

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ЩЕРБИНА ОЛЬГА ВАСИЛІВНА**

УДК 656.613.2:629.124.34

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ БАРЖЕБУКСИРНИХ СУДЕН У  
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІЙ СИСТЕМІ**

Спеціальність 05.22.01- Транспортні системи

Подається на здобуття наукового ступеня кандидат технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ О. В. Щербина

Науковий керівник:

Шибасєв Олександр Григорович,  
доктор технічних наук, професор

Одеса – 2019

## АНОТАЦІЯ

Щербина О. В. Організація роботи баржебуксирних суден у транспортно-технологічній системі - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

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

У дисертаційній роботі вирішені актуальні науково-прикладні завдання організації роботи баржебуксирних суден з урахуванням сучасних умов і тенденцій розвитку транспортних процесів.

Баржебуксирний флот є одним з найбільш економічних і екологічних видів транспорту. Однак, його ефективність значною мірою залежить від раціонального використання переваг даного виду транспорту.

В рамках представленого дослідження запропоновано склад і послідовність операцій 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 була проаналізована вітчизняна та міжнародна практика, визначені специфічні умови роботи суден, особливості типорозмірів баржебуксирних суден в залежності від зовнішніх і внутрішніх умов експлуатації. В рамках цього завдання:

- прийнята і обґрунтована термінологія, що застосовується в роботі;
- запропонована класифікація баржебуксирних суден з позиції організації перевезень;
- виявлені особливості формування баржебуксирних суден в різних умовах їх роботи;

- систематизовані чинники, які безпосередньо впливають на роботу суден.

Результати дослідження становлять методичну основу послідовного прийняття рішень щодо комплексу завдань, пов'язаних з організацією роботи баржебуксирних суден в транспортно-технологічній системі. При цьому, кожне із завдань може бути розглянуте самостійно при виборі схем роботи суден і варіантів взаємодії структурних елементів баржебуксирних суден на таких схемах, розподіленні флоту за вантажопотоками, освоєнні факультативного вантажопотоку, визначенні необхідного флоту.

### ***Наукова новизна отриманих результатів***

*Вперше:*

розроблені теоретичні та методичні положення щодо:

- обґрунтування конфігурації баржебуксирних суден із застосуванням математичного моделювання, що на відміну від існуючих рішень дозволяє отримати типорозмір баржебуксирного судна, який найбільш відповідає умовам майбутнього рейсу;
- узгодження роботи річкового і морського флоту за рахунок обґрунтування вибору типів баржебуксирних суден 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 баржебуксирних суден.

*Удосконалено:*

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

*Набули подальшого розвитку:*

- 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, які застосовуються в баржебуксирних перевезеннях шляхом адаптації до сучасних умов при розгляді їх з позиції комерційної експлуатації баржебуксирних суден. В рамках завдання проведені систематизації:
  - ✓ факторів, що впливають на роботу баржебуксирних суден 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 баржебуксирних суден з позиції організації їх роботи, а також проведена їх диференціація за районом плавання.

### *Практична значимість отриманих результатів*

Результати дисертаційного дослідження мають практичне значення й призначені для використання в діяльності судноплавних, агентських, експедиторських, торговельних, транспортно-логістичних компаній з метою підвищення ефективності оперування баржебуксирним флотом:

а) для служб експлуатації флоту судноплавних компаній, які оперують як власним, так и орендованим флотом при вирішенні локальних завдань, пов'язаних з організацією роботи ББС як при експлуатації внутрішніми водними шляхами, так і в умовах необмеженого плавання, а також при узгодженій роботі з морськими монокорпусними суднами;

б) для агентських, експедиторських, торгових фірм, у якості теоретичної бази при диверсифікації їх діяльності;

в) для транспортно-логістичних компаній при обґрунтуванні рішень з вибору схем доставки вантажів і партійності відправки.

Отримані результати дослідження доповнюють і узагальнюють науково-теоретичні та практичні знання в області організації перевезень і роботи баржебуксирного флоту.

Представлені в роботі методики й відповідні експериментальні дослідження довели їх адекватність сучасним комерційним умовам експлуатації баржебуксирних суден.

Основні результати дисертаційного дослідження знайшли застосування у виробничій діяльності судноплавних компаній ТОВ «Трансшип» та «Intresco L.T.D.», приватного акціонерного товариства «Українське дунайське пароплавство», про що свідчать відповідні акти, які підтверджують практичну цінність результатів.

Результати дослідження мають теоретичну цінність для навчальних закладів Міністерства освіти и науки України та використовуються в навчальному процесі Одеського національного морського університету при

підготовці бакалаврів і магістрів за спеціальністю 275 «Транспортні технології (на морському та річковому транспорті)».

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

## ANNOTATION

Shcherbina O. V. Organization of operation of the tug barge vessels in transport-technological system - Qualification scientific work as a manuscript.

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

In the thesis the actual scientific and applied tasks of the organization of the work of tug barge vessels are solved, taking into account modern conditions and tendencies in the development of transport processes.

The tug barge fleet is one of the most economical and environmentally modes of transport. However, its effectiveness largely depends on the rational use of the advantages of this mode of transport.

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, domestic and international practice was analyzed, specific conditions for the work of ships were identified, and the features of the tug barge vessels type, depending on external and internal operating conditions. In the framework of this task:

- 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 research constitute a methodological basis for sequential decision-making on a set of tasks related to the organization of the operation of the tug barge vessels in the transport and technological system. At the same time, each of the tasks can be considered independently when solving tasks related to the choice of schemes for the work of ships and variants of interaction between the structural elements of the tug barge vessels at the schemes, the distribution of the fleet by freight traffic, the development of the optional freight traffic, and the definition of the required fleet.

### *Scientific novelty of the results*

#### *First:*

developed theoretical and methodical recommendations for:

- substantiation of the configuration of the tug barge vessels with the use of mathematical modeling, which, unlike existing solutions, allows to obtain the tug barge vessels type, which most closely matches the conditions of the forthcoming voyage;
- the coordination of the operation of tug barge vessels and sea vessels in the conditions of raid cargo handling, as well as the formation of a schedule for their work. The existing theoretical and methodological provisions for the distribution of vessels and the formation of a schedule do not take into account the raid form of interaction between river and sea transport;

- the coordination of the operation of the tug barge vessels and sea vessels by accordance to the justification of the choice of the types of tug barge vessels, taking into account the formulated heuristics, variants of organization of their work and distribution, with subsequent fixing according to the schedule of the vessel. Unlike the existing theoretical and methodological provisions, the proposed provisions take into account the variant of the raide interaction of river and sea transport and are of a complex nature;

- selection of vessels for work under the scheme with the use of mathematical and simulation modeling based on the logic-heuristic approach, taking into account the formulated complex requirements for the vessel, depending on the method of interaction of traction and tonnage. The solutions obtained for the first time are of a complex nature, and formalization ensures conformity of solutions to the current conditions of exploitation of the tug barge vessels.

*Has received the further development:*

a) a methodology for assessing the feasibility of developing optional freight flows;

b) theoretical and methodological provisions for the distribution of vessels, depending on the form of harmonization of the work of traction and tonnage;

c) improvement of existing systematization and classifications used in barge transport operations by adapting to modern conditions when considering them from the standpoint of commercial exploitation of the tug barge vessels. Within the framework of the tasks systematizations were carried out:

- factors affecting the operation of the tug barge vessels using general scientific methods;
- terminology used in domestic and international practice of barge transport. Previously, this kind of systematization was not carried out, but only their practical and theoretical application was made;

- classification characteristics of the tug barge vessels from the perspective of their organization of work, as well as their differentiation in the area of ship's floating.

*Improved:*

a) the methodology for solving the problem of selecting the optimal schemes and the form of interaction between traction and tonnage and subsequently securing ships to it by using a logical assessment of the loading of ships and the financial results of their work;

b) the methodology for solving the problems of determining the required number of components of the tug barge vessels, their distribution and fixing them behind the schemes, taking into account the form of interaction between traction and tonnage.

***Practical significance of the results***

The results of the dissertation research are of practical importance and are for use in the activities of shipping, agent, forwarding, trader, transport and logistics companies in order to increase the efficiency of operating a barge packing fleet:

a) for the fleet operating services of shipping companies operating both own and leased fleet in solving local tasks related to the organization of the operation of the tug barge vessels both during operation on inland waterways and in conditions of unlimited swimming, as well as in concerted work with marine monohull vessels;

b) for agent, forwarding, trader companies, as a theoretical basis for diversifying their activities;

c) for transport and logistics companies in the substantiation of decisions on the choice of schemes for the delivery of goods and the partition of dispatch.

The obtained results of the research supplement and generalize the scientific, theoretical and practical knowledge in the field of the organization of transportation and the work of the tug barge fleet.

Presented in the work of experimental studies and appropriate techniques showed their adequacy to modern commercial conditions of operation of the tug barge vessels.

The main results obtained in the work were applied in the production activities of the shipping companies "Transship", "Intresco L.T.D.", private joint-stock company "Ukrainian Danube Shipping Company" as evidenced by relevant acts confirming the practical value of the results.

The results of the research are of practical value for the educational institutions of the Ministry of Education and Science of Ukraine and are used in the educational process of the Odessa National Maritime University in the preparation of bachelors and masters in specialty 275 "Transport technologies (on sea and river transport)."

Keywords: tug barge vessel, cargo and energy modules, traffic schedule, type size, raid handling, transport-technological system

## 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. Шibaєв, 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. Шibaєв // 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. Шibaєв // 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, які рекомендовані 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 баржебуксирній транспортно-технологічній системі / О. В. Щербина // Вісник Одеського національного морського університету : 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. Шибяев // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту «Наука та прогрес транспорту» : зб. наук. пр. – Днепр : ДНУЗТ. - 2018. - № 1(73) – С. 112-120. - ISSN 2307–3489 (Print). - ISSN 2307–6666 (Online). - doi 10.15802/stp2018/ – [Журнал индексируется в мировых наукометрических базах данных 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 индексируется в мировых наукометрических базах данных и системах: Ulrich's Periodicals Director, DRIVER, BASE, Index Copernicus, ПИНЦ, 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 [Текст] / О. В. Щербина // Вісник Одеського національного морського університету : 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. Шibaев, 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.- практ. 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. Шibaев // VI всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту» : зб. наук. пр. по матеріалам наук.- практ. 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. Шibaев // II Международная конференция «Социальные трансформации: семья, брак, молодежь, транспорт и инновационный менеджмент в странах Нового Шелкового Пути» : сб. тезисов докладов по материалам междунаучн. 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. Шибяев // 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. Індексується у міжнародній наукометричній базі даних РІНЦ Science Index.
21. Шibaєв О. Г. Обґрунтування варіанта баржебуксирного судна при організації транспортного процесу перевезень вантажів (практичні аспекти) : навч. посібник / О. Г. Шibaєв, О. В. Акімова, О. В. Щербина – Одеса : Изд-во ОНМУ, 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. Шibaєв // Основні результати наукової діяльності Південного наукового центру : зб. наук. пр. – Одеса: ОНМУ, 2017. – С. 155-166.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	18
ВСТУП .....	19
РОЗДІЛ 1 ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА РОБОТИ БАРЖЕБУКСИРНИХ СУДЕН У ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІЙ СИСТЕМІ .....	29
1.1 Конструктивні особливості баржебуксирних суден і практика їх ефективного застосування .....	29
1.1.1 Аналіз понятійного апарату в баржебуксирних перевезеннях .....	29
1.1.2 Практика роботи баржебуксирних суден у транспортно-технологічній системі.....	35
1.2 Організаційні основи роботи баржебуксирних суден у транспортно-технологічній системі.....	41
1.2.1 Основні принципи організації роботи баржебуксирних суден..	41
1.2.2 Схеми роботи баржебуксирних суден .....	47
1.2.3 Аналіз застосування конфігурації баржебуксирних суден при роботі в різних умовах .....	56
1.3 Огляд літературних джерел та досліджень по темі дисертації	63
Висновки по розділу 1 .....	68
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ БАРЖЕБУКСИРНИМИ СУДНАМИ	70
2.1 Методика визначення типорозміру баржебуксирного складу для роботи на схемі .....	71
2.2 Імітаційні моделі відбору суден для роботи на схемі при різних варіантах організації роботи баржебуксирних суден.....	86
2.3 Обґрунтування оптимального розподілу баржебуксирних суден у транспортно-технологічній системі.....	102
2.3.1 Розподіл баржебуксирних суден для роботи за прямим варіантом перевезень .....	104

2.3.2 Розподіл суден у транспортно-технологічній системі при узгодженій роботі баржебуксирних і морських суден в умовах рейдової вантажеобробки .....	110
Висновки по розділу 2 .. .....	119
<b>РОЗДІЛ 3 МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ З ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ БАРЖЕБУКСИРНИХ СУДЕН .....</b>	<b>121</b>
3.1 Розподіл вантажопотоків при різних варіантах узгодження роботи тяги і тоннажу .....	121
3.2 Обґрунтування рішень з освоєння факультативних вантажопотоків .....	124
3.3 Формування складу флоту і графіка руху баржебуксирних суден при організації їх узгодженої роботи з морськими суднами ..	131
Висновки по розділу 3 .. .....	149
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>151</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>154</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>172</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АКХ - архітектурно-конструктивні характеристики

ББС - баржебуксирні судна

ББП - баржебуксирні перевезення

ББ ТТС - баржебуксирна транспортно-технологічна система

ВВШ - внутрішні водні шляхи

ВМ - вантажний модуль

ВРР - вантажно-розвантажувальні роботи

ГР - графік руху

ГРС - графік руху суден

ЕМ - енергетичний модуль

ЄС - Європейський союз

КМУ - Кабінет Міністрів України

ОНМУ - Одеський національний морський університет

СК - судноплавна компанія

США - Сполучені Штати Америки

ТТС – транспортно-технологічна система

ТП - транспортний процес

ТЕХ - техніко-експлуатаційні характеристики

## ВСТУП

**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 (ББП) 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

---

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

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.

**Мета і завдання дослідження.** В результаті проведеного аналізу теорії та міжнародної практики роботи ББС в ТТС виявлені невирішені питання, на основі яких сформульовано мету і основну наукову задачу дисертаційного 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.

Для реалізації мети поставлені наступні завдання, вирішення яких визначає логічну послідовність дисертаційного дослідження:

1. Провести аналіз теорії і практики роботи ББС в ТТС для визначення актуальних, але не вирішених питань;
2. Формалізувати процес прийняття рішень з розподілу суден виходячи зі структури вантажопотоків;
3. Формалізувати процес прийняття рішень з розподілу вантажопотоків при різних варіантах узгодження роботи тяги і тоннажу;

4. Розробити основні теоретичні та методичні положення щодо формування графіка руху суден (ГРС) при узгодженій роботі морського та річкового флоту.

*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 групи:

1. Загальнонаукові методи (аналіз, синтез, індукція, дедукція), які застосовувалися при зборі та обробці вихідної інформації, в т.ч. при обґрунтуванні термінології, яка використовується в дисертаційному дослідженні, при систематизації класифікаційних ознак ББС, при побудові схем і ГРС;

2. Методи лінійного програмування, математичного та імітаційного моделювання, на основі яких вирішуються завдання обґрунтування:

- конфігурації ББС та вибору форми узгодження роботи тяги і тоннажу;
- визначення кращих варіантів схем роботи суден;
- оптимального розподілу ББС за схемами руху;
- розподілу вантажопотоків при різних формах узгодження роботи тяги і тоннажу;
- освоєння факультативного вантажопотоку.

3. Варіантний метод при обґрунтуванні відбору суден з пріоритетного ряду їх використання.

4. Метод прямих розрахунків при експериментальному дослідженні отриманих теоретичних результатів для базисних умов роботи ББС.

**Наукова новизна отриманих результатів відзначається в наступному:**

*Вперше:*

розроблені теоретичні та методичні положення щодо:

- обґрунтування конфігурації баржебуксирних суден із застосуванням математичного моделювання, що на відміну від існуючих рішень дозволяє отримати типорозмір баржебуксирного судна, який найбільш відповідає умовам майбутнього рейсу;
- узгодження роботи річкового і морського флоту за рахунок обґрунтування вибору типів баржебуксирних суден 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 баржебуксирних суден.

*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 подальшого розвитку:*

- 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 баржебуксирних суден. В рамках завдання проведені систематизації:

- ✓ факторів, що впливають на роботу баржебуксирних суден 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 баржебуксирних суден з позиції організації їх роботи, а також проведена їх диференціація за районом плавання.

**Особистий внесок здобувача.** У дисертаційному дослідженні використані лише ті ідеї, розробки і наукові результати, які отримані здобувачем самостійно. Вони викладені в 22 роботах [1-22], з яких 11 робіт [1, 3, 4, 7, 10, 11-13, 20-22] підготовлені у співавторстві.

У роботах, підготовлених у співавторстві, особисто здобувачеві належать:

1. В роботі [1] - розробка складу й послідовності операцій відбору суден за допомогою евристичного підходу, а також розробка методичних положень організації транспортного процесу перевезення вантажів в системі «ББС - морське судно»;
2. В роботі [3] - визначення особливості організації роботи ББС при різних формах узгодження тяги і тоннажу та візуалізація їх за допомогою схематичного зображення;

3. В роботі [4] - виявлення й систематизація факторів, що впливають на типорозмір ББС;
4. В роботі [7] - обґрунтування доцільності застосування евристичного підходу при побудові графіка руху ББС;
5. В роботі [10] - розроблено структурну модель організації роботи ББС із застосуванням математичного та імітаційного моделювання на основі логіко-евристичного підходу з урахуванням сформульованого комплексу вимог;
6. В роботі [11] - визначення перспективних типів суден для перевезення українських вантажів;
7. В роботі [12] - виявлення та систематизація класифікаційних ознак ББС;
8. В роботі [13] - виявлення чинників, що впливають на циклічну роботу ББС.
9. В роботі [20] - визначення сфери раціональної експлуатації ББС різних конструктивних типів;
10. В роботі [21] - розробка методики обґрунтування варіанту ББС при організації транспортного процесу перевезень вантажів;
11. В роботі [22] - розробка методичних положень, щодо визначення потреби в тоннажі при узгодженій роботі річкових і морських суден.

**Публікації.** Основні результати дисертаційного дослідження були опубліковані в 22 наукових роботах. З них:

- в спеціалізованих виданнях, рекомендованих Міністерством освіти і науки України - 6 робіт [5-10]. Робота [7] видана в журналі «Наука і прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту» індексується в світових наукометричних базах даних і 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. Робота [8] видана в журналі "Технологічний аудит та резерви виробництва" індексується в світових 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, OAJ, Sherpa / Romeo, Open Access Articles;

- в наукових виданнях України - 2 роботи [20, 22]. Робота [20] видана в науковому журналі «Наукові праці SWorld» індексується в міжнародній наукометричній базі даних РИНЦ Science Index;

- в колективних монографіях - 4 роботи [1-4], які індексуються в міжнародній наукометричній базі даних РИНЦ;

- в програмах і / або збірниках наукових праць, виданих за матеріалами науково-практичних конференцій - 9 робіт [11-19];

- навчальний посібник - 1 робота [21].

З них в співавторстві - 11 робіт [1, 3, 4, 7, 10, 11-13, 20-22].

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення і результати досліджень представлялися, обговорювалися і були схвалені на дев'яти міжнародних, національних науково-практичних конференціях, які проходили в містах: Одеса [11 - 16, 18], Тернопіль [17], Миколаїв [19].

Результати роботи також апробовані в науково-дослідній, науково-методичній та освітній діяльності Одеського національного морського університету (ОНМУ).

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

**Обсяг і структура дисертації.** Дисертація складається зі 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 таблиці, з них 7 займають повні сторінки.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.** Дисертаційне дослідження відповідає наступним державним і галузевим програмам і документам:

1. Транспортній стратегії України на період до 2020 року, яка була затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України (КМУ) №2174-р. від 20 жовтня 2010 року [23].

2. Постанові КМУ від 7 жовтня 2009 р. №1307 «Про затвердження Морської доктрини України на період до 2035 року» [24].

2. Розпорядженню КМУ від 11 липня 2013 р. № 548-р «Про затвердження стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року» [25].

3. «Стратегічному плану розвитку річкового транспорту на період до 2020 року» затвердженого постановою КМУ наказом міністерства інфраструктурі України № 543 від 18.12.2015 [26].

4. Стратегічному плану розвитку морського транспорту на період до 2020 року. Наказ Міністерства інфраструктурі України № 542 від 18.12.2015 [27].

Дисертаційне дослідження відповідає наступним міжнародним проектам і стратегіям Європейського Союзу (ЄС) в рамках асоціації між Україною та ЄС:

1. Проект "Транспортные сети для мира и развития. Продления главных трансъевропейских транспортных осей в соседние страны и регионы» [28].

2. Проект «Підтримка впровадження транспортної стратегії України» [29].

3. Стратегія ЄС для Дунайський регіону, яка ухвалена 23-24 червня 2011 р. на засіданні Європейської Ради у м. Брюсселі [30].

4. Генеральний план з оновлення та технічного обслуговування судноплавного каналу на р. Дунай та его судноплавних притоках (Fairway

Rehabilitation and Maintenance Master Plan - Danube and its navigable tributaries) [31].

5. План заходів з реалізації висновків щодо ефективного оновлення та технічного обслуговування інфраструктури водного транспорту на р. Дунай та его судноплавних притоках (Conclusions on effective waterway infrastructure rehabilitation and maintenance on the Danube and its navigable tributaries) [32].

Результати досліджень, які використовувалися при розробці наступних науково-дослідних тем кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень» ОНМУ в період з 2013 по 2017:

- К 33-12 (РК№0109U003246) «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на міжнародному ринку транспортних послуг в умовах глобалізації міжнародного судноплавства» (2013-2014 рр.) з роботами «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 «Перспективи наукових досліджень з питань удосконалення роботи суден в барже буксирній транспортно-технологічній системі», «Основні принципи організації роботи барже буксирних суден», «Технологічні аспекти застосування конфігурації ББС при роботі в різних умовах».

**Практичне значення отриманих результатів.** Результати дисертаційного дослідження мають практичне значення та призначені для використання в діяльності судноплавних, агентських, експедиторських, торговельних, транспортно-логістичних компаній з метою підвищення ефективності оперування баржебуксирним флотом:

а) для служб експлуатації флоту судноплавних компаній, які оперують як власним, так и орендованим флотом при вирішенні локальних завдань, пов'язаних з організацією роботи ББС як при експлуатації внутрішніми

водними шляхами, так і в умовах необмеженого плавання, а також при узгодженій роботі з морськими монокорпусними суднами;

б) для агентських, експедиторських, торгових фірм, як теоретичні бази при диверсифікації їх діяльності;

с) для транспортно-логістичних компаній при обґрунтуванні рішень по вибору схем доставки вантажів і партійності відправки.

Отримані результати дослідження доповнюють і узагальнюють науково-теоретичні та практичні знання в області організації перевезень і роботи баржебуксирного флоту.

Представлені в роботі експериментальні дослідження й відповідні методики довели їх адекватність сучасним комерційним умовам експлуатації ББС.

Основні результати дисертаційного дослідження знайшли застосування у виробничій діяльності судноплавних компаній ТОВ «Трансшип» та «Intresco L.T.D.», приватного акціонерного товариства «Українське Дунайське пароплавство», про що свідчать відповідні акти.

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

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА РОБОТИ БАРЖЕБУКСИРНИХ СУДЕН У ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІЙ СИСТЕМІ

#### **1.1 Конструктивні особливості баржебуксирних суден і практика їх ефективного застосування**

##### **1.1.1 Аналіз понятійного апарату в баржебуксирних перевезеннях**

Одним з перспективних видів транспорту при експлуатації як в умовах обмеженого, так і необмеженого району плавання є такі складені судна, як ББС.

Деякі автори вважають поняття термінів «баржебуксирне судно» і «складені судна» як два різних поняття. Пояснюється це тим, що спочатку «загальносуднові параметри баржі і буксира в ББС не узгоджені між собою, а з'єднання суден до складу здійснюється за допомогою тросів, кранців і т.п.» [33]. Тоді як «морські складені судна на відміну від баржебуксирних складів являють собою єдиний блок із спеціально спроектованих для спільної роботи в морських умовах двох секцій - вантажної та машинної зі значним ступенем узгодження гідродинамічних та інших загальносуднових характеристик» [34]. В результаті такі судна стають досить придатними для забезпечення безпечної експлуатації в морських умовах. При цьому баржі та буксир не вважаються вантажним і машинним модулями одного судна, а як два самостійних судна.

Під узагальненим терміном «складені судна» розуміються судна, засновані на ідеї відокремлення енергетичної частини від вантажної. Найбільшого поширення набули такі складені судна, як ББС, складені теплоходи і ліхтеровозні судна (рис.1.1).

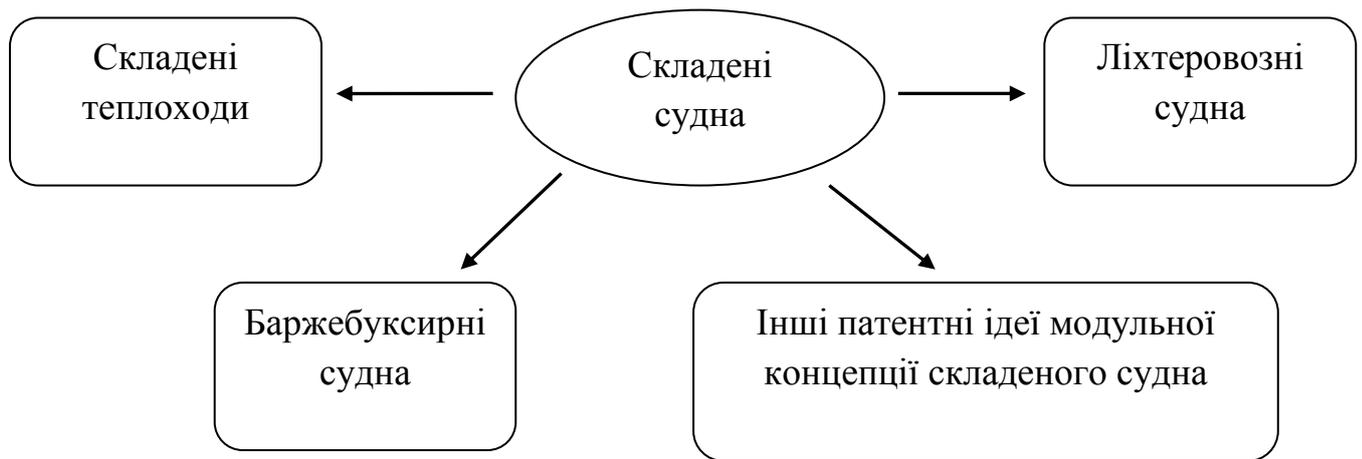


Рисунок 1.1 - Класифікація складених суден

Слід зазначити принципові відмінності між різними типами складених суден.

Баржебуксирне судно, є складене з двох самостійних частин судно (самохідної і несамохідної). Самохідна частина являє собою енергетичну секцію і визначається терміном «буксирне судно». Несамохідна частина - вантажна секція, що визначається термінами «баржа» або «секція», які розрізняються за формою корпусу. Синонімом терміну «баржебуксирне судно» прийнято вважати термін «баржебуксирний склад».

Під класичним узагальненим терміном «баржа» розуміється судно, оснащене або без двигуна, яке використовується для перевезення вантажів по воді, а термін «буксирне судно» - визначає самохідну частину складу, разом з приміщенням для команди і може бути у вигляді буксирного багатоцільового судна або спеціального буксирного модуля. Однак коли мова йде про баржебуксирне судно - баржі та секції являють собою несамохідні вантажні судна, а буксирний модуль – самохідну частину.

Буксирування в загальному сенсі - це транспортування несамохідних суден (вантажних елементів - баржа, секція) самохідним (енергетичним елементом - буксирним судном). Комплект з'єднаних між собою барж визначається терміном «склад» або «воз». Баржі, з'єднані «борт до борту»

визначається терміном «зчалення». При цьому, в складі з декількох зчалень, відлік ведеться від буксирного судна. Самохідне судно в поєднанні з несамохідним складом позначається терміном «караван».

Самохідну частину ББС у вітчизняній теорії та практиці прийнято також називати «енергетичним модулем» (ЕМ) або «машинним модулем», а також «тягою», а несамохідну - «вантажним модулем» (ВМ), а також - «тоннажем». Крім того, в роботах деяких авторів [35] під терміном «вантажний модуль» розуміється «функціональний модуль».

З розвитком баржебуксирних перевезень в залежності від способу приведення складу в рух (буксирування чи штовхання) в літературі стали зустрічатися взаємозамінні терміни: «буксир», «тягач», «штовхач», «буксир-штовхач». Дані терміни є різновидом узагальненого поняття «буксирне судно» в залежності від способу транспортування і типу самохідного судна. Під термінами «буксир» або «тягач» розуміється самохідне судно призначене для буксирування барж, складів з барж, інших суден і плавзасобів (як правило, виконує буксирування судна на тросі «за собою»). «Штовхач» і «суховантажне судно - штовхач» - самохідні судна, які здійснюють буксирування складу методом штовхання. «Буксир-штовхач» - це самохідне судно, призначене для транспортування складів як методом буксирування, так і методом штовхання [36].

Також до терміну «буксирне судно» відносять термін «суховантажне судно - штовхач». Якщо в якості ЕМ використовують вантажне самохідне суховантажне судно - штовхач, то зустрічаються такі назви такого складеного судна: так звані «самоходний склад», «комбінований склад» або «складений теплохід», а ВМ в такому складі - «баржею-приставкою» [35].

Якщо в якості буксирного судна виступає буксир, то такий склад має назву «баржебуксирне судно, що буксирується», якщо в якості ЕМ використовують штовхач, то склад називається «баржебуксирним судном, що штовхається». У зарубіжній практиці ББС, в яких баржі тягнуться

буксиром на тросі, прийнято називати «Dual Mode», а ті, що штовхаються - «Pushing Mode» [36].

Під час буксирування самохідне судно переміщує за собою на тросі склад з однієї або декількох несамохідних суден, зчеплених певним чином. При штовханні несамохідні судна формуються в жорсткий або гнучкий склад, який розміщується перед самохідним судном, що призводить його в рух.

Найбільш поширені судна, які виступають у якості ЕМ представлені на рис.1.2.

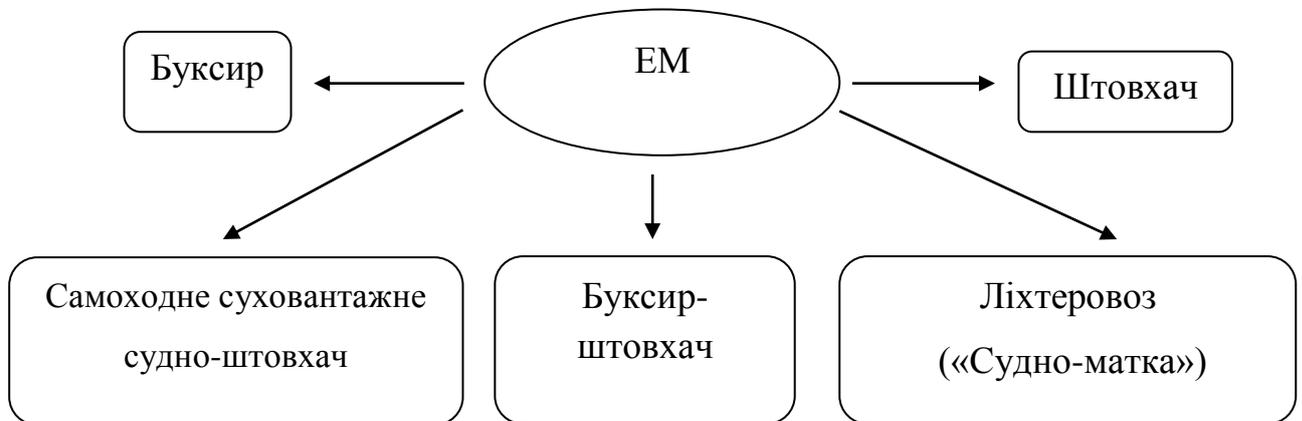


Рисунок 1.2 - Типи енергетичних модулів

На рис.1.3 представлені технічні засоби, які розглядаються в якості ВМ складених суден.

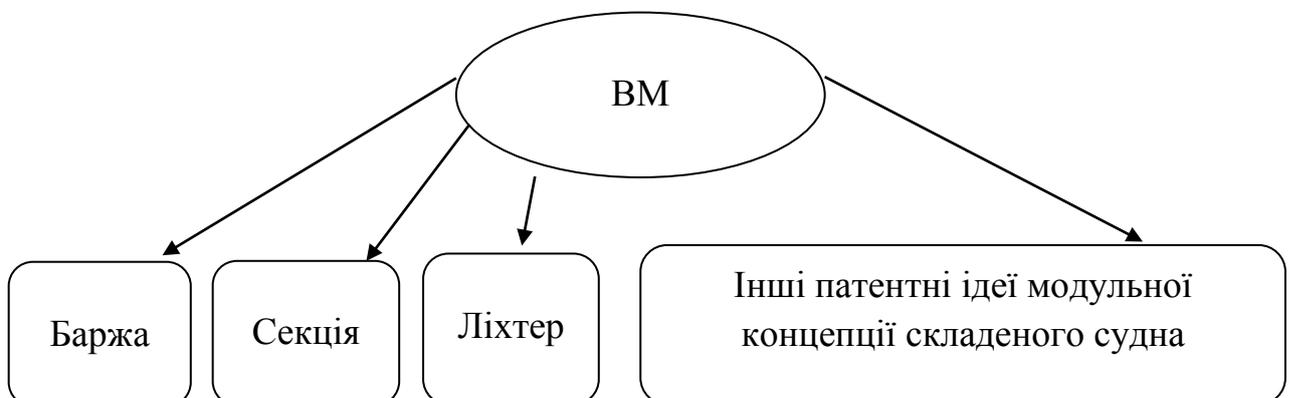


Рисунок 1.3 - Типи вантажних модулів складених суден

В рамках даного дисертаційного дослідження вивчається процес роботи тільки такого типу складених суден, як ББС, для яких у якості ЕМ розглядається тільки буксир, штовхач, буксир-штовхач. Оскільки самохідне суховантажне судно-штовхач є елементом складеного судна такого як складений теплохід, а ліхтеровоз - елемент ліхтеровозного судна, то організація їх роботи виходить за рамки даного дисертаційного дослідження.

Таким чином, баржебуксирний флот складається з елементів, що представлені на рис. 1.4.

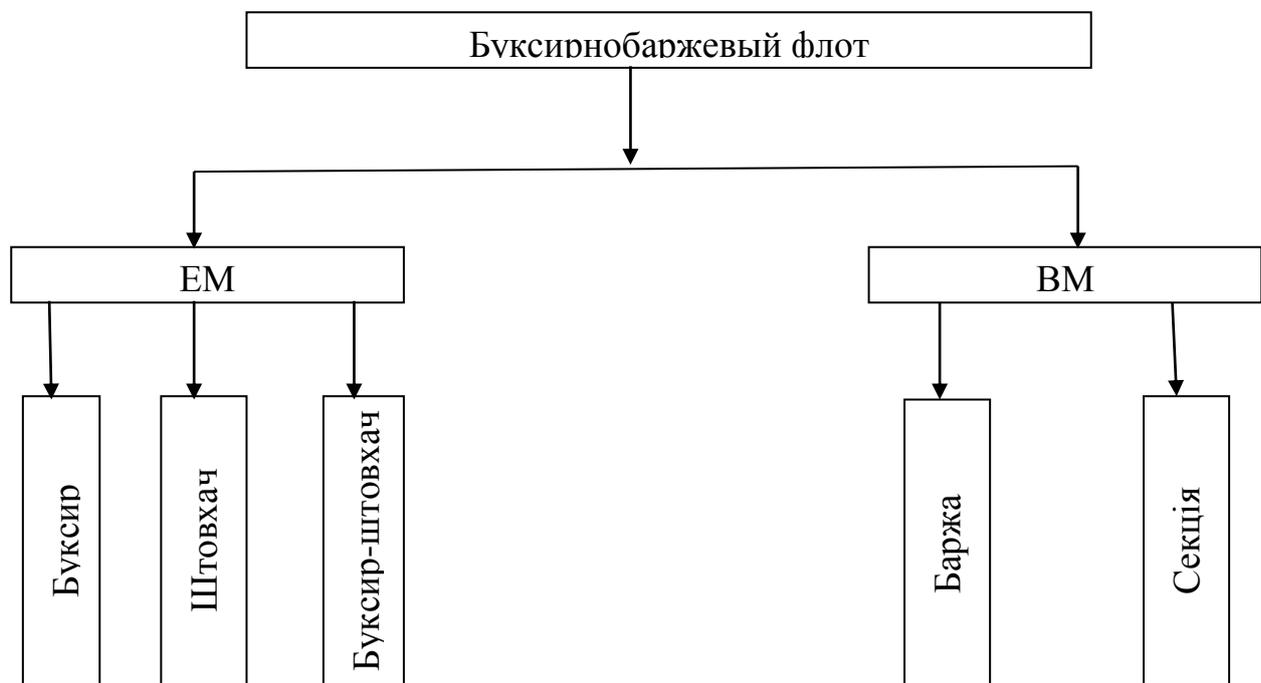


Рисунок 1.4 - Функціональні елементи баржебуксирного флоту

Синонімами поняттю «баржебуксирне судно», які використовуються в зарубіжній практиці, є поняття «Integrated Tug-Barge (ITB)» і «Articulated Tug-Barge (ATB)». Концептуальна різниця між ними полягає в технічному і організаційному використанні суден. Як правило, ці поняття пов'язують з типом зчалені, що визначають гідродинамічну ефективність складу в цілому, але не менш значущими є організаційні аспекти [37-39].

В Integrated Tug-Barge переважно застосовують жорстке зчалення. За аналогією в назві деяких вітчизняних винаходів зустрічається термін «модульно-інтегральний баржебуксирний склад» [40].

Articulated Tug-Barge передбачає використання переважно шарнірних зчалень, які здатні забезпечити корпусу ЕМ ходові й мореходні характеристики, достатні для самостійного плавання при баластних переходах [34].

Для узагальненого терміну «баржебуксирне судно» синонімом в зарубіжній практиці виступає термін «Tug-Barge System (TBS)».

Як правило, при організації роботи ББС використовують систему "drop and swap" (у вітчизняній практиці така система називається «вертушка»), яка передбачає наступне: кілька барж (возів) працюють з меншою кількістю буксирів. Для одного буксира необхідно як мінімум три баржі. Поки буксир транспортує одну баржу, дві інші знаходяться в портах відправлення і призначення або під вантажними роботами, або в очікуванні приходу буксира.

Різновидом цієї системи є «River Sea Pusher System (RSPS)», під якою розуміється нова концепція для транспортування вантажів між європейськими внутрішніми і морськими портами. Концепція полягає в тому, що баржа переміщується від пункту відправлення до призначення. На морській ділянці баржа працює в парі з морським ЕМ, на річці - річковим ЕМ. Вантаж залишається в трюмі баржі без перевантаження в морському порту. Система забезпечує альтернативу для каботажного судноплавства і поромних перевезень. Передбачається, що система складається як мінімум з двох барж, одного річкового штовхача і одного морського штовхача [41,42].

У вітчизняній практиці баржі призначені переважно для масових вантажів, тоді як в закордонній - найбільш поширене останнім часом використання для перевезення трейлерів, автомобілів, вантажівок і контейнерів в межах інтермодальних перевезень.

