GIF), Scientific indexing service, SciVal, Open Academic Journals Index (OAJI), InfoBase Index, Cited By Linking].

8. 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 – [Журнал індексується в мирових наукометричних базах даних і системах: Ulrich's Periodicals Director, DRIVER, BASE, Index Copernicus, РИНЦ, ResearchBib, DOAJ, WorldCat, EBSCO, Directory Indexing of International Research Journals, DRJI, OAJI, Sherpa/Romeo, Open Access Articles].

9. Щербина О. В. Практическое применение методики определения потребности в судах при взаимодействии морского и внутреннего водного транспорта / О. В. Щербина // Вісник ОНМУ : зб. наук. пр. – Одеса : ОНМУ, 2018 – Вип. 1 (54). – С. 194-205.

10. Щербина О. В. Состав и последовательность операций при организации работы баржебуксирных судов / А. Г. Шибаев, О. В. Щербина // Науковий журнал «Вісник СНУ ім. В. Даля» – 2018. – № 2(243) – С. 266-271. – ISSN 1998-7927

### **Праці апробаційного характеру і роботи, які додатково відображають результати дисертації**

11. Щербина О. В. Перспективні судна для перевезення українських вантажів / О. В. Щербина, О. В. Акімова // III всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту» : зб. наук. пр. по матеріалам наук.- практи. конф. 18 квітня 2014 р. Одеса – Одеса : ОНМУ, 2014. – С. 40-42.

12. Щербина О. В. Систематизація класифікаційних ознак складених суден / О. В. Щербина, О. Г. Шибаєв // VI всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту» : зб. наук. пр. по матеріалам наук.- практи. конф. 12 травня 2017 р. Одеса – Одеса : ОНМУ, 2017. – С. 58-60.

13. Щербина О. В. Циклическая работа баржебуксирных судов / О. В. Щербина, А. Г. Шибаев // II Международная конференция "Социальные трансформации: семья, брак, молодежь, транспорт и инновационный менеджмент в странах Нового Шелкового Пути" : сб. тезисов докладов по материалам междун. научн. конф. 24-26 апреля 2017 г. Одесса. – Одесса : ОНМУ, 2017. – С. 63-65.

14. Щербина О. В. Перспективні судна для перевезення українських вантажів / О. В. Щербина // 66 професорсько-викладацька науково-технічна конференція : зб. тез доповідей, 14-16 травня 2013 р. Одеса.– Одеса : ОНМУ, 2013. – С. 63.

15. Щербина О. В. Особенности формирования ББС в различных условиях плавания / О. В. Щербина // 68 професорсько-викладацька науково-технічна конференція : програма, 26 – 28 травня 2015 р. Одеса. – Одеса : ОНМУ, 2015. – С.15.

16. Щербина О. В. Основні аспекти розвитку перевезень баржебуксирним флотом / О. В. Щербина // 70 професорсько-викладацька науково-технічна конференція : програма, 23 – 25 травня 2017 р. Одеса. – Одеса : ОНМУ, 2017. – С. 11.

17. Щербина О. В. Имитационная модель отбора судов для работы на линии / О. В. Щербина // VI Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя: зб. наук. пр. по матеріалам наук.-практ. конф. 16–17 листопада 2017 р. Тернопіль – Т 3. – Тернопіль: ТНТУ, 2017. – С. 84-85.
18. Щербина О. В. Последовательность решений при организации работы баржебуксирных судов / О. В. Щербина, А. Г. Шибасев // VIII міжнародна науково-практична конференція «Транспорт і логістика: проблеми та рішення»: зб. наук. пр. по матеріалам наук.-практ. конф. 23–25 травня 2018р. Одеса. – Одеса : КУПРИЄНКО СВ, 2018. – С.185-187.
19. Щербина О. В. Закордонна практика вживання термінології при баржебуксирних перевезеннях / О. В. Щербина // II Всеукраїнська науково-технічна конференція Національного університету кораблебудування «Морська інфраструктура: проблеми та перспективи розвитку» : зб. наук. пр. по матеріалам наук.-практ. конф. 5 грудня 2017 Миколаїв. – Миколаїв : НУК, 2017. – С. 31-35. - ISBN 978-966-321-000-0
20. Щербина О. В. Формування переваг використання барже буксирних суден для міжнародних перевезень українських експортних вантажів / О. В. Щербина, О. В. Акімова. // Міжнародна науково-практична конференція «Збірник наукових праць SWord». – 2015. – №1(38). – ЦИТ: 115-482. - С. 19-24. - ISSN 2224-0187. Індексуються у міжнародній наукометричній базі даних РІНЦ Science Index.
21. Шибасев О. Г. Обґрунтування варіанта баржебуксирного судна при організації транспортного процесу перевезень вантажів (практичні аспекти) : навч. посібник / О.Г. Шибасев, О.В. Акімова, О.В. Щербина. – Одеса : Изд-во ОМА, 2018. – 77 с.
22. Щербина О. В. Методика визначення потреби в тоннажу в умовах узгодженої роботи річкових і морських суден / О. В. Щербина, О. Г. Шибасев // Основні результати наукової діяльності Південного наукового центру : зб. наук. пр. – Одеса: ОНМУ, 2017. – С. 155-166.