Зміни в технології перевезень спричинили за собою появу нових термінів і понять. Наприклад, «Container on barge (COB)» - означає контейнер на баржі, що є формою інтермодального вантажного транспорту, при якому контейнери укладаються на баржу та відправляються в пункт призначення на ВВШ [42,43].

В ході аналізу міжнародної та вітчизняної практик роботи ББС прийшли до наступного висновку:

а) відсутній єдиний міжнародний загальноприйнятий понятійний апарат;

б) встановлена неоднозначність і суперечливість деяких термінів, які застосовуються на практиці й в літературі.

Таким чином, в даному параграфі розглянуті загальні поняття і терміни, що використовуються у вітчизняній та міжнародній практиках ББП. Вони систематизовані і визначені для подальшого використання в дисертаційному дослідженні.

### **1.1.2 Практика роботи баржебуксирних суден у транспортно-технологічній системі**

Буксирнобаржевий флот, що застосовується у світовій практиці вантажних перевезень, різноманітний за архітектурою та вантажопідйомністю. Він призначений для використання як на певній ділянці річки, так і протягом усієї судноплавної ділянки річки, а також з виходом в море.

Залежно від району плавання і регіону експлуатації архітектурно-конструктивні характеристики (АКХ) суден дещо відрізняються. Однак при цьому вони мають загальні особливості й тенденції розвитку, які полягають в наступному:

1). Несамохідні судна обладнуються рульовим, якірним, швартовим і буксирним пристроями. З метою скорочення витрат часу на виконання непродуктивних операцій, але передбачених технологією роботи з несамохідним флотом по формуванню складу, останні обладнуються автозчепними пристроями;

2). Відмінною особливістю буксирних суден є наявність потужної енергетичної установки, яка за своїми характеристиками набагато перевершує установки інших видів флоту. Такі судна відрізняються малою довжиною, значною остійністю та необхідною маневреністю, мають високі надбудови, які розташовуються в передній частині корпусу, що дозволяє поліпшити огляд з рульової рубки при управлінні довгим складом з несамохідних суден;

3). Буксири-штовхачі, які отримали останнім часом широке розповсюдження на ВВШ, відрізняються від звичайних буксирних суден тим, що обладнані як буксирними пристроями, так і зчіпними. В наслідок чого, такі судна здатні виконувати всі необхідні операції, пов'язані з буксируванням і штовханням складів.

Сучасні буксири-штовхачі мають високий рівень автоматизації управління головними енергетичними установками, судовими допоміжними механізмами і системами, що дозволяє їм здійснювати рух складів з вантажопідйомністю до 20000 т [44];

4). Буксирні судна, призначені для експлуатації по ВВШ, найчастіше обладнуються надбудовою, що полегшує проходження ББС під мостами.

Найбільшого поширення перевезення ББС отримали:

- на внутрішніх водних шляхах басейну р. Міссісіпі (США);
- в західноєвропейській воднотранспортній системі «канал Рейн - Майн - Дунай», який є складовою частиною транс'європейського водного шляху (країни Західної Європи);
- в басейнах ВВШ Російської Федерації, особливо Волго-Донський басейн;

- при морських перевезеннях в Японії.

Пік розвитку вітчизняних перевезень ББС по ВВШ (р. Дніпро і р. Дунай) припадає на 70-80 рр. ХХ століття. З тих пір спостерігалось їх поступове згасання в силу політичних причин, а також морального і фізичного зносу технічних засобів. Однак інтерес до економічних і екологічних видів транспорту, що виник в останні роки у світовій практиці вантажних перевезень, поставив перевезення за участю ББС, в ряд найбільш перспективних.

Ще в 2009 році одним з напрямків відродження національного судноплавства компанія «Нібулон» прийняла розвиток перевезень вантажів ББС по ВВШ України. В рамках програми сформулювала масштабний інвестиційний проект з розвитку власної інфраструктури та воднотранспортної інфраструктури України в цілому при експорті зернових вантажів ВВШ, а саме річкою Дніпро. Проект передбачає будівництво елеваторів і річкових терміналів на річках Дніпро і Південний Буг, а також створення власного транспортного флоту з самохідних і несамохідних суден загальним дедвейтом 200 тис. тонн [45].

Розвиток баржебуксирного флоту і методів організації його роботи в різних країнах йшов різними шляхами. Пов'язано це не тільки з внутрішніми факторами (сучасними можливостями і тенденціями в суднобудуванні, характеристиками суднового ходу, місцями формування вантажопотоків, відстанню між кореспондуючими портами та іншими географічними факторами), але й з зовнішніми (такими як форма й вид володіння флотом, державна політика, спрямована на підтримку перевезень по ВВШ, а також економічні чинники) [46].

Так, наприклад, країни, де флотом володіли невеликі підприємства, не мали можливості в повній мірі дотримуватися науково-технічного прогресу в галузі суднобудування і практично реалізувати існуючі інновації [46,47].

Найбільший розвиток ББП отримали на річковому транспорті з 30-40-их рр. XX століття. На тлі успіхів річкових ББС в 1950 році США приступили до розвитку прогресивної баржебуксирної транспортно-технологічної системи (ББ ТТС) перевезень вантажів на морському флоті в умовах відкритого моря. В цей же період бере початок історія застосування методу водіння барж шляхом штовхання для перевезення вантажів по ВВШ. В цілому, пік розвитку світових перевезень ББС доводиться на 70 - ті рр. XX ст. У ті роки в багатьох країнах створювалися також морські баржебуксирні транспортні системи, активно велися наукові дослідження, накопичувався практичний досвід. Однак і в даний час даний метод розглядається як засіб перевезення ББС на порівняно коротких маршрутах, а не на трансокеанських [34].

Основним недоліком, що обмежує морську експлуатацію ББС, була відсутність розробленого досить надійного та простого з'єднувального пристрою баржі й буксира та його практичного використання. Дана обставина визначила застосування ББС в основному на закритих ділянках Світового океану в умовах обмеженого хвилювання.

З моменту зародження ББП і по теперішній час лідером у їх розвитку як на річковому так і на морському транспорті є США. Крім того, великі судноплавні компанії, що оперують баржебуксирним флотом належать Японії, Росії, Франції, Німеччини, Австрії, Румунії.

Розвиток баржебуксирного флоту цих країн відбувався в різні часові періоди. Однак простежуються загальні найважливіші тенденції:

- типізація барж (за вантажопідйомністю й основними розмірами) і буксирів (по потужності, розмірам корпусу, осіданню, тяговому зусиллю і швидкості) [47];
- впровадження так званого «американського способу буксирування» - водіння зчалу штовхачем [47];
- вдосконалення конструкції й обводів корпусу буксирів, барж і секцій;

- зростання середньої потужності ЕМ при одночасному зменшенні його лінійних розмірів і ваги. При цьому спостерігається перехід від парових двигунів (паротеплоходів) [47] до різних модифікацій дизельних двигунів [46];
- збільшення середньої вантажопідйомності барж і складів в цілому. Вантажопідйомність складу зросла за рахунок конструктивних змін барж (збільшення висоти борту, осідання при збереженні довжини і ширини) [46];
- вдосконалення системи автоматизації управління штовхачами [46];
- модернізація зчіпних пристроїв барж і буксирів, в т.ч. їх автоматизація.

Дослідження вітчизняної та міжнародної практик роботи ББС показало, що техніко-експлуатаційні характеристики (ТЕХ) районів плавання істотно відрізняються в залежності від регіону. Даний фактор накладає обмеження на АКХ суден і позначається на принципах організації їх роботи.

Розвиток географії, обсягів та структури перевезень, зміни в техніці та технології перевезень вантажів ББС призвів до змін в практиці і теорії організації перевезень, починаючи від випадкових перевезень до перевезень вантажів ББС в ТТС.

Спираючись на думки і погляди викладені в роботах таких фахівців в області морського транспорту як: д.т.н., проф. Кочетов С. М., д.т.н., проф. Снопков В. І., Союзов А. А., д.т.н., проф. Капітанів В. П., д.т.н., проф. Панарін П. Я., д.т.н., проф. Бакаєв В. Г., д.т.н., проф. Шibaєв О. Г., д.е.н., проф. Сич Є. М., д.т.н., проф. Гуревич Г. Є., д.т.н., проф. Гагарській Е. А., д.т.н. Кириллова О. В. в дисертаційному дослідженні під терміном «транспортно-технологічні системи (ТТС)» будемо використовувати класичне для вітчизняної теорії транспортних процесів визначення: «комплекс узгоджених і взаємопов'язаних технічних, технологічних, економічних, організаційних та комерційно-правових заходів, що дозволяють з максимальним ефектом і найменшими трудовими затратами забезпечити

перевезення вантажів на конкретних напрямках від відправника до одержувача» [55].

Таким чином, елементами будь-якої ТТС на водному транспорті виступають суб'єкти та об'єкти структурних та функціональних елементів, поєднаних емерджентними зв'язками [56]. До суб'єктів структурних елементів ТТС відносяться: порти, судноплавні компанії, суміжні види транспорту, торговельні компанії (вантажновласники), посередницькі організації (агенти, експедитори та т.д.). Об'єктами структурних елементів ТТС є судна; вантаж; засоби укрупнення вантажних місць; внутрішні водні шляхи та гідротехнічні споруди; причали або причальні комплекси з перевантажувальним обладнанням; рухомий склад суміжних видів транспорту; система інформаційного забезпечення.

Водні перевезення в рамках ТТС можуть здійснюватися як за участю одного виду транспорту (для прямих сполучень), так і декількома видами транспорту (змішані сполучення). ББС, у якості транспортного засобу, є одним з функціональних елементів ТТС. Виходячи з багатокритеріальної класифікації ТТС, яка базується на принципі «вантаж (ЗУВ – засіб укрупнення вантажів) визначає судно, а судно визначає ТТС» [57], робимо наступний висновок:

- при роботі в рамках ТТС тільки ББС розглядається так звана 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 так званої комбінованої ТТС.

## **1.2 Організаційні основи роботи баржебуксирних суден у транспортно-технологічній системі**

### **1.2.1 Основні принципи організації роботи баржебуксирних суден**

«Під організацією процесу перевезення розуміється сукупність заходів щодо ефективного використання флоту з метою освоєння всіх представлених до перевезення вантажопотоків» [44].

Організація руху флоту включає такі заходи як вибір системи розстановки суден по ділянках роботи, закріплення флоту за вантажопотоками, вибір типу флоту для перевезень, обґрунтування способу тягового обслуговування несамохідного тоннажу і т.д.

Завданням організації руху флоту є досягнення максимальної ефективності використання флоту на перевезеннях. Як відомо, ефективність перевезень вантажів ББС залежить від раціонального використання цінного обладнання буксира (енергетичної установки).

Значну частину витрат при ББП складають експлуатаційні витрати, зменшення яких відбувається за рахунок скорочення:

- часу стоянки в портах при очікуванні причалу або під час вантажних операцій за рахунок можливості відокремлення машинного відділення, тобто буксира (ЕМ) від вантажної частини - баржі (ВМ);
- чисельності необхідної кількості барж і буксирів;
- чисельності обслуговуючого екіпажу.

Організація роботи ББС різниться в залежності від району плавання суден. Класичним варіантом є використання для роботи на ВВШ. При цьому при перевезеннях на значні відстані, а також при зміні умов навігації до схеми руху суден долучають додаткові порти для паузки або перечалювання, а також для довантаження або підчалювання. В якості таких портів можуть

виступати порти зміни тяги, пункти шлюзового обслуговування, додаткові порти заходу для освоєння факультативних вантажів.

В практиці експлуатації річкового флоту в умовах обмеженого осідання для підвищення ефективності перевезень застосовують довантаження або відвантаження (паузку) річкового судна. Під паузкою розуміється перевантаження частини вантажу з судна на берег або інші судна для зменшення осідання, тоді як довантаження - наповнення раніше навантаженого судна додатковим вантажем до допустимого осідання [48].

Іншими варіантами роботи є використання ББС на морській ділянці і для змішаного ріка - море плавання. Останнім часом поширення набуває варіант спільної роботи ББС на ВВШ з морськими суднами з використанням рейдового перевантаження. В такому випадку в схему доставки вантажів додається порт трансшипменту, в якості якого виступають рейд морського або гирлового порту, які здатні здійснювати дану операцію.

В організації водних перевезень вирішальне значення має правильна організація руху суден. Тому планомірному, безперервному і ритмічному руху транспортного флоту підпорядковується організація роботи всіх інших елементів і ланок водного транспорту.

В основі організації і управління транспортним процесом баржебуксирного флоту лежить побудова графіка руху суден (ГРС). Графік руху (ГР) дозволяє виявляти резерви і використовувати їх для підвищення продуктивності роботи флоту, при цьому реалізуються основні функції ГРС такі як:

- обґрунтування оптимальної потреби флоту, його ефективне використання з метою освоєння планового обсягу перевезень;
- раціональна організація роботи суден при безпечній і узгодженій роботі всіх ланок, що обслуговують транспортний процес [50].

Схеми роботи ББС і, відповідно, зображення ГР залежить від принципу експлуатації (маршрутна або збірна), спосіб закріплення тяги за тоннажем

(змінний, змішаний або закріплений), способу організації роботи тяги (ділянковий або наскрізний).

За принципом експлуатації перевезення і склади підрозділяються на маршрутні і збірні. Збірними називаються перевезення і склади, число суден в яких може змінюватися під час перевезення, в той час як в маршрутних складах число суден не змінюється протягом усього рейсу.

Маршрутні перевезення - перевезення вантажів без зміни на шляху кількості несамохідних суден і без довантаження чи відвантаження. При таких перевезеннях склади формують в пунктах навантаження барж або поблизу від цих пунктів і вони йдуть до пунктів розформування, що знаходяться в пунктах вивантаження барж або поблизу від цих пунктів. При цьому способі організації роботи ЕМ може бути як наскрізною, так і ділянковою.

При організації маршрутних перевезень слід обов'язково враховувати пропускну спроможність пунктів навантаження - вивантаження, щоб не допустити в них простоїв суден. Для цього формується маршрутний склад, який повинен складатися зі стільки барж, скільки пункт призначення може одночасно вивантажити.

Застосування даного способу організації роботи суден дозволяє скоротити або ліквідувати зайві переміщення, переформування складів і перевантаження вантажів, що є передумовою підвищення таких показників як продуктивність і провізна спроможність суден, прискорення доставки вантажів.

У роботах Союзова А.А. [52], Ляхова К.С. [53] основними способами організації роботи тяги відзначені ділянкова та наскрізна.

При ділянковому способі організації роботи тяги на річці виділяють ділянки транспортного шляху, так звані «тягові плечі». За кожною з таких ділянок закріплена відповідна тяга. Межі тягових плечей встановлюють залежно від вантажопотоків, шляхових умов і ритму роботи флоту на

підставі техніко-економічних розрахунків. При виборі меж тягових плечей передбачають більш раціональне використання габаритів шляху й технічних можливостей суден, враховують географічне розташування, вантажопотоки, тип флоту, місцезнаходження пунктів масового переформування складів. В роботі [53] розглянуті й інші чинники, що впливають на вибір меж тягових плечей, серед яких також характер і взаємне розташування суднових потоків, автономність і район плавання тягових засобів, наявність споруд, що обмежують наскрізний (маршрутний) рух потягів. В роботі також охарактеризовані типи тягових плечей в залежності від форми зв'язків між рухом суднових потоків і роботою тягових засобів (так звані виділені, нормальні, короткі, довгі тягові плечі, а також «великі кільця» тягових плечей) та межі їх ефективного застосування.

Практика експлуатації показала, що флот для тягових плечей слід підбирати однотипний для кожної ділянки. При цьому його провізна спроможність повинна забезпечувати освоєння запланованого вантажообігу ділянки.

Організація роботи флоту за тяговими плечами має ряд переваг:

1). Можливість більш ефективного використання як ВВШ так і флоту за рахунок забезпечення більшою мірою відповідності експлуатаційних характеристик суден умовам плавання;

2). Забезпечення кращого використання пропускної здатності шлюзів і засемафорених ділянок за рахунок організації пропуску ВМ за допомогою пришлюзової тяги;

3). Зведення до мінімуму аварій суден за рахунок кращого вивчення судноводіями особливостей тягової ділянки;

4). Поліпшення організації ремонту, технічного спостереження за флотом і його матеріального постачання, оскільки стик тягових плечей пов'язаний з ремонтними базами, до яких приписані буксири і штовхачі.

Однак є також істотний недолік ділянкового способу організації роботи - на стиках тягових плечей виникає взаємне очікування прибуття тяги або тоннажу і пов'язані з цим простоем витрати часу і коштів.

Спосіб наскрізної організації роботи тяги (яка відповідає роботі суден на виділеному тяговому плечі) рекомендується для потужних стійких суднових потоків протягом всієї навігації. Також наскрізний спосіб рекомендується на всіх напрямках, які мають відносно рівні умови плавання. Як правило, це серединні й низові ділянки магістральних річок [53].

У практиці роботи річкового транспорту виділяють три варіанти узгодження роботи тяги і тоннажу в пунктах відправлення і призначення, які визначають способи закріплення тяги за тоннажем [44, 52]:

1. Закріплений спосіб. Даний спосіб постійного закріплення тяги за тоннажем, передбачає очікування тягою обробки тоннажу в обох пунктах.

2. Змішаний спосіб. Даний спосіб передбачає очікування тягою обробки тоннажу в одному з пунктів, а в іншому пункті тяга після постановки тоннажу на рейд (до причалів) і виробництва технічних операцій, бере інший підготовлений для відправлення склад і з ним відправляється в рейс.

3. Змінний спосіб. В обох пунктах тяга, не чекаючи обробки тоннажу, бере підготовлений склад і відправляється в новий рейс.

До першого способу відноситься рух ЕМ із закріпленими за ними складами з барж (секцій) протягом усього періоду експлуатації або кругового рейсу.

При постійному закріпленні тяги і тоннажу час їх обороту є однаковим. Крім того, зазначений спосіб закріплення тягових засобів за несамохідним флотом передбачає високі норми вантажної обробки і всього комплексного обслуговування суден (складів) в портах. На практиці, ефективність таких перевезень відповідає великим дистанціям з відносно малою щільністю составопотоків. При цьому економія забезпечується за рахунок підвищення

провізної здатності несамохідного флоту, яка перебиває витрати від затримки ЕМ в портах.

Прискорення оборотності несамохідного флоту (підвищення провізної здатності), при постійному закріпленні тягових засобів, забезпечується як високими нормами вантажних робіт, так і високим рівнем організації узгодженої роботи всіх структурних елементів ТТС. При виборі цього способу тягового обслуговування слід враховувати, що вартість утримання тяги значно вище, ніж вартість утримання барж [44].

Ефективність змішаного способу закріплення (із закріпленням тягових засобів за несамохідними суднами на окремі рейси) забезпечується високими нормами вантажних робіт в одному з портів. Це дозволяє виключити або мінімізувати час простою тяги в очікуванні звільнення тоннажу від виконання запланованих вантажних операцій [44, 52].

При експлуатації ББС за змінним способом узгодження роботи тяги і тоннажу передбачається готовність барж в портах до моменту приходу складу і звільнення ЕМ від попереднього рейсу. При цьому практично виключаються простої тяги в очікуванні барж, не виключаючи незначні простої тяги.

При змішаному і змінному способах тягового обслуговування час обороту (кругового рейсу) є неоднаковим для тяги і тоннажу.

Вважається, що найбільш раціональними способами організації руху флоту є: рух ББС по тягових ділянках (плечах), із закріпленням тягових засобів за несамохідними суднами на окремі рейси [51].

При цьому найкращим способом організації перевезень є закріплення за ЕМ певного числа складів, що забезпечує безперебійну роботу між двома і більше портами. Така організація буксирування особливо вигідна, якщо час стоянки баржі під вантажними операціями вдвічі перевищує час, необхідний на перехід з одного порту в інший [49].

Остаточний вибір принципу експлуатації суден, способу узгодження роботи тяги і тоннажу в пунктах відправлення і призначення, а також способу організації роботи тяги здійснюється на підставі економічних показників, отриманих розрахунковим способом з урахуванням всіх факторів, що впливають на транспортний процес (ТП) роботи ББС в ТТС.

### **1.2.2 Схеми роботи баржебуксирних суден**

Виходячи з розглянутих принципів організації роботи ББС можливе складання великої кількості варіантів схем їхньої роботи в рамках ТТС при доставці вантажів з порту відправлення в порт призначення. Оскільки варіант роботи ББС з постійним закріпленням баржі за буксиром, призводить до втрати доцільності побудови таких суден, тому в подальших розробках він не розглядається. У цьому дослідженні приймаємо до розробки наступні умови, на підставі яких здійснюється вибір способу тягового обслуговування, якщо до моменту приходу ББС в пункт призначення:

- в ньому знаходиться склад (віз), або під вантажними операціями, або готовий до відправки в складі ББС керованим даною тягою, то ЕМ буде вважатися закріпленим за ним;

- в ньому немає складу (воза) або під вантажними операціями, або готового до відправки в складі ББС керованого даною тягою, то ЕМ буде вважатися закріпленим за складом, який доставлено ним у розглянутий порт.

Крім того, при рейдовому перевантаженні приймається, що ЕМ очікує ВМ в пункті транshipmentу.

Незалежно від способу закріплення баржі за буксиром передбачена робота ББС, з можливістю довантаження або паузки в проміжному порту, а також освоєнням факультативного вантажопотоку.

Під основним розуміємо вантажопоток, більший за обсягом, в той час як факультативний - менший вантажопоток, який засвоюється при русі в одному напрямку з основним.

У схемах використовуються наступні умовні позначення:

$d$  - порт на ВВШ;

$a$  - порт призначення;

$\tau$  - порт трансшипменту;

$\Delta$  -  $d_n^{r(s)}$  - порт відправлення (заходу);

$n$  - кількість портів на ВВШ,  $n = \overline{1, N}$ ;

$\diamond$  -  $a_\pi^{r(s)}$  - порт призначення: річковий ( $r$ ) або морський порт ( $s$ );

$\pi$  - кількість портів призначення,  $\pi = \overline{1, \Pi}$ ;

$\star$  -  $\omega$  - опорний пункт;

$\boxtimes$  -  $\tau_{y(s)}$  - порт трансшипменту: гирловий ( $y$ ) або морський порт ( $s$ );

$Z_{r(rs, s)}$  - ББС річкового ( $r$ ), річка-море ( $rs$ ), морського ( $s$ ) типу плавання відповідно;

$S_s$  - вантажні судна морського ( $s$ ) типу плавання;

 - основний вантажопоток;

 - факультативний вантажопоток.

Під терміном «опорний пункт» ( $\omega$ ) розуміємо пункт, в якому відбувається зміна характеристик траси, що обмежують рух суден. У цій іпостасі можуть виступати шлюзи, ділянки з обмеженими глибинами, «прольоти» під мостами. У схемі можуть бути присутніми опорні пункти від нуля (якщо їх немає) до декількох ( $\omega = \overline{1, \Omega}$ ).

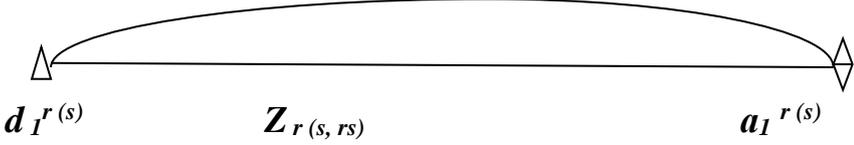
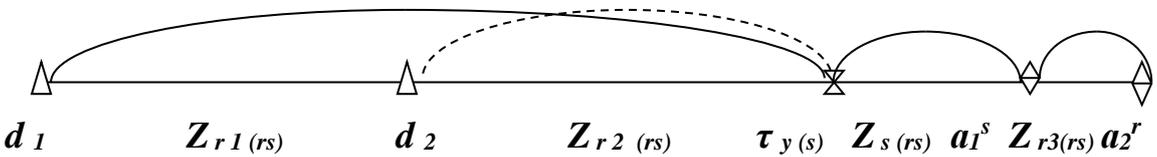
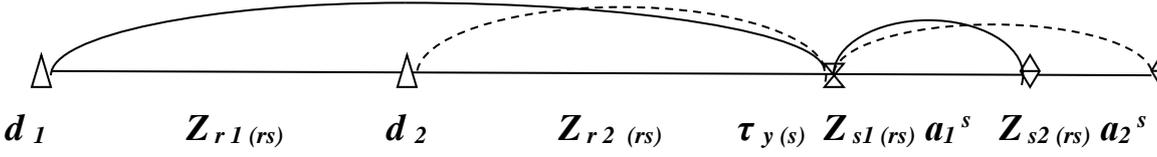
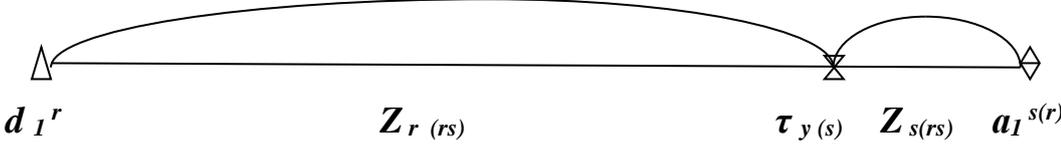
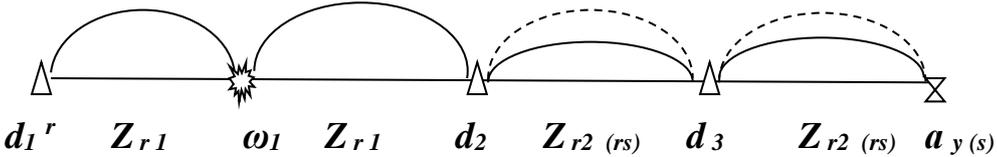
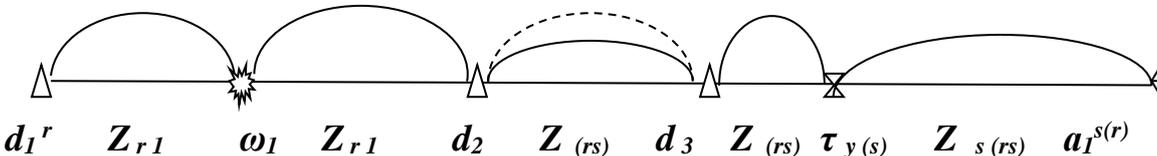
Опорний пункт  $\omega$  розбиває схему руху  $\ell$  на ділянки  $\delta$  ( $\delta = \overline{1, \Theta}$ ), нумерація яких ведеться від витоків річки до гирла і не змінюється зі зміною напрямку руху.

Етимологія поняття «порт трансшипменту» досліджена в роботі [54]. У даній роботі правова основа даного поняття не розглядається, маючи на увазі,

в даному випадку, формальне значення як порт передачі вантажу з одного виду транспорту на інший за одним із варіантів («борт - борт», «борт - склад» або «борт - наземний транспорт» та в зворотному напрямі).

У дисертації запропоновані схеми можливих варіантів роботи ББС, які згруповані у відповідні таблиці в залежності від виду ТТС. Варіанти роботи ББС по освоєнню одного і більше вантажопотоків з перевезенням на морській і річковій ділянках без перевантаження в гирловому або морському портах представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Схеми можливих варіантів роботи ББС в ТТС

№	Схеми
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Продовження табл. 1.1

7	
8	
9	
10	
11	
12	

Такі варіанти роботи ББС в ББ ТТС можливі в наступних випадках:

- при роботі ББС на морській і річковій ділянках. При цьому, відбувається зміна тільки буксира морського типу плавання на річковий, при знаходженні вантажу на одній і тій же баржі змішаного типу плавання (схеми 2, 3, 4);

- при роботі ББС річка-море плавання ( $Z_{rs}$ ) на морській і річковій ділянках (схеми 1, 6, 10, 12).

Якщо для забезпечення морського судна вантажем працює декілька ББС тільки між парою портів  $d_n^{r(s)} \leftrightarrow a_{\pi}^{r(s)}$ , без заходу в проміжний порт,

схеми будуть мати вигляд, представлений в табл. 1.1 (схема 1). На схемі 1 представлено варіант організації роботи суден, при якому ББС річкового плавання працює між парою портів «річковий порт відправлення - річковий порт призначення», ББС річка-море плавання - «річковий порт відправлення - морський порт призначення», ББС морського плавання - «морський порт відправлення - морський порт призначення».

На схемі 2 ББС 1, що складається з буксира річкового плавання і баржі змішаного плавання, і ББС 2, що складається з буксира річкового або річка - море плавання і баржі змішаного плавання перевозять вантажі в порт траншипменту, в якому відбувається або переформування складу і зміна буксира на буксир морського або змішаного плавання, який далі буксирує баржу до річкового порту призначення  $a_2$  з паузкою в гирлових портах  $a_1$  без заміни буксира (в разі використання буксира річка-море плавання), або із зміною буксира морського плавання на буксир річкового плавання.

Аналогічно в схемах 3 і 4 для річкової ділянки схеми. Однак на морській ділянці до перевезень залучаються не менше двох буксирів морського плавання, замість буксирів річкового (або річка-море) плавання (схема 3).

На схемах 5-10 відображено декілька варіантів схем організації роботи суден з освоєнням факультативного вантажу: за рахунок додавання барж до вже сформованого складу з барж з вантажем основного напрямку перевезень (схеми 9, 10), а також довантаження або додавання додаткової баржі порожньої або з вантажем (схеми 5 - 8).

На схемах 11 і 12 представлений варіант роботи ББС з заміною в опорних пунктах ЕМ з річкового виду плавання на ЕМ змішаного «річка-море» плавання. При таких варіантах схем також можливе включення до складу ББС додаткової порожньої або завантаженої баржі.

Останнім часом найбільшого поширення отримують схеми роботи ББС, що включають рейдове перевантаження на морські судна або рейдові

термінали. Такий варіант є одним з найбільш економічно ефективних способів організації доставки вантажів з внутрішніх вантажоформуєчих районів країни, що примикають до водних артерій.

В основі узгодженої роботи річкових і морських суден лежить перевезення вантажів по системі «тягових плечей». Така система має на увазі закріплення на кожному плечі певного типу судна і їх взаємодію в одному порту транshipmentу. Оскільки мова йде про морську й річкову ділянки, то, в залежності від класу суден, які приймають участь в перевезенні вантажу, таким пунктом транshipmentу може виступати:

- рейд (причал) гирлового порту при роботі суден змішаного «ріка-море» плавання на морській ділянці й ББС річкового або змішаного «ріка-море» плавання на річковій ділянці;

- рейд (причал) морського порту - при роботі суден необмеженого плавання або змішаного «ріка-море» плавання на морській ділянці і ББС змішаного «ріка-море» плавання на річковій ділянці.

Варіант організації роботи буксира при узгодженій роботі ББС на річковій ділянці з рейдовим перевантаженням в гирловому порту на великотоннажні судна, що працюють на морській ділянці, залежать від умов майбутнього рейсу.

Схеми руху ББС, незалежно від варіанта організації їх роботи та способу тягового обслуговування (з закріпленням і без закріплення за певним складом), можуть бути організовані між двома і більш портами в наступних випадках:

- при засвоєнні факультативного вантажопотоку;
- при необхідності довантаження (паузки) в проміжному порту, внаслідок обмежених глибин в порту відправлення або на трасі.

Таким чином, проміжний річковий порт включають в схему при необхідності, можливості та доцільності заходу в порт для здійснення перерахованих операцій.

Під терміном «порт» в даній роботі мається на увазі місце здійснення вантажно-розвантажувальних робіт (ВРР), в тому числі рейд, причал, пристань. Слід зазначити, що для здійснення завантаження барж, що входять в один склад (воз), в одному порту може бути використано декілька причалів.

Таким чином, ТП перевезення вантажів за участю ББС при рейдовому перевантаженні на морське судно може бути організований за такими схемами:

1). Порт відправлення ( $d_I^{r(s)}$ ), навантаження - рейд порту трансшипменту ( $\tau_{y(s)}$ ), вивантаження на морське судно (борт-борт) - порт призначення ( $a_\pi^{r(s)}$ ), вивантаження;

2). Порт відправлення ( $d_I^{r(s)}$ ), навантаження - проміжний порт ( $d_n^{r(s)}$ ), довантаження - рейд порту трансшипменту ( $\tau_{y(s)}$ ), вивантаження на морське судно (борт-борт) - порт призначення ( $a_\pi^{r(s)}$ ), вивантаження.

Аналогічно при роботі ББС вгору по ВВШ в проміжному порту виконується операція зворотня довантаженню, а саме паузка.

Оскільки ББП організовуються переважно на річках, то в якості порту відправлення приймається річковий порт (термінал, пристань), а портом трансшипменту - гирловий річковий або морський порт (термінал, рейд). При цьому на вибір порту в якості порту трансшипменту крім інших умов впливає клас суден.

Якщо в якості порту трансшипменту виступає:

- рейд гирлового порту ( $\tau_y$ ), то на річковій ділянці доцільно розглядати ББС річкового або змішаного «ріка-море» плавання ( $Z_{r(rs)}$ );

- рейд морського порту ( $\tau_s$ ), то на річковій ділянці доцільно розглядати ББС змішаного «ріка-море» плавання ( $Z_{rs}$ ).

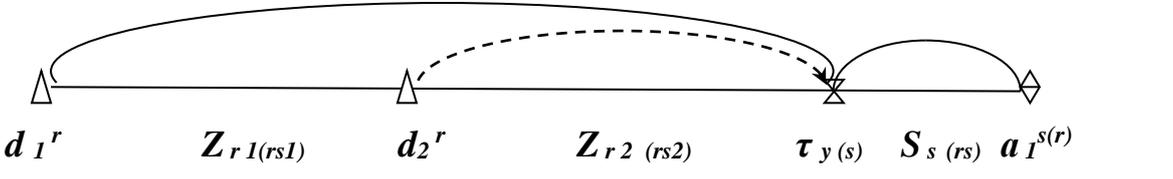
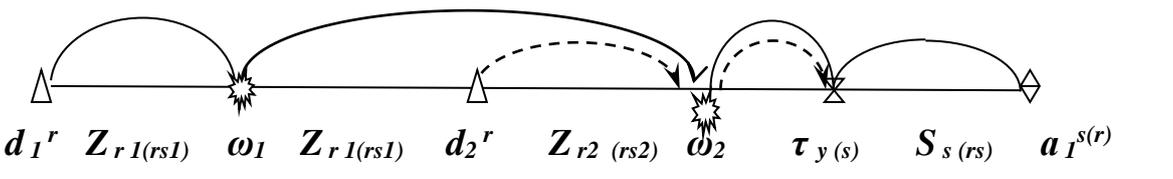
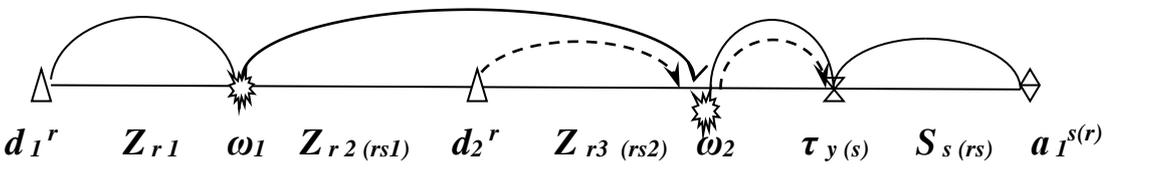
Схеми можливих варіантів спільної роботи баржебуксирних і морських суден при варіанті рейдової обробки вантажів за варіантом «борт-борт» представлені в табл. 1.2-1.3.

Таблиця 1.2 - Схеми варіантів організації спільної роботи одного ББС і морського судна з рейдовою вантажеобробкою

№	Схеми
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Якщо для забезпечення морського судна вантажем працює декілька ББС між парою портів  $d \leftrightarrow \tau$  без заходу в додатковий порт, то схеми будуть мати вигляд, представлений у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Схеми варіантів організації спільної роботи двох ББС і морського судна з рейдовою вантажеобробкою

№	Схеми
1	 <p><math>d_1^r</math>    <math>Z_{r1(rs1)}</math>    <math>d_2^r</math>    <math>Z_{r2(rs2)}</math>    <math>\tau_{y(s)}</math>    <math>S_s(rs)</math>    <math>a_1^{s(r)}</math></p>
2	 <p><math>d_1^r</math>    <math>Z_{r1(rs1)}</math>    <math>\omega_1</math>    <math>Z_{r1(rs1)}</math>    <math>d_2^r</math>    <math>Z_{r2(rs2)}</math>    <math>\omega_2</math>    <math>\tau_{y(s)}</math>    <math>S_s(rs)</math>    <math>a_1^{s(r)}</math></p>
3	 <p><math>d_1^r</math>    <math>Z_{r1}</math>    <math>\omega_1</math>    <math>Z_{r2(rs1)}</math>    <math>d_2^r</math>    <math>Z_{r3(rs2)}</math>    <math>\omega_2</math>    <math>\tau_{y(s)}</math>    <math>S_s(rs)</math>    <math>a_1^{s(r)}</math></p>

У схемах розглядається варіант із закріпленням одного гирлового порту, в той час як варіантів схем з використанням рейдів морських портів може бути декілька.

При наявності в схемі опорного пункту ( $\omega$ ) можливий варіант роботи ББС з використанням тягових плечей, коли відбувається лише зміна буксира (схеми 4, 6 в табл. 1.2). У схемах 2, 3, 5, 6 передбачається, що ББС заходять в проміжний порт або за завантаженою баржею, що знаходиться в цьому порту, або для дозавантаження барж, які перебувають у возі.

На підставі представлених в табл. 1.1-1.3 схем організації роботи суден робиться висновок про залежність конфігурації ББС від варіанта організації їх роботи, характеристик вантажопотоків, технічних засобів і траси.

Представлені варіанти схем відображають перевезення вантажів в прямому напрямку. Рух суден в зворотному напрямку може здійснюватися за схемами, сформованими в залежності від характеристик зворотного вантажопотоку (обсягу і кореспонденції) і можуть бути:

- в баласті (порожній суднопотік);

- навантажений суднопотік на всьому пробігу;
- навантажений суднопотік на частині пробігу.

У роботах [50, 53] представлені варіанти схем роботи суден, в т.ч. ББС, в залежності від способів поєднання вантажопотоків прямого і зворотного напрямків. Автори відзначають, що можливі наступні варіанти поєднання суднопотоків прямого і зворотного напрямків:

- коли суднопотоки одного навантаженого прямого і одного навантаженого зворотного напрямку рівні;
- коли суднопотоку одного навантаженого прямого напрямку відповідає декілька навантажених суднопотоків зворотного напрямку;
- коли суднопотоку одного навантаженого зворотного напрямку відповідає кілька навантажених суднопотоків прямого спрямування;
- коли декільком суднопотокам навантаженого прямого напрямку відповідає декілька навантажених суднопотоків зворотного напрямку.

Вибір кращої схеми з безлічі варіантів підлягає обґрунтуванню і реалізується в такій послідовності:

- відбір суден для можливої роботи на схемі при різних варіантах організації роботи ББС за ознакою обмеження їх ТЕХ (див. розділ 2.1-2.2);
- визначення кращого типу ББС з безлічі можливих варіантів суден для роботи на схемі при різних варіантах організації їх роботи. Вибір здійснюється на підставі результатів рішення задач оптимізаційного типу по заздалегідь обумовленим показникам (див. розділ 2.3).

### **1.2.3 Аналіз застосування конфігурації баржебуксирних суден при роботі в різних умовах**

Під конфігурацією (типорозміром) ББС розуміється схема учалки барж (секцій) між собою і з буксиром в певному порядку. В роботі [6] був проведений аналіз класифікаційних ознак, що впливають на типорозмір ББС.

Вивчивши специфіку роботи ББС, прийшли до висновку, що конфігурація судна знаходиться в прямій залежності від району плавання.

У зв'язку з чим була виконана систематизація класифікаційних ознак ББС з точки зору організації перевезень. Наочно взаємозв'язок між ознакою і типом ББС за районом плавання представлений на рис. В.1. Це дає більш чітке і наочне уявлення про можливості використання певних типів суден на окремих маршрутах перевезень.

Як видно з наведеної класифікації (рис. В.1), кожному типу ББС може відповідати декілька класифікаційних ознак, сукупність яких і визначає типорозмір судна. Економічна ефективність кожного типорозміру підлягає обґрунтуванню.

Відомо, що «застосування і ефективність тієї чи іншої технології перевезень визначаються сформованими зовнішніми умовами експлуатації технічних засобів, рівень яких повинен забезпечувати встановлену норму ефективності капіталовкладень в цілому» [54]. Це зумовлює необхідність виявлення факторів, які впливають на ТП роботи суден в ТТС.

На підставі прийнятого в даному дисертаційному дослідженні тлумачення поняття «транспортно-технологічні системи (ТТС)» (див. розділ 1.1.2) приходимо до висновку, що критеріями ефективного функціонування будь-якої ТТС є досягнення мінімуму транспортних витрат і максимуму доходів при перевезенні вантажів на конкретних напрямках. З огляду на критерії ефективності функціонування ТТС фактори можна умовно поділити на дві групи:

- 1). Що впливають на транспортні витрати;
- 2). Що впливають на дохід.

Умовність обумовлюється тим, що фактори впливають одночасно як на дохід, так і на витрати. Визначення ступеня впливу не є завданням даного дисертаційного дослідження.

Визначимося з факторами, що впливають в цілому на ТП і, як наслідок, на витрати і прибуток зокрема.

Значний вплив на ТП мають технічні особливості флоту. Сфери ефективної експлуатації різних видів ББС, які є функціональними елементами як ББ ТТС, так і комбінованої ТТС, в порівнянні між собою і з суміжними видами водного транспорту, детально викладені в роботі [20].

Як відомо, ББС на ВВШ конкурують не тільки між собою, а й з іншими видами транспорту. Наочно конкурентні зв'язки між суднами внутрішнього водного транспорту представлені на рис. 1.5.

На основі роботи [20] з точки зору технічної експлуатації можна виділити фактори, які відносяться до групи I - технічні фактори: технічні засоби (тип ЕМ і ВМ), конфігурація ББС (спосіб водіння, форма учалкі), фізичний стан гідротехнічних споруд. Перераховані вище фактори впливають на такі показники, як швидкість руху, завантаження судна, кількість барж в складі.

Група II - фізико-географічні чинники, які надають не менш важливий вплив на розвиток ББП. У дисертаційній роботі будемо розглядати роботу ББС як в умовах відкритого моря, так і по ВВШ, під якими розуміються річки, озера, водосховища і канали, придатні для судноплавства і лісосплаву. Рух суден здійснюється по ВВШ по судовому ходу.

Елементами, що характеризують розміри судового ходу, є глибина, ширина і радіус заокруглення, підмостові габаритні розміри судноплавних прольотів, а також висота від рівня води до проводів повітряних ліній зв'язку та електропередач. Ці характеристики судового ходу мають великий вплив на ступінь використання вантажопідйомності флоту, виконання плану перевезень, а також безпеку плавання суден.

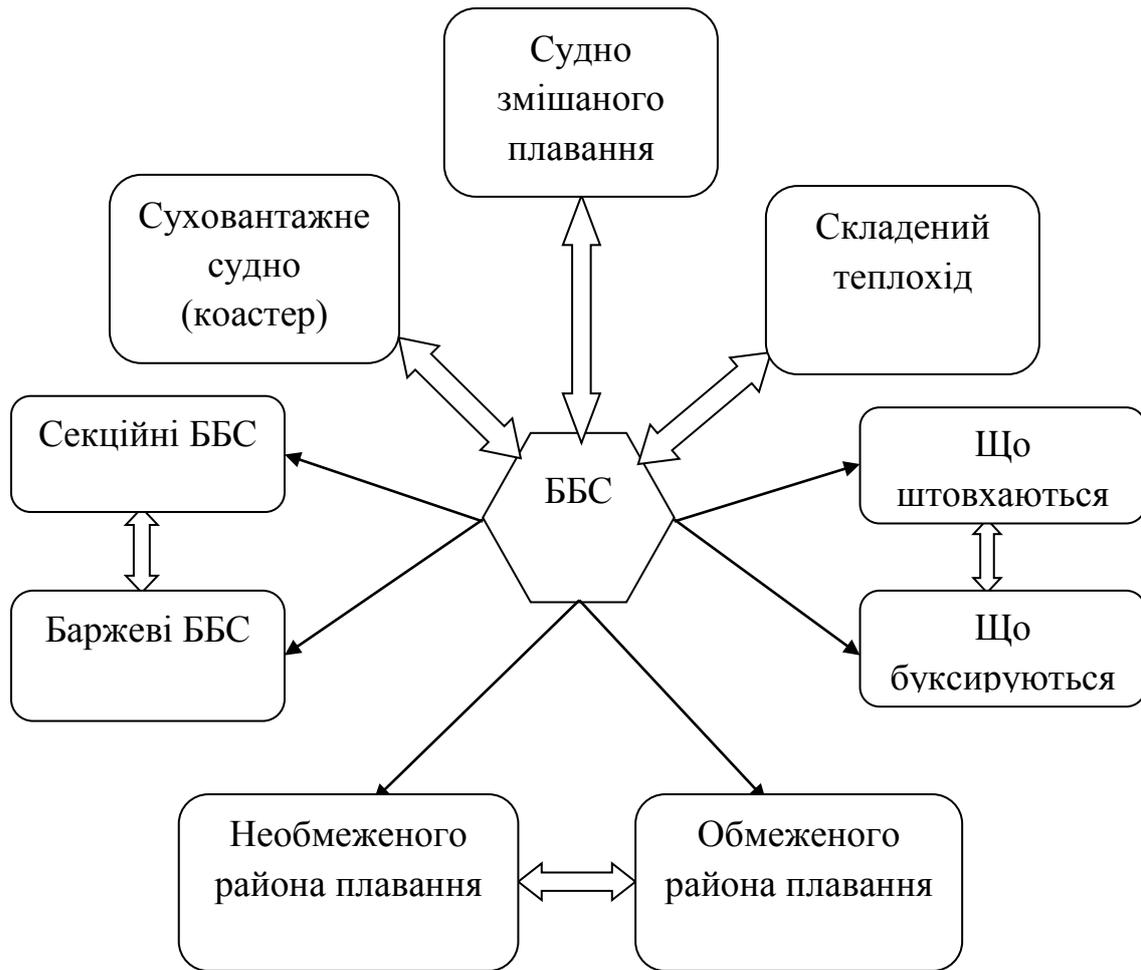


Рисунок 1.5 – Конкурентні зв'язки між вантажними суднами внутрішнього водного транспорту

Для характеристики водних шляхів є сім класів, що представлені в табл. В.1-В.2. Клас внутрішніх водних шляхів важливо знати при встановленні підмостових судноплавних габаритних розмірів.

Таким чином, на лінійні параметри ББС впливають гарантовані габаритні розміри судового ходу. При цьому найменше їхнє значення є гарантованим і повинно забезпечуватися протягом усієї навігації. Гарантовані габаритні розміри судового ходу встановлюються на підставі багаторічних спостережень для визначення низького (проектного) рівня води.

На водних шляхах є лімітуючі ділянки з найменшими габаритними розмірами (перекати, пороги, вигини русла, шлюзи), що обмежують розміри суден. В роботі такі ділянки позначені як опорні пункти.

Група III - організаційні чинники. Відомо, що ефективність перевезень вантажів ББС залежить від раціонального використання технічних засобів, тобто організації їх роботи. Таким чином, визначимо організаційні фактори, що впливають на транспортний процес ББС.

В основі організації і управління транспортним процесом лежить спосіб організації роботи тяги (ділянкова, наскрізна), спосіб закріплення тяги за складом (змінний, змішаний або закріплені), принцип експлуатації ББС (збірні, маршрутні) (див. розділ 1.2.1).

При змінній тязі в кожному рейсі передбачається готовність барж до відправлення в кожному порту до моменту приходу наступного складу і звільнення тяги від попереднього рейсу. При цьому зменшується вирогідність простою ЕМ в очікуванні барж, проте не виключені простої ВМ в очікуванні тяги.

При змішаному способі експлуатації тяга закріплюється за тоннажем на кругові рейси. Цей спосіб застосовується в разі забезпечення високих норм вантажних робіт в одному з портів. В даному випадку простої ЕМ в очікуванні ВМ в цьому порту виключаються або зводяться до мінімуму.

Закріплений спосіб передбачає закріплення певного ЕМ за певною групою ВМ на весь період роботи. При цьому час циклу тяги і тоннажу збігається. Даний спосіб суперечить основному принципу ефективної роботи складених суден, який заснований на ефективному використанні тяги за рахунок можливості її відділення від тоннажу. Тому застосування даного способу доцільно при дотриманні наступних умов:

- 1). Час операцій для тяги і тоннажу в усіх портах заходу відрізняється незначно за рахунок забезпечення високих норм вантажних робіт;
- 2). Інтервал відправлень складів набагато менше часу стоянки тоннажу;

3). Специфічні властивості вантажу що перевозиться вимагають постійного знаходження ЕМ у ВМ.

Таким чином, від способу закріплення тяги за тоннажем залежить кількісний склад флоту, який обслуговує певний напрям перевезень і вантажопоток.

Крім вищезазначеного на ТП впливають чинники які об'єднані в такі групи як економічні (IV група - попит на тоннаж, міжнародні товарні відносини і ін.) і соціальні (V група - рівень розвитку трудового колективу та ін).

На підставі вищевикладеного, робимо висновок про фактори, які впливають на ТП роботи ББС в ТТС, систематизуємо їх в табл. В.3. Також у таблиці представлений взаємозв'язок фактора з ознакою, яка його характеризує.

Якщо задати граничне значення доходів і витрат за результатами попередніх рейсів або очікуваних показників, то значення критерію максимуму доходу визначається на основі рішення задачі, представленої наступною математичною моделлю:

$$Z = \sum_{\ell=1}^L F_{\ell f v} \cdot x_{v \ell} \rightarrow \max; \quad (1.1)$$

$$\sum_{f=1}^{g_{v \ell}} F_{\ell f v} \cdot x_{v \ell} \leq D_{lv} \quad (v=\overline{1, V}; \ell=\overline{1, L}) ; \quad (1.2)$$

$$F_{\ell f v} \cdot x_{v \ell} \geq 0 \quad (f=\overline{1, g_{v \ell}}; v=\overline{1, V}; \ell=\overline{1, L}) ; \quad (1.3)$$

$$x_{v \ell} \geq 0 \quad (v=\overline{1, V}; \ell=\overline{1, L}) ; \quad (1.4)$$

$$x_{v \ell} = \{0, 1\} \quad (v=\overline{1, V}; \ell=\overline{1, L}) , \quad (1.5)$$

де  $F_{\ell f \nu}$  - дохід, що отримується від роботи транспорту виду  $\nu$  при реалізації доставки вантажів на схемі  $\ell$  під впливом фактора  $f$  ;

$\nu$  - вид транспорту;

$f$  - фактор, що впливає на доходи та витрати виду транспорту  $\nu$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$x_{\nu \ell}$  - параметр, що визначає роботу виду транспорту  $\nu$  на схемі  $\ell$ ;

$g_{\nu \ell}$  - кількість факторів, що впливають на доходи виду транспорту  $\nu$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$D_{\ell \nu}$  - граничне значення доходів для виду транспорту  $\nu$  при роботі на схемі  $\ell$ .

Аналогічно визначається значення критерію мінімуму транспортних витрат:

$$Z = \sum_{\ell=1}^L R_{\ell f \nu} \cdot x_{\nu \ell} \rightarrow \max; \quad (1.6)$$

$$\sum_{f=1}^{n_{\nu \ell}} R_{\ell f \nu} \cdot x_{\nu \ell} \leq A_{\ell \nu} \quad (\nu = \overline{1, V}; \ell = \overline{1, L}); \quad (1.7)$$

$$R_{\ell f \nu} \cdot x_{\nu \ell} \geq 0 \quad (f = \overline{1, n_{\nu \ell}}; \nu = \overline{1, V}; \ell = \overline{1, L}); \quad (1.8)$$

$$x_{\nu \ell} \geq 0 \quad (\nu = \overline{1, V}; \ell = \overline{1, L}); \quad (1.9)$$

$$x_{\nu \ell} = \{0, 1\} \quad (\nu = \overline{1, V}; \ell = \overline{1, L}), \quad (1.10)$$

де  $R_{\ell f \nu}$  - транспортні витрати виду транспорту  $\nu$  при роботі на схемі  $\ell$  під впливом фактора  $f$  ;

$n_{\nu \ell}$  - кількість факторів, що впливають на витрати виду транспорту  $\nu$  на схемі  $\ell$ ;

$A_{\ell \nu}$  - граничне значення витрат для виду транспорту  $\nu$  на схемі  $\ell$ .

При певних умовах на ринку міжнародних перевезень для визначення ефективності перевезень вводиться одне з наступних обмежень:

$$D_{lv} \cdot x_{v\ell} \geq A_{lv} \quad (v=\overline{I,V}; \ell=\overline{I,L}) ; \quad (1.11)$$

$$D_{lv} \cdot x_{v\ell} = A_{lv} \quad (v=\overline{I,V}; \ell=\overline{I,L}) . \quad (1.12)$$

На підставі вищевикладеного, фактори, що впливають на конфігурацію ББС, систематизовані й розподілені на прямі та непрямі (рис. В.2) [4]. По аналізу факторів, робиться висновок, що на конфігурацію ББС при роботі на різних напрямках мають вплив переважно фізико-географічні чинники.

Оскільки конфігурація ББС робить істотний вплив на час і можливість безпечної доставки вантажу, отже, визначившись з факторами, що впливають на конфігурацію ББС необхідно вжити заходів щодо скорочення негативного їх впливу.

### 1.3 Огляд літературних джерел і досліджень по темі дисертації

Вивчені літературні джерела і дослідження, що висвітлюють питання щодо ББП, умовно можна розділити на наступні групи:

- роботи, що містять статистичні, довідкові, інформаційні, описові й розповідні матеріали про специфіку перевезень ББС, їх АКХ і особливості експлуатації цих суден [33-34, 46-48, 58-68];

- дослідження вітчизняних фахівців, які відображають результати аналізу статистичних даних про стан вітчизняної та міжнародної практики роботи ББС і прогноз перспектив розвитку ББП як в Україні, так і в світі [69-73];

- роботи, що відображають технічні та методичні аспекти організації руху суден [44, 49-56, 73-133], в тому числі:

- ✓ роботи, присвячені обґрунтуванню схеми організації перевезень вантажів ББС [53];
- ✓ роботи, які вивчають питання оцінки та підвищення економічної ефективності функціонування ТТС [54-56];
  - дослідження закордонних фахівців щодо європейської та американської практик ББП та стратегій їх розвитку [41-43,116-121], та методики щодо підвищення ефективності роботи ББС з урахуванням сучасних тенденцій в перевезеннях вантажів [114-115, 122-133].

Незважаючи на видиму актуальність ББП, багато наукових досліджень з даної тематики проводилися ще в період розвитку такого роду перевезень, через що більшість досліджень в даній області морально застаріли.

Одним з перспективних напрямків організації роботи ББС в останні роки розглядається варіант узгодженої роботи суден внутрішнього водного і морського плавання з виконанням ВРР на рейді.

Питанням організації транспортного процесу перевезень вантажів водним транспортом присвячені роботи наступних авторів: Союзова А.А. [52, 111-113], Ірхіна А.П. [106], Юміна Н.А. [91, 94], Бунєєва В.М. [75], Казакова Н.Н. [44], Капітанова В.П. [77, 100-101], Савіна В.І. [79-83] та інші. У зазначених роботах викладені загальні питання організації роботи суден та висвітлюються окремі питання розрахунку необхідного тоннажу. У роботах [52, 53, 91, 94] відображені особливості різних способів організації роботи ББС. Однак питанням узгодженої роботи баржебуксирних і морських суден мало приділено уваги. Практично не висвітлюються питання організації та управління роботою ББС в умовах рейдової обробки. Крім того, відсутня єдина методика визначення потреби у флоті при рейдовому перевантаженні баржебуксирних і морських суден за спрощеним варіантом «борт - борт».

У серії робіт [108, 109] запропонована модель визначення оптимальних характеристик ББС змішаного плавання з позиції суднобудування і проектування суден. Автор пропонує виконати відбір суден, характеристики

яких забезпечують економічну ефективність. При цьому вирішуються окремі завдання для певного напрямку перевезень і групи суден для варіанту з рейдовим перевантажувальним комплексом [108]. У запропонованій методиці [108, 109] не позначено, як враховуються головні лінійні вимірювання ББС при різних варіантах організації роботи ББС.

Тема рейдового перевантаження з ББС внутрішнього плавання на морські судна актуальна і в зарубіжних розробках. Останнім часом в закордонних дослідженнях обґрунтовується практика використання рейдових барж в якості платформ для накопичення вантажів, переважно масових критого або відкритого зберігання.

У багатьох роботах, присвячених організації роботи ББС, серед загальних питань викладені методики розрахунку необхідного тоннажу при розстановці суден для роботи на напрямках. Однак мало приділено уваги визначенню потреби в елементах, що складають ББС при організації їх роботи на схемах.

У роботах [83, 95] виявлено загальні обмежуючі фактори, що впливають на типорозмір складу. Серед них необхідне завантаження ББС, наявний флот, шляхові умови, умови керованості складів і безпеки руху, необхідність забезпечення певних швидкостей доставки вантажів.

У роботах [111-113] запропоновані деякі методи визначення варіантів типорозмірів складів. Так, в роботі [111] запропоновано для вирішення завдання формування можливих типорозмірів складів і визначення числа їх паросполучень застосовувати теорію графів. Спираючись на отримані в роботі [111] результати, в роботах [112, 113] автори пропонують застосувати математичне моделювання з метою знаходження такого поєднання типорозмірів складів, їх схем руху із застосуванням певного способу організації руху суден, при якому досягається оптимум прийнятого критерію оптимальності.

Крім того, в розглянутих джерелах не приділено належної уваги питанню відбору суден для роботи на схемі. В роботі [111] представлено рішення задачі оптимальної розстановки ББС і одночасного вибору раціональної організації руху (наскрізна тяга або ділянкова). Однак задача, що поставлена авторами, враховує лише варіант роботи тяги, без розгляду варіанту узгодження роботи тяги і тоннажу і варіанту організації роботи ББС. Крім того, в запропонованій математичній моделі не враховуються обмеження на маршруті слідування. У роботах [112, 113] також відображена постановка задачі розподілу ББС без виконання попереднього відбору суден.

Перевезення різних видів вантажу ББС отримали досить широке поширення в закордонній практиці, також як і їх наукове обґрунтування [41-43, 114-135]. Розвиток контейнеризації призвів до зміни організаційних схем роботи суден, в тому числі ББС. Найбільш ефективна загальновідома сучасна магістрально-фідерна система на морському транспорті. Альтернативою їй на річковій ділянці є система тягових плечей, яка прийнята в радянській практиці роботи річкових ББС. В даний час, коли мова йде про магістрально-фідерну систему, мають на увазі інтермодальні перевезення контейнерів. Однак, в результаті тенденції світового співтовариства до уніфікації та стандартизації в індустрії перевезень, в зарубіжних джерелах баржа також стала розглядатися як транспортна одиниця в системі інтермодальних сполучень, а баржебуксирні перевезення як один з варіантів інтермодальних перевезень [43, 122 - 133].

Науково-методичне обґрунтування роботи суден в цілому, і ББС зокрема, висвітлюється в роботах J.A. Stoop і M.V. Duinkerken [122], Konings J.W. [124], B. van Riessen [125], Rob Konings [126, 131], Christopher Wright [118], Michael S. Bomba і Robert Harrison [130].

В роботі Rob Konings [126] досліджено фактори, що впливають на час циклу судна та розмір судна. Крім того, в роботі запропоновані варіанти розташування портів хабів для баржевого сервісу на прикладі річки Рейн.

Як зазначено в роботі [8], в зарубіжних наукових дослідженнях ББП розглядаються переважно в наступних напрямках:

- висвітлюються стратегії розвитку баржебуксирного флоту;
- в області інтермодальних контейнерних перевезень.

Так, у роботах [124 - 133] запропоновані методики визначення та оцінки:

- варіантів інтермодальних схем доставки контейнерів;
- місця дислокації портів-хабів.

Представлені методики являють інтерес при визначенні порту зміни тяги при ділянковому способі організації роботи ББС при перевезенні масових вантажів.

В роботі [133] автори пропонують модель проектування мережі, відзначаючи, що завдання, пов'язані з плануванням роботи транспорту, є спеціалізаціями і варіаціями загальної моделі побудови мережі перевезень. Представлена в роботі модель для здійснення баржевого сервісу в інтермодальних перевезеннях дозволяє проектувати схему доставки вантажів без прив'язки до суден. Вихідною інформацією при вирішенні моделі є інформація про контейнеропотоки і необхідний час кругового рейсу.

Моделі, що представлені в роботах [114, 115], розроблені для суден річка-море плавання в цілому. При цьому вони досить легко адаптуються до ББП для певних варіантів організації роботи суден. Представлена модель може бути застосована при роботі ББС за принципом збірної відправки з наскрізним способом організації роботи тяги і змінним способом узгодження роботи тяги і тоннажу в пунктах відправлення і призначення. При реалізації даної методики визначаються схеми роботи суден.

Однак, на відміну від попередніх моделей [124, 133], модель [114] є більш жорсткою, оскільки задається обмеженнями по характеристикам суден і вантажопотоків. З методики, реалізованої і представленої в роботі [115], наочно видно, що вибір граничних характеристик судна (швидкості руху і

вантажопідйомності), а, отже, і самого судна, для певної схеми здійснюється за економічними показниками їх роботи.

У розглянутих вище роботах не достатньо приділено уваги систематизації термінів, які застосовуються в ББП. Велика розмаїтість термінів і класифікацій вимагала уточнення і деталізації для виключення неточностей в тлумаченні і сприйнятті розроблених методичних положень з організації та управління роботою ББС в ТТС.

Крім того, в досліджених роботах не приділено належної уваги питанням визначення:

- сфери пріоритетної експлуатації ББС з урахуванням сучасних технічних можливостей перед класичними перевезеннями на судах [20];
- можливих варіантів схем роботи ББС (див. розділ 1.2.2);
- факторів, що впливають на ТП роботи ББС в ТТС і, зокрема, на конфігурацію суден (див. розділ 1.2.3).

## **Висновки по розділу 1**

В останні роки перед світовою спільнотою гостро стала проблема пошуку екологічного та економічного виду транспорту. Перспективними в даному напрямку є ББС. Завдяки сучасним технічним можливостям, даний вид транспорту, який отримав свій розвиток ще в 20-х роках ХХ століття, експлуатується як в умовах обмеженого, так і необмеженого плавання. Ефективність ББП досягається за рахунок правильної організації процесу перевезення, в основі якого лежить дотримання ГРС.

Постійно зростаюча конкуренція з боку альтернативних видів транспорту, які беруть участь в ТП на певному напрямку, вимагає розширення регіону роботи, пошуку рішень щодо поліпшення якості послуг, які надаються, і підвищенню ефективності перевезень. Нові типи суден вимагають нових підходів до організації їх роботи. Сучасні методи

організації роботи ББС в світі випереджають вітчизняні, що вимагає їх детального опрацювання з адаптацією до сучасних умов вітчизняної транспортної галузі з подальшим впровадженням.

У розділі дана характеристика об'єкта дослідження. Особливу увагу приділено АКХ ББС для роботи в ТТС, дана їх розгорнута класифікація, систематизовано основні терміни, що зустрічаються в світовій та вітчизняній практиках ББП.

В результаті можна зробити висновки:

1. Концепція ББП заснована на застосуванні складених суден, з метою забезпечення більш ефективної експлуатації дорогої енергетичної частини судна;

2. Практика ББП здійснюється ББС обмеженого і необмеженого плавання. Переваги їх експлуатації в порівнянні з працюючими суднами на певному напрямку обумовлює їх затребуваність, перспективність і конкурентоспроможність.

3. Реалізація сучасних технічних можливостей в галузі суднобудування стосовно ББП вимагає вдосконалення теоретичної та методичної бази з організації та управління роботою суден.

4. У сучасних наукових дослідженнях практично залишаються поза увагою питання організації та управління роботою ББС в прямому сполученні, а також в разі рейдового перевантаження при варіанті узгодженої роботи морських суден і суден обмеженого району плавання. Що вимагає розробки відповідного методичного забезпечення процесів організації і управління роботи ББС в ТТС.

5. Визначено, що ББС є одним із об'єктів так званих баржебуксирної та комбінованої ТТС.

Результати дослідження з даного розділу було використано в науково-дослідних темах ОНМУ і опубліковані в роботах [2, 3, 6, 11-16, 19, 20].

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ БАРЖЕБУКСИРНИМИ СУДНАМИ

Комбінація буксира і однієї або декількох барж в певній послідовності являє типорозмір ББС. Такі судна відрізняються різним тяговим зусиллям буксирів, кількістю і вантажопідйомністю барж (секцій), способом і схемою їх зчалень. Слід враховувати, що склад може складатися з барж різних типів, що відрізняються по ТЕХ, а також ту обставину, що для здійснення перевезень СК має в своєму розпорядженні обмежене число барж типу  $j$  і буксирів типу  $i$  певного типу.

Кількість барж, що становлять комплект, залежить від багатьох факторів (див. розділ 1.2.3). Якісне співвідношення кількості і характеристик буксира і барж в складі, що обслуговує вантажопоток, визначає економічний ефект від роботи ББС.

Задача розробки методики щодо організації перевезень вантажів ББС здійснюється в наступній послідовності:

Етап 1 «Складання можливих схем роботи ББС». На підставі інформації про вантажопотоки, технічні засоби та трасу проходження підбираються варіанти організації їх роботи та складаються можливі схеми роботи ББС (див. розділ 1.2.2).

Етап 2 «Формалізація процесу прийняття рішень щодо розподілу суден, виходячи зі структури вантажопотоків» (рис. В.3):

Етап 2.1 «Розробка методики визначення типорозміру ББС для роботи на схемі» (розділ 2.1);

Етап 2.2 «Формування пріоритетного ряду ББС типу  $z$  для роботи на схемі при різних варіантах організації їх роботи» (розділ 2.2);

Етап 2.3 «Обґрунтування оптимального розподілу суден для роботи на схемі» (розділ 2.3),

які розглядаються у відповідних розділах.

## **2.1 Методика визначення типорозміру баржебуксирного складу для роботи на схемі**

Задача розробки методики визначення типорозміру ББС для роботи на схемі (етап 2.1) вирішується в послідовності, представленої в роботі [5], і в розгорнутому вигляді являє собою наступну послідовність етапів (рис. В.3):

Етап 2.1.1 «Формування з вихідної множини буксирів типу  $i$  та барж типу  $j$  базису попередньо відібраних суден».

Етап 2.1.2 «Формування вихідної множини возів  $\lambda$  і визначення типорозмірів ББС типу  $z$ ».

Етап 2.1.3 «Визначення максимально допустимого завантаження комплекту барж типу  $j$ , що входять до складу ББС типу  $z$ ».

Етап 2.1.4 «Формування базису попередньо відібраних ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $l$ ».

Етап 2.1.5 «Визначення габаритних розмірів ББС типу  $z$  з базису попередньо відібраних суден».

Залежно від завдання, сформульованого на кожному етапі, рішення здійснюється розрахунковим і/або аналітичним способом. При цьому враховуються особливості експлуатації ББС при різних формах організації їх роботи.

Слід зазначити, що в дисертаційній роботі судна не ідентифікуються за належністю до СК (якщо перевезення здійснюється декількома СК, що входять до складу об'єднання за прикладом зарубіжної практики організації роботи ББС за схемою «Cooperation / opportunities for bundling» [126], що в перекладі позначає «Співпраця / можливості для комплектації»). Ідентифікація судна відбувається за наданим йому індексом в базі вихідних даних.

Етап 2.1.1. З наявного складу буксирного і баржевого флоту (вихідної безлічі тяги і тоннажу) з урахуванням плану поповнення і списання суден формується базис попередньо відібраних суден з буксирів типу  $i$  і барж типу  $j$  за ознакою відповідності ТЕХ ЕМ (призначення, району плавання, типу зчалення, габаритних характеристик та ін.) умовам майбутнього рейсу, а також можливість взаємного замінення тяги і тоннажу при освоєнні вантажопотоку декількома комплектами ВМ і/або ЕМ (модель організації роботи ББС «вертушка»). Слід зазначити, що буксир типу  $i$  в комбінації з возом  $\lambda$  складають ББС типу  $z$ .

Таким чином при формуванні базису попередньо відібраних суден з буксирів типу  $i$  і барж типу  $j$  застосовується варіантний метод відбору складових елементів ББС для певних умов рейсу.

В рамках вирішення завдання 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 наступну умову

$$Dч_p^{z\ell} \leq Dч_{max}^{z\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (2.1)$$

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  $\ell$ ;

$$Dч_{max}^{z\ell} = \min \left\{ Dч_p^{z\ell} \max_i, Dч_{max}^{z\ell} \right\} \quad (i = \overline{1, I}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}). \quad (2.2)$$

де  $Dч_p^z \max_i$  - максимальна реєстрова вантажопідйомність ББС типу  $z$  при роботі з буксиром типу  $i$ ;

$Dч \max_\ell$  - максимально допустима вантажопідйомність ББС при роботі на схемі  $\ell$ , виходячи з обмежень на трасі (табл. В.1-В.2).

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

$$Dч_p^{z\ell} = \sum_{j=1}^J Dч_j^z \cdot n_j^{z\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (2.3)$$

де  $Dч_j^z$  - 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 воза в освоєнні вантажопотоку визначається параметром ( $Y_{jz\ell}$ ), що визначає перевезення на схемі  $\ell$  вантажу  $r$  баржами типу  $j$ , які входять до складу ББС типу  $z$ .

$$Y_{jz\ell} = \begin{cases} 1, \text{ якщо баржі типу } j \text{ призначені для перевезення} \\ \text{вантажів } r \text{ на схемі } \ell \text{ в складі ББС типу } z \text{ (тобто} \\ \text{збігається призначення барж, їх район плавання} \\ \text{і лінійні параметри, а також зчіпний пристрій} \\ \text{дозволяє працювати в складі воза типу } \lambda); \\ 0, \text{ в іншому випадку.} \end{cases} \quad (2.4)$$

Типорозмір вoзу  $\lambda$  з барж типу  $j$ , що входить до складу ББС типу  $z$ , для розподілу наявного тоннажу за напрямками (схемами  $\ell$ ) визначається математичною моделлю (2.5) - (2.10), рішення якої забезпечує максимальне використання як лінійних характеристик суднового ходу за вантажопідйомністю, так і потужності СЕУ тяги. Крім того, в моделі обмежується загальна кількість необхідних суден (барж типу  $j$ ), наявним складом флоту з урахуванням його кількісних змін за рахунок, як убутку суден, так і поповнення.

$$Z = \sum_{j=1}^J x_{jz\ell} \cdot D\psi_j^z \cdot Y_{jz\ell} \rightarrow \max ; \quad (2.5)$$

$$\sum_{j=1}^J x_{jz\ell} \cdot D\psi_j^z \cdot Y_{jz\ell} \leq D\psi_{max}^{z\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) ; \quad (2.6)$$

$$\sum_{z=1}^Z \sum_{\ell=1}^L x_{jz\ell} \leq N_j \quad (j = \overline{1, J}) ; \quad (2.7)$$

$$Y_{jz\ell} = \{0, 1\} \quad (j = \overline{1, J}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) ; \quad (2.8)$$

$$x_{jz\ell} = 1, 2, \dots, P \quad (j = \overline{1, J}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) ; \quad (2.9)$$

$$x_{jz\ell} \geq 0 \quad (j = \overline{1, J}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) , \quad (2.10)$$

де  $x_{jz\ell}$  - кількість барж типу  $j$ , що входять до складу ББС типу  $z$  та працюють на схемі  $\ell$  для перевезення вантажу  $r$ ;

$N_j$  - наявний склад барж типу  $j$ .

Опис обмежень:

(2.6) – сумарне завантаження ББС типу  $z$  складається з барж типу  $j$ , які перевозять вантаж  $r$ , не може перевищувати лімітовану на схемі  $\ell$  максимально допустиму вантажопідйомність;

(2.7) - сумарне число барж типу  $j$  в складі всіх ББС не повинно перевищувати наявний склад флоту за баржам відповідного типу;

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

(2.9) - умова цілочисельності змінних;

(2.10) - умова невід'ємності змінних.

При наявності обмежень за кількістю барж у складі ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$  в модель вводиться обмеження:

$$\sum_{j=1}^J x_{jz\ell} \leq N_{maxj}^{\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (2.11)$$

де  $N_{maxj}^{\ell}$  - максимальна кількість барж типу  $j$  у возі ББС на схемі  $\ell$  в залежності від району плавання (табл. В.1-В.2).

Модель (2.5) - (2.11) справедлива при розподілі барж для роботи на одній схемі і залежить від роду вантажу, що перевозиться. Розподіл здійснюється за призначенням ВМ під перевезення певного вантажу. При розподілі наявного складу барж для роботи в складі ББС типу  $z$  за кількома схемами роботи  $\ell$ , в модель вводиться обмеження (2.12)

$$\sum_{\ell = n_{\ell} + 1}^L \sum_{j=1}^J x_{jz\ell} \leq N_j - \sum_{\ell=1}^{n_{\ell}} \sum_{j=1}^J n_j^{z\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (2.12)$$

де  $n_\ell$  - кількість розглянутих схем.

При цьому для подальших розрахунків приймаємо, що кількість барж типу  $j$  в складі ББС типу  $z$  працюють на схемі  $\ell$  для перевезення вантажу  $r$  ( $x_{jz\ell}$ ) позначається як  $n_j^{z\ell}$ .

Етап 2.1.3. В основі реалізації завдання визначення типорозміру ББС лежить залежність реєстрової вантажопідйомності комплекту барж типу  $j$ , що становлять віз  $\lambda$  ( $\lambda = \overline{1, \Lambda}$ ), від потужності двигуна буксира типу  $i$ .

Залежність реєстрової вантажопідйомності ББС від потужності СЕУ тяги представляється формулою

$$\rho_i = \frac{D_{чр}^z \max_i}{N_i^e} \quad (i = \overline{1, I}; z = \overline{1, Z}), \quad (2.13)$$

де  $\rho_i$  - питоме навантаження тяги (ЕМ) типу  $i$ ;

$N_i^e$  - потужність енергетичної установки тяги типу  $i$ .

Як відомо, ефективність роботи ББС забезпечується здебільшого за рахунок організації роботи суден. Значне місце при цьому посядає питання відповідності типорозміру судна умовам майбутнього рейсу, який коригується шляхом підбору певного типу буксира під відповідний віз з барж різних за типом і кількістю.

Число барж в складі веза залежить від максимально допустимої вантажопідйомності ББС при роботі на схемі  $\ell$ , виходячи з обмежень на трасі ( $D_{ч} \max_\ell$ ) і потужності енергетичної установки тяги типу  $i$ .

Виходячи із залежності, відображеної у формулі (2.13), зміна максимально допустимого завантаження комплекту барж ( $Q_{zr\ell}$ ) при

формуванні різних типів возів впливає на необхідну потужність енергетичної установки  $i$ /або питома навантаження тяги (ЕМ) типу  $i$ .

Таким чином, реалізація етапу 2.1.3 «Визначення максимально допустимого завантаження комплекту барж типу  $j$ , що входять до складу ББС типу  $z$ », дозволить скоротити вихідну множину типорозмірів возів барж за рахунок визначення граничної межі за ознакою максимального завантаження ББС з урахуванням обмежуючих факторів.

У роботах, присвячених організації перевезень на водному транспорті, викладаються різні методи обґрунтування вантажопідйомності суден. Так у роботі [105] систематизовані фактори, що впливають на вантажопідйомність, і запропоновані до розгляду кілька методів визначення оптимальної вантажопідйомності суден в залежності:

- від усіх витрат;
- від умови забезпечення безперебійної роботи портів;
- від габаритів шляху.

Однак, виходячи з практики експлуатації ББС, максимально допустиме завантаження комплекту барж або судна при оперативному плануванні доцільно визначати відповідно до методики, викладеної в роботі [5]:

$$Q_{zrl} = \min \{ Q_{zrl}^1; Q_{zrl}^2; Q_{zrl}^3; Q_{zrl}^4 \}, \quad (2.14)$$

де  $Q_{zrl}^1$  - максимально допустиме завантаження судна, що обумовлене осіданням судна;

$Q_{zrl}^2$  - максимально допустиме завантаження судна, виходячи з питомого навантажувального об'єму вантажу;

$Q_{zrl}^3$  - максимально допустиме завантаження судна, що встановлене за умовами плавання;

$Q_{zr\ell}^4$  - максимально допустиме завантаження судна, що обумовлене потужністю енергетичної установки тяги.

$$Q_{zr\ell}^1 = D\eta_p^z \max_i \cdot \frac{T_{e_{z\ell}} - T_{o_z}}{T_{p_z} - T_{o_z}} \quad (z = \overline{1, Z}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}), \quad (2.15)$$

де  $T_{e_{z\ell}}$  - експлуатаційне осідання ББС типу  $z$ , яке обмежене путьовими умовами схеми  $\ell$ ;

$T_{o_z}$  - осідання ББС типу  $z$  в порожньому стані;

$T_{p_z}$  - осідання ББС типу  $z$  при повному завантаженні, що відповідає реєстровій вантажопідйомності.

Вплив габаритів суднового ходу на вантажопідйомність суден розглянуто в розділі 1.2.

Експлуатаційне (або допустиме умовами плавання) осідання ББС ( $T_{e_{z\ell}}$ ), визначається путьовими умовами в залежності від способу організації роботи ББС  $k$ :

- по максимально допустимому осіданню ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$  виходячи з обмежень в портах або на трасі проходження при маршрутному способі організації їх роботи

$$T_{e_{z\ell}} = T \max_{\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (2.16)$$

де  $T \max_{\ell}$  - максимально допустиме осідання ББС на схемі  $\ell$  виходячи з обмежень.

$$T \max_{\ell} = \min \{ T \max_{\delta} \} \quad (\delta = \overline{1, \Theta}; \ell = \overline{1, L}), \quad (2.17)$$

де  $T_{max\delta}$  - максимально допустиме осідання ББС на ділянці  $\delta$  виходячи з обмежень.