## АНОТАЦІЯ

**Щербина О. В. Організація роботи баржебуксирних суден у транспортно-технологічній системі. - На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 - Транспортні системи. - Одеський національний морський університет, Одеса, 2018.

В рамках представленого дослідження запропоновано склад і послідовність операцій з відбору баржебуксирних суден для освоєння вантажопотоку, визначення необхідного парку суден і закріплення їх за схемою. Оцінка доцільності кожного етапу основної розрахункової частини дослідження здійснюється за допомогою математичного моделювання.

Для реалізації поставленої в дисертаційному дослідженні основної наукової задачі було:

- прийнято і обґрунтовано термінологію, яка застосовується в роботі;
- запропоновано класифікацію баржебуксирних суден з позиції організації перевезень;

- виявлено особливості формування баржебуксирних суден в різних умовах їх роботи;

- систематизовано фактори, які безпосередньо впливають на роботу суден.

Результати дослідження становлять методичну основу послідовного прийняття рішень з комплексу задач, пов'язаних з організацією роботи баржебуксирних суден в транспортно-технологічній системі. При цьому, кожна із задач може бути розглянута самостійно при вирішенні питань з вибору схем роботи суден і варіанту організації роботи баржебуксирних суден на них, розподілу флоту за вантажопотоками, освоєнню факультативного вантажопотоку, визначенню необхідного флоту.

**Ключові слова:** баржебуксирне судно, вантажний і енергетичний модулі, графік руху, типорозмір, рейдове перевантаження, транспортно-технологічна система

## АННОТАЦІЯ

**Щербина О. В. Организация работы баржебуксирных судов в транспортно-технологической системе. - На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 - Транспортные системы. - Одесский национальный морской университет, Одесса, 2018.

В рамках представленного исследования предложен состав и последовательность операций отбора ББС для освоения грузопотока, определения необходимого парка судов и закрепления их за схемой. Оценка целесообразности каждого этапа основной расчетной части исследования осуществляется при помощи математического моделирования.

Для реализации поставленной в диссертационном исследовании основной научной задачи была:

- принята и обоснована терминология, применяемая в работе;
- предложена классификация ББС с позиции организации перевозок;
- выявлены особенности формирования ББС в различных условиях их работы;
- систематизированы факторы, оказывающие непосредственное влияние на работу судов.

Результаты исследования составляют методическую основу последовательного принятия решений по комплексу задач, связанных с организацией работы баржебуксирных судов в транспортно-технологической системе. При этом, каждая из задач может быть рассмотрена самостоятельно при решении задач по выбору схем работы судов и варианта организации работы баржебуксирных судов на них, распределению флота по грузопотокам, освоению факультативного грузопотока, определению необходимого флота.

**Ключевые слова:** баржебуксирное судно, грузовой и энергетический модули, график движения, типоразмер, рейдовая перегрузка, транспортно-технологическая система



## ANNOTATION

**Shcherbina O. V. Organization of operation of the tug barge vessels in transport-technological system. - Manuscript.**

Thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.22.01 - Transport systems. - Odessa National Maritime University, Odessa, 2018.

Within the framework of the presented research, the composition and sequence of operations for selecting the tug barge vessels for the development of the cargo flow, determining the required fleet of vessels and fixing them for the scheme are proposed. Assessment of the feasibility of each stage of the main calculation part of the study is carried out with the help of economic and mathematical modeling.

To implement the main scientific task set in the research paper, are:

- accepted and justified the terminology used in the work;
- classification of tug barge vessels from the position of transportation organization is proposed;
- the peculiarities of the formation of tug barge vessels in different conditions of their operation are revealed;
- factors that directly influence the work of tug barge vessels are systematized.

The results of the study constitute the methodological basis for consistent decision-making on a set of tasks related to the organization of work of tug barge vessels in the transport and technological system. At the same time, each of the tasks can be considered independently when solving problems of choosing the schemes of work of the ships and the option of organizing the work of tug barge vessels on them, distributing the fleet among cargo flows, developing optional cargo flows, and determining the required fleet.

**Keywords:** tug barge vessels, cargo and energy modules, traffic schedule, tipe size, raid handling, transport-technological system

Підписано до друку 28.01.19. Формат 60/84 1/16.  
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 0,9.  
Замовл. № 15. Тираж 100 прим.

Надруковано у Видавництві ОНМУ  
65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34  
тел. 728 31 14

Свідоцтво  
про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавництв, виготовників  
та розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 4242 від 26.12.11 р.