- по максимально допустимому осіданню ББС типу  $z$  на ділянці  $\delta$  виходячи з обмежень в портах або на трасі проходження при ділянковому способі організації їх роботи

$$T_{e_z\ell} = T_{max\delta} \quad (\delta = \overline{1, \Theta}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) . \quad (2.18)$$

Експлуатаційне осідання судна на кожній ділянці, обмежене прохідними глибинами ( $T_{e1}^{z\delta}$ ) і висотою прольотів під мостами ( $T_{e2}^{z\delta}$ ) і визначається з виразів:

$$T_{max\delta} = \min\{T_{e1}^{z\delta}, T_{e2}^{z\delta}\} \quad (z = \overline{1, Z}; \delta = \overline{1, \Theta}) ; \quad (2.19)$$

$$T_{e1}^{z\delta} = h_z^\ell - h_\delta^\ell \quad (z = \overline{1, Z}; \delta = \overline{1, \Theta}) ; \quad (2.20)$$

$$T_{e2}^{z\delta} = H_{m_{min}}^{m\ell} - H_\delta^{z\ell} - h_\delta^\ell \quad (z = \overline{1, Z}; \delta = \overline{1, \Theta}) , \quad (2.21)$$

де  $h_z^\ell$  - мінімальна гарантована глибина суднового ходу на схемі  $\ell$ ;

$h_\delta^\ell$  - максимальний запас води під днищем на схемі  $\ell$ ;

$H_{m_{min}}^{m\ell}$  - мінімальне значення загальної висоти підмостового габариту мосту  $m$  на схемі  $\ell$  з урахуванням запасу висоти для безпечного проходження судна;

$H_\delta^{z\ell}$  - мінімальне значення надводної висоти ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$ ,

$$h_z^\ell = \min\{h_{z\delta}^\ell\} \quad (\delta = \overline{1, \Theta}; \ell = \overline{1, L}) , \quad (2.22)$$

де  $h_{z\delta}^{\ell}$  - гарантована глибина суднового ходу на ділянці  $\delta$  схеми  $\ell$ ;

$$h_{\delta}^{\ell} = \max\{h_{\delta\delta}^{\ell}\} \quad (\delta=\overline{1,\Theta}; \ell=\overline{1,L}), \quad (2.23)$$

де  $h_{\delta\delta}^{\ell}$  - запас води під днищем на ділянці  $\delta$  схеми  $\ell$ ;

$$H_{Mmin}^{m\ell} = \min\{H_M^{m\ell}\} \quad (m=\overline{1,M}; \ell=\overline{1,L}), \quad (2.24)$$

де  $H_M^{m\ell}$  - значення загальної висоти підмостового габариту мосту  $m$  на схемі  $\ell$  з урахуванням запасу висоти для безпечного проходження судна;

$M$  - кількість мостів на схемі  $\ell$ .

Допустиме завантаження судна, виходячи з питомого навантажувального об'єму вантажу, визначається з виразу

$$Q_{zr\ell}^2 = \begin{cases} D\omega_p^{z\ell}, & u_r < \omega_z; \\ \frac{W_z}{u_r}, & u_r \geq \omega_z \end{cases} \quad (\delta=\overline{1,\Theta}; z=\overline{1,Z}; r=\overline{1,R}; \ell=\overline{1,L}), \quad (2.25)$$

де  $u_r$  - питома-навантажувальний об'єм вантажу  $r$ ;

$\omega_z$  - питома вантажомісткість ББС типу  $z$ ;

$W_z$  - вантажомісткість ББС типу  $z$ .

Максимально допустиме завантаження ББС типу  $z$  ( $Q_{zr\ell}^3$ ), що визначається за класом ВВШ, який встановлюється за обмеженнями умов плавання:

$$Q_{zr\ell}^3 = \text{Дч } \max_{\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}) ; \quad (2.26)$$

$$\text{Дч } \max_{\ell} = \min\{\text{Дч } \max_{\delta}\} \quad (\delta = \overline{1, \Theta}; \ell = \overline{1, L}) , \quad (2.27)$$

де  $\text{Дч } \max_{\delta}$  - максимально можлива вантажопідйомність ББС при роботі на ділянці  $\delta$  виходячи з обмежень (табл. В.1-В.2). Максимально можлива вантажопідйомність ББС при роботі на схемі  $\ell$ , виходячи з обмежень на трасі, оголошується заздалегідь відповідними компетентними службами або визначається дослідним шляхом.

Максимально допустиме завантаження ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$  ( $Q_{zr\ell}^4$ ), яке визначається максимальною реєстровою вантажопідйомністю ББС типу  $z$  при роботі з буксиром типу  $i$  виходячи з виразу (2.13):

$$Q_{zr\ell}^4 = \text{Дч}_p^z \max_i = \rho_i \cdot N_i^e \quad (i = \overline{1, I}; z = \overline{1, Z}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}) . \quad (2.28)$$

Для вирішення завдання на етапі 2.1.4. в першому наближенні визначається можливість роботи тяги типу  $i$  з возом з барж типу  $j$  в складі ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$  визначається параметром управління ( $Y_{iz\ell}$ ) приймають таке значення:

$$Y_{iz\ell} = \begin{cases} 1, \text{ якщо буксир типу } i, \text{ входить до складу} \\ \text{ББС типу } z \text{ для роботи на схемі } \ell; \\ 0, \text{ в іншому випадку.} \end{cases} \quad (2.29)$$

На підставі вищевикладеного можна стверджувати, що на значення параметра впливає дотримання наступної умови:

$$\rho_i \geq \frac{Q_{zr\ell}}{N_i^e} \quad (i=\overline{1,I}; z = \overline{1,Z}; r=\overline{1,R}; \ell=\overline{1,L}), \quad (2.30)$$

Іншими словами,

$$Y_{iz\ell} = \begin{cases} 1, \text{якщо } \rho_i \geq \frac{Q_{zr\ell}}{N_i^e} & (i=\overline{1,I}; z = \overline{1,Z}; r=\overline{1,R}; \ell=\overline{1,L}); \\ 0, \text{інакше.} \end{cases} \quad (2.31)$$

Таким чином, ряди буксирів типу  $i$  в комбінації з возом барж  $\lambda$  в складі ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$  утворюють безліч ББС, якщо дотримуються умови 2.31 - 2.33:

$$\rho_i \geq \frac{Q_{zr\ell}}{N_i^e} \quad (i=\overline{1,I}; z = \overline{1,Z}; r=\overline{1,R}; \ell=\overline{1,L}) ; \quad (2.32)$$

$$\rho_i - \frac{Q_{zr\ell}}{N_i^e} \rightarrow 0 \quad (i=\overline{1,I}; z = \overline{1,Z}; r=\overline{1,R}; \ell=\overline{1,L}) . \quad (2.33)$$

Формування базису попередньо відібраних ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$  виконується згідно послідовності операцій, яка представлена на рис. 2.1.

У блоці 6 здійснюється відбір буксира для роботи в складі ББС типу  $z$  для яких  $Y_{iz\ell} = 1$ . На виході з блоку 8 формується матриця результатів

попереднього відбору суден для роботи на схемі в складі ББС типу  $z$ , яка має вигляд, представлений в таблиці Д.1.

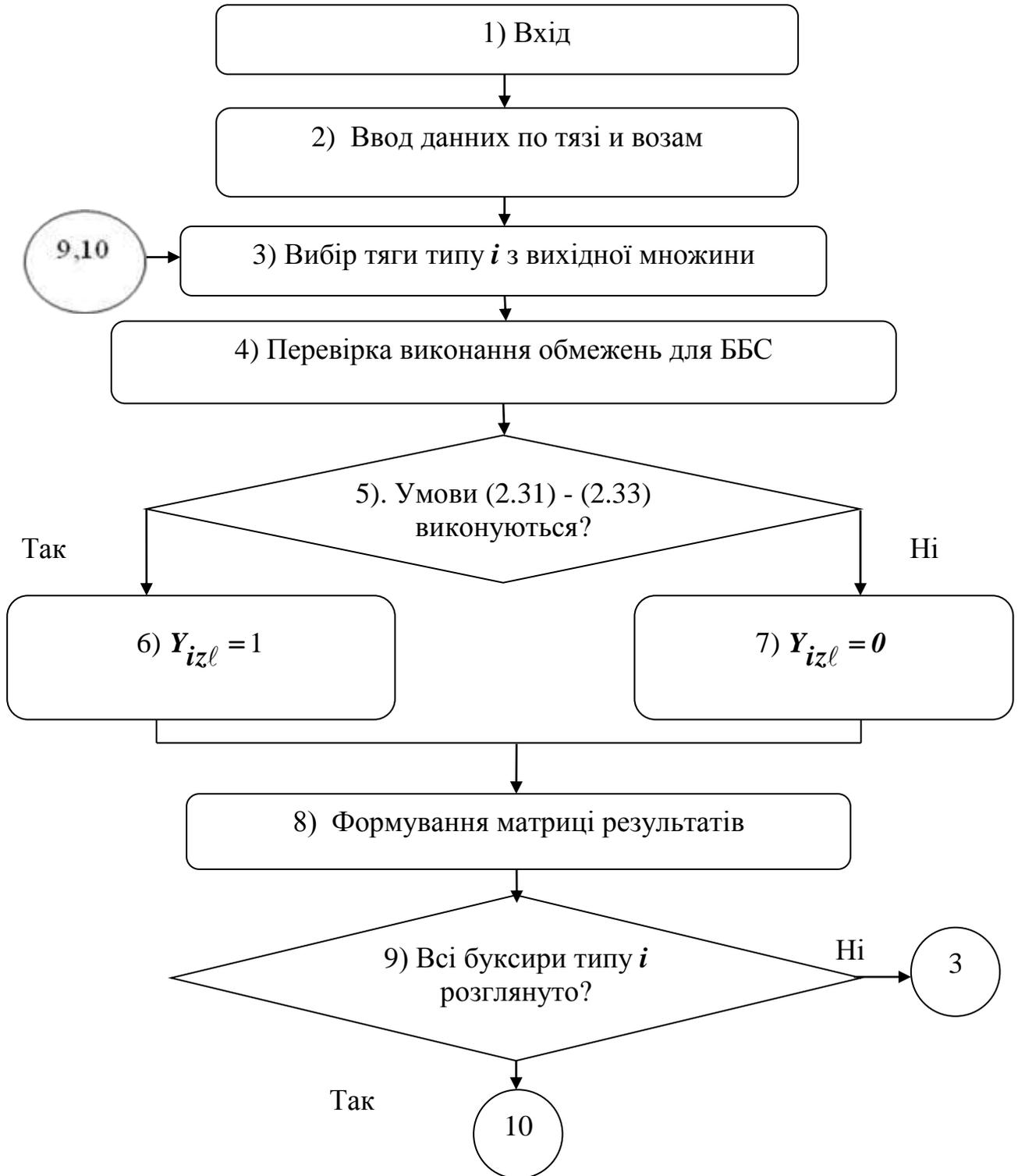


Рисунок 2.1, лист 1 - Склад і послідовність операцій відбору тяги для роботи в складі ББС типу  $z$

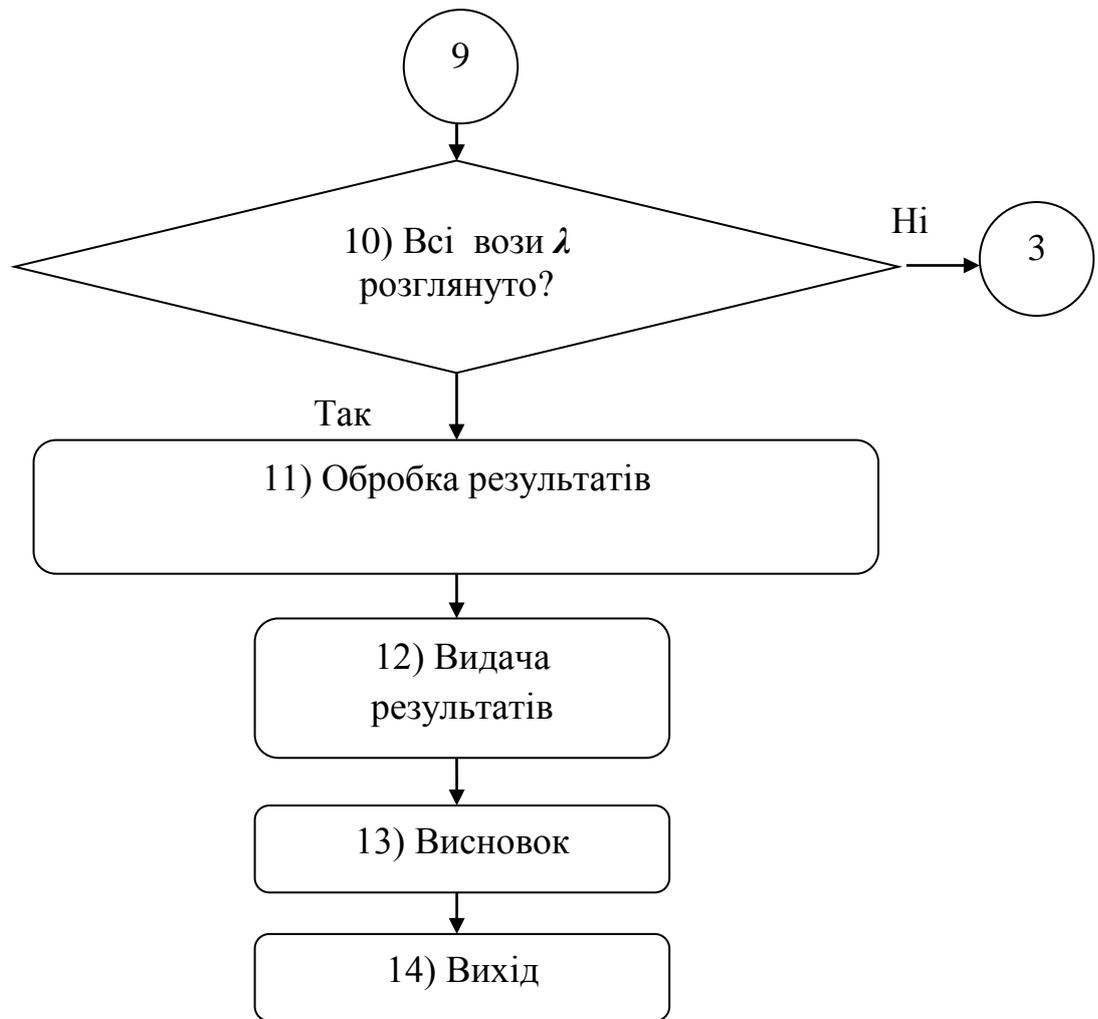


Рисунок 2.1, лист 2

У блоці 11 при обробці результатів і перевірці виконання умов (2.31 - 2.33) відбувається формування безлічі ББС типу  $z$  з пріоритетних рядів тяги типу  $i$  і возів  $\lambda$  для роботи на схемі  $\ell$ .

В результаті обробки даних (блок 11) робиться висновок, що для роботи на схемі (ділянці) розглянуті всі попередньо відібрані на етапі 2.1.1 складові елементи ББС. Якщо для комбінації тяги типу  $i$  і воза  $\lambda$  з матриці  $z = \{i \lambda\}$  виконується умова, то ББС типу  $z$ , що розглядаються, формують базис попередньо відібраних суден. Ознакою «0» позначається недоцільність використання розглянутої тяги типу  $i$  і воза  $\lambda$  в складі ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$  (ділянці  $\delta$ ), оскільки для них не дотримуються умови (2.31) - (2.33).

Формування базису попередньо відібраних ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$ , здійснюється в блоці 12 на підставі результатів, представлених в табл. Д.1. Присвоєння  $z$  порядкового номера здійснюється построчно, починаючи з клітини, яка утворюється перетинанням рядка ( $i = I$ ) і стовпця ( $\lambda = I$ ).

На виході в блоці 13 отримуємо всі можливі комбінації буксирів і барж (базис попередньо відібраних ББС типу  $z$ ) з наявного і/або орендованого флоту для роботи на напрямку. Ефективність роботи відібраних суден підлягає подальшому математичному обґрунтуванню (див. розділ 2.3).

У першому наближенні для попередньої оцінки виконання завдання на етапі 2.1.4 шляхом підбору буксира під віз для забезпечення найбільшої ефективності роботи ББС застосовна наступна методика, яка вимагає виконання умов (2.34) - (2.36).

$$Dch_p^z \max_i \cong Dch_p^{\ell} \quad (i=\overline{1,I}; \ell=\overline{1,L}; z = \overline{1, Z}); \quad (2.34)$$

$$Dch_p^z \max_i \rightarrow Dch_p^{\ell} \quad (i=\overline{1,I}; \ell=\overline{1,L}; z = \overline{1, Z}); \quad (2.35)$$

$$Dch_p^z \max_i \geq Dch_p^{\ell} \quad (i=\overline{1,I}; \ell=\overline{1,L}; z = \overline{1, Z}). \quad (2.36)$$

Таким чином, формування пріоритетного ряду ББС типу  $z$  з возів  $\lambda$  і буксирів типу  $i$  виконується на базі виконання умов представлених формулами (2.34) - (2.36) в порядку убуття значення показника

$K_{\xi}^Q = \frac{Q_{zr\ell}}{Dch_p^z \max_i}$  і описується виразом:

$$K_1^Q > K_2^Q > \dots > K_{\xi}^Q > \dots > K_{\Xi}^Q \quad (\xi=\overline{1,\Xi}). \quad (2.37)$$

За результатами розрахунків робиться висновок з формуванням пріоритетного ряду ББС типу  $z$ , типорозмір яких дозволяє їм працювати на певній схемі з відомим вантажопотоком і варіантом організації руху барж і буксирів.

На етапі 2.1.5 враховується, що габаритні ББС залежать від способу водіння (буксирування або штовхання), способу зчеплення (гнучкий або жорсткий), кількості барж в складі, способу формування складу (кільватерний або пижевий), конструктивного типу кормової та носової частини баржі (з транцевим або врізним упором) (див. розділ 1.2.1).

У першому наближенні на підставі загальноприйнятих формул [33] обчислюються головні лінійні характеристики (Додаток Г).

Емпіричні розрахунки за наведеною методикою представлені в Додатку Ж.

## **2.2 Імітаційні моделі відбору суден для роботи на схемі при різних варіантах організації роботи баржебуксирних суден**

Економічний ефект від роботи суден в значній мірі досягається за рахунок оптимальної розстановки суден за схемами (напрямами), що забезпечує досягнення найкращого значення критерію якості.

Завдання розстановки суден за схемами досить складне. Для спрощення розрахунків на першому етапі рішення задачі організації роботи ББС в ТТС доцільно провести відбір суден, які можуть працювати на схемі (напрямку) при певному варіанті організації їх роботи. При відборі враховуються обмеження на трасі за вантажопідйомністю й лінійними характеристиками. При вирішенні поставленого завдання доцільно застосувати імітаційне моделювання, результатом якого є алгоритми, які представлені на рис. 2.2 - 2.4 у вигляді блок - схем зі складу та послідовностей операцій. Також визначається можливість роботи ББС на

схемі та варіант організації їх роботи. Дані алгоритми відрізняються для різних схем роботи ББС в залежності від принципу експлуатації (маршрутна, збірна відправка) і способу організації роботи тяги («ділянковий» - при роботі за системою тягових плечей або «наскрізний» - на весь маршрут прямування) (див. розділ 1.2.1).

Алгоритми передбачають попередній відбір ББС типу  $z$  з представленого масиву даних (пріоритетного ряду ББС типу  $z$ ) за допомогою перевірки відповідності їх характеристик максимально допустимим, що накладаються обмеженнями на маршруті прямування.

При вирішенні поставленого завдання, слід враховувати наступні вимоги та умови здійснення рейсу:

а) вантаж може бути доставлений з декількох річкових портів в рейдовий порт ББС річкового або змішаного ріка-море плавання, як в прямому, так і в зворотному напрямку;

б) вантаж може бути доставлений морським судном або судном змішаного плавання як з морського порту в рейдовий (гирлової) порт, так і в зворотному напрямку;

в) вантажі можуть бути перевезені в прямому і зворотному напрямку між внутрішніми річковими портами (якщо доставка економічно виправдана);

г) на трасі можуть бути опорні пункти (пункти зміни умов рейсу);

д) можливі різні комбінації ББС з барж (секцій) різної вантажопідйомності й буксирів (тягачів) різної потужності.

Виходячи з того, що основними варіантами організації роботи ББС є:

а) збірні перевезення (а також відправки і вози) - при яких ВМ і їх число в складі воза може змінюватися під час перевезення;

б) маршрутні перевезення (а також відправки і вози) при яких ВМ і їх число не змінюється протягом усього рейсу;

с) ділянковий спосіб організації роботи тяги, при якій ББС працюють за системою тягових плечей з закріпленням буксира за певною ділянкою (плечем);

д) наскрізний спосіб організації роботи тяги, при якій ББС здійснює перевезення з початкового порту в кінцевий (річковий або морський порт, рейд порту)

пропонуються наступні три варіанти імітаційних моделей відбору і закріплення ББС для роботи за схемою з відповідним поданням складу операцій з відбору суден ( $k = a, b, c$ ):

- варіант 1. При маршрутній відправці і наскрізному способі організації роботи тяги ( $k = a$ );

- варіант 2. При збірній відправці і наскрізному способі організації роботи тяги ( $k = b$ );

- варіант 3. При роботі по системі тягових плечей і ділянковому способі організації роботи тяги ( $k = c$ ).

Кожен варіант заснований на необхідності проведення аналізу можливості роботи ББС на ділянці з урахуванням впливу лімітуючих характеристик траси на ТЕХ судна.

При вивченні роботи ББС (див. розділ 1.2.3) прийшли до висновку, що на їх типорозмір впливають переважно географічні чинники, такі як район плавання; параметри суднового ходу (прямолінійність, кривизна, ширина, глибина, звивистість, наявність шлюзів); параметри течії (швидкість і напрямок); вітро-хвильової режим; параметри рівня води; інші характеристики ВВШ (ухил річки, ґрунт дна і його стан, наявність рослинності, тривалість навігації) та інші групи чинників.

В прямій залежності від перерахованих факторів знаходяться такі параметри ББС, що впливають на його типорозмір, як лінійні характеристики, кількість барж в складі, загальна вантажопідйомність.

Аналіз взаємозалежних зв'язків між фактором і параметром судна показав наступне:

а) лінійні характеристики траси на переході і в портах відправлення і призначення впливають на клас водних шляхів ділянки переходу:

- 1) гарантовані глибини обмежують осідання судна;
- 2) радіус заокруглення та довжина шлюзової камери обмежують довжину судна;
- 3) ширина фарватеру та шлюзової камери обмежують ширину складу;
- 4) висота прольоту під мостами обмежує висоту судна над водою з рангоутом;

б) характеристики партії вантажу впливають на вибір типу рухомого складу і на необхідну вантажопідйомність ББС;

с) тягове зусилля на гаку буксира впливає на максимальну реєстрову вантажопідйомність возу в складі ББС.

Врахування виявлених залежностей дозволить спростити процес формування пріоритетного ряду ББС і, отже, скоротити загальний час на організацію ТП.

Імітаційна модель заснована на необхідності проведення аналізу можливості роботи ББС типу  $z$  на ділянці з урахуванням впливу обмежень траси на ТЕХ судна (найбільшу довжину і ширину ББС, його вантажопідйомність і осідання з вантажем). Для цього необхідно:

- визначити на схемі руху ділянки  $\delta$ , на яких значення характеристик судового ходу різко відрізняються;

- позначити їх межі;

- виходячи з обмежень на трасі визначити максимально допустиму на ділянці  $\delta$  схеми  $\ell$  вантажопідйомність ББС і (або) кількість барж типу  $j$ .

Моделью передбачається попередній відбір ББС типу  $z$  з представленого ряду суден, що запропоновані для роботи на схемі за допомогою перевірки відповідності їх характеристик максимально

допустимим параметрам. Методика формування типорозміру ББС, результатом якої є ряд суден, які запропоновані для роботи на схемі, представлена в розділі 2.1.

У моделі, окрім тих що наведені раніше, застосовуються наступні позначення:

$L_{z\ell}$  - загальна довжина ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$B_{z\ell}$  - загальна ширина ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$Te_{z\ell}$  - експлуатаційне осідання ББС типу  $z$ , яке обмежене шляховими умовами схеми  $\ell$ ;

$Lmax_{\delta}$  - максимально допустима довжина ББС на ділянці  $\delta$  виходячи з обмежень;

$Bmax_{\delta}$  - максимально допустима ширина ББС на ділянці  $\delta$ , виходячи з обмежень;

$Lmax_{\ell}$  - максимально допустима довжина ББС на схемі  $\ell$ , виходячи з обмежень:

$$Lmax_{\ell} = max\{Lmax_{\delta}\} \quad (\delta=\overline{1, \Theta}; \ell=\overline{1, L}) ; \quad (2.38)$$

$Bmax_{\ell}$  - максимально допустима ширина ББС на схемі  $\ell$ , виходячи з обмежень:

$$Bmax_{\ell} = max\{Bmax_{\delta}\} \quad (\delta=\overline{1, \Theta}; \ell=\overline{1, L}) ; \quad (2.39)$$

$\Delta D_{ч}$  - межа допустимого відхилення в завантаженні, яке визначається розміром марджіна, згідно з укладеними договорами перевезення.

Оскільки при маршрутній відправці вантаж завантажується в порту відправлення і направляється в порт призначення, то доцільно розглядати

можливість роботи ББС на схемі при виконанні наступних обмежень в цілому для схеми  $\ell$ :

$$Q_{zr\ell} \leq D\mathbf{c}_p^{z\ell} - \Delta D\mathbf{c} \quad (z = \overline{1, Z}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}) ; \quad (2.40)$$

$$D\mathbf{c}_p^{z\ell} \leq D\mathbf{c} \max_{\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) ; \quad (2.41)$$

$$T_{e_z\ell} \leq T \max_{\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) ; \quad (2.42)$$

$$L_{z\ell} \leq L \max_{\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) ; \quad (2.43)$$

$$B_{z\ell} \leq B \max_{\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) . \quad (2.44)$$

Значення обмежень полягає в наступному:

(2.40) - Максимально допустиме завантаження ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$  повинно бути менше або дорівнювати реєстровій вантажопідйомності ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$  з урахуванням межі допустимого відхилення в завантаженні, яке визначається розміром марджіна;

(2.41) - Реєстрова вантажопідйомність ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$  повинна бути менше або дорівнювати максимально допустимій вантажопідйомності ББС при роботі на схемі  $\ell$ .

(2.42) - (2.44) - При організації нормальної роботи ББС необхідно також перевірити можливість його роботи на схемі шляхом співставлення лінійних характеристик судна і шляху схеми  $\ell$ .

Дотримання обмежень (2.40) - (2.44) визначається наступним параметром:

$$X_{z\ell} = \{0, 1\} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) . \quad (2.45)$$

Склад і послідовність операцій в імітаційній моделі відбору суден для роботи на схемі при маршрутному сполученні представлені на рис. 2.2.

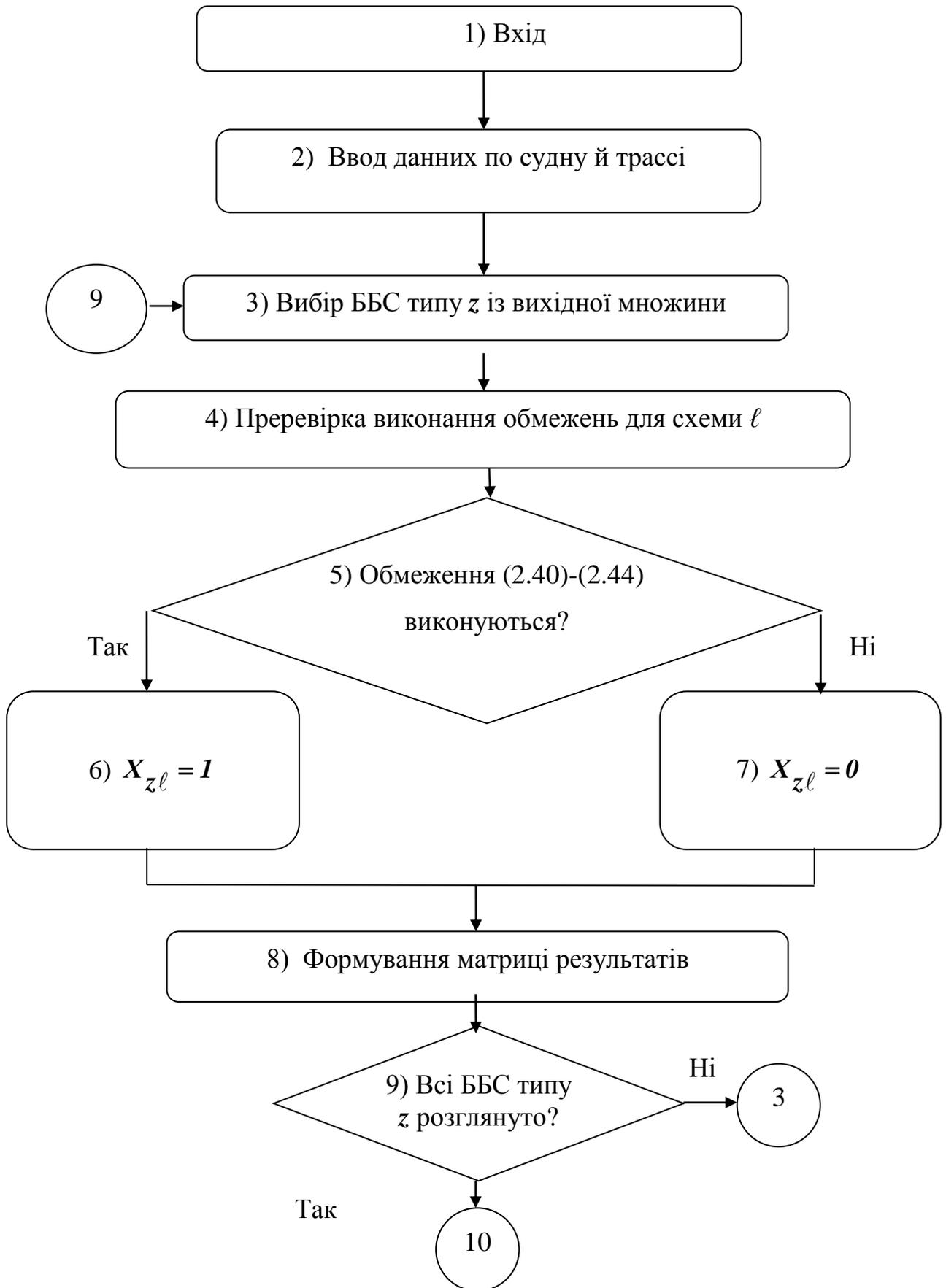


Рисунок 2.2, лист 1 – Склад і послідовність операцій в імітаційній моделі відбору суден для роботи на схемі при маршрутному сполученні



Рисунок 2.2, лист 2

Присвоєний в блоці 6 № 1 означає, що дотримуються обмеження (2.40) - (2.44), а ББС завантажується повністю в початковому пункті ( $d_n^{r(s)}$  де  $n = 1$ ) схеми  $\ell$  по максимально допустимому вантажопідйомності з урахуванням допустимого відхилення.

Клітинки, які позначені «0», в блоці 7 відзначають недоцільність використання ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$ , оскільки не повністю використовується вантажопідйомність ББС ( $Dz_p^z$ ) або його лінійні характеристики ( $Te_{z\ell}, L_{z\ell}, B_{z\ell}$ ) не відповідають вимогам схеми до суден.

У блоці 8 формується матриця результатів попереднього відбору суден для роботи на схемі.

Ітерації виконуються, доки не будуть перевірені всі ББС типу  $z$ .

В результаті обробки даних, відповідно до наведеної методики, на виході з блоку 8 отримуємо інформацію для аналізу у вигляді таблиці, приклад якої представлений в табл. Е.1.

У блоці 10 виконується обробка результатів, в результаті якої визначається можливість роботи ББС типу  $z$  за схемою  $\ell$  при даному варіанті організації їх роботи.

У блоці 11 виконується формування базису суден  $S^a = \{z^{a\ell}\}$  для роботи між портами  $d_n^{r(s)} \leftrightarrow a_n^{r(s)}$  при варіанті організації роботи суден на маршрутному сполученні  $a$ .

У блоці 12 складається пріоритетний ряд з ББС типу  $z$  для роботи за схемою за допомогою виконання наступних умов:

$$Dч_p^{z\ell} \rightarrow Dч \max_{\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) ; \quad (2.46)$$

$$Dч \max_{\ell} = \min\{Dч \max_{\delta}\} \quad (\delta = \overline{1, \Theta}; \ell = \overline{1, L}) ; \quad (2.47)$$

$$Dч_p^{1\ell} > Dч_p^{2\ell} > , \dots , > Dч_p^{z\ell} > , \dots , > Dч_p^{Z\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) . \quad (2.48)$$

Таким чином, перший порядковий номер присвоюється ББС типу  $z$ , для котрого значення  $Dч_p^{z\ell}$  найбільше, а далі в порядку убуття значення цього показника.

Надалі повинна бути проведена оцінка доцільності експлуатації ББС типу  $z$  і його подальше закріплення за схемою рейсу  $\ell$ .

Збірні перевезення застосовуються як у випадку істотних відмінностей судноплавних характеристик (умов плавання) ділянок траси, так і при освоєнні основного і факультативного вантажопотоків. Для збільшення економічної ефективності перевезень доцільно, в даному випадку, заходити в додатковий порт в наступних випадках:

- а) за додатковою баржею (або здачі баржі);
- б) для довантаження (паузки),

за умови практичної можливості здійснення зазначених операцій.

Тому при відборі судна для роботи на такій схемі необхідно виконати перевірку наступних обмежень для всіх ділянок  $\delta$  схеми  $\ell$  послідовно для кожного ББС типу  $z$ :

$$Q_{zr\ell} \leq D\varphi_p^{z\ell} - \Delta D\varphi \quad (z = \overline{1, Z}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}); \quad (2.49)$$

$$D\varphi \max_{\delta} \geq D\varphi \max_{\delta-1} \quad (\delta = \overline{1, \Theta}); \quad (2.50)$$

$$D\varphi \max_{\delta} \leq D\varphi \max_{\ell} \quad (\delta = \overline{1, \Theta}; \ell = \overline{1, L}); \quad (2.51)$$

$$D\varphi_p^{z\ell} \leq D\varphi \max_{\delta} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}; \delta = \overline{1, \Theta}); \quad (2.52)$$

$$Q_{zr\ell} \leq D\varphi \max_{\delta} - \Delta D\varphi \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}; \delta = \overline{1, \Theta}); \quad (2.53)$$

$$T_{z\ell} \leq T \max_{\delta} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}; \delta = \overline{1, \Theta}); \quad (2.54)$$

$$L_{z\ell} \leq L \max_{\delta} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}; \delta = \overline{1, \Theta}); \quad (2.55)$$

$$B_{z\ell} \leq B \max_{\delta} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}; \delta = \overline{1, \Theta}). \quad (2.56)$$

Дотримання зазначених обмежень визначає доцільність заходу в додатковий порт. Обмеженням ( $\varphi$ ) (2.49) - (2.56) присвоюємо порядковий номер послідовно ( $\varphi = \overline{1, 8}$ ), зміст яких полягає у наступному.

Обмеження справедливі при русі як від гирла до витоку, так і в зворотному напрямку, оскільки нумерація ділянок йде від витоку до гирла і залишається постійною незалежно від напрямку руху. Для цього необхідно, щоб максимально допустима вантажопідйомність на кожній наступній ділянці була більше або дорівнювала максимально допустимій вантажопідйомності попередньої ділянки (2.50). При цьому максимально допустима вантажопідйомність на кожній ділянці повинна бути менше або дорівнювати максимально допустимій вантажопідйомності на трасі (2.51). Реєстрова вантажопідйомність ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$  повинна дорівнювати максимально допустимій вантажопідйомності на ділянці (2.52).

Максимально допустиме завантаження ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$  повинно бути менше або дорівнювати допустимій вантажопідйомності на ділянці з урахуванням допустимого відхилення (2.53). Зміст інших обмежень аналогічний (2.40) – (2.44).

Склад і послідовність операцій в імітаційній моделі відбору суден для роботи на схемі при збірній відправці представлений на рис. 2.3. На відміну від попереднього варіанту імітаційної моделі (див. рис. 2.2), в даному варіанті розглядається можливість дозавантаження або паузки всіх суден з пріоритетного ряду матриці даних ББС типу  $z$  на всіх ділянках схеми.

Присвоєний № 1 в блоці 6 позначає, що ББС типу  $z$  може бути завантажене (довантажено) по максимальному допустимому вантажопідйомність судна на ділянці в початковому пункті схеми  $\ell$ , або в проміжному порту заходу і його характеристики відповідають вимогам. Якщо ББС не може бути завантажене по *Дч max  $\delta$*  на ділянці  $\delta$ , то розглядається можливість дозавантаження на наступній ділянці  $\delta + 1$ .

Клітинки, які позначені «0», відзначають недоцільність використання ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$ , оскільки не повністю використовується вантажопідйомність ББС або його лінійні характеристики не відповідають вимогам схеми до суден.

На виході в блоці 8 маємо для аналізу інформацію, приклад якої представлений в табл. Е.2.

Ітерації виконуються, поки не будуть перевірені всі ділянки  $\delta$  (блок 9) і ББС типу  $z$  (блок 11).

В ході обробки результатів (блок 12) визначається, на яких ділянках судна можуть бути повністю завантажені або довантажені (чи розвантажені при роботі ББС в зворотному напрямку руху), а також де потрібно переформування складу, через невідповідність його габаритів параметрам суднового ходу.

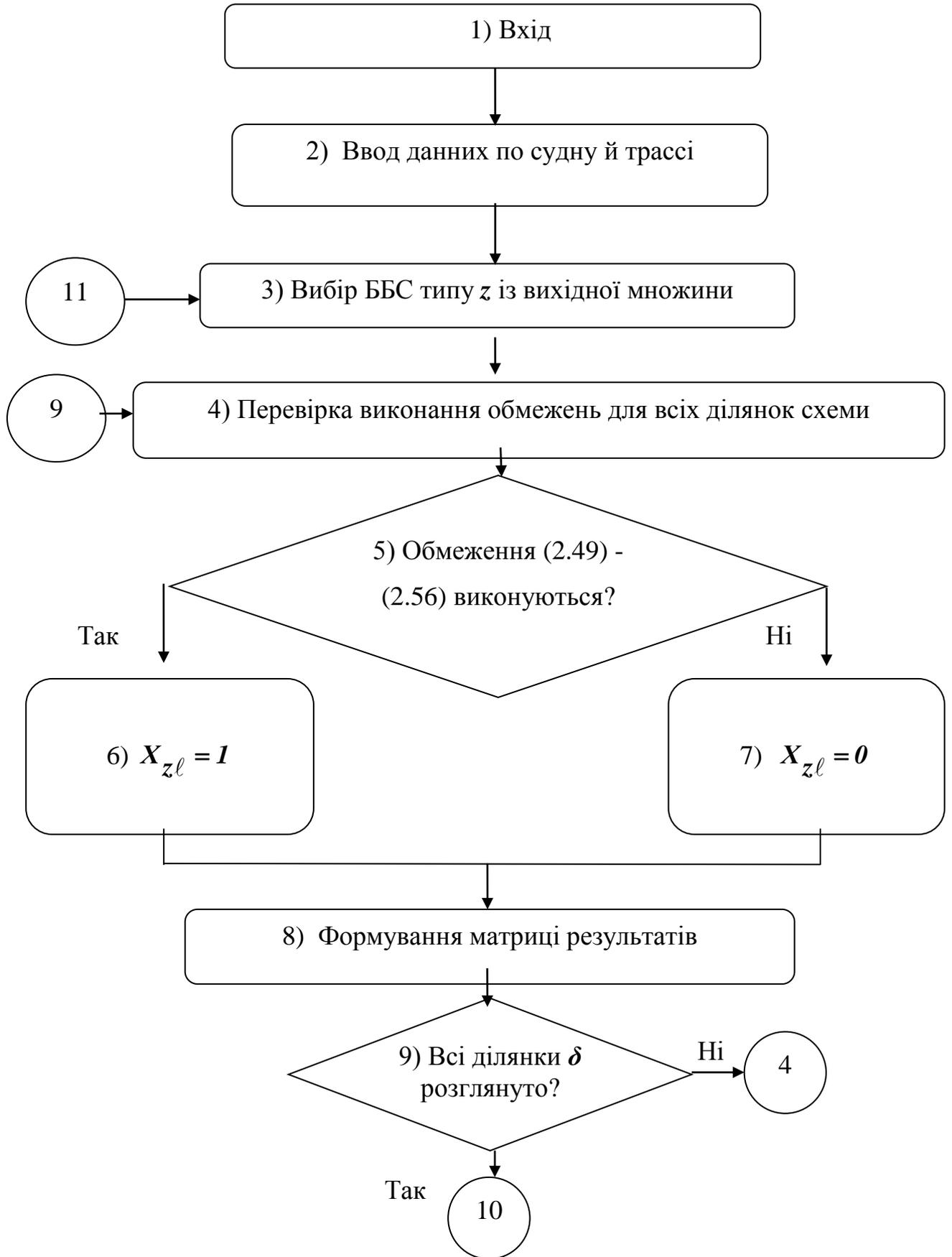


Рисунок 2.3, лист 1 - Склад і послідовність операцій в імітаційній моделі відбору суден для роботи на схемі при збірній відправці

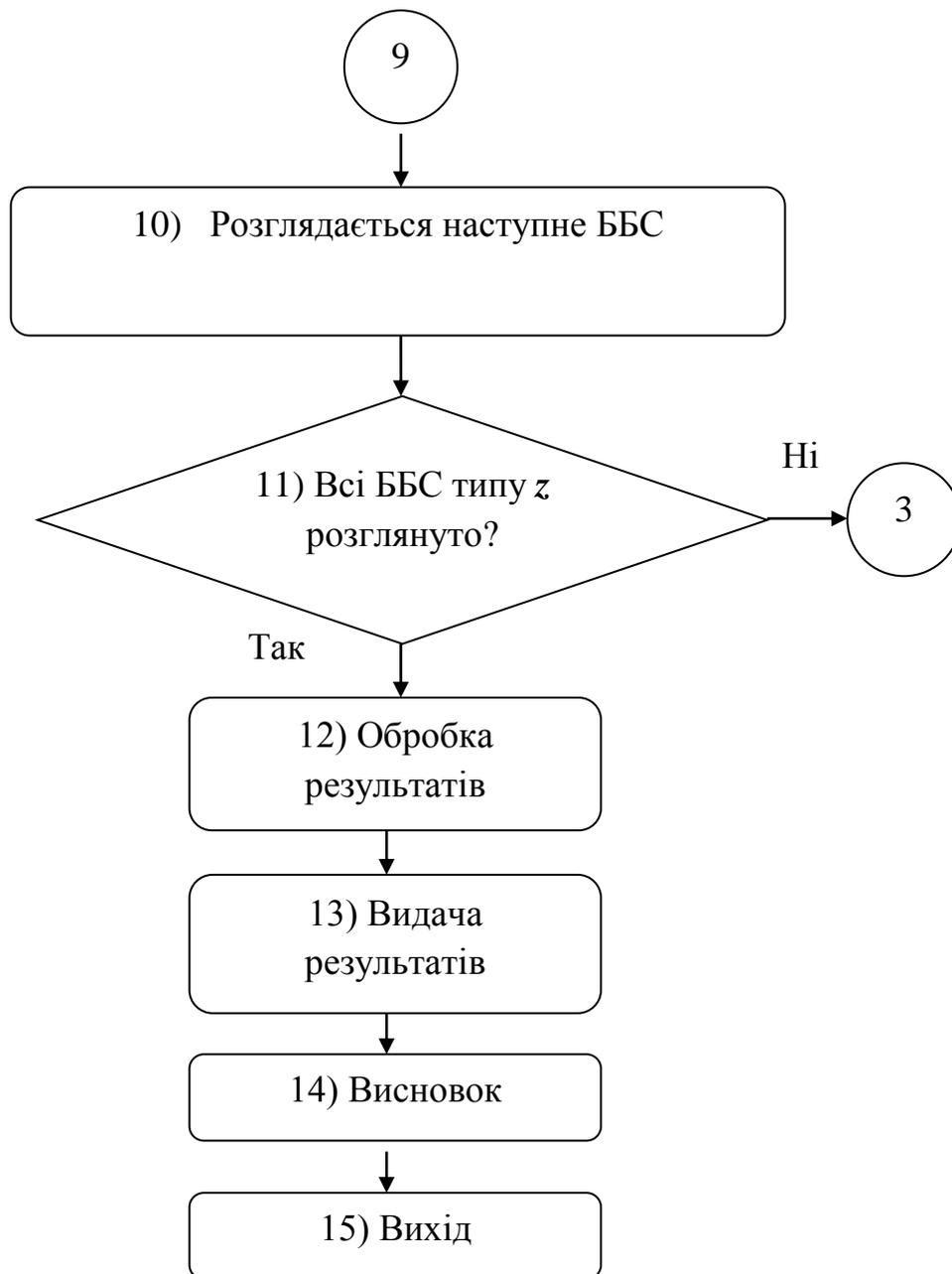


Рисунок 2.3, лист 2.

В результаті обробки даних робиться висновок, що всі ділянки і ББС розглянуті. ББС, для яких на певній ділянці значення в матриці  $\{z\delta\}$  дорівнює «1», може бути повністю завантажено на ділянці  $\delta$  і його лінійні вимірювання відповідають обмеженням. Клітини, які зафіксовані ознакою «0» позначають недоцільність використання ББС типу  $z$  на ділянці  $\delta$ .

У блоці 13 виконується формування базису суден  $S^b = \{z^{b\ell}\}$ , які повинні бути розглянутими, як можливі ББС типу  $z$  для роботи за схемою  $\ell$  між портами  $d_n^{r(s)} \leftrightarrow a_\pi^{r(s)}$  при варіанті організації роботи суден при збірній відправці  $b$ .

Послідовність операцій при формуванні пріоритетного ряду суден виконується відповідно до умов (2.46) - (2.48).

Представлений на рис. 2.4 склад і послідовність операцій в імітаційній моделі відбору суден для роботи на схемі з використанням тягових плечей багато в чому виявляють схожість з моделями, представленими на рис. 2.2 - 2.3, що є наслідком аналогії застосовуваних принципів при організації роботи суден на них.

При відборі суден для роботи з використанням тягових плечей необхідно виконати перевірку наступних обмежень для всіх ділянок  $\delta$  схеми  $\ell$  послідовно для кожного ББС типу  $z$ :

$$Q_{zr\ell} \leq D\bar{c}_p^{z\ell} - \Delta D\bar{c} \quad (z = \bar{1}, \bar{Z}; r = \bar{1}, \bar{R}; \ell = \bar{1}, \bar{L}); \quad (2.57)$$

$$D\bar{c}_p^{z\ell} \leq D\bar{c} \max_{\delta} \quad (z = \bar{1}, \bar{Z}; \ell = \bar{1}, \bar{L}; \delta = \bar{1}, \bar{\Theta}); \quad (2.58)$$

$$D\bar{c} \max_{\delta} \leq D\bar{c} \max_{\ell} \quad (\delta = \bar{1}, \bar{\Theta}; \ell = \bar{1}, \bar{L}); \quad (2.59)$$

$$T\bar{e}_{z\ell} \leq T \max_{\delta} \quad (z = \bar{1}, \bar{Z}; \ell = \bar{1}, \bar{L}; \delta = \bar{1}, \bar{\Theta}); \quad (2.60)$$

$$L_{z\ell} \leq L \max_{\delta} \quad (z = \bar{1}, \bar{Z}; \ell = \bar{1}, \bar{L}; \delta = \bar{1}, \bar{\Theta}); \quad (2.61)$$

$$B_{z\ell} \leq B \max_{\delta} \quad (z = \bar{1}, \bar{Z}; \ell = \bar{1}, \bar{L}; \delta = \bar{1}, \bar{\Theta}). \quad (2.62)$$

Фізичний зміст обмежень (2.57) - (2.62) має значення аналогічне до обмежень (2.49) - (2.56).

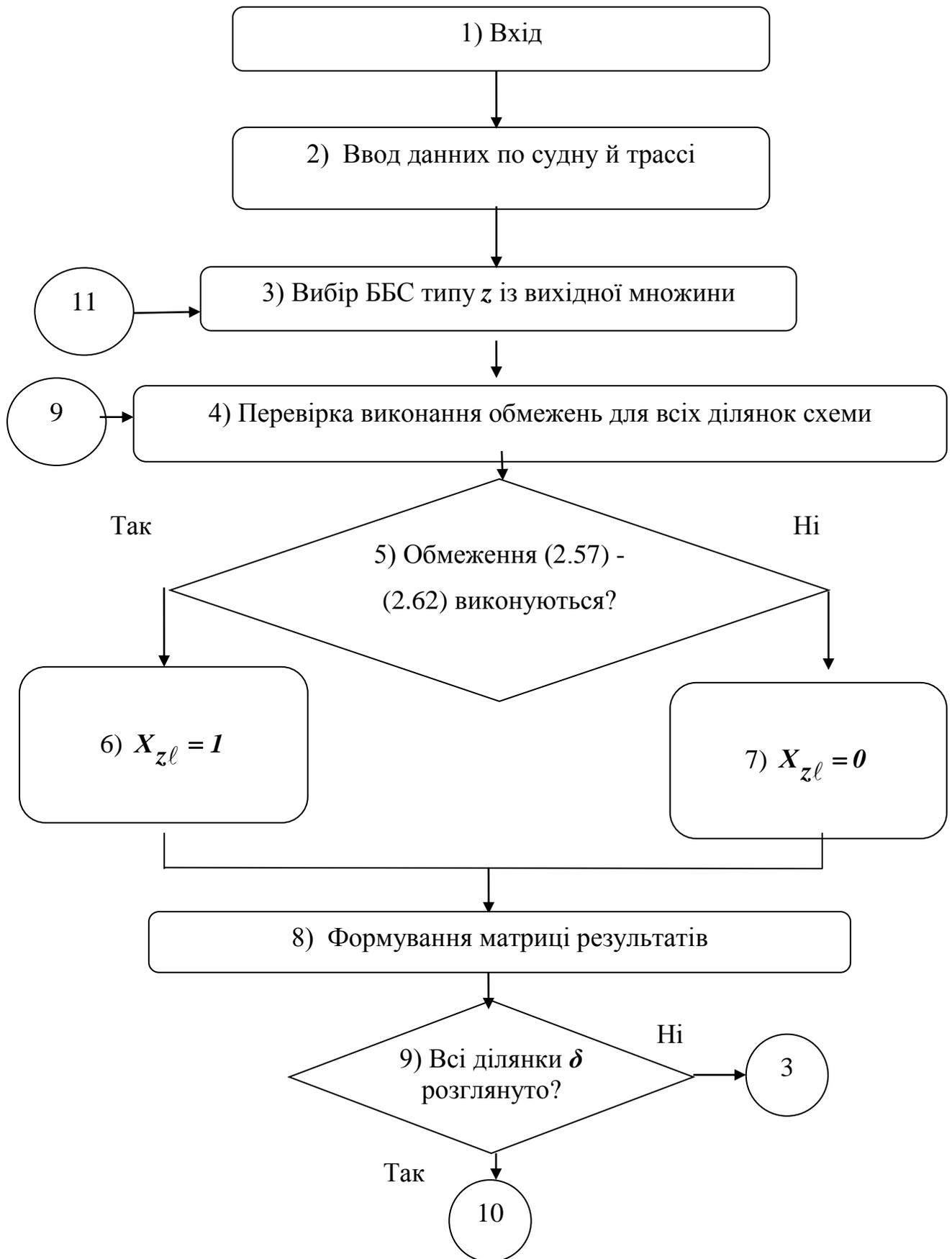


Рисунок 2.4, лист 1 - Склад і послідовність операцій в імітаційній моделі відбору суден для роботи на схемі з використанням тягових плечей

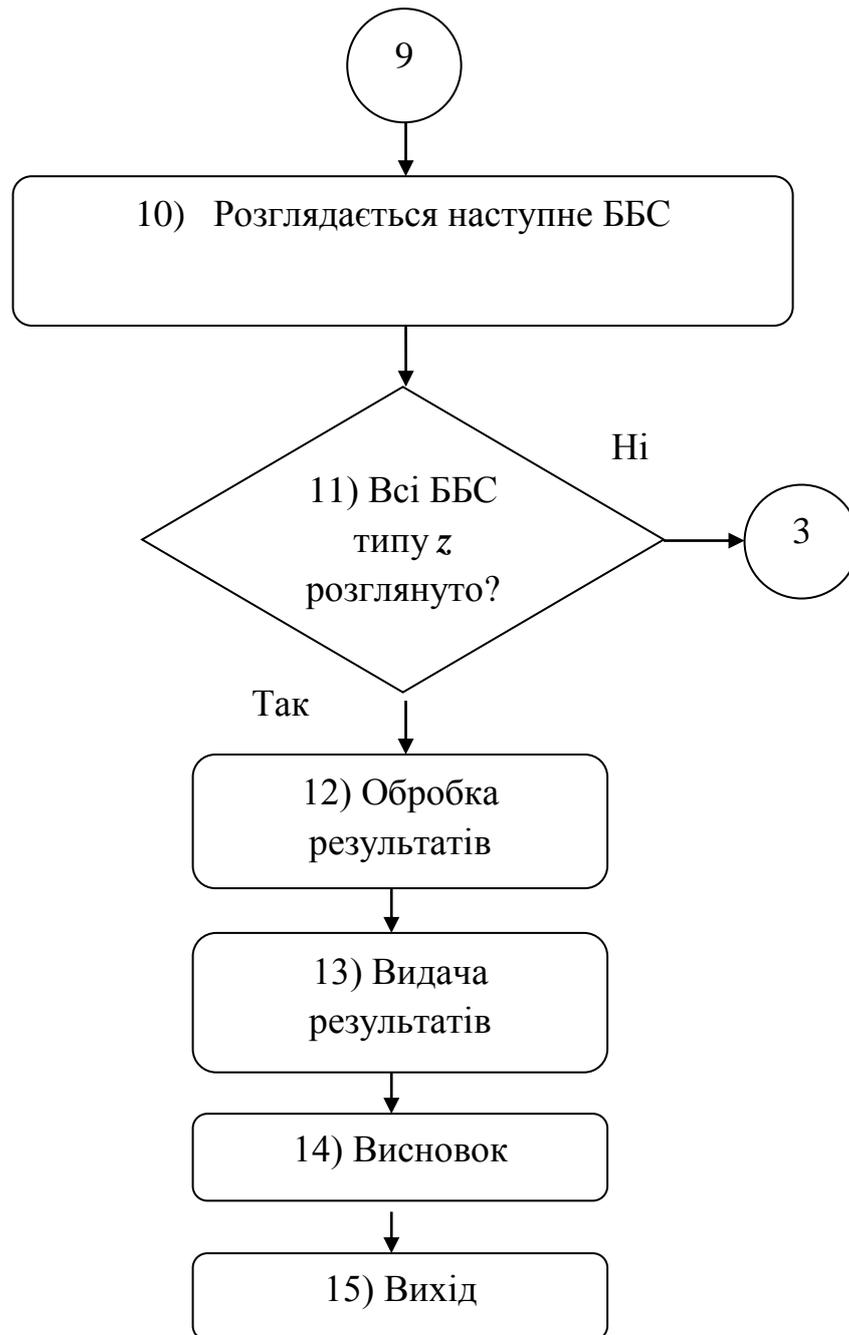


Рисунок 2.4, лист 2

Присвоєний № 1 в блоці 6 позначає, що ББС типу  $z$  може бути повністю завантаженим в пунктах ділянки  $\delta$  схеми  $\ell$ . Якщо ББС не може бути завантажено по  $Dч\ max\ \delta$ , то визначається, на якій ділянці судно може бути максимально використано за вантажопідйомністю.

Клітини, які позначенні «0» (блок 7), вказують на неможливість завантаження ББС типу  $z$  на ділянці  $\delta$  в повному обсязі або невідповідність

лінійних параметрів судна характеристикам траси. Виходячи з цього, робимо висновок про недоцільність закріплення розглянутого ББС за ділянкою  $\delta$  на схемі  $\ell$ .

У результаті обробки даних (блок 8) маємо для аналізу інформацію, приклад якої представлений в табл. Е.3.

Таким чином, виконується кількість ітерацій, поки не будуть перевірені всі ділянки (блок 9) і судна (блок 11).

У блоці 13 виконується формування базису суден  $S^c = \{z^{c\ell}\}$ , які розглядаються для можливої роботи за схемою  $\ell$  між портами  $d_n^{r(s)} \leftrightarrow a_\pi^{r(s)}$  при варіанті організації роботи суден з використанням системи тягових плечей  $c$ .

У блоці 14 визначається можливість суден бути повністю завантаженими в портах заходу.

При розподілі суден за допомогою моделей рис. 2.2 - 2.4 може статися варіант розподілу суден, коли один тип судна може бути закріплений за декількома ділянками і схемами. Остаточний відбір судна чи схеми для роботи повинен здійснюватися на результатах вирішення завдань оптимізації роботи суден (див. розділ 2.3 - 3.3).

Таким чином, на початковому етапі вирішення задачі організації роботи ББС запропонована методика, яка дозволяє попередньо сформулювати базис суден  $S^k = \{z^{k\ell}\}$  для роботи на напрямку перевезень із застосуванням різних способів організації роботи як тяги, так і ББС в цілому ( $k = a, b, c$ ).

### **2.3 Обґрунтування оптимального розподілу баржебуксирних суден в транспортно-технологічній системі**

Складна організація роботи ББС, пов'язана з їх архітектурно-конструктивними особливостями, яка передбачає різноманіття схем роботи

таких суден (див. розділ 1.2.2). Залежно від характеристик вантажопотоків і суден можливі наступні варіанти перевезень:

а) прямі сполучення:

1) зі змінною тяги (або без зміни) в порту трансшипменту при перевезенні вантажів з річкових в морські порти і в зворотному напрямку;

2) зі зміною тяги (або без зміни) і з паузкою (довантаженням) в порту трансшипменту при перевезенні вантажів з морських портів в річкові;

3) перевезення на річковій чи морській ділянках без перевантаження;

б) змішані сполучення:

1) з вивантаженням вантажу з барж на склади в порту трансшипменту і з завантаженням барж в зворотному напрямі;

2) з рейдовим перевантаженням з річкових на морські судна і в зворотному напрямку.

Крім того, рейдове перевантаження також передбачає кілька варіантів схем роботи ББС:

а) з перевантаженням з річкової баржі на судно «ріка-море» плавання і (або) назад за спрощеним варіантом «борт-борт» в гирловому порту;

б) з перевантаженням з баржі змішаного плавання на морське судно (в т.ч. морське ББС) і (або) назад за спрощеним варіантом «борт-борт» в морському порту;

с) з перевантаженням з баржі на накопичувальний рейдовий термінал і (або) із завантаженням вантажем в зворотному напрямку.

Після відбору суден, які можуть працювати на напрямку при різних можливих варіантах організації їх руху, доцільно вирішити задачу розподілу ББС в ТТС. Таке завдання вирішується за допомогою застосування математичних методів оптимального управління, що також дозволяє визначити найкращий варіант організації роботи суден.

### 2.3.1 Розподіл баржебуксирних суден для роботи за прямим варіантом перевезень

При виборі варіанту організації роботи власного флоту СК слід розглянути наступну математичну модель (2.63) - (2.76), що забезпечує максимальний прибуток і враховує особливості організації роботи ББС типу  $z$ , що входять в групу суден  $S^k = \{z^{k\ell}\}$  де  $k = a, b, c$ :

$$Z = \sum_{z=1}^Z \sum_{r=1}^R \Phi_{dark}^z \cdot x_{dark}^z \rightarrow \max, \quad (2.63)$$

де  $\Phi_{dark}^z$  - прибуток ББС типу  $z$  від перевезення вантажу  $r$  підлягає вивезенню з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт призначення  $a_{\pi}^{r(s)}$  за круговий рейс за схемою  $\ell$  при варіанті організації роботи ББС  $k$ ;

$x_{dark}^z$  - параметр, що визначає перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$  з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт призначення  $a_{\pi}^{r(s)}$  за круговий рейс за схемою при варіанті організації роботи ББС  $k$  і приймає наступне значення:

$$x_{dark}^z = \begin{cases} 1, \text{ якщо ББС типу } z \text{ перевозить вантаж } r \\ \text{ з порту } d_n^{r(s)} \text{ відправлення в порт} \\ \text{ призначення } a_{\pi}^{r(s)} \text{ за рейс за схемою} \\ \text{ при варіанті організації роботи ББС } k; \\ 0, \text{ в іншому випадку.} \end{cases} \quad (2.64)$$

Оскільки схеми  $\ell$  залежать від варіанту організації роботи ББС  $k$ , а також характеристик вантажопотоків і траси (а, отже, від характеристик пари

портів  $d_n^{r(s)} \leftrightarrow a_\pi^{r(s)}$ , то цільову функцію (2.63) і обмеження можна записати в наступним чином:

$$Z = \sum_{z=1}^Z \sum_{r=1}^R \Phi_{rl}^z \cdot x_{rl}^z \rightarrow \max; \quad (2.65)$$

$$\sum_{z=1}^Z n_z^\ell \cdot n_{p_z}^\ell \cdot t_{rl}^z \cdot x_{rl}^z \leq T^{r\ell\psi} \quad (\ell=\overline{1,L}; r=\overline{1,R}; \psi=\overline{1,\Psi}); \quad (2.66)$$

$$\sum_{r=1}^R n_z^\ell \cdot n_{p_z}^\ell \cdot t_{rl}^z \cdot x_{rl}^z \leq T^{z\ell} \quad (\ell=\overline{1,L}; z=\overline{1,Z}); \quad (2.67)$$

$$x_{rl}^z \cdot T^{r\ell\psi} \leq T^{z\ell} \quad (\ell=\overline{1,L}; r=\overline{1,R}; \psi=\overline{1,\Psi}; z=\overline{1,Z}); \quad (2.68)$$

$$\sum_{\ell=1}^L x_{rl}^z \cdot n_z^\ell \leq N_z \quad (z=\overline{1,Z}); \quad (2.69)$$

$$z \in \{ z^{k\ell} \} \quad (k=a, b, c; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.70)$$

$$\sum_{z=1}^Z n_z^\ell \cdot n_{p_z}^\ell \cdot q_{rl}^z \cdot x_{rl}^z \leq Q_{rl}^\psi \quad (r=\overline{1,R}; \psi=\overline{1,\Psi}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.71)$$

$$\sum_{r=1}^R q_{rl}^z \cdot x_{rl}^z \leq Q_{zrl} \quad (z=\overline{1,Z}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.72)$$

$$x_{rl}^z \cdot D_{\psi p}^{z\ell} \leq D_{\psi p}^{\max_\ell} \quad (z=\overline{1,Z}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.73)$$

$$x_{rl}^z \cdot \Phi_{rl}^z > 0 \quad (r=\overline{1,R}; z=\overline{1,Z}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.74)$$

$$x_{rl}^z = \{0,1\} \quad (r=\overline{1,R}; z=\overline{1,Z}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.75)$$

$$x_{rl}^z \geq 0 \quad (r=\overline{1,R}; z=\overline{1,Z}; \ell=\overline{1,L}), \quad (2.76)$$

де  $\Phi_{rl}^z$  - прибуток ББС типу  $z$  від перевезення вантажу  $r$ , який підлягає вивезенню з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт призначення  $a_\pi^{r(s)}$  за рейс при варіанті організації роботи ББС  $k$  за схемою  $\ell$ ;

$x_{r\ell}^z$  - параметр, що визначає перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$  з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт транshipmentу  $\tau_{y(s)}$  при варіанті організації роботи ББС  $k$  за схемою  $\ell$  і приймає таке значення:

$$x_{r\ell}^z = \begin{cases} 1, \text{ якщо ББС типу } z \text{ перевозить вантаж } r \text{ з} \\ \text{порту } d_n^{r(s)} \text{ відправлення в порт} \\ \text{призначення } a_\pi^{r(s)} \text{ за схемою } \ell \text{ при варіанті} \\ \text{організації роботи ББС } k; \\ 0, \text{ в іншому випадку;} \end{cases} \quad (2.77)$$

$n_z^\ell$  - кількість ББС типу  $z$ , яке необхідне для освоєння загального вантажопотоку на схемі  $\ell$ , що входять в одну з груп суден  $S^k = \{z^{k\ell}\}$ ;

$n_{pz}^\ell$  - число рейсів ББС типу  $z$  з вантажем  $r$ , яке підлягає вивезенню з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт призначення  $a_\pi^{r(s)}$  за рейс при варіанті організації роботи ББС  $k$  при роботі за схемою  $\ell$ ;

$t_{r\ell}^z$  - час рейсу ББС типу  $z$  з вантажем  $r$ , заявленим до перевезення з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт призначення  $a_\pi^{r(s)}$  при роботі за схемою  $\ell$  при варіанті організації роботи ББС  $k$ ;

$t_{r\ell}^z$  - час доставки вантажу  $r$  на схемі  $\ell$ , який вказано в запродажному контракті  $\psi$ ;

$T^{r\ell\psi}$  - бюджет часу в експлуатації ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$ , який визначається мінімальним із значень або періоду експлуатації суден, або робочого періоду відправлення суден [52]. Слід зазначити, що робочий період відправлення суден менше фізичної тривалості навігації на час, що дорівнює сумі періодів розгортання і згортання роботи суден і сумарний час рейсів, зайнятих засвоєнням вантажопотоків;

$N_z$  - наявний флот ББС типу  $z$ ;

$q_{r\ell}^z$  - завантаження ББС типу  $z$  вантажем  $r$  заявленим до перевезення з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт призначення  $a_n^{r(s)}$  при роботі за схемою  $\ell$  за круговий рейс при варіанті організації роботи ББС  $k$ ;

$Q_{r\ell}^\psi$  - розмір вантажопотоку  $r$ , який перевозиться за схемою  $\ell$  згідно до запродажного контракта  $\psi$ .

У випадку маршрутної відправки в математичну модель (2.65) - (2.76) додається наступне обмеження:

- забороняється перевезення вантажу ББС типу  $z$  між внутрішніми водними портами, які є портами відправлення за схемою  $\ell$

$$x_{ddr\ell}^z = 0 \quad (d=\overline{1,D}; r=\overline{1,R}; z=\overline{1,Z}; \ell=\overline{1,L}), \quad (2.78)$$

де  $x_{ddr\ell}^z$  - параметр, що характеризує перевезення вантажу між портами відправлення.

У наведеній математичній моделі:

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

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

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

(2.69) - використовується наявний флот;

(2.70) - тип ББС вибирається з безлічі попередньо відібраних в базис суден для роботи при певному варіанті організації їх роботи;

(2.71) - сумарна кількість вантажів  $r$ , що перевозяться ББС типу  $z$  з порту  $d_n^{r(s)}$  в порт  $a_\pi^{r(s)}$  при роботі за схемою  $\ell$ , менше або дорівнює загальній кількості вантажів які перевозяться згідно запродажного контракту  $\psi$ ;

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

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

(2.74) - умова, що визначає прибутковість перевезення;

(2.75) - параметр, що визначає перевезення;

(2.76) - умова невід'ємності змінних.

Математична модель (2.66) - (2.76) може бути застосована для різних варіантів схем роботи ББС (табл. 1.1 - 1.3). При цьому, для схем 1 і 8 (табл. 1.1.) які відображають маршрутну відправку, додається обмеження (2.78).

Математична модель (2.66) - (2.76) розглядається також у разі можливості поповнення флоту з альтернативних джерел, коли виникає завдання розстановки ББС певного типу, що забезпечує краще використання суден під певний вантажопоток.

Якщо для вирішення поставленого завдання освоєння вантажопотоку не достатньо наявного флоту, поповнення його можливо за рахунок оренди (тайм-чартер, бербоут-чартер, димайз-чартер). При цьому виконується попередній відбір суден, як і у випадку наявного флоту СК. Потім відібрані судна також включаються в базис попередньо відібраних ББС типу  $z$ , які входять в одну з груп суден  $S^k = \{z^{k\ell}\}$ . В цьому випадку при пошуку рішення в модель (2.66) - (2.76) вводяться додаткові обмеження:

$$\sum_{r=1}^R n_{z\ell}^u \cdot t_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq T_u^z \quad (\ell=\overline{1,L}; z=\overline{1,Z}), \quad (2.79)$$

де  $n_{z\ell}^u$  - кількість взятих в оренду ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$ ;

$T_u^z$  - бюджет часу орендованого ББС типу  $z$  визначається умовами оренди (найменшим із значень або тимчасового періоду оренди, або періоду експлуатації).

Умова (2.79) обмежує сумарний час рейсів всіх ББС типу  $z$ , який менше або дорівнює бюджету часу кожного орендованого ББС типу  $z$  ( $T_u^z$ ).

При цьому доцільність оренди визначається наступною умовою

$$\sum_{\ell=1}^L \sum_{r=1}^R f_{r\ell}^z \cdot n_{z\ell}^u \cdot t_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z - f_u^z \cdot T_u^z > 0 \quad (z = \overline{1, Z}), \quad (2.80)$$

де  $f_{r\ell}^z$  - фрахтова (тарифна) ставка за перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$  за схемою  $\ell$ ;

$f_u^z$  - ставка плати за оренду ББС типу  $z$ .

В даному випадку також має виконуватися умова, при якій сума орендованого і власного флоту не повинна перевищувати необхідної кількості суден, необхідних для освоєння вантажопотоку:

$$n_{z\ell}^u + N_z = n_z^\ell \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}). \quad (2.81)$$

Кількість ББС типу  $z$ , яке визначається кількістю комплектів барж, необхідною для освоєння загального вантажопотоку на схемі  $\ell$  ( $n_z^\ell$ ) визначається універсальним методом оборотів виходячи з інтервалу відправлення суден [4, 9, 48, 57]:

$$n_z^\ell = \frac{t_p^{\ell z}}{t_u^{\ell z}} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) , \quad (2.82)$$

де  $t_p^{\ell z}$  - час замкнутого (кругового) рейсу ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$ ;

$t_u^{\ell z}$  - інтервал відправлення ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$ .

Після деяких перетворень з урахуванням оборотності кількість комплектів барж визначається з виразу:

$$n_z^\ell = \frac{t_p^{\ell z} \cdot Q_{rl}^\psi}{Q_{zrl} \cdot T^{r\ell}} \quad (z = \overline{1, Z}; \psi = \overline{1, \Psi}; \ell = \overline{1, L}) . \quad (2.83)$$

Запропонована математична модель (2.65) – (2.76) вирішується окремо по всіх варіантах можливих схем роботи ББС та попередньо відібраним суднам. Також її слід розглядати окремо для прямого і зворотного напрямків. При цьому необхідно враховувати, що при наявності в схемах декількох внутрішніх водних портів - пунктів відправлення (призначення), нумерація їх призначається уздовж русла річки від витоків до гирла.

### **2.3.2 Розподіл суден у транспортно-технологічній системі при узгодженій роботі баржебуксирних і морських суден в умовах рейдової вантажеобробки**

Після відбору суден, які можуть працювати на напрямку по ВВШ при спільній роботі морських і баржебуксирних суден річкового або змішаного плавання при рейдовій вантажеобробці, доцільно для вибору маршруту доставки вантажу і закріплення судна за схемою руху (табл. 1.1 - 1.3)

розглянути математичну модель (2.84) - (2.109), що забезпечує максимальний прибуток і враховує особливості організації такої роботи вищезазначених суден:

$$Z = \sum_{z=1}^Z \sum_{r=1}^R \Phi_{d\tau k}^z \cdot x_{d\tau k}^z + \sum_{s=1}^S \sum_{r=1}^R \Phi_{\tau r}^s \cdot x_{\tau r}^s \rightarrow \max, \quad (2.84)$$

де  $\Phi_{d\tau k}^z$  - прибуток ББС типу  $z$  від перевезення вантажу  $r$ , який підлягає вивезенню з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт трансшипменту  $\tau_{y(s)}$  за круговий рейс за схемою при варіанті організації роботи ББС  $k$ ;

$x_{d\tau k}^z$  - параметр, що визначає перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$  з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт трансшипменту  $\tau_{y(s)}$  за круговий рейс за схемою при варіанті організації роботи ББС  $k$  і приймає наступні значення:

$$x_{d\tau k}^z = \begin{cases} 1, \text{ якщо ББС типу } z \text{ перевозить вантаж } r \text{ з порту } d_n^{r(s)} \\ \text{ відправлення в порт трансшипменту } \tau_{y(s)} \text{ за рейс за} \\ \text{ схемою при варіанті } k \text{ організації роботи ББС;} \\ 0, \text{ в іншому випадку;} \end{cases} \quad (2.85)$$

$\Phi_{\tau r}^s$  - прибуток морського судна типу  $s$  від перевезення вантажу  $r$ , яке очікується в порту призначення  $a_{\pi}^{r(s)}$  з порту трансшипменту  $\tau_{y(s)}$ ;

$x_{\tau r}^s$  - параметр, що визначає перевезення вантажу  $r$  морськими судами типу  $s$  з порту трансшипменту  $\tau_{y(s)}$  в порт призначення  $a_{\pi}^{r(s)}$  за схемою  $\ell$  і приймає наступне значення:

$$x_{ar}^s = \begin{cases} 1, \text{ якщо морськими суднами типу } s \text{ здійснюється} \\ \text{перевезення вантажу } r \text{ з порту транshipmentу } \tau_{y(s)} \text{ в порт} \\ \text{призначення } a_{\pi}^{r(s)} \text{ за схемою } \ell; \\ 0, \text{ в іншому випадку.} \end{cases} \quad (2.86)$$

Оскільки схема  $\ell$  визначається портами заходу  $(d_n^{r(s)}, \tau_{y(s)}, a_{\pi}^{r(s)})$  і варіантом організації роботи ББС  $k$ , то з урахуванням складових елементів прибутку цільова функція (2.84) може бути представлена в наступній інтерпретації як різниця доходів від перевезення і витрат:

$$Z = \sum_{\ell=1}^L \sum_{r=1}^R \left[ \sum_{z=1}^Z F_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z + \sum_{s=1}^S F_{r\ell}^s \cdot x_{r\ell}^s \right] - \sum_{\ell=1}^L \sum_{r=1}^R \left[ \sum_{z=1}^Z C_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z + \sum_{s=1}^S C_{r\ell}^s \cdot x_{r\ell}^s \right] \rightarrow \max, \quad (2.87)$$

де  $F_{r\ell}^z$  - дохід ББС типу  $z$  від перевезення вантажу  $r$ , який підлягає вивезенню з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт транshipmentу  $\tau_{y(s)}$  за схемою  $\ell$ ;

$F_{r\ell}^s$  - дохід морського судна  $s$  від перевезення вантажу  $r$ , який очікується в порту призначення  $a_{\pi}^{r(s)}$  з порту транshipmentу  $\tau_{y(s)}$  за схемою  $\ell$ ;

$C_{r\ell}^z$  - витрати СК на здійснення перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$  з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт транshipmentу  $\tau_{y(s)}$  за схемою  $\ell$ ;

$C_{r\ell}^s$  - витрати СК на здійснення перевезення вантажу  $r$  морським судном типу  $s$  з порту транshipmentу  $\tau_{y(s)}$  в порт призначення  $a_{\pi}^{r(s)}$  по схемі  $\ell$ ;

$x_{r\ell}^z$  - параметр, що визначає перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$  з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт трансшипменту  $\tau_{y(s)}$  при варіанті організації роботи ББС  $k$  за схемою  $\ell$  і приймає таке значення:

$$x_{r\ell}^z = \begin{cases} 1, \text{ якщо ББС типу } z \text{ перевозить вантаж } r \text{ з порту} \\ \text{відправлення } d_n^{r(s)} \text{ в порт трансшипменту } \tau_{y(s)} \text{ за} \\ \text{схемою } \ell \text{ при варіанті організації роботи ББС } k; \\ 0, \text{ в іншому випадку;} \end{cases} \quad (2.88)$$

$x_{r\ell}^s$  - параметр, що визначає перевезення вантажу  $r$  морським судном типу  $s$  з порту трансшипменту  $\tau_{y(s)}$  в порт призначення  $a_\pi^{r(s)}$  по схемі  $\ell$  і приймає таке значення:

$$x_{r\ell}^s = \begin{cases} 1, \text{ якщо морське судно типу } s \text{ здійснює перевезення} \\ \text{вантажу } r \text{ з порту трансшипменту } \tau_{y(s)} \\ \text{в порт призначення } a_\pi^{r(s)} \text{ за схемою } \ell; \\ 0, \text{ в іншому випадку;} \end{cases} \quad (2.89)$$

У розгорнутому вигляді цільова функція (2.87) представляється в наступному вигляді:

$$Z = \sum_{\ell=1}^L \sum_{r=1}^R \left[ \sum_{z=1}^Z f_{r\ell}^z \cdot g_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z + \sum_{s=1}^S f_{r\ell}^s \cdot g_{r\ell}^s \cdot x_{r\ell}^s \right] -$$

$$\sum_{\ell=1}^L \sum_{r=1}^R \left[ \sum_{z=1}^Z c_{r\ell}^z \cdot g_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z + \sum_{s=1}^S c_{r\ell}^s \cdot g_{r\ell}^s \cdot x_{r\ell}^s \right] =$$

$$\sum_{\ell=1}^L \sum_{r=1}^R \left[ \sum_{z=1}^Z \left( f_{r\ell}^z - c_{r\ell}^z \right) \cdot g_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z + \sum_{s=1}^S \left( f_{r\ell}^s - c_{r\ell}^s \right) \cdot g_{r\ell}^s \cdot x_{r\ell}^s \right] \rightarrow \max$$

(2.90)

де  $f_{r\ell}^z$  - фрахтова (тарифна) ставка за перевезення вантажу  $r$  на ББС типу  $z$  за схемою  $\ell$ ;

$f_{r\ell}^s$  - фрахтова (тарифна) ставка за перевезення вантажу  $r$  на морському судні  $s$  з порту трансшипменту  $\tau_{y(s)}$  в порт призначення  $a_{\pi}^{r(s)}$  за схемою  $\ell$ ;

$q_{r\ell}^s$  - кількість вантажу  $r$ , який перевозиться на морському судні  $s$  з порту трансшипменту  $\tau_{y(s)}$  в порт призначення  $a_{\pi}^{r(s)}$  за схемою  $\ell$ ;

$q_{r\ell}^z$  - завантаження ББС типу  $z$  вантажем  $r$ , який заявлений до перевезення з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт трансшипменту  $\tau_{y(s)}$  при роботі за схемою  $\ell$  за круговий рейс при варіанті організації роботи ББС  $k$ ;

$c_{r\ell}^z$  - собівартість перевезення 1 т вантажу  $r$  ББС типу  $z$  з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт трансшипменту  $\tau_{y(s)}$  за схемою  $\ell$ ;

$c_{r\ell}^s$  - собівартість перевезення 1 т вантажу  $r$  морським судном типу  $s$  з порту трансшипменту  $\tau_{y(s)}$  в порт призначення  $a_{\pi}^{r(s)}$  за схемою  $\ell$ .

Для розподілу наявного флоту за схемами необхідно вирішити математичну модель з наступними обмеженнями:

$$\sum_{z=1}^{\overline{Z}} \sum_{r=1}^{\overline{R}} t_{rl}^z \cdot x_{rl}^z \leq t_{rl}^s \quad (s=\overline{1,S}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.91)$$

$$\sum_{z=1}^{\overline{Z}} \sum_{r=1}^{\overline{R}} q_{rl}^z \cdot x_{rl}^z = Q_{sr\ell} \quad (s=\overline{1,S}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.92)$$

$$\sum_{z=1}^{\overline{Z}} \sum_{r=1}^{\overline{R}} q_{rl}^z \cdot x_{rl}^z \cdot n_{p_{rl}}^z = Q_{rl}^{\Psi} \quad (\ell=\overline{1,L}; \psi=\overline{1,\overline{\Psi}}); \quad (2.93)$$

$$\sum_{s=1}^{\overline{S}} \sum_{r=1}^{\overline{R}} q_{rl}^s \cdot x_{rl}^s \cdot n_{p_{rl}}^s = Q_{rl}^{\Psi} \quad (\ell=\overline{1,L}; \psi=\overline{1,\overline{\Psi}}); \quad (2.94)$$

$$\sum_{r=1}^{\overline{R}} q_{rl}^z \cdot x_{rl}^z \leq Q_{zrl} \quad (r=\overline{1,R}; z=\overline{1,Z}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.95)$$

$$\sum_{r=1}^{\overline{R}} x_{rl}^s \cdot q_{rl}^s \leq Q_{sr\ell} \quad (r=\overline{1,R}; s=\overline{1,S}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.96)$$

$$x_{rl}^z \cdot T^S = m \cdot t_{rl}^s \quad (m=\overline{1,M}; m \in N; \ell=\overline{1,L}; r=\overline{1,R}; s=\overline{1,S}); \quad (2.97)$$

$$x_{rl}^z = \{0,1\} \quad (z=\overline{1,Z}; r=\overline{1,R}; d=\overline{1,D}; \tau=\overline{1,\overline{\Theta}}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.98)$$

$$x_{rl}^s = \{0,1\} \quad (s=\overline{1,S}; r=\overline{1,R}; \tau=\overline{1,\overline{\Theta}}; a=\overline{1,A}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.99)$$

$$x_{rdal}^z = 0 \quad (z=\overline{1,Z}; r=\overline{1,R}; d=\overline{1,D}; a=\overline{1,A}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.100)$$

$$x_{rdal}^s = 0 \quad (s=\overline{1,S}; r=\overline{1,R}; d=\overline{1,D}; a=\overline{1,A}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.101)$$

$$x_{rl}^z > 0 \quad (z=\overline{1,Z}; r=\overline{1,R}; \ell=\overline{1,L}); \quad (2.102)$$

$$x_{rl}^s > 0 \quad (s=\overline{1,S}; r=\overline{1,R}; \ell=\overline{1,L}), \quad (2.103)$$

де  $t_{rl}^z$  - час рейсу ББС типу  $z$  при перевезенні вантажу  $r$  з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт трансшипменту  $\tau_{y(s)}$  за схемою  $\ell$ ;

$t_{r\ell}^s$  - час рейсу морського судна типу  $s$  з вантажем  $r$  з порту транshipmentу  $\tau_{y(s)}$  в порт призначення  $a_{\pi}^{r(s)}$  за схемою  $\ell$ ;

$n_{p_{r\ell}}^z$  - число рейсів ББС типу  $z$  з вантажем  $r$ , який підлягає вивезенню з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт транshipmentу  $\tau_{y(s)}$  за рейс при варіанті організації роботи ББС  $k$  при роботі за схемою  $\ell$ ;

$n_{p_{r\ell}}^s$  - кількість рейсів морського судна типу  $s$  з вантажем  $r$  з порту транshipmentу  $\tau_{y(s)}$  в порт призначення  $a_{\pi}^{r(s)}$ ;

$T^s$  - період експлуатації морського судна типу  $s$ ;

$m$  - натуральне число, що визначає число кругових рейсів морського судна;

$x_{rd\tau\ell}^z$  - параметр, що визначає перевезення з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт транshipmentу  $\tau_{y(s)}$  ББС типу  $z$ ;

$x_{rdd\ell}^z$  - параметр, що визначає перевезення між портами  $d_n^{r(s)} \leftrightarrow d_n^{r(s)}$  ББС типу  $z$  за схемою  $\ell$ ;

$x_{rda\ell}^s$  - параметр, що визначає перевезення з порту відправлення в порт призначення ( $d_n^{r(s)} \leftrightarrow a_{\pi}^{r(s)}$ ) морським судном типу  $s$  за схемою  $\ell$ ;

У випадку маршрутної відправки, в модель додається наступне обмеження:

$$x_{rdd\ell}^z = 0 . \quad (2.104)$$

Опис обмежень:

(2.91) - сума часу рейсу ББС типу  $z$ , при забезпеченні роботи морського судна  $s$  за схемою  $\ell$ , менше або дорівнює часу кругового рейсу останнього.

Дотримання обмеження виключає простой морського судна в очікуванні вантажу;

(2.92) - сумарне завантаження ББС, які обслуговують морське судно, дорівнює завантаженню останнього;

(2.93) - сумарна кількість вантажів, що перевозиться усіма ББС, дорівнює загальному обсягу вантажопотоку  $r$ , який перевозиться за схемою  $\ell$  згідно запродажного контракту  $\psi$ ;

(2.94) - сумарна кількість вантажів, які перевезені усіма морськими суднами дорівнює розміру вантажопотоку  $r$ , який перевозиться за схемою  $\ell$  згідно запродажного контракту  $\psi$ ;

(2.95) - завантаження ББС типу  $z$  вантажем  $r$ , що перевозиться з порту  $d_n^{r(s)}$  в порт  $\tau_{y(s)}$  при роботі за схемою  $\ell$ , менше або дорівнює максимально допустимому завантаженню комплекту барж;

(2.96) - завантаження морського судна  $s$  вантажем  $r$ , що перевозиться з порту  $\tau_{y(s)}$  в порт  $a_\pi^{r(s)}$  при роботі за схемою  $\ell$ , менше або дорівнює максимально допустимому завантаженню морського судна;

(2.97) - період роботи всіх ББС при роботі за схемою  $\ell$  кратний часу роботи морського судна  $s$  на схемі;

(2.98) - (2.99) - параметр, що визначає перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$  і морським судном  $s$  відповідно;

(2.100) - заборона доставки вантажу  $r$  ББС типу  $z$  з портів  $d_n^{r(s)}$  в  $a_\pi^{r(s)}$ ;

(2.101) - заборона доставки вантажу морським судном  $s$  з порту  $d_n^{r(s)}$  в  $a_\pi^{r(s)}$ ;

(2.102) - (2.103) - умова невід'ємності змінних.

Якщо для вирішення поставленого завдання освоєння вантажопотоку наявного флоту недостатньо, поповнення його, як було зазначено в розділі 2.3.1, можливо за рахунок оренди. В цьому випадку при пошуку рішення в модель (2.90) - (2.104) вводиться додаткова умова (2.105), яка обмежує сумарний час рейсів всіх ББС типу  $z$ :

$$\sum_{r=1}^R n_{z\ell}^u \cdot t_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq T_u^z \quad (\ell=\overline{1,L}; z=\overline{1,Z}), \quad (2.105)$$

де  $n_{z\ell}^u$  - кількість взятих в оренду ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$ ;

$T_u^z$  - бюджет часу орендованого ББС типу  $z$  визначається умовами оренди (найменшим із значень або тимчасового періоду оренди, або періоду експлуатації).

Доцільність оренди визначається наступною умовою:

$$f_{r\ell}^z \cdot n_{z\ell}^u \cdot t_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z - f_u^z \cdot T_u^z > 0, \quad (2.106)$$

де  $f_{r\ell}^z$  - фрахтова (тарифна) ставка за перевезення вантажу  $r$  на ББС типу  $z$  з порту відправлення  $d_n^{r(s)}$  в порт трансшипменту  $\tau_{y(s)}$  за схемою  $\ell$ ;

$f_u^z$  - ставка плати за оренду ББС типу  $z$ .

Для вирішення поставленого завдання необхідно в моделі розглядати спільну роботу ББС і морських суден, оскільки тільки в цьому випадку досягається максимальний ефект від перевезень. У моделі розглядаються судна, попередньо відібрані за наведеною методикою для ББС (див. розділ 2.1 - 2.2). При цьому варіант організації роботи ББС може бути будь-яким з розглянутих в розділі 2.2.

Розглянуту математичну модель (2.90) - (2.106) слід розглядати окремо для прямого і зворотного напрямків. При цьому необхідно враховувати, що морський порт буде портом відправлення, а внутрішні водні порти - пунктами призначення, при цьому нумерація їх не зміниться і призначається уздовж русла річки від витоків до гирла.

Математична модель (2.90) - (2.106) може бути застосована для різних варіантів схем роботи ББС (табл. 1.2 - 1.3) при взаємодії на рейді з морськими суднами. Для варіантів схем з маршрутною відправкою на ділянці схеми, яка відображає рух по ВВШ враховується обмеження (2.106).

## **Висновки по розділу 2**

Завдання ефективної роботи ББС вирішується за рахунок можливості закріплення за буксиром різної кількості барж в залежності від умов плавання і ТЕХ наявного складу флоту. В умовах оперування обмеженим числом барж і буксирів для здійснення перевезень СК прагне отримати максимальний прибуток за рахунок оптимізації відповідності комплектації ББС умовам майбутнього рейсу.

До теперішнього часу накопичено достатній досвід застосування різних методик і методів, які застосовуються в них, для обґрунтування складових елементів ББС. Всі вони переслідують одну мету - ефективний розподіл ресурсів, який полягає в оптимізації цільової функції за різними критеріями.

Представлена методика відрізняється послідовністю і змістом етапів обґрунтування прийняття рішення при формуванні необхідного парку ББС певного типу.

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

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

В ході аналізу варіантів організації роботи ББС прийшли до висновку, що на ефективну роботу суден впливають переважно географічні чинники, які обмежують максимальну довжину судна, його ширину, осідання і

вантажопідйомність. Дотримання обмежень визначає типорозмір ББС, що складається з певного типу буксира, барж їх кількості та форми зчалення.

Запропоновані імітаційні моделі враховують певні залежності між параметром судна і фактором, що дозволяє скласти вихідну безліч типів ББС для роботи на схемі при різних варіантах організації їх роботи з урахуванням обмежуючих факторів.

Результати дослідження з даного розділу було використано в науково-дослідних темах ОНМУ і опубліковані в роботах [2, 4, 5, 8, 10, 17, 18].

### РОЗДІЛ 3

## МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ З ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ БАРЖЕБУКСИРНИХ СУДЕН

### 3.1 Розподіл вантажопотоків при різних варіантах узгодження роботи тяги і тоннажу

Безліч варіантів організації роботи ББС при освоєнні вантажопотоків вимагає оптимізації розподілу вантажопотоків між суднами СК з метою максимізації прибутку:

$$Z = \sum_{\ell=1}^L \sum_{z=1}^Z \sum_{r=1}^R \Phi_{r\ell}^z \cdot Y_{r\ell}^z \rightarrow \max. \quad (3.1)$$

де  $\Phi_{r\ell}^z$  - прибуток ББС типу  $z$  від перевезення вантажу  $r$ , що підлягає перевезенню за схемою  $\ell$ ;

$Y_{r\ell}^z$  - параметр, що визначає перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$  за схемою  $\ell$  і приймає такі значення ( $Y_{r\ell}^z = \{0,1\}$ ) за умови:

$$Y_{r\ell}^z = \begin{cases} 1, \text{ якщо ББС типу } z \text{ перевозить вантаж } r \\ \text{ за схемою } \ell; \\ 0, \text{ в іншому випадку.} \end{cases} \quad (3.2)$$

З урахуванням складових елементів прибутку при маршрутній відправці та оперуванні наявним флотом незалежно від форми володіння цільова функція може бути представлена в наступній інтерпретації як різниця доходів від перевезення і витрат:

$$Z = \sum_{\ell=1}^L \sum_{r=1}^R \left[ \sum_{z=1}^Z (f_{r\ell}^z - c_{r\ell}^z) \cdot Y_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \right] \rightarrow \max, \quad (3.3)$$

де  $f_{r\ell}^z$  - фрахтова (тарифна) ставка за перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$  за схемою  $\ell$ ;

$c_{r\ell}^z$  - собівартість перевезення 1 т вантажу  $r$  ББС типу  $z$  за схемою  $\ell$ ;

$x_{r\ell}^z$  - кількість вантажу  $r$ , яка перевозиться ББС типу  $z$  за схемою  $\ell$ .

Оптимізація процесу розподілу вантажопотоків при плануванні роботи суден спрямована на раціональне використання виробничих можливостей флоту з позиції комерційної експлуатації. При реалізації поставленого завдання необхідно виконання певних вимог, які формалізовані у вигляді обмежень (3.4) - (3.13).

$$\sum_{z=1}^Z n p_z^\ell \cdot t_{r\ell}^z \cdot Y_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq Q_{r\ell}^\Psi \cdot T^{r\ell\Psi} \quad (\psi = \overline{1, \Psi}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}); \quad (3.4)$$

$$\sum_{r=1}^R n p_z^\ell \cdot t_{r\ell}^z \cdot Y_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq Q_{r\ell}^\Psi \cdot T^{z\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}); \quad (3.5)$$

$$\sum_{r=1}^R n_z^\ell \cdot Y_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq Q_{r\ell}^\Psi \quad (\psi = \overline{1, \Psi}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}); \quad (3.6)$$

$$\sum_{\ell=1}^L n_z^\ell \cdot x_{r\ell}^z \leq N_z \quad (z = \overline{1, Z}); \quad (3.7)$$

$$\sum_{r=1}^R Y_{r\ell}^z \cdot x_{r\ell}^z \leq Q_{zr\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}); \quad (3.8)$$

$$\sum_{r=1}^R x_{r\ell}^z \cdot Y_{r\ell}^z \cdot D\psi_p^{z\ell} \leq D\psi \max_\ell \quad (z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}); \quad (3.9)$$

$$Y_{r\ell}^z = \{0,1\} \quad (z = \overline{1, Z}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}) ; \quad (3.10)$$

$$z \in \{z^{k\ell}\} \quad (z = \overline{1, Z}; k = \alpha, b, c; \ell = \overline{1, L}) ; \quad (3.11)$$

$$x_{rdd\ell}^z = 1 \quad (z = \overline{1, Z}; r = \overline{1, R}; d = \overline{1, D}; \ell = \overline{1, L}); \quad (3.12)$$

$$x_{r\ell}^z \geq 0 \quad (z = \overline{1, Z}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}) . \quad (3.13)$$

Опис обмежень:

(3.4) - загальний час рейсу ББС типу  $z$ , менше або дорівнює періоду освоєння вантажопотоку обумовленого в запродажному контракті  $\Psi$ ;

(3.5) - загальний час рейсу ББС типу  $z$ , менше або дорівнює бюджету часу кожного ББС типу  $z$ ;

(3.6) - загальна кількість вантажів  $r$ , що перевозяться ББС типу  $z$  при роботі за схемою  $\ell$ , менше або дорівнює загальній кількості вантажів які перевозяться згідно запродажного контракту  $\Psi$ ;

(3.7) - загальна кількість ББС типу  $z$ , що закріплені за схемами  $\ell$ , не перевищує наявний баржебуксирний флот;

(3.8) - завантаження ББС типу  $z$  вантажем  $r$ , що перевозиться при роботі за схемою  $\ell$ , менше або дорівнює максимально допустимому завантаженню комплекту барж;

(3.9) - реєстрова вантажопідйомність ББС типу  $z$ , що працює на схемі  $\ell$ , менше або дорівнює максимально допустимій вантажопідйомності ББС на схемі;

(3.10) - параметр, що визначає перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$  за схемою  $\ell$  (див. формулу (3.2));

(3.11) - тип  $z$  ББС вибирається з безлічі попередньо відібраних в базис  $\{z^{k\ell}\}$  ББС для роботи при певному варіанті організації їх роботи на схемі  $\ell$ ;

(3.12) - умова, що визначає перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$  між портами відправлення ( $d_n^{r(s)}$ ) при роботі за схемою  $\ell$ ;

(3.13) - умова невід'ємності змінних.

Математична модель (3.3) - (3.13) при маршрутній відправці є базовою. При збірних і ділянкових відправленнях відсутнє обмеження по портах заходу (3.12). Крім того, при ділянковому способі організації роботи ББС для забезпечення її оптимальності в математичній моделі повинно враховуватись наступне:

- для забезпечення безперервної роботи час рейсу ББС на суміжних ділянках ( $\delta$  и  $\delta+1$ ) має бути максимально наближеним, з метою скорочення простою одного із суден в очікуванні вантажу. Дана умова при різній тривалості схеми рейсу забезпечується за допомогою включення в схему більш потужного ЕМ. Дана умова узгодження часу роботи ББС типу  $z$  на суміжних ділянках описується виразом:

$$\sum_{z=1}^Z \sum_{r=1}^R \left[ t_{\delta}^z - t_{\delta+1}^{z+1} \right] \cdot Y_{r\delta}^z \rightarrow 0 \quad (\delta=\overline{1, \Theta}), \quad (3.14)$$

де  $t_{\delta}^z$  - час рейсу ББС типу  $z$ , що працює на ділянці  $\delta$ ;

$t_{\delta+1}^{z+1}$  - час рейсу подальшого ББС типу  $z+1$ , що працює на наступній

ділянці  $\delta+1$ .

### 3.2 Обґрунтування рішень з освоєння факультативних вантажопотоків

Захід ББС в додатковий порт може здійснюватися як для дозавантаження судна (або паузки) згідно схеми  $\ell$ , так і для освоєння

факультативного вантажопотоку. Освоєння додаткового вантажопотоку з заходом в додатковий (факультативний) порт (або без такого) не є обов'язковим, здійснюється при наявності вантажопотоку і визначається комерційної доцільністю. Слід зазначити, що факультативні вантажопотоки можуть бути як постійними, так і не стабільними, що відрізняються від основних вантажопотоків обсягом.

У міжнародній практиці водних перевезень має місце можливість освоєння факультативних (попутних) вантажопотоків одним з учасників перевезень, за умови можливості їх поєднання не на шкоду до основних договірних зобов'язань.

В результаті виникає необхідність оцінки рішення по освоєнню факультативного вантажопотоку при різних варіантах організації роботи ББС при вирішенні основного завдання дисертаційного дослідження.

Для всіх варіантів організації роботи ББС доцільність освоєння факультативного вантажопотоку різниться при:

- спільній роботі баржебуксирних і морських суден з рейдовою вантажеобробкою (в межах комбінованої ТТС);
- роботі тільки ББС (в межах баржебуксирної ТТС).

При організації роботи ББС у формі маршрутних відправок факультативний вантажопоток освоюється за допомогою приєднання до возу додаткової баржі. Пунктом призначення при цьому можуть виступати або причал морського (річкового) порту або їх рейд. У цьому випадку основною умовою, яка обмежує роботу ББС є максимально допустима вантажопідйомність судна (див. формулу 3.9).

При збірних і ділянкових перевезеннях освоєння факультативного вантажопотоку здійснюється або із заходом в додатковий порт, або за допомогою приєднання додаткової баржі.

Доцільність освоєння факультативного вантажопотоку для розглянутих в дисертаційному дослідженні варіантів організації роботи ББС з рейдовою

вантажеобробкою в порту траншшипменту, може бути описано наступною математичною моделлю:

$$Z = \sum_{d_n=1}^D \sum_{d_\epsilon=1}^D \sum_{z=1}^Z \sum_{r=0}^R x_{d_n d_\epsilon r}^z \cdot (Q_{d_n r}^{z\ell} + Q_{d_\epsilon r}^{z\ell}) \cdot (f_{d_n d_\epsilon r}^z - c_{d_n d_\epsilon r}^z) \cdot T_p^{z\ell}$$

$\rightarrow \max ;$  (3.15)

$$\sum_{d_n=1}^D \sum_{d_\epsilon=1}^D \sum_{z=1}^Z \sum_{r=0}^R Q_{d_n r}^{z\ell} \cdot x_{d_n d_\epsilon r}^z \leq Q_{zr}^{\delta+1} - \sum_{r=0}^R \sum_{d_n=1}^D \sum_{z=1}^Z Q_{rd_n}^{z\ell\delta}$$

( $\delta = \overline{1, \Theta}$ ) ; (3.16)

$$\sum_{d_n=1}^D \sum_{d_\epsilon=1}^D \sum_{z=1}^Z \sum_{r=0}^R (t_{cd_n(\epsilon)r}^{z\ell} + t_{xd_n(\epsilon)r}^{z\ell}) \cdot x_{d_n d_\epsilon r}^z \leq$$

$$t_p^{s\ell} - \sum_{r=0}^R \sum_{d_n=1}^D \sum_{d_\epsilon=1}^D \sum_{z=1}^Z t_{rd_n d_\epsilon}^{z\ell}$$

( $\ell = \overline{1, L}$ ) ; (3.17)

$$\sum_{z=1}^Z \sum_{r=0}^R \sum_{d_n=1}^D \sum_{d_\epsilon=1}^D t_{rd_n d_\epsilon}^{z\ell} = T_p^{z\ell} \quad (\ell = \overline{1, L}) ;$$

(3.18)

$$x_{d_n d_\epsilon r}^z \cdot Q_{d_n r}^{z\ell} = Q_{d_\epsilon r}^{z\ell}$$

( $z = \overline{1, Z}; r = \overline{1, R}; \ell = \overline{1, L}; d_n = \overline{1, D}; d_\epsilon = \overline{1, D}$ ) ; (3.19)

$$\sum_{r=0}^{\overline{R}} \sum_{d_n=1}^{\overline{D}} x_{d_n d_e r}^z \cdot (Q_{rd_n}^{z\delta} - \sum_{r=0}^{\overline{R}} \sum_{d_e=1}^{\overline{D}} Q_{rd_e}^{z\delta}) \leq Q_{zr\ell}^{\delta}$$

$$(\delta=\overline{1}, \overline{\Theta}; \ell=\overline{1}, \overline{L}; z=\overline{1}, \overline{Z}); \quad (3.20)$$

$$x_{d_n d_e r}^z \cdot Q_{zr\ell}^{\delta} \leq Q_{zr\ell}^{\delta}$$

$$(\delta=\overline{1}, \overline{\Theta}; z=\overline{1}, \overline{Z}; r=\overline{1}, \overline{R}; \ell=\overline{1}, \overline{L}); \quad (3.21)$$

$$\sum_{j=1}^{\overline{J}} x_{d_n d_e r}^z \cdot N_{zj}^{\delta} \leq N_{max j}^{\delta}$$

$$(\delta=\overline{1}, \overline{\Theta}; z=\overline{1}, \overline{Z}; r=\overline{1}, \overline{R}; \ell=\overline{1}, \overline{L}); \quad (3.22)$$

$$x_{d_n d_e r}^z \cdot f_{d_n d_e r}^z \geq x_{d_n d_e r}^z \cdot c_{d_n d_e r}^z$$

$$(z=\overline{1}, \overline{Z}; r=\overline{1}, \overline{R}; \ell=\overline{1}, \overline{L}); \quad (3.23)$$

$$\sum_{z=1}^{\overline{Z}} \sum_{r=0}^{\overline{R}} \sum_{d_n=1}^{\overline{D}} \sum_{d_e=1}^{\overline{D}} x_{d_n d_e r}^z \cdot t_{rd_n d_e}^z \leq t_p^{s\ell}$$

$$(\delta=\overline{1}, \overline{\Theta}; \ell=\overline{1}, \overline{L}); \quad (3.24)$$

$$x_{d_n d_e r}^z = \{0, 1\}$$

$$(z=\overline{1}, \overline{Z}; r=\overline{1}, \overline{R}; \ell=\overline{1}, \overline{L}; d_n = \overline{1}, \overline{D}; d_e = \overline{1}, \overline{D}); \quad (3.25)$$

$$x_{d_n d_e r}^z \geq 0$$

$$(z=\overline{1}, \overline{Z}; r=\overline{1}, \overline{R}; \ell=\overline{1}, \overline{L}; d_n = \overline{1}, \overline{D}; d_e = \overline{1}, \overline{D}), \quad (3.26)$$

де  $x_{d_n d_{er}}^z$  - параметр управління, що визначає доцільність заходу в проміжний порт для виконання вантажних робіт  $x_{d_n d_{er}}^z = \{0, 1\}$  і приймає таке значення:

$$x_{d_n d_{er}}^z = \begin{cases} 1, \text{ якщо ББС типу } z \text{ заходить в проміжний порт для} \\ \text{навантаження (вивантаження) вантажу } r \text{ або} \\ \text{доставки порожніх барж;} \\ 0, \text{ в іншому випадку;} \end{cases} \quad (3.27)$$

$Q_{d_n r}^{z\ell}, Q_{d_{er}}^{z\ell}$  - кількість вантажу, що підлягає відповідно завантаженню (вивантаженню) в проміжному порту;

$f_{d_n d_{er}}^z$  - тарифна ставка за перевезення вантажу  $r$  ББС типу  $z$ ;

$c_{d_n d_{er}}^z$  - питомі витрати ББС типу  $z$  з урахуванням заходу в додатковий порт;

$T_p^{z\ell}$  - час кругового рейса ББС типу  $z$  в прямому (зворотному) напрямку, з урахуванням заходу в проміжний порт на схемі  $\ell$ ;

$Q_{zr}^{\delta+1}$  - максимальна кількість вантажу, яке може бути на борту ББС типу  $z$  на ділянці  $\delta + 1$ ;

$\sum_{r=0}^R \sum_{d=1}^D \sum_{z=1}^Z Q_{rdn}^{z\ell\delta}$  - загальна кількість вантажу, що знаходиться на борту ББС типу  $z$  при виході з попереднього порту заходу ( $r = 0$  означає, що може бути перевезена порожня баржа);

$t_p^{s\ell}$  - час рейсу морського судна типу  $s$  на схемі  $\ell$ ;

$t_{cd_{n(e)r}}^{z\ell}$  - час стоянки ББС типу  $z$  в проміжному порту під навантаженням (вивантаженням) або паузкою (довантаженням) вантажу  $r$  на схемі  $\ell$ ;

$t_{xd_{n(e)r}}^{z\ell}$  - ходовий час ББС типу  $z$  для освоєння додаткового вантажопотоку (заходу в проміжний порт для навантаження (вивантаження) або паузки (довантаження) вантажу  $r$  на схемі  $\ell$ );

$t_{rd_{nd_e}}^{z\ell}$  - час кругового рейса ББС типу  $z$  при перевезенні вантажу  $r$  з порту навантаження в порт вивантаження на схемі  $\ell$ ;

$\sum_{j=1}^J N_{zj}^{\delta}$  - загальна кількість барж типу  $j$ , яке може бути в складі ББС типу  $z$  на ділянці  $\delta$ ;

$N_{maxj}^{\delta}$  - максимальна кількість барж типу  $j$  у возі ББС на ділянці  $\delta$  в залежності від району плавання;

$Q_{zr\ell}^{\delta}$  - максимально допустиме завантаження комплекту барж вантажем  $r$  в складі ББС типу  $z$  при перевезенні на ділянці  $\delta$  схеми  $\ell$ ;

$Q_{zr\ell}$  - максимально допустиме завантаження комплекту барж вантажем  $r$  в складі ББС типу  $z$  при перевезенні на схемі  $\ell$ ;

Опис обмежень:

(3.16) - кількість вантажу, що підлягає довантаженню в проміжному порту, повинна бути менше або дорівнювати максимальній кількості вантажу, яке може бути на борту ББС типу  $z$  на наступній ділянці з урахуванням наявного на борту вантажу;

(3.17) - загальний час рейсу ББС типу  $z$ , з урахуванням заходу в додатковий порт, має бути меншим або дорівнювати часу морського судна, для виключення його простою;

(3.18) - час кругового рейсу ББС типу  $z$  складається із загального часу рейсу по прямому і зворотному напрямках, рівного сумі часу на стоянці та на ходу для кожного ББС типу  $z$  при перевезенні вантажу  $r$  з порту навантаження в порт вивантаження на схемі  $\ell$  з урахуванням заходу в проміжний порт;

(3.19) - загальна кількість вантажу  $r$ , що завантажується та розвантажується на схемі  $\ell$  при перевезенні вантажу з порту навантаження в порт вивантаження ББС типу  $z$  дорівнюють;

(3.20) - кількість вантажу  $r$ , що перевозиться ББС типу  $z$  на ділянці  $\delta$  схеми  $\ell$  обмежена максимально допустимим завантаженням комплекту барж вантажем  $r$  в складі ББС типу  $z$  при перевезенні на ділянці  $\delta$  схеми  $\ell$ ;

(3.21) - максимально допустиме завантаження комплекту барж вантажем  $r$  в складі ББС типу  $z$  при перевезенні на ділянці  $\delta$  схеми  $\ell$  обмежена максимально допустимим завантаженням комплекту барж вантажем  $r$  в складі ББС типу  $z$  при перевезенні на схемі  $\ell$ ;

(3.22) - загальна кількість барж типу  $j$ , яке може бути в складі ББС типу  $z$  на ділянці  $\delta$  обмежена максимально допустимою кількістю барж типу  $j$  у возі ББС на ділянці  $\delta$  залежно від району плавання;

(3.23) - умова, необхідна для отримання прибутку;

(3.24) - сумарний час рейсу ББС типу  $z$ , які обслуговують морське судно  $s$  обмежене часом рейсу останнього. Тому час рейсу ББС типу  $z$  з урахуванням заходу в додатковий порт повинен бути менше або дорівнювати часу рейсу морського судна, який ними обслуговується;

(3.25) - обмеження, що визначає захід у проміжний порт;

(3.26) - умови невід'ємності змінних.

Математична модель (3.15) - (3.26) може бути розглянута як для кругового рейсу, так і окремо для прямого і зворотного напрямку.

При освоєнні вантажопотоку тільки ББС з математичної моделі (3.15) - (3.26) виключаються обмеження (3.17), (3.24).

### **3.3 Формування складу флоту і графіка руху баржебуксирних суден при організації їх узгодженої роботи з морськими суднами**

Ефективність ББП залежить від раціонального використання технічних засобів. Як у випадку перевезень по ВВШ, змішаних «річка-море», так і спільної роботи ББС і морських суден безперервність ТП перевезення вантажів забезпечується можливістю варіювати кількістю і ТЕХ структурних елементів ББС.

Як було зазначено раніше, для забезпечення найкращих умов роботи кожного типу ББС необхідно брати до уваги обмежувальні фактори такі як: інтенсивність вантажних робіт в портах; максимально допустимі вимірювання суден для заходу в порт, проходження шлюзів, звивистих ділянок траси, проходження під мостами; протяжність ділянки переходу, що впливає на габаритні розміри і кількість барж в складі, а, отже, їх вантажопідйомність і потужність двигуна буксира. Беручи інтенсивність вантажних робіт в портах завантаження і розвантаження, а також і самі порти величиною постійною, при роботі на одній і тій же схемі варіювати можна тільки потужністю двигуна і вантажопідйомністю баржі (комплекту барж).

В даний час, існує три способи визначення необхідної кількості транспортних засобів: за експлуатаційними показниками, по обороту (по круговому рейсу), за ГР флоту [52]. Графік є найбільш точним для визначення кількості суден в оперативному плануванні їх роботи.

Крім того, завдання визначення необхідної кількості буксирів і комплектів барж при організації роботи з рейдовим перевантаженням є

найбільш актуальним при координації роботи морського та річкового транспорту.

При побудові ГР суден доцільно застосовувати евристичний підхід, який забезпечує достатній по відношенню до вихідної інформації рівень достовірності. Крім того, час, необхідний на вирішення завдання евристичним методом, на відміну від завдань, заснованих на строгих методах оптимізації, в кілька десятків разів менше. Евристичний підхід дозволяє поєднувати точні математичні прийоми з процедурами, заснованими на інтуїції і досвіді вирішення завдань цього класу [85].

Таким чином, розробка евристичного підходу до визначення кількості технічних засобів річкових і морських суден при рейдовому перевантаженні є актуальною.

Методика побудови ГР ББС заснована на включенні в графік руху всіх елементів рейсу (часу на ходу і на стоянці) за цикл, з урахуванням часу простою буксирів і барж в очікуванні відправлення.

При цьому під циклом графіка розуміється період часу в продовженні якого прибуття, відправлення та проходження суден на всіх схемах по кожному пункту та ділянці відбувається в певній послідовності.

При складанні ГР ББС необхідно враховувати спосіб узгодження руху буксира (тяги) і баржі (тоннажу), який залежить від прийнятого способу експлуатації (змінного, змішаного або закріпленого).

Оскільки ефективність роботи ББС значною мірою полягає саме в забезпеченні безперервності в роботі дорогої частини ББС (ЕМ) за рахунок скорочення часу стоянки, то вибору варіанта організації роботи буксира має бути приділена належна увага. При цьому обґрунтовується вибір варіанта організації роботи буксира (див. розділ 1.2.1):

Варіант 1 - «Закріплений спосіб експлуатації» - із закріпленням буксира за возом барж, при якому буксир очікує навантаження (вивантаження) баржі з якою прийшов у порт;

Варіант 2 - «Змінний спосіб експлуатації» - без закріплення буксира за возом барж, при цьому буксир продовжує рух з баржею (возом барж), що знаходиться в цьому порту;

Варіант 3 - «Змішаний спосіб експлуатації» - із закріпленням буксира за возом барж в одному з портів, при цьому буксир очікує навантаження (вивантаження) баржі з якою прийшов у порт і без закріплення в іншому порту, тобто буксир продовжує рух з баржею (возом), що знаходиться в порту.

Поставленому завданню дисертації найбільш відповідає змінний спосіб роботи тяги, що передбачає готовність барж в портах до моменту приходу складу і звільнення тяги. При цьому виключаються прості буксирів в очікуванні барж. Проте при узгодженій роботі ББС в комбінованій ТТС при обробці на рейді, слід застосовувати змішаний або закріплений спосіб, оскільки на рейді буксир повинен залишатися з баржею. Однак, як було зазначено раніше (розділ 1.2.1), вибір того чи іншого способу експлуатації ББС залежить переважно від валових норм вантажних робіт в портах заходу, протяжності маршруту слідування суден, пропускної здатності опорних пунктів, завантаження суден, ТЕХ суден.

Варіанти можливих схем роботи ББС при організації їх спільної роботи з морськими суднами з рейдовою обробкою вантажів представлені в таблицях 1.2 - 1.3.

Розробці графіка узгодженої роботи морських суден і баржебуксирних складів передують наступна послідовність підготовки вихідної інформації:

- 1) На підставі вихідної інформації по вантажопотокам побудувати можливі схеми роботи суден (див. розділ 1.2.1);
- 2) Формування пріоритетного ряду суден (див. розділи 2.1-2.2);
- 3) Відбір суден для реалізації поставленого завдання за допомогою евристичного підходу (3.28) - (3.41);

4) Відбір суден для реалізації поставленого завдання за допомогою математичної моделі (див. розділ 2.3.2);

5) Визначення необхідного флоту (3.42) - (3.46);

6) Побудова ГР суден (3.47) - (3.58).

На початковому етапі побудови графіка прийняті наступні умови:

1) Для досягнення кращого варіанту організації роботи ББС приймається умова, що в усіх проміжних портах та портах відправлення є по одній баржі або готовій до відправлення або тих, що перебувають під вантажеобробкою;

2) Порти на графіку розташовуються в наступній послідовності: перший - порт відправлення, другий і т.д. - проміжний порт і / або опорні пункти (якщо є в схемі), потім порт трансшипменту, і в кінці - порт призначення вантажу. Тобто рух вниз на графіку - це рух вниз до гирла річки;

3) Запропонована методика дійсна як при роботі ББС з навантаженими і порожніми баржами тільки в одному напрямку за участю одного (або кількох) портів навантаження і одного (або кількох) портів вивантаження, так і при зворотному переході з навантаженими і / або порожніми баржами. При наявності зворотного і / або факультативного вантажопотоку необхідно враховувати загальний час стоянки під навантаженням і розвантаженням у кожному порту.

4) Буксир очікує звільнення баржі від вантажних операцій на рейді.

На додаток до методики відбору суден для роботи на схемі при різних варіантах організації роботи ББС (див. розділи 2.2 - 2.3), для узгодженої роботи морських і ББС необхідно провести оцінку відібраних суден для кожного простого рейса на підставі наступних евристик:

Евристика 1. Кращою є та схема, де немає простою буксира в очікуванні звільнення від вантажних операцій баржі (воза  $\lambda$ ) ( $t_{ild}^0 e(n)$ ), тобто

час очікування буксиром звільнення баржі від ВРР повинно бути мінімальним, і задається межами:

$$0 \leq t_{ild}^{o\epsilon(n)} \leq \xi_{ild} \quad (i=\overline{1, I}; d=\overline{1, D}; \ell = \overline{1, L}), \quad (3.28)$$

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

$$\xi_{ild} = \max \left\{ \sum \left( \frac{Q_{dr\ell}^n}{M_{\epsilon rd}^n} + \frac{Q_{dr\ell}^{\epsilon}}{M_{\epsilon rd}^{\epsilon}} \right); \sum \left( \frac{f_{dr\ell}^n \cdot Q_{dr\ell}^n}{c_i^{\ell}} + \frac{f_{dr\ell}^{\epsilon} \cdot Q_{dr\ell}^{\epsilon}}{c_i^{\ell}} \right) \right\} \\ (i=\overline{1, I}; \ell = \overline{1, L}; d=\overline{1, D}; r=\overline{1, R}), \quad (3.29)$$

де  $Q_{dr\ell}^n$ ,  $Q_{dr\ell}^{\epsilon}$  - кількість вантажу  $r$ , який 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 (вивантажується) в порту  $d$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$c_i^{\ell}$  - питомі витрати буксира типу  $i$  в добу експлуатації при роботі на схемі  $\ell$ . Розрахунки проводяться за методикою, викладеною в роботі [21].

Час очікування буксиром звільнення баржі від ВРР визначається за формулою:

$$t_{ild}^{o\epsilon(n)} = t_{c_{n(\epsilon)}}^{zld} - t_{x_{\epsilon n(\epsilon\epsilon)}}^{i\ell}$$

$$(\overline{i=1,I}; \overline{\ell=1,L}; \overline{d=1,D}; \overline{z=1,Z}; \overline{r=1,R}), \quad (3.30)$$

де  $t_{x_{\epsilon n(\epsilon\epsilon)}}^{i\ell}$  - ходовий час буксира типу  $i$  відповідно вниз до гирла (вгору до витоків);

$t_{c_{n(\epsilon)}}^{zld}$  - час стоянки ББС типу  $z$  відповідно під завантаженням (розвантаженням) в порту  $d$  на схемі  $\ell$ .

При позитивному значенні рівняння - простої в порту відправлення, при негативному - в порту призначення.

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

$$0 \leq t_{\lambda ld}^{o\epsilon(n)} \leq \xi_{\lambda ld} \quad (\overline{\lambda=1,A}; \overline{\ell=1,L}; \overline{d=1,D}), \quad (3.31)$$

де  $\xi_{\lambda ld}$  - величина, що 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  $\ell$ .

$$\xi_{\lambda ld} = \max \left\{ \sum \left( \frac{Q_{dr\ell}^n}{M_{\epsilon rd}^n} + \frac{Q_{dr\ell}^{\epsilon}}{M_{\epsilon rd}^{\epsilon}} \right); \sum \left( \frac{f_{dr\ell}^n \cdot Q_{dr\ell}^n}{c_{\lambda}^{\ell}} + \frac{f_{dr\ell}^{\epsilon} \cdot Q_{dr\ell}^{\epsilon}}{c_{\lambda}^{\ell}} \right) \right\}$$

$$(\overline{\lambda=1,A}; \overline{\ell=1,L}; \overline{d=1,D}; \overline{r=1,R}), \quad (3.32)$$

де  $c_{\lambda}^{\ell}$  - питомі витрати воза  $\lambda$  в добу експлуатації при роботі на схемі  $\ell$  [21].

Час простою баржі в очікуванні буксира визначається з виразу

$$t_{\lambda ld}^{o_{\ell}(n)} = t_{c_n}^{zld} - t_{c_{\ell}}^{zld} = t_{ild}^{o_{\ell}(n)} + t_{c_{n(\ell)}}^{zld} + t_{x_{\ell}(n)}^{i\ell} \quad (\lambda = \overline{1, A}; \ell = \overline{1, L}; d = \overline{1, D}; r = \overline{1, R}), \quad (3.33)$$

де  $t_{c_n}^{zld}, t_{c_{\ell}}^{zld}$  - час стоянки возу  $\lambda$  зі складу ББС типу  $z$  під навантаженням (вивантаженням) відповідно вантажу в порту  $d$  при роботі на схемі  $\ell$ .

При позитивному значенні рівняння - простій в порту відправлення, при негативному - в порту призначення.

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

$$t_u^{z\ell} = \sum_{r=1}^R t_c^{z\ell\tau} \quad (\tau = \overline{1, T}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (3.34)$$

де  $t_u^{z\ell}$  - інтервал відправлення ББС типу  $z$  з порту відправлення при роботі на схемі  $\ell$ .

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

$$t_p^{s\ell} = \mu \cdot t_p^{i\ell z} \quad (s = \overline{1, S}; i = \overline{1, I}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (3.35)$$

де  $t_p^{s\ell}$  - час кругового рейсу морського судна  $s$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$t_p^{liz}$  - часу кругового (замкнутого) рейсу буксира типу  $i$  зі складу ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$\mu$  - цілочисельне значення, яке дорівнює кількості ББС.

При цьому час кругового рейса буксира визначається з виразу

$$t_p^{liz} = t_{ild}^{o\sigma(n)} + t_{x_{BH}}^{il} + t_{x_{BB}}^{il}$$

$$(i=\overline{1,I}; z=\overline{1,Z}; d=\overline{1,D}; \ell=\overline{1,L}). \quad (3.36)$$

Евристика 5. Максимально допустиме завантаження і час вантажних робіт під навантаженням (вивантаженням) 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:

$$n_{\lambda}^{s\ell} = \frac{\sum_{r=1}^R Q_{sr\ell}}{\sum_{r=1}^R Q_{zr\ell}}$$

$$(\lambda = \overline{1,A}; s=\overline{1,S}; z = \overline{1,Z}; \ell = \overline{1,L}), \quad (3.37)$$

де  $Q_{sr\ell}$  - максимально допустиме завантаження морського судна  $s$  вантажем  $r$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$n_{\lambda}^{s\ell}$  - необхідна кількість возів  $\lambda$  для завантаження морського судна  $s$  на схемі  $\ell$ ;

$Q_{zr\ell}$  - максимально допустиме завантаження комплекту барж зі складу ББС типу  $z$  вантажем  $r$ , який може бути прийнятий на судно в даних умовах його роботи при роботі на схемі  $\ell$ .

Методика визначення максимально допустимого завантаження комплекту барж, виходячи з обмежень, викладена в розділі 2.1. Аналогічно визначається максимально допустиме 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

$$0 \leq \Delta t_{Pn(\epsilon)\phi}^{z\ell d} \leq \xi_{z\ell d}^{\phi} \leq t_{i\ell\tau}^{o\epsilon(n)} \quad (i=\overline{1,I}; d=\overline{1,D}; \ell = \overline{1,L}), \quad (3.38)$$

де  $\Delta t_{Pn(\epsilon)\phi}^{z\ell d}$  - час рейсу ББС типу  $z$ , що пов'язаний із заходом в додатковий порт  $d$  на схемі  $\ell$  при освоєнні додаткового вантажу  $r$ ;

$\xi_{z\ell d}^{\phi}$  - величина, що підлягає обґрунтуванню і визначається співвідношенням доходів ББС від перевезення додаткового вантажу  $r$  і питомих витрат ББС типу  $z$  на ходу і стоянці, пов'язаних із заходом в додатковий порт  $d$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$t_{i\ell\tau}^{o\epsilon(n)}$  - час очікування буксиром типу  $i$  звільнення від вантажних операцій баржі (воза) в пункті трансшипменту  $\tau$  при роботі на схемі  $\ell$ .

$$\Delta t_{Pn(\epsilon)\phi}^{z\ell d} = t_{Cn(\epsilon)\phi}^{z\ell d} + \Delta t_{Xn(\epsilon)\phi}^{z\ell d}$$

$$(z=\overline{1,Z}; \ell = \overline{1, L}; d=\overline{1,D}; r=\overline{1,R}), \quad (3.39)$$

де  $\Delta t_{c_{n(\epsilon)}\phi}^{z\ell d}$  - час стоянки ББС типу  $z$  під навантаженням (вивантаженням) факультативного вантажу  $r$  в додатковому порту  $d$  схеми  $\ell$ ;

$\Delta t_{x_{n(\epsilon)}\phi}^{z\ell d}$  - витрати ходового часу ББС типу  $z$ , пов'язані з заходом в додатковий порт  $d$  схеми  $\ell$  за факультативним вантажем  $r$ .

$$t_{c_{n(\epsilon)}\phi}^{z\ell d} = \sum \left( \frac{R}{\sum_{r=1}^R \frac{Q_{dr\ell}^{n\phi}}{M_{\epsilon rd}^{n\phi}}} + \frac{R}{\sum_{r=1}^R \frac{Q_{dr\ell}^{\epsilon\phi}}{M_{\epsilon rd}^{\epsilon\phi}}} \right) \\ (i=\overline{1,I}; \ell = \overline{1, L}; d=\overline{1,D}; r=\overline{1,R}), \quad (3.40)$$

де  $Q_{dr\ell}^{n\phi}$ ,  $Q_{dr\ell}^{\epsilon\phi}$  - кількість факультативного вантажу  $r$ , що завантажується (розвантажується) в порту  $d$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$M_{\epsilon rd}^{n\phi}$ ,  $M_{\epsilon rd}^{\epsilon\phi}$  - валові норми вантажних робіт в порту  $d$  при завантаженні (розвантаженні) додаткового вантажу  $r$ .

$$\xi_{z\ell d}^{\phi} = \sum \left( \frac{f_{dr\ell}^{n\phi} \cdot Q_{dr\ell}^{n\phi}}{c_z^{\ell}} + \frac{f_{dr\ell}^{\epsilon\phi} \cdot Q_{dr\ell}^{\epsilon\phi}}{c_z^{\ell}} \right) \\ (z=\overline{1,Z}; \ell = \overline{1, L}; d=\overline{1,D}; r=\overline{1,R}), \quad (3.41)$$

де  $f_{dr\ell}^{n(\epsilon)\phi}$  - фрахова (тарифна) ставка за перевезення додаткового вантажу  $r$ , що відповідно завантажується (вивантажується) в порту  $d$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$c_z^\ell$  - питомі витрати ББС типу  $z$  в добу експлуатації при роботі на схемі  $\ell$  [21].

Урахування евристик (3.28) - (3.41) забезпечує безперервність ВРР при виборі або найкращої схеми для роботи ББС, або ББС для певної схеми роботи за рахунок раціонального поєднання ТЕХ барж і буксирів в складі ББС і при узгодженій роботі з морськими судами.

На підставі вищевикладеного, сформулюємо методичні положення щодо організації транспортного процесу перевезення вантажів внутрішнім водним транспортом з використанням комбінованої ТТС «ББС - морське судно». Вона передбачає послідовність наступних етапів (приклад реалізації методики наведено в Додатку 3).

Етап 1. Відбір суден за допомогою евристичного підходу. Наочно впровадження розглянутих евристик (3.28) - (3.41) в ТП представлено на рис. 3.1.

При вирішенні кожного логічного блоку 5 з позитивним результатом (критерій  $\eta$ ) присвоюється значення «+», з негативним (критерій  $g$ ) - значення «-». Обробка результатів, представлених у вигляді табл. 3.1, проводиться по максимальному сумарному значенню критерію  $\eta$ . Виходячи з завдання дослідження розглядаються схеми  $\ell$  і ББС типу  $z$  ( $\ell = \overline{1, L}$ ;  $z = \overline{1, Z}$ ).

Таблиця 3.1 - Результати вибору судна для роботи за схемою

Схема	Тип ББС	Евристики								Суммарне значення	
		1		2		...		6		$\Sigma\eta$	$\Sigma g$
		$\eta$	$g$	$\eta$	$g$	$\eta$	$g$	$\eta$	$g$		

При рівних результатах для декількох ББС критерії оцінюються варіантним методом, коли кожному значенню присвоюється місце у рейтингу

( $R^e$ ). Приклад розрахунку наведено в табл. 3.5 – 3.6. Надалі формується ГР для цих типів ББС. Остаточний вибір судна проводиться за економічними показниками, отриманими з інформації з ГР суден.

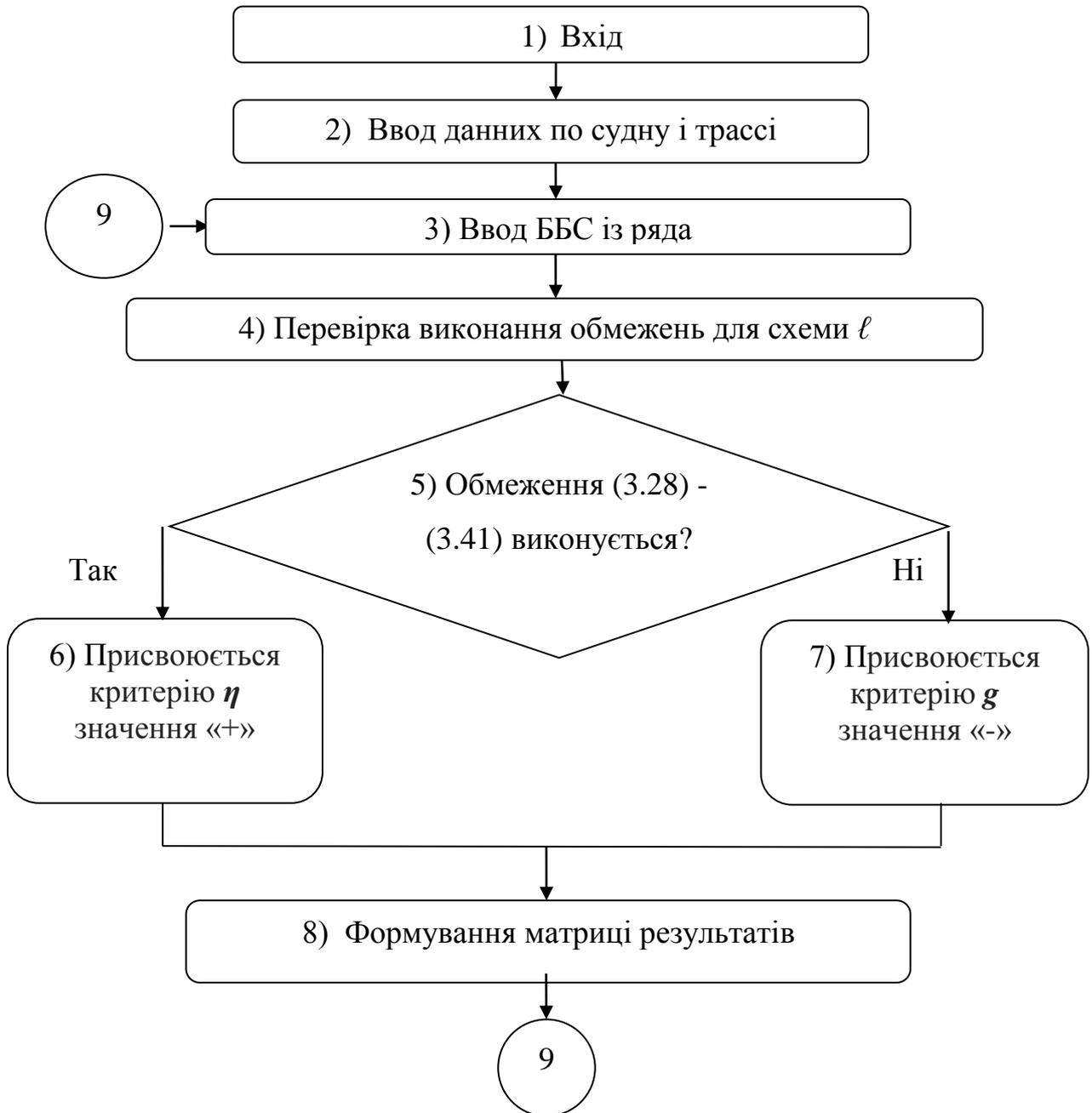


Рисунок 3.1, лист 1 - Склад і послідовність операцій відбору суден за допомогою евристичного підходу

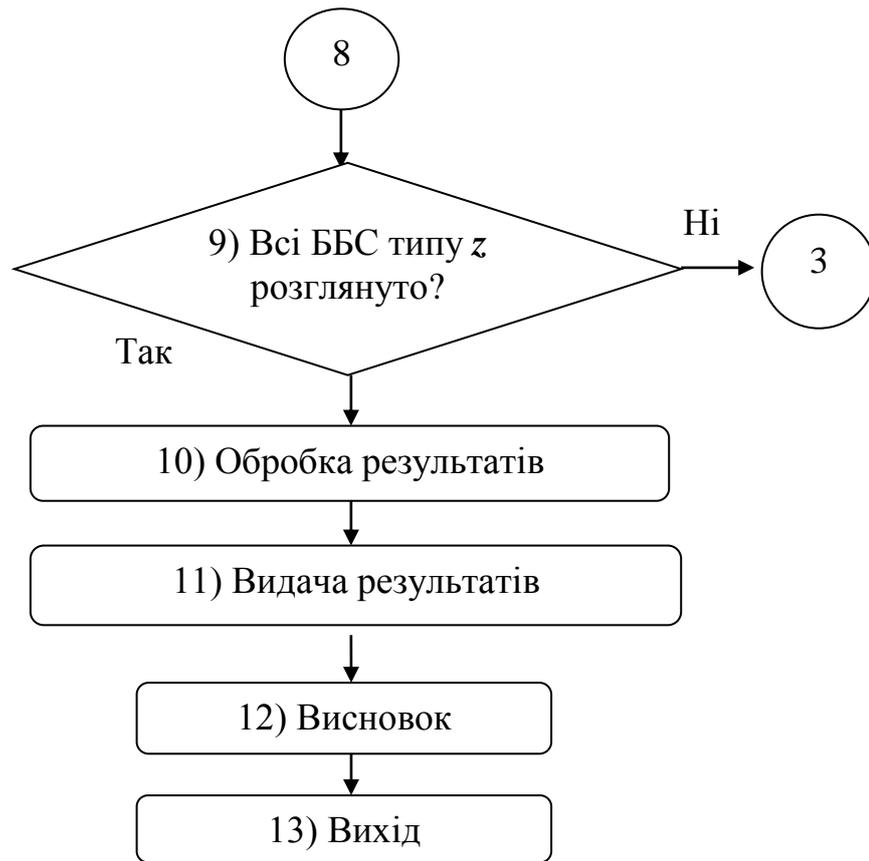


Рисунок 3.1, лист 2

Етап 2. Розрахунок структурних елементів ББС. Кількість комплектів барж (возів  $\lambda$ ), необхідних для завантаження морського судна визначається з формули (3.37) округляється до цілого в більшу сторону, після чого уточнюється завантаження ББС:

$$\sum_{r=1}^R Q_{zr\ell} = \frac{\sum_{r=1}^R Q_{sr\ell}}{n \frac{s\ell}{\lambda}} \quad (\lambda = \overline{1, \Lambda}; s = \overline{1, S}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}). \quad (3.42)$$

Кількість барж з урахуванням їх оборотності визначається з виразу:

- при змінному способі експлуатації буксирів:

$$n_{\lambda}^{\ell} = n_{\lambda}^{s\ell} + 2 \quad (\lambda = \overline{1, \Lambda}; s = \overline{1, S}; \ell = \overline{1, L}), \quad (3.43)$$

де  $2$  - одна баржа, знаходиться в порту відправлення, а інша в порту призначення для заміни [90].

Кількість буксирів розраховується за формулами прийнятим в міжнародній практиці [71]:

$$N_j^{\ell} = n_{\lambda}^{\ell} - n_d^{\ell} \quad (\lambda = \overline{1, \Lambda}; j = \overline{1, J}; d = \overline{1, D}; \ell = \overline{1, L}), \quad (3.44)$$

- при змішаному способі експлуатації буксирів:

$$n_{\lambda}^{\ell} = n_{\lambda}^{s\ell} + 1 \quad (\lambda = \overline{1, \Lambda}; s = \overline{1, S}; \ell = \overline{1, L}), \quad (3.45)$$

де  $1$  - одна баржа, знаходиться в порту відправлення.

$$N_j^{\ell} = n_{\lambda}^{\ell} - 1 \quad (\lambda = \overline{1, \Lambda}; j = \overline{1, J}; d = \overline{1, D}; \ell = \overline{1, L}), \quad (3.46)$$

Етап 3. Розрахунок елементів часу рейсу ББС.

На підставі загальноприйнятих формул визначаємо:

а) Ходовий час рейсу відповідно в прямому (вниз) напрямку і в зворотному (вгору) напрямку [21]

$$t_{x_{BH}(BB)}^{i\ell} = \left( \frac{L_{\ell}^{BH(BB)} - L_0^{\ell}}{V_{z(\bar{b})}^{\ell} \pm V_e^{\ell}} + \frac{L_0^{\ell}}{V_o^{\ell}} + t_{\bar{d}}^{\ell} \right) \cdot K_3 \quad (i = \overline{1, I}; \ell = \overline{1, L}; z = \overline{1, Z}), \quad (3.47)$$

де  $L_{\ell}^{вн(вв)}$  - протяжність схеми руху відповідно вверх (вниз);

$L_0^{\ell}$  - протяжність ділянки, де швидкість судна обмежена;

$V_{m_{z\ell}}^{z(б)}$  - технічна швидкість ББС типу  $z$  відповідно в вантажу (в

баласті);

$V_o^{\ell}$  - обмежена швидкість судна на схемі  $\ell$ ;

$V_e^{\ell}$  - швидкість течії на схемі  $\ell$  (додається «+», якщо судно рухається

вниз за течією до гирла, інакше - віднімається «-»);

$t_{\partial}^{\ell}$  - додатковий час на лоцманську проводку і швартовні операції,

зчалку, шлюзування на схемі  $\ell$ ;

$K_3$  - коефіцієнт що враховує затримку судна з різних причин (5% - для несамохідних суден, 6% - для самохідних суден) [75].

б) Час стоянки воза барж під навантаженням (розвантаженням) вантажу  $r$  (обовязковий та факультативний) в порту  $d$  при роботі на схемі  $\ell$ :

$$t_{c_{в(n)}}^{z\ell d} = \sum_{r=1}^R \frac{Q_{zr\ell d_{в(n)}}}{M_{в rd}^{в(n)}} \quad (\lambda = \overline{1, A}; s = \overline{1, S}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (3.48)$$

де  $Q_{zr\ell d_{в(n)}}$  - загальна кількість вантажу  $r$ , що вивантажуються (завантажуються) в порту  $d$  з ББС типу  $z$  на схемі  $\ell$ ;

$M_{в rd}^{в(n)}$  - валові норми вантажних робіт по вивантаженню

(завантаженню) в порту  $d$  для вантажів  $r$ , що перевозяться на схемі  $\ell$ .

У разі використання однотипних суден приймається  $t_{x_{вн}(вв)}^{i\ell} = t_{x_{вн}(вв)}^{\lambda\ell}$  та  $t_{c_{в}(n)}^{z\ell d} = t_{c_{в}(n)}^{\lambda\ell d}$ , а склад (воз) позначається  $(i, \lambda)$ , тобто  $z = (i, \lambda)$ .

Отримані значення елементів часу рейсу використовуються для ведення нитки графіку для схеми роботи ББС і фіксації моменту початку і закінчення кожної вантажної операції.

Етап 4. Введення елементів ББС типу  $z$  з групи попередньо відібраних суден в графік. Побудова ГР суден для варіанта організації ББС  $k = a$  здійснюється в наступній послідовності де прийнято, що  $d = A, \tau = B$ .

1. Визначаємо момент відправлення складу 1.1 ( $z=1$ ) з порту відправлення  $A$  в напрямку ( $A \rightarrow B$ ):

- Якщо  $t_{x_{вн}}^{\lambda\ell} \geq t_{c_{в}}^{\lambda\ell\tau}$  ( $\ell = \overline{1, L}; d = \overline{1, D}; \lambda = \overline{1, A}$ ), то момент відходу

складу 1.1 приймають 00 год. 00 хв. першої доби, тобто  $t_{o1}^{1.1} = 00.00$  год.;

- Якщо  $t_{x_{вн}}^{\lambda\ell} < t_{c_{в}}^{\lambda\ell\tau}$ , то момент відходу складу 1.1 визначається з

виразу:

$$t_{oA}^{1.1} = t_{x_{вн}}^{\lambda\ell} + t_{c_{в}}^{\lambda\ell\tau} \quad (\ell = \overline{1, L}; d = \overline{1, D}; \lambda = \overline{1, A}). \quad (3.49)$$

2. Момент прибуття складу 1.1 в порт  $B$  збігається з моментом звільнення буксира 1 від попереднього рейсу, який визначається ходовим часом переходу в напрямку  $A \rightarrow B$  і визначається з виразу:

$$t_{nB}^{1.1} = t_{oA}^{1.1} + t_{x_{вн}}^{\lambda\ell} \quad (j = \overline{1, J}). \quad (3.50)$$

3. Момент прибуття морського судна  $s$  в порт  $B$  збігається з моментом прибуття складу 1.1:

$$t_{nB}^s = t_{nB}^{1.1} \quad (s=\overline{1,S}). \quad (3.51)$$

4. Момент відправлення баржі 3 з буксиром 1 (склад 1.1) з порту вивантаження  $B$  збігається з моментом звільнення возу 1 від попереднього рейсу, оформленням документів на наступний рейс і зчіпкою з буксиром 1, що включено в розрахунки ходового часу (формула 3.47) і визначається з виразу:

$$t_{oB}^{1.3} = t_{oA}^{1.1} + t_{x_{\theta H}}^{\lambda \ell} + t_{c_{\theta}}^{\lambda \ell \tau} \quad (j=\overline{1,J}). \quad (3.52)$$

5. Момент прибуття складу 1.1 в порт  $A$  збігається з моментом звільнення буксира 1 від попереднього рейсу, який дорівнює ходовому часу переходу з пункту  $B$  до пункту  $A$  і визначається з виразу:

$$t_{nA}^{1.1} = t_{oB}^{1.1} + t_{x_{\theta\theta}}^{\lambda \ell} + t_{c_{\theta}}^{\lambda \ell \tau} \quad (j=\overline{1,J}). \quad (3.53)$$

6. Момент постановки під навантаження баржі 2 в пункті  $A$ , яку привів в порт буксир 1, збігається з моментом відправлення складу 1.1. з пункту  $A$ .

$$t_{nA}^{1.2} = t_{oA}^{1.1}. \quad (3.54)$$

7. При рейдовому перевантаженні момент відправлення баржі 2 з буксиром 2 (склад 2.2) з порту навантаження  $A$  визначається інтервалом відправлення (див. формулу (3.34)).

Якщо  $t_{c_n}^{z\ell d} \geq t_{c_{\theta}}^{z\ell \tau}$  ( $z=\overline{1,Z}; \ell = \overline{1,L}; d=\overline{1,D}; \tau=\overline{1,T}$ ), то необхідно

вводити ще один причал в порту навантаження  $A$  для забезпечення

безперервності ГР суден за схемою борт-борт, а моменти відправлення і прибуття БС визначаються як для складу 1.1;

Якщо  $t_{c_n}^{z\ell d} < t_{c_b}^{z\ell \tau}$  ( $z=\overline{1,Z}; \ell = \overline{1, L}; d=\overline{1,D}; \tau=\overline{1,T}$ ), баржа 2 знаходиться в порту відправлення в очікуванні відправлення, а момент відправлення її з  $A$  визначається з виразу:

$$t_{oA}^{2.2} = t_{c_b}^{z\ell \tau} + t_{oA}^{1.1} \quad (z=\overline{1,Z}; \ell = \overline{1, L}; d=\overline{1,D}), \quad (3.55)$$

а час очікування возом 2 буксира 2 визначається з виразу:

$$t_{o'}^{2.2} = t_{c_b}^{z\ell \tau} - t_{c_n}^{z\ell d} \quad (z=\overline{1,Z}; \ell = \overline{1, L}; d=\overline{1,D}; r=\overline{1,R}). \quad (3.56)$$

8. Момент прибуття складу 2.2 в порт В збігається з моментом звільнення буксира 2 від попереднього рейсу рівному ходовому часу в вантажу з пункту  $A$  в пункт  $B$  і визначається з виразу:

$$t_{nB}^{2.2} = t_{oA}^{1.1} + t_{x_{BH}}^{\lambda \ell} + \varepsilon \cdot t_{u}^{z\ell} \quad (j=\overline{1,J}; \ell = \overline{1, L}; z=\overline{1,Z}). \quad (3.57)$$

де  $\varepsilon$  - цілочисельне значення (для складу 2.2  $\varepsilon = 1$ ).

9. Момент відправлення з пункту  $B$  буксира 2 з возом 2 (склад 2.2) збігається з моментом звільнення воза 2 від попереднього рейсу та визначається згідно до методики викладеної раніше з виразу:

$$t_{oB}^{2.2} = t_{nB}^{2.2} + t_{c_b}^{z\ell \tau} \quad (j=\overline{1,J}; \ell = \overline{1, L}; z=\overline{1,Z}). \quad (3.58)$$

10. Визначивши інтервали  $i$ , відповідно, моменти відправлення ББС проводиться розстановка всіх барж і буксирів послідовно аналогічним чином, до моменту, поки цикл роботи суден не встановиться.

При цьому під циклом графіка розуміється період часу в продовженні якого прибуття, відправлення та проходження суден на всіх схемах по кожному пункту і ділянці відбувається в певній послідовності.

За графіком уточнюється необхідна кількість комплектів барж і буксирів, які виконують роботу за цикл. Спосіб визначення кількості елементів ББС на підставі ГР є більш точним, оскільки враховує всі можливі затримки судна на трасі не тільки в просторі, але і в часі.

На підставі запропонованої методики будується ГР морських і баржебуксирних суден, визначається їх кількісний склад на базі технічних засобів, якими володіють СК, що оперують флотом в даному регіоні.

### **Висновки по розділу 3**

На підставі вищевикладеного можна сформулювати наступні висновки:

1. Сформульована змістовна постановка задачі обґрунтування оптимального розподілу вантажопотоків між ББС, розроблена її математична модель (3.1) - (3.14). Запропонована модель відноситься до класу розподільних завдань лінійного програмування зі змішаними умовами, що реалізується або для кругового рейсу, або для прямого (зворотного) напрямків. При цьому, річковий порт виступає в якості порту відправлення при експорті, і портом призначення при імпорті. Порт трансшипменту виступає в ролі пункту стикування морських і річкових суден.

2. Освоєння факультативного вантажопотоку відбувається або при завантаженні барж в початковому порту відправлення основного вантажопотоку (маршрутні, збірні перевезення) або за допомогою заходу в додатковий порт (збірні перевезення). Доцільність освоєння факультативного

вантажопотоку визначається не тільки економічною ефективністю, але і технічною можливістю, пов'язаною з обмеженнями на річковій ділянці маршруту слідування. Математична модель (3.15) - (3.26) освоєння факультативного вантажопотоку визначає її комерційну доцільність при урахуванні обмежуючих факторів.

3. Розглянуті в розділі математичні моделі враховують особливості організації роботи ББС по ВВШ, в тому числі при узгодженій роботі баржебуксирних і морських суден.

4. У розділі представлена методика формування складу флоту і побудови ГРС при узгодженій роботі морського та баржебуксирного флоту в межах комбінованої ТТС.

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

Результати дослідження з даного розділу було використано в науково-дослідній темі ОНМУ і опубліковані в роботах [1, 7, 9, 22].

## ВИСНОВКИ

В ході дисертаційного дослідження вирішена основна наукова задача по розробці теоретичних і методичних положень щодо організації роботи ББС з метою підвищення ефективності функціонування ТТС.

Для реалізації поставленої мети в дисертаційному дослідженні були позначені і послідовно реалізовані такі завдання:

Завдання 1. Проведено аналіз теорії і практики роботи ББС;

Завдання 2. Розроблена методика обґрунтування оптимального варіанта організації роботи суден в ТТС;

Завдання 3. Розроблена методика розподілу вантажопотоків при різних варіантах узгодження роботи тяги і тоннажу;

Завдання 4. Сформульовані теоретичні та методичні положення щодо формування ГРС при узгодженій роботі морського і баржебуксирного флоту.

В рамках першого завдання на базі літературних джерел було проведено аналіз об'єкта дослідження, в ході якого:

- визначені конструктивні особливості ББС і організаційні аспекти їх роботи;

- визначено можливі схеми роботи ББС в залежності від варіанту організації їх експлуатації;

- виявлена неоднозначність в термінології, яка застосовується на практиці, та проведена її систематизація для подальшого використання в дисертаційному дослідженні;

- сформульовані класифікаційні ознаки для ББС з позиції організації перевезень;

- визначена сфера ефективної експлуатації як конструктивних елементів ББС, так і судна в цілому.

Аналіз наукових досліджень в області ББП визначив актуальність розробок в напрямку узгодженої роботи ББС і морського транспорту. У

зв'язку з цим, в дисертаційному дослідженні в складі загальних питань організації роботи ББС виділені й опрацьовані наступні питання координації роботи морського та річкового транспорту при їх взаємодії в рамках перевезення вантажів у міжнародному сполученні «річка-море» з рейдовою вантажеобробкою:

- визначено можливі схеми роботи суден (див. розділ 1.2.2);
- розроблено математичні моделі розподілу суден (див. розділ 2.3);
- розроблено методику визначення потреби в тоннажі в умовах узгодженої роботи річкових і морських суден (див. розділ 3.3);
- розроблено методику побудови графіка руху суден при організації спільної роботи ББС і морських суден в комбінованій ТТС (див. розділ 3.3).

Крім того, в ході аналізу літературних джерел виявлено, що у вітчизняній і зарубіжній літературі відсутня єдина методика:

- визначення типорозміру ББС для роботи на схемі (див. розділ 2.1);
- відбору і розподілу ББС для роботи при різних варіантах організації їх роботи (див. розділ 2.2).

Зазначені питання реалізуються в ході рішення другої і третьої задач.

В ході вирішення третього завдання були також сформульовані теоретичні та методичні положення щодо:

- розподілу вантажопотоків при різних варіантах узгодження роботи тяги і тоннажу (див. розділ 3.1);
- освоєння факультативного вантажопотоку (див. розділ 3.2);
- визначення складу флоту (див. розділ 3.3).

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

В математичних моделях враховуються:

- техніко-експлуатаційні та конструктивні особливості ББС;
- основні аспекти організації роботи ББС, які засновані на різних варіантах організації роботи як складових елементів ББС (тяги і тоннажу), так і складеного судна в цілому;
- параметри маршруту слідування, які накладають обмеження на типорозмір ББС і варіант організації його роботи.

Реалізація математичних моделей, які представлені в дисертації, дозволяє обґрунтувати комерційну доцільність:

- розподілу суден для освоєння вантажопотоку при роботі як за прямим варіантом (2.65) - (2.76) у ББ ТТС, так і при узгодженій роботі з морським транспортом (2.84) - (2.106) - у комбінованій ТТС;
- розподілу вантажопотоків поміж наявних суден з метою максимізації прибутку (3.1) - (3.14);
- освоєння факультативного вантажопотоку (3.15) - (3.26).

Слід зазначити, що судна, які розглянуті в математичних моделях дисертаційного дослідження, не ідентифікуються за належністю до СК. Ідентифікація судна відбувається за наданим йому індексом в базі вихідних даних.

Результати, наведені в дисертаційному дослідженні, мають прикладне значення, що підтверджується відповідними актами впровадження.

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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Щербина О. В. Координація роботи морського та річкового транспорту (планування та кількісна оцінка) / О. В. Щербина, О. Г. Шибяєв, 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
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
3. Щербина О. В. Основні принципи організації роботи баржебуксирних суден / О. В. Щербина, О. Г. Шибяєв // 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
4. Щербина О. В. Технологічні аспекти застосування конфігурації ББС при роботі в різних умовах / О. В. Щербина, О. Г. Шибяєв // 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
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. Шибяев // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту «Наука та прогрес транспорту» : зб. наук. пр. – Днепр : ДНУЗТ, 2018. - № 1(73) – С.112-120. - ISSN 2307–3489 (Print). - ISSN 2307–6666 (Online). - doi 10.15802/stp2018/
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
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. Шибяев, О. В. Щербина // Науковий журнал «Вісник СНУ ім. В. Даля», 2018. – № 2(243) – С. 266-271.
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.-практ. 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. Шибяев // VI всеукраїнська науково-практична

- конференція студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту» : зб. наук. пр. по матеріалам наук.- практ. 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. Шибает // 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.-практик. 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. Шибает //

- VIII міжнародна науково-практична конференція «Транспорт і логістика: проблеми та рішення» : зб. наук. пр. по матеріалам наук.-практ. конф. 23–25 травня 2018 р. 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.
  20. Щербина О. В. Формування переваг використання баржебуксирних 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.
  21. Шibaєв О. Г. Обґрунтування варіанта баржебуксирного судна при організації транспортного процесу перевезень вантажів (практичні аспекти) : навч. посібник / О. Г. Шibaєв, 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. Шibaєв // Основні результати наукової діяльності Південного наукового центру : зб. наук. пр. – Одеса: ОНМУ, 2017. – С. 155-166.
  23. Транспортна стратегія України на період до 2020 року. Розпорядження КМУ № 2174-р. від 20 жовтня 2010 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>
  24. Постанова КМУ від 7 жовтня 2009 р. N 1307 «Про затвердження Морської доктрини України на період до 2035 року» [Електронний

- ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1307-2009-%D0%BF>
25. Розпорядження КМУ від 11 липня 2013 р. № 548-р «Про затвердження Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/548-2013-%D1%80#n11>
  26. Стратегічний план розвитку річкового транспорту на період до 2020 року. Наказ Міністерства інфраструктури України 18 грудня 2015 р. № 543 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mtu.gov.ua/documents/446.html>
  27. Стратегічний план розвитку морського транспорту на період до 2020 року. Наказ Міністерства інфраструктури України 18 грудня 2015 р. № 542 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mtu.gov.ua/documents/445.html>
  28. Проект "Транспортные сети для мира и развития. Продления главных трансъевропейских транспортных осей в соседние страны и регионы. Networks for peace and development. Extension of the major trans-European transport axes to the neighbouring countries and regions «Report from the High Level Group chaired by Loyola de Palacio» November 2005 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.osce.org/eea/17800?download=true>
  29. Проект «Підтримка впровадження транспортної стратегії України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://eeas.europa.eu/delegations/ukraine/press\\_corner/all\\_news/news/2011/2011\\_01\\_24\\_03\\_en.htm](http://eeas.europa.eu/delegations/ukraine/press_corner/all_news/news/2011/2011_01_24_03_en.htm)
  30. Стратегії Європейського Союзу для Дунайського регіону , що ухвалена 23-24 червня 2011 р. на засіданні Європейської Ради у м. Брюсселі [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/panorama/pdf/mag37/mag37\\_uk.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/panorama/pdf/mag37/mag37_uk.pdf)

31. Генеральний план з оновлення та технічного обслуговування суднохідного каналу на р. Дунай та його судноплавних притоках (Fairway Rehabilitation and Maintenance Master Plan – Danube and its navigable tributaries) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mtu.gov.ua/>
32. План заходів з реалізації висновків щодо ефективного оновлення та технічного обслуговування інфраструктури водного транспорту на р. Дунай та його судноплавних притоках, підписаних 03.12.2014 у м. Брюссель (Conclusions on effective waterway infrastructure rehabilitation and maintenance on the Danube and its navigable tributaries, signed on 03.12.2014 in Brussels). [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mtu.gov.ua/>
33. Богданов Б. В. Проектирование толкаемых составов и составных судов / Б. В. Богданов, Г. А. Алчуджан, В. Б. Жинкин – Л.: Судостроение, 1981. - 224 с.
34. Богданов Б. В. Буксирные суда (проектирование и конструкция). / Б. В. Богданов, А. В. Слуцкий, М. Г. Шмаков, К. А. Васильев, Д. Х. Соркин - Ленинград: Судостроение, 1974. - 280 с.
35. Мытник Н. А. Морские составные суда: упущенные возможности отечественного флота и надежды на возрождение / Н. А. Мытник // Транспортный портал. [Электронный ресурс]. – Режим доступу : <http://www.dniimf.ru/index.php/en/press-byuro/publikatsii-sotrudnikov-instituta/item/41-morskie-sostavnye-suda-upushchennyye-vozmozhnosti-otechestvennogo-flota-i-nadezhdy-na-vozhrozhdenie-n-a-mytnik>
36. Navigation and vessel inspection. Circular NO. 2 - 8 1 change included [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <https://media.defense.gov/2017/Jul/25/2001782633/-1/-1/0/N2-81.PDF>
37. Integrated tug barge (ITB) / Tug/Barge Unit (TBU). [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/itb.htm>

38. Robert P. Hill. The articulated tug/barge - AT/B (The History and State of the Art) [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <https://oceantugbarge.com/about-the-atb/13-atb-history>
39. The AT/B vs. The ITB (Integrated Tug/Barge) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.oceantugbarge.com/about-the-atb/33-atb-vs-itb>
40. Брынцев А. М. Модульно-интегральный барже-буксирный состав // Патент № 2488512 [Электронный ресурс] / А. М. Брынцев – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/248/2488512.html>.
41. Stoop J. A. Safe and swift performance, a conceptual assessment of a new River Sea Pusher System / J. A. Stoop, M. B. Duinkerken - [Электронный ресурс]. - Режим доступа : [http://www.repository.tudelft.nl/.../MTS\\_12397359081067...](http://www.repository.tudelft.nl/.../MTS_12397359081067...)
42. Zhan Li, Yu Yang. System Analysis of River-Sea Container Transportation for Overseas Trade in the Yangtze Valley / Marine Technology, 1989. – Vol. 26, No. 4. – pp. 282-288. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.sname.org/.../System/DownloadDocument>
43. Container barge feeder service study [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ct.gov/dot/LIB/dot/Documents/dpolicy/barge/BargeReport.pdf>
44. Казаков Н. Н. Организация работы речного флота : учеб. пособие / Н. Н. Казаков; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2012. – 294 с.
45. Ильницкий К. Пароходство «Нибулон» [Электронный ресурс] / Порты Украины, 2012. – № 10 (122). – Режим доступа: <http://www.portsukraine.com/>
46. Агранат Г. А. Речной транспорт капиталистических стран / Г. А. Агранат, Г. М. Еншина, Л. С. Живилова, Г. А. Солдатова // Труды центрального научно-исследовательского института экономики и эксплуатации водного транспорта– М.: Транспорт, 1970. – №80. – 160 с.

47. Орлов В. И. Техническая эксплуатация речного флота: учеб. пособие / В. И. Орлов. - М. : Государственное транспортное издательство, 1934. – 352 с.
48. ГОСТ 23867-79: Эксплуатация речных портов. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/24/24330.shtml>
49. Топчий С. М. Организация движения морского флота / С. М. Топчий, Г. Ф. Шулянский, А. Ф. Мироненко. – М.: Транспорт, 1969. – 328 с.
50. Бутов А. С. Планирование работы флота и портов / А. С. Бутов, В. А. Легостаев – М.: Транспорт, 1988. – 175 с.
51. Терятников М. С. Организация движения флота и работы портов / М.С. Терятников. - М. : Речной транспорт, 1956. – 356 с.
52. Союзов А. А. Организация и планирование работы морского флота : учебн. пособие / А. А. Союзов. - М. : Морской транспорт, 1979. – 416 с.
53. Ляхов К. С. График движения флота (основы теории и расчет) / К. С. Ляхов, М. Б. Хейфец – М., Речной транспорт, 1962. – 186 с.
54. Дубинский П. Р. Экономическое обоснование перспективной технологии морских перевозок грузов / П. Р. Дубинский, Е. Н. Сыч // Тексты лекций. – М., ЦРИА «Морфлот», 1979. – 48 с.
55. Кочетов С. Н. Прогрессивные транспортно-технологические системы на морском транспорте / С. Н. Кочетов – М.: Транспорт, 1981. – 232 с.
56. Кириллов Ю. И. Организация и управление работой судов в контейнерной транспортно-технологической системе : дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Ю. И. Кириллов. – О., 2013. –312 с.
57. Кириллова О. В. Теоретичні основи управління роботою флоту у транспортно-технологічних системах [Електронний ресурс] : автореф. дис. ... док. техн. наук 05.22.01 / О. В. Кириллова. – О., 2016. – Режим доступа: [www.osmu.odessa.ua/spec\\_rada/Kirillova/aref\\_kirillova.pdf](http://www.osmu.odessa.ua/spec_rada/Kirillova/aref_kirillova.pdf)

58. Богданов Б. В. Речные составные суда и их классификация / Б. В. Богданов // Судостроение, 1978. - N5. – С. 3-9.
59. Бучин Е. Д. Взаимодействие внутреннего водного транспорта с морским, железнодорожным и автомобильным: учебн. пособие / Е. Д. Бучин. – М.: Транспорт, 1978 –192 с.
60. Головин В. И. Морские баржебуксирные перевозки. Состояние и перспективы развития. / В. И. Головин. – М. : ММФ СССР. ЦБНТИ “Морской транспорт за рубежом”, 1972. – 9 (83). – 44 с.
61. Легостаев В. А. Экономика речного транспорта. / В. А. Легостаев, В. П. Тимонин, А. А. Белянин. – М. : Транспорт, 1974. – 208 с.
62. Митин В. Ф. Прямые река – море перевозки / В. Ф. Митин, Ю. А. Почаев // Экономика и организация. – М. : Транспорт, 1988. – 136 с.
63. Сиповская И. В. Статистика речного транспорта / И. В. Сиповская – Л. : Речной транспорт, 1961. – 343 с.
64. Снопков В. И. Эксплуатация специализированных судов : учебн. пособие / В. И. Снопков. – М. : Транспорт, 1987. – 288 с.
65. Сторожев Н. Ф. Автосцепы речных судов / Н. Ф. Сторожев, Н. Ф. Мейер – М. : Транспорт, 1969. – 256 с.
66. Терятников М. С. Организация движения флота и работы портов / М. С. Терятников - М. : Речной транспорт, 1956. – 356 с.
67. Циклическая работа. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.articouple.com/>
68. Юнкевич В. В. Дунай и дунайское судоходство / В. В. Юнкевич, Л. Я. Капикраян, В. М. Михайлов, Ю. Я. Баскин. – М. : Морской транспорт, 1962. – 304 с.
69. Лобастов В.П. Особенности проектирования транспортных систем смешанного (река-море) сообщения / В.П. Лобастов // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2010. - N3 (82). - С. 180-185.

70. Егоров А. Г. Оценка эффективности эксплуатации перспективного барже-буксирного состава "Днепро-макс" класса / А. Г. Егоров // Вісник ОНМУ. – Одеса : ОНМУ, 2012. - Вип. 36 (3). - С. 35-54.
71. Егоров А. Г. Определение главных размерений барже-буксирного состава смешанного плавания "Днепро-макс" класса / А. Г. Егоров // Вісник ОНМУ. - Одеса: ОНМУ, 2013. - Вип. 3 (39). - С. 37-61.
72. Егоров Г. В. Предпосылки создания и концепты нового поколения сухогрузных судов смешанного река-море плавания для Украины / Г. В. Егоров, С. Н. Баскаков, А. Г. Егоров, И. Н. Бойко, В. А. Нильва // Вісник ОНМУ. – Одеса : ОНМУ, 2012. - Вип. 3 (35). - С. 12-44.
73. Егоров А. Г. Особенности современных барже-буксирных составов внутреннего смешанного плавания / А. Г. Егоров // Материалы IV междунар. научно-техн. конф. «Инновации в судостроении и океанотехнике» – Николаев: НУК, 2013.– С. 84–85.
74. Роннов Е. П. Особенности проектирования толкаемых составов внутреннего плавания: методич. пособие / Е. П. Роннов, В. И. Любимов – Н. Новгород: Издательство ГОУ ВПО ВГАВТ, 2004. – 28 с.
75. Бунеев В. М. Организация работы порта по обслуживанию флота: Методические указания по выполнению раздела дипломного проекта / В. М. Бунеев. – Новосибирск: НГАВТ, 2011. – 15 с.
76. Методика определения объемов перевозок, осваиваемых крупнотоннажным флотом ММФ : Копия отчета по НИР ; рук. А. Володин. – Инвентарный номер Б466860
77. Капитанов В. П. Организация и оперативное управление перевозочным процессом в смешанных водных сообщениях. дисс. док. техн. наук: 05.22.19 / В. П. Капитанов. – О., 1987. – 325 с.
78. Мозжерин Б. В. Определение затрат времени на ожидание судами грузовых операций методами теории массового обслуживания. / кол.

- авт. под ред. В. И. Савина труды горьковского института инженеров водного транспорта. – М. : «Высшая школа», 1966. – Выпуск 73. – 216 с.
79. Савин В. И. Машинная программа симплексного метода и ее применение для решения задач речного транспорта / В. И. Савин, В. С. Куракин // кол. авт. под ред. В. И. Савина труды горьковского института инженеров водного транспорта. – М. : «Высшая школа», 1966. – Выпуск 73. – 216 с.
80. Савин В. И. Машинная программа распределительного метода для решения задач оптимальной расстановки флота по линиям / В. И. Савин, А. В. Майоров // кол. авт. под ред. В.И. Савина труды горьковского института инженеров водного транспорта.– М. : «Высшая школа», 1966. – Выпуск 73. – 216 с.
81. Савин В. И. Планирование оптимального использования комплекса технических средств / В. И. Савин, С. М. Кожевников // кол. авт. под ред. В. И. Савина труды горьковского института инженеров водного транспорта.– М. : «Высшая школа», 1966. – Выпуск 73. – 216 с.
82. Савин В. И. Расчет графика движения флота на электронных вычислительных машинах/ В. И. Савин – М.: Транспорт, 1968. – 216 с.
83. Савин В. И. Математические методы оптимального планирования работы флота и портов / В. И. Савин – М. : Транспорт, 1969. – 168 с.
84. Шibaев А. Г. Основы теории транспортных процессов и систем. Учебное пособие / А. Г. Шibaев, В. В. Вирченко, И. И. Тихонина. – Одесса: Изд-во ОНМУ, 2010. – 57 с.
85. Шibaев А. Г. Подготовка и обоснование решений по управлению перевозками и работой флота морской судоходной компании: монография / А. Г. Шibaев. – Одесса : ХОРС, 1998. – 208 с.
86. Шibaев А. Г. Совершенствование методов оптимизации графика работы морских грузовых судов (на материалах Советского Дунайского пароходства) : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Г. Шibaев. –

- Одесса, 1984. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.dissercat.com/>
87. Ширяев Е. В. Анализ оперативного планирования работы флота и ортов и принципы его автоматизации / кол. авт. под ред. В. И. Савина труды горьковского института инженереров водного транспорта. –М. : «Высшая школа», 1966. – Выпуск 73. – 216 с.
88. Захаров В. Н. Научные основы оперативного управления работой грузовых судов речного флота [Электронный ресурс] : автореф. дис. ... канд. техн. наук // В. Н. Захаров - Горький, 1983. – Режим доступа : <http://www.dissercat.com/content/nauchnye-osnovy-operativnogo-upravleniya-rabotoi-gruzovykh-sudov-rechnogo-flota>
89. Платов А. Ю. Методология оперативного планирования работы речного грузового флота в современных условиях [Электронный ресурс] : автореф. дис. ... канд. техн. наук // А. Ю. Платов - Нижний Новгород, 2010.– Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/metodologiya-operativnogo-planirovaniya-raboty-rechnogo-gruzovogo-flota-v-sovremennykh-uslov#ixzz3Mt3K7MX4>
90. Доронин В. И. Совершенствование оперативного регулирования работы линейного флота [Электронный ресурс] : автореф. дис. ... канд. техн. наук // В. И. Доронин – Одесса, 1984.– Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-operativnogo-regulirovaniya-raboty-lineinogo-flota>.
91. Юмин Н. А. График движения флота: Методические указания по выполнению курсового проекта / Н. А. Юмин. – Новосибирск.: НГАВТ, 2003. – 58 с.
92. Временное методическое руководство по разработке технического плана работы речных пароходств / Министерство речного флота РСФСР, Главное управление перевозок и эксплуатации флота. – М., 1967. – 84 с.

93. Положение и инструкция по работе флота и портов – пристаней / Министерство речного флота Союза ССР. – М. : Изд-во министерства речного флота СССР, 1950. – 130 с.
94. Юмин Н. А. Техничко-экономические изыскания на речном транспорте / Н. А. Юмин – М. : Речной транспорт, 1957. – 212 с.
95. Методическое руководство по разработке графика движения флота с применением электронных вычислительных машин / Главное управление перевозок и эксплуатации флота МРФ.– М. : Транспорт, 1970. – 176 с.
96. Иванова С. Е. О краткосрочном прогнозировании показателей работы наливного и комбинированного флота на основе оптимальной расстановки / С. Е. Иванова, Н. Н. Виноцкая, А. К. Панули // Сб. науч. тр. Совершенствование экономики и управления морским транспортом – М. : ОИИМФ, 1986. – С. 50-52.
97. Кондрашихин О. Т. Отбор судов для регулярных линий методом приоритета / О. Т. Кондрашихин, П. А. Родригес // Сб. науч. тр. Совершенствование экономики и управления морским транспортом. – М. : ОИИМФ, 1986. – С. 64-66.
98. Степанец А. В. Разработка схем движения флота при заданной специализации портов. / А. В. Степанец, В. Б. Лукьяненко // Сб. науч. тр. Совершенствование экономики и управления морским транспортом – М. : ОИИМФ, 1986. – С. 67-69.
99. Березов П. Н. О модели задачи расстановки линейного флота с учетом конкурентоспособности / П. Н. Березов // Сб. науч. тр. Совершенствование экономики и управления морским транспортом – М. : ОИИМФ, 1986. – С. 14-16.
100. Капитанов В. П. Модель расстановки флота лихтерной системы / В. П. Капитанов, Ф. Безгер // Сб. науч. тр. Совершенствование экономики и управления морским транспортом – М. : ОИИМФ, 1986. – С. 71-72.

101. Капитанов В. П. К вопросу разработки непрерывного графика работы флота в смешанных сообщениях / В. П. Капитанов // Сб. науч. тр. Совершенствование экономики и управления морским транспортом – М. : ОИИМФ, 1986. – С. 72-74.
102. Фан Хыу Тханг. Модель оперативного планирования работы флота в условиях СРВ. / Фан Хыу Тханг // Сб. науч. тр. Совершенствование экономики и управления морским транспортом – М. : ОИИМФ, 1986. – с. 74-75.
103. Доронин В. И. Модель задачи выбора оптимального регулировочного решения для срочных линий / В. И. Доронин // Сб. науч. тр. Совершенствование экономики и управления морским транспортом – М. : ОИИМФ, 1986. – С. 75-77.
104. Мироненко А. А. Расчет стояночного времени несамоходных судов при квартальном планировании / А. А. Мироненко // Сб. науч. тр. Совершенствование экономики и управления морским транспортом – М. : ОИИМФ, 1986. – С. 78-79.
105. Померанцев Б. Н. Метод определения оптимальной грузоподъемности судов / Б. Н. Померанцев // Труды ЦНИИЭВТа «Эффективность эксплуатации судов и составов разной грузоподъемности» под общ. ред. В. П. Миронова – М. : Транспорт, 1968. – Выпуск 63. – С. 4-54.
106. Ирхин А. П. Управление флотом и портами: учебн. пособие / А. П. Ирхин, В. С. Суворов, В. К. Щепетов. – М. : Транспорт, 1986. – 392 с.
107. Гаринов К. А. Эффективность эксплуатации судов и составов разных типов / К. А. Гаринов // Труды ЦНИИЭВТа «Эффективность эксплуатации судов и составов разной грузоподъемности» под общ. ред. В. П. Миронова – М. : Транспорт, 1968. – Выпуск 63. – С. 55-104.
108. Егоров А. Г. Модели эксплуатации составов смешанного река-море плавания / А. Г. Егоров // Морской вестник. – 2015. – № 1. – С. 101–107.

109. Егоров А. Г. Математическая модель определения главных характеристик составных судов / А. Г. Егоров // Морской вестник. – 2015. – № 2. – С. 85 - 89.
110. Кичигина Л. В. Метод разграничения влияния на провозную способность флота каждого из определяющих ее факторов. Труды ЦНИИЭВТа «Эффективность эксплуатации судов и составов разной грузоподъемности» под общ. ред. В. П. Миронова – М. : Транспорт, 1968. – Выпуск 63. – С. 105-110.
111. Союзов А. А. Определение оптимального плана расстановки буксирно-баржевого флота по грузовым линиям. / А. А. Союзов, В. З. Ананьина // Сб. науч. тр. Экономика и эксплуатация морского транспорта – М. : Транспорт, 1965. – Выпуск 2. – С. 7-13
112. Союзов А. А. Внедрение разработок по оптимальному распределению буксирно-баржевого флота в советском дунайском пароходстве. / А. А. Союзов, Е. С. Коврига // Сб. науч. тр. Экономика и эксплуатация морского транспорта – М. : Транспорт, 1971. – Выпуск 8. – С. 19-26.
113. Союзов А. А. Некоторые проблемы оптимального планирования и управления в эксплуатации буксирно-баржевого флота / А. А. Союзов, Е. С. Коврига // Сб. науч. тр. Совершенствование экономики и управления морским транспортом – М. : ОИИМФ, 1968. – Выпуск 4. – С. 24-35
114. 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 / M. Kaup – Polish Maritime Research, 2008. – Vol. 15. No. 3. – P. 3–11.
115. 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 / М. Каур. – Polish Maritime Research, 2008. – Vol. 15, No. 4. – P. 3–11.
116. Robert P. Hill The articulated tug/barge - AT/B (The History and State of the Art) [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.oceantugbarge.com/PDF/history.pdf>
117. Integrated Tug-Barge combinations intended to operate on the Great Lakes. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : [http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules&Guides/Current/110\\_IntegrTugBargeCombIntendedtoOperateGreatLakes/Pub110\\_ITB\\_GreatLakes](http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules&Guides/Current/110_IntegrTugBargeCombIntendedtoOperateGreatLakes/Pub110_ITB_GreatLakes)
118. Christopher Wright. Tug/Barge options. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://ru.scribd.com/doc/96458699/Tug-Barge-Options>
119. Navigation and vessel inspection circulars No. 2 - 8 1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.uscg.mil/hq/cg5/nvic/.../n2-81.pdf>
120. Stoop J. A. Safe and swift performance, a conceptual assessment of a new River Sea Pusher System [Электронный ресурс] / J. A. Stoop, M. B. Duinkerken - Режим доступа : [http://www.repository.tudelft.nl/.../MTS\\_12397359081067...](http://www.repository.tudelft.nl/.../MTS_12397359081067...)
121. Short Sea Shipping in the Columbia Snake River System [Электронный ресурс] - Режим доступа : [www.portofklickitat.com/.../PNWA%20Short%](http://www.portofklickitat.com/.../PNWA%20Short%20Sea%20Shipping%20in%20the%20Columbia%20Snake%20River%20System)
122. B. van Riessen. Planning of hinterland transportation in the EGS network. / B. van Riessen. – 2013. – P. – 145.
123. Container barge feeder service study. Bridgeport, New Haven, New London, Norwich Prepared By: Connecticut Department of Transportation The Office of Intermodal Planning March March 2001. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ct.gov/dot/LIB/dot/Documents/dpolicy/barge/BargeReport.pdf>
124. Konings J. W. Intermodal Barge Transport: Network Design, Nodes and competitiveness [Электронный ресурс] / J. W. Konings - Режим доступа :

<http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3Aff6f5f10-2acc-43fb-9474-5317b0988bdd>

125. B. van Riessen. Planning of hinterland transportation in the EGS network [Электронный ресурс] / B. van Riessen. - Режим доступа : <http://www.repository.tudelft.nl/.../uuid:6879e655-329d-48...>
126. Rob Konings. Network design for intermodal barge transport [Электронный ресурс] / Rob Konings. - Режим доступа : <http://www.ltrc.lsu.edu/TRB.../TRB2003-001591.pdf>
127. Zhan Li. System Analysis of River-Sea Container Transportation for Overseas Trade in the Yangtze Valley / Zhan Li, Yu Yang. – Vol. 26, No. 4, 1989. – pp. 282-288. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.sname.org/.../System/DownloadDocument..>
128. Establishing guidelines for port hinterland intermodal inland waterway transport network design. Design of an intermodal inland waterway transport network for the hinterland of the port of Amsterdam. Thesis committee: GreCOR – Green Corridor in the North Sea Region – is an Interreg IVB North Sea Region project that started the 1st of January 2012 [Электронный ресурс]. - Режим доступа : [http://www.repository.tudelft.nl/.../2014-05-23\\_MSc\\_Thes](http://www.repository.tudelft.nl/.../2014-05-23_MSc_Thes)
129. Y.M. Bontekoning. Hub exchange operations in intermodal hub-and-spoke networks. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : [http://www.repository.tudelft.nl/assets/uuid.../otb\\_bontekoning\\_20060206.pdf](http://www.repository.tudelft.nl/assets/uuid.../otb_bontekoning_20060206.pdf)
130. Michael S. Bomba, Robert Harrison. Feasibility of a Container-on-Barge Network Along the Texas Gulf Coast. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : [http://uts.cc.utexas.edu/~harrison/pdf\\_other/02\\_4007.pdf](http://uts.cc.utexas.edu/~harrison/pdf_other/02_4007.pdf)
131. Wiegmans B. W., Konings R. Strategies and innovations to improve the performance of barge transport / B. W. Wiegmans, R. Konings // European journal of transport and infrastructure research EJTIR. 2007. Vol. 7, No. 2.

132. Malchow U. Port Feeder Barge: Advanced Waterborne Container Logistics for Ports / U. Malchow // TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 2014. – Vol. 8, No. 3 – pp. 411-416.
133. Caris A. Modelling corridor networks in intermodal barge transport / A. Caris, C. Macharis, G. Janssens – [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.wctrs-society.com/wp/wp-content/uploads/abstracts/lisbon/selected/01919.pdf>
134. Классификация европейских внутренних водных путей [Электронный ресурс] - Режим доступа : [https://en.wikipedia.org/wiki/Classification\\_of\\_European\\_Inland\\_Waterways](https://en.wikipedia.org/wiki/Classification_of_European_Inland_Waterways)
135. European Conference of Ministers of Transport (12 June 1992). Resolution No. 92/2 on New Classification of Inland Waterways (Report). Retrieved 3 July 2012. [CEMT/CM(92)6/FINAL] [Электронный ресурс] - Режим доступа : <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/.../wat19922e.pdf>

**ДОДАТКИ**

**ДОДАТОК А**  
**СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ**  
**РЕЗУЛЬТАТІВ 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. Шибяєв, 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. Шибяєв // 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. Шибяєв // Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства (частина 3) : кол. моногр. – Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2018. –

C. 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, які рекомендовані 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 баржебуксирній транспортно-технологічній системі / О. В. Щербина // Вісник Одеського національного морського університету : 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. Шибяев // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту «Наука та прогрес транспорту» : зб. наук. пр. – Днепр : ДНУЗТ. - 2018. - № 1(73) – С.112-120. - ISSN 2307–3489 (Print). - ISSN 2307–6666 (Online). - doi 10.15802/stp2018/ – [Журнал индексируется в мировых наукометрических базах данных 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 индексируется в мировых наукометрических базах данных и 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 [Текст] / О. В. Щербина // Вісник Одеського національного морського університету : зб. наук. пр. – Одеса : ОНМУ, 2018. – С. 194-205.
10. Щербина О. В. Состав и последовательность операций при организации работы баржебуксирных судов / А. Г. Шибяев, О. В. Щербина // Науковий журнал «Вісник СХУ 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.- практ. 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. Шибяєв // VI всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту» : зб. наук. пр. по матеріалам наук.- практ. 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. Шибяев // II Международная конференция "Социальные трансформации: семья, брак, молодежь, транспорт и инновационный менеджмент в странах Нового Шелкового Пути" : сб. тезисов докладов по

матеріалам міждун. 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. Шибает // VIII міжнародна науково-практична конференція «Транспорт і логістика: проблеми та рішення» : зб. наук. пр. по матеріалам наук.- практи. 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. Індексується у міжнародній наукометричній базі даних РІНЦ Science Index.

21. Шibaєв О. Г. Обґрунтування варіанта баржебуксирного судна при організації транспортного процесу перевезень вантажів (практичні аспекти) : навч. посібник / О. Г. Шibaєв, О. В. Акімова, О. В. Щербина – Одеса : Изд-во ОНМУ, 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. Шibaєв // Основні результати наукової діяльності Південного наукового центру : зб. наук. пр. – Одеса: ОНМУ, 2017. – С. 155-166.

## ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні положення і результати дослідження доповідалися і обговорювалися на науково-практичних конференціях:

- III всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту» - 2014, Одеса;
- VI всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту» - 2017, Одеса;
- II Международная конференция "Социальные трансформации: семья, брак, молодежь, транспорт и инновационный менеджмент в странах Нового Шелкового Пути" – 2017, Одесса;
- 66 професорсько-викладацька науково-технічна конференція – 2013, Одеса;
- 68 професорсько-викладацька науково-технічна конференція : програма, 26 – 28 травня 2015 р. Одеса;
- 70 професорсько-викладацька науково-технічна конференція – 2017, Одеса;
- VI Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – 2017, Тернопіль;
- VIII міжнародна науково-практична конференція «Транспорт і логістика: проблеми та рішення» - 2018, Одеса;
- II Всеукраїнська науково-технічна конференція Національного університету кораблебудування «Морська інфраструктура: проблеми та перспективи розвитку» - 2017, Миколаїв.

**ДОДАТОК Б**

**АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО  
ДОСЛІДЖЕННЯ**



«Затверджую»

Ректор ОНМУ

проф. С.В. Руденко

«25» 09 2018 р.

Використання результатів дисертаційного дослідження  
асистента кафедри «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень»

Щербини Ольги Василівни в науково-дослідній темі

«Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на  
міжнародному ринку транспортних послуг в умовах глобалізації  
міжнародного судноплавства» тема К 33-12 (номер державної реєстрації  
0112U001850)

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційного дослідження О.В.Щербина, яке представлено до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01-транспортні системи, використовувались в науковій роботі ОНМУ при виконанні теми: «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на міжнародному ринку транспортних послуг в умовах глобалізації міжнародного судноплавства» тема К 33-12 (номер державної реєстрації 0112U001850).

В роботі, яка виконувалася в 2013 р. здобувачем розроблений розділ «Перспективні судна для перевезення українських вантажів».

Узгоджено:

Проректор з наукової роботи,

к.т.н., доц.

О.О. Немчук

Зав. науково-виробничим відділом

О.Г. Коровіна



«Затверджую»

Ректор ОНМУ

проф. С.В. Руденко

«25» 08 2014 р.

Використання результатів дисертаційного дослідження  
асистента кафедри «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень»  
Щербини Ольги Василівни в науково-дослідній темі  
«Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на  
міжнародному ринку транспортних послуг в умовах глобалізації  
міжнародного судноплавства» тема К 33-12 (номер державної реєстрації  
0112U001850)

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційного дослідження О.В.Щербина, яке представлено до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01-транспортні системи, використовувались в науковій роботі ОНМУ при виконанні теми: «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на міжнародному ринку транспортних послуг в умовах глобалізації міжнародного судноплавства» тема К 33-12 (номер державної реєстрації 0112U001850).

В роботі, яка виконувалася в 2014 р. здобувачем у співавторстві розроблений розділ «Координація роботи морського та річкового транспорту (планування та кількісна оцінка)».

Узгоджено:

Проректор з наукової роботи,

к.т.н., доц.

О.О. Немчук

Зав. науково-виробничим відділом

О.Г. Коровіна



«Затверджую»

Ректор ОНМУ

проф. С.В. Руденко

«25» 09 2015 р.

АКТ

Використання результатів дисертаційного дослідження  
асистента кафедри «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень»  
Щербини Ольги Василівни в науково-дослідній темі  
«Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на  
ринку міжнародного судноплавства» тема К 05-15 (номер державної  
реєстрації 0115U003601)

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційного дослідження О.В.Щербина, яке представлено до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01-транспортні системи, використовувались в науковій роботі ОНМУ при виконанні теми: «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства» тема К 05-15 (№ держ. реєстр. 0115U003601).

В роботі, яка виконувалася в 2015 р. здобувачем розроблений розділ «Перспективи наукових досліджень з питань удосконалення роботи суден в барже буксирній транспортно-технологічній системі».

Узгоджено:

Проректор з наукової роботи,

к.т.н., доц.

О.О. Немчук

Зав. науково-виробничим відділом

О.Г. Коровіна



«Затверджую»

Ректор ОНМУ

проф. С.В. Руденко

«27» 05 2018 р.

АКТ

Використання результатів дисертаційного дослідження  
асистента кафедри «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень»

Щербини Ольги Василівни в науково-дослідній темі

«Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку  
міжнародного судноплавства» тема К № 05-15 (№ держ. реєстр.

0115U003601)

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційного дослідження О.В.Щербина, яке представлено до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01-транспортні системи, використовувались в науковій роботі ОНМУ при виконанні теми: «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства» тема К № 05-15 (№ держ. реєстр. 0115U003601).

В роботі, яка виконувалася в 2016 р. здобувачем у співавторстві розроблений розділ «Основні принципи організації роботи барже буксирних суден».

Узгоджено:

Проректор з наукової роботи,

к.т.н., доц.

О.О. Немчук

Зав. Науково-виробничим відділом

О.Г. Коровіна



«Затверджую»

Ректор ОНМУ

проф. С.В. Руденко

«27» 03 2018 р.

АКТ

Використання результатів дисертаційного дослідження  
асистента кафедри «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень»

Щербини Ольги Василівни в науково-дослідній темі

«Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства» тема К № 05-15 (№ держ. реєстр. 0115U003601).

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційного дослідження О. В. Щербина, яке представлено до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01-транспортні системи, використовувались в науковій роботі ОНМУ при виконанні теми: «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства» К № 05-15 (№ держ. реєстр. 0115U003601).

В роботі, яка виконувалася в 2017 р. здобувачем у співавторстві розроблений розділ «Технологічні аспекти застосування конфігурації ББС при роботі в різних умовах».

Узгоджено:

Проректор з наукової роботи,

к.т.н., доц.

О.О. Немчук

Зав. науково-виробничим відділом

О.Г. Коровіна

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Проректор

у науковій роботі, к.т.н., доц.

О.О. Немчук

» 14 березня 2018 р.

АКТ

ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ  
ЩЕРБИНИ ОЛЬГИ ВАСИЛІВНИ  
В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ  
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційного дослідження аспірантки кафедри «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень» Щербини О.В., використовуються при проведенні практичних та лекційних занять у науково-навчальному інституті морського бізнесу ОНМУ з дисциплін:

- «Основи теорії транспортних процесів та систем (ОРФ)»;
- «Організація і управління роботою спеціалізованого флоту»;
- «Транспортно-технологічні системи водного транспорту»;
- «Теоретичні основи організації і управління морським та річковим транспортом»;
- «Експлуатація транспортних засобів».

Зав. каф. «ЕФіТМП»,  
д.т.н., проф..

О.Г. Шибасєв



«ТВЕРДЖУЮ»

02 2018 р.

**АКТ**  
**про рекомендації до впровадження результатів кандидатської**  
**дисертаційної роботи**  
**Щербини Ольги Василівни за спеціальністю**  
**05.22.01- «Транспортні системи»**

- 1. Найменування результату наукового дослідження:**  
 Теоретичні та методичні положення щодо обґрунтування рішення по освоєнню факультативних вантажопотоків при узгодженій роботі баржебуксирних та морських суден.
- 2. Розробник:**  
 Аспірантка кафедри «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень» ОНМУ Щербина Ольга Василівна.
- 3. Найменування об'єкта, на якому впроваджено захід:**  
 Приватне акціонерне товариство «Українське Дунайське пароплавство».
- 4. Науково-технічна доцільність впровадження:**  
 Використання запропонованих методичних положень та рекомендацій з розробки проектних рішень, стосовно обґрунтування доцільності освоєння факультативних вантажопотоків при різних формах організації роботи тяги і тоннажу та узгодженій роботі баржебуксирних та морських суден дозволяє:
  - скоротити час на обробку інформації при прийнятті рішення щодо організації роботи ББС;
  - збільшити прибуток судноплавної компанії за рахунок збільшення провізної здатності судна при найкращому узгодженні транспортних характеристик ББС і умов рейсу при забезпеченні безперервного процесу перевезення вантажів.

*У.О. Зам. преде. правління  
 по экспл. и перевоз. флота*



**TRANSSHIP**  
TRANSHIPMENT & MORE

В. Marazlinskaya Street,  
Odessa, 65014, Ukraine  
Phone: +38 (0482) 33-33-32  
Fax: +38 (0482) 34-74-07

Україна, 65014, г. Одеса,  
ул. Маршалевская В  
Тел: +38 (0482) 33-33-32  
Факс: +38 (0482) 34-74-07

www.transship.ua | transship@transship.ua

ЗАТВЕРДЖЕНО

Керівник групи компанії «ТРАНСШИП»

«25» *августа*

2018 р.



### АКТ

виробничого використання результатів кандидатської дисертаційної роботи  
Щербини Ольги Василівни за спеціальністю  
05.22.01 - «Транспортні системи»

#### 1. Найменування результату наукового дослідження:

Теоретичні та методичні положення щодо обґрунтування оптимального розподілу суден при узгодженій роботі баржебуксирних та морських суден в умовах рейдового перевантаження.

#### 2. Розробник:

Аспірантка кафедри «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень»  
ОНМУ Щербина Ольга Василівна.

#### 3. Найменування об'єкта, на якому впроваджено захід:

Судноплавна компанія ТОВ «Трансшип», т/х «LEVANTES».

#### 4. Науково-технічна доцільність впровадження:

Результати наукового дослідження доцільно використовувати при координації роботи морського та річкового флоту.

Використання запропонованих методичних положень та практичних рекомендацій з розробки проектних рішень, пов'язаних з оптимізацією роботи суден, дозволяє:

- забезпечити безперервний процес перевезення вантажів при узгодженій роботі баржебуксирних та морських суден в умовах рейдового перевантаження;
- визначити кращу комбінацію технічних засобів та їх кількість при плануванні роботи морського та річкового транспорту;
- забезпечити досягнення кращих експлуатаційних і економічних показників за рахунок оптимізації процесу використання технічних засобів при відповідних умовах рейсу.

Відповідний за впровадження заходу,  
диспетчер

М.В. Морозова



ООО «Трансшип» Код ОКПО 30256721  
Р/с 26002311681 в Акционерном Банке «Пивденний»  
г. Одесса. МФО 328209



**INTRESCO L.T.D. ,**

I-B Kanatnaya st., Odessa, 65014, Ukraine  
 Tel:+ 380-48-7257977 / 7256222, Fax: +380487257977,  
 +448701211505; Tlx: +05194079170,  
 E-mail: [tsmar@intresco.co.uk](mailto:tsmar@intresco.co.uk)



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

КАПІТАН СУДНА «SCALA»

КИШЛЯНУ Г.В.

« 24 » Квітня, 2018 р.

### АКТ

про рекомендації до впровадження результатів кандидатської  
 дисертаційної роботи  
 Щербини Ольги Василівни за спеціальністю  
 05.22.01- «Транспортні системи»

#### 1. Найменування результату наукового дослідження:

Теоретичні та методичні положення щодо обґрунтування транспортних схем  
 перевезення вантажів за участю баржебуксирних суден

#### 2. Розробник:

Аспірантка кафедри «Експлуатація флоту та технологія морських  
 перевезень» ОНМУ Щербина Ольга Василівна.

#### 3. Найменування об'єкта, на якому впроваджено захід:

Компанія «SCALA NAVIGATION LTD» . M/V «SCALA» ( A8HS9)

#### 4. Короткий опис і переваги впровадженого заходу:

Використання запропонованих методичних положень та практичних  
 рекомендацій дозволяє:

- оптимізувати типорозмір ББС до транспортних умов рейсу;
- підвищити якість прийнятих рішень, пов'язаних з обґрунтуванням  
 організаційних форм взаємодії структурних елементів у складі ББС;
- визначити оптимальний маршрут роботи баржебуксирних суден,  
 орієнтуючись як на найкраще використання технічних засобів при  
 відповідних умовах рейсу, так і на розмір відповідного прибутку.

Старший Помічник Капітана

Чумаков О.В.



## ДОДАТОК В

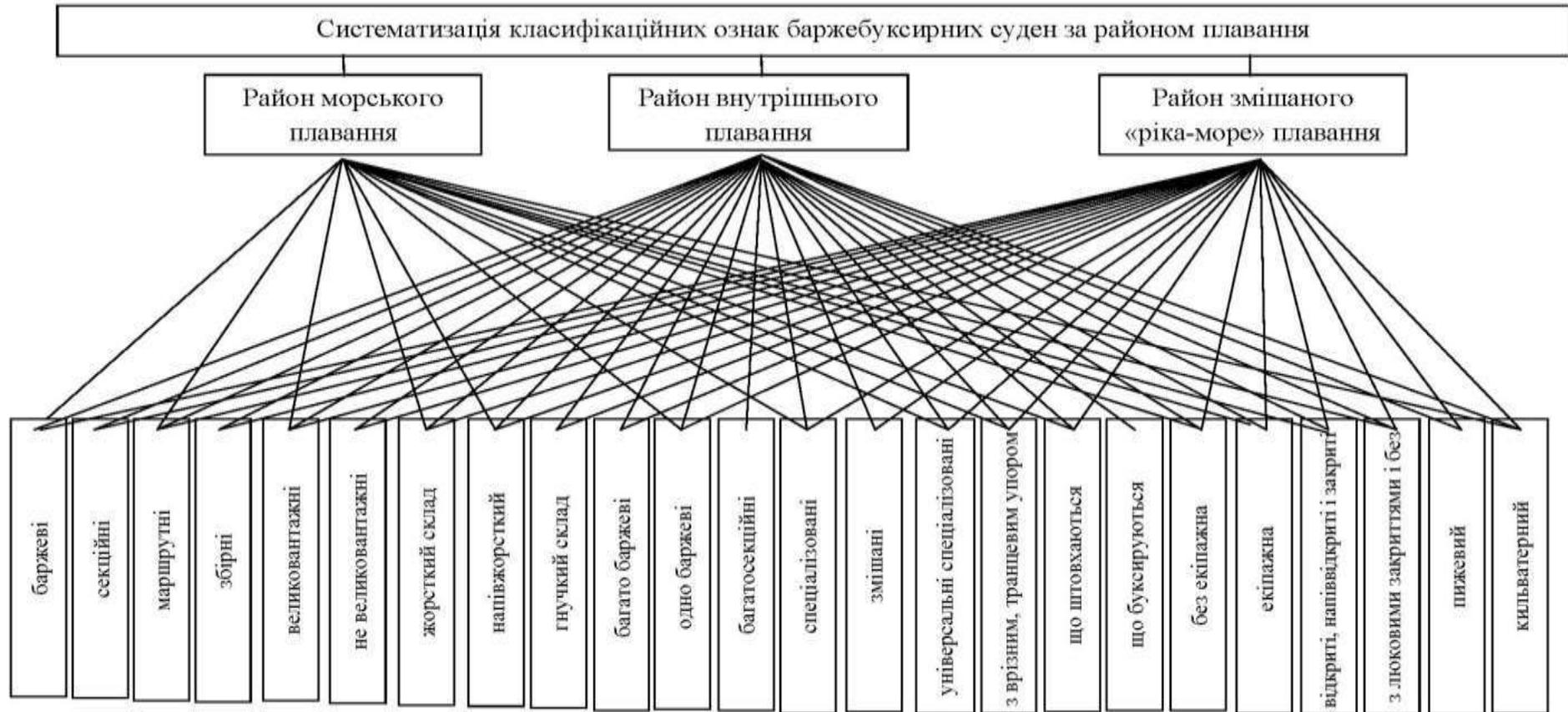


Рисунок В.1 – Систематизація класифікаційних ознак баржебуксирних суден за районом плавання

Таблиця В.1 – Характеристики водних шляхів [134]

Клас водних шляхів	Тонаж, т	Максимальна		Осідання, м	Мінімальна висота під мостами, м	Клас суден
		довжина, м	ширина, м			
RA		5.5	2.00	0.50	2.00	"Open boat"
RB		9.5	3.00	1.00	3.25	«Cabin cruiser»
RC		15.0	4.00	1.50	4.00	"Motor yacht"
RD		15.0	4.00	2.10	30.00	"Sailing boat"
I	250–400	38.5	5.05	1.80–2.20	3.70	"Péniche"
II	400–650	50.0–55.0	6.60	2.50	3.70–4.70	Euro-barge
III	650–1000	67.0–80.0	8.20	2.50	4.70	"Gustav Koenigs"
IV	1000–1500	80.0–85.0	9.50	2.50	4.50; 6.70	"Johann Welker"
Va	1500–3000	95.0–110.0	11.40	2.50–4.50	4.95; 6.70; 8.80	"Large Rhine"
Vb	3200–6000	172.0–185.0	11.40	2.50–4.50	4.95; 6,70; 8,80	склад 1×2
VIa	3200–6000	95.0–110.0	22.80	2.50–4.50	6.70; 8.80	склад 2×1
VIb	6400–12000	185.0–195.0	22.80	2.50–4.50	6.70; 8.80	склад 2×2
VIc	9600–18000	270–280	22.80	2.50–4.50	8.80	склад 2×3
	9600–18000	195–200	33.00–34.20	2.50–4.50	8.80	склад 3×2
VII	14500–27000	285	33.00–34.20	2.50–4.50	8.80	склад 3×3

Таблиця В.2 – Характеристики водних шляхів [135]

Type of inland waterways	Classes of navigable waterways	Motor vessels and barges					Pushed convoys					Minimum height under bridges <sup>2/</sup>	Graphical symbols on maps	
		Type of vessel: General characteristics					Type of convoy: General characteristics							
		Designation	Maximum length	Maximum beam	Draught <sup>2/</sup>	Tonnage		Length	Beam	Draught <sup>2/</sup>	Tonnage			
		L(m)	B(m)	d(m)	T(t)		L(m)	B(m)	d(m)	T(t)	H(m)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
OF REGIONAL IMPORTANCE	To West of Elbe	I	Barge	38.5	5.05	1.80-2.20	250-400						4.0	=====
		II	Kampine-Barge	50-55	6.6	2.50	400-650						4.0-5.0	=====
		III	Gustav Koenigs	67-80	8.2	2.50	650-1,000						4.0-5.0	=====
	To East of Elbe	I	Gross Finow	41	4.7	1.40	180						3.0	=====
		II	BM-500	57	7.5-9.0	1.60	500-630						3.0	=====
		III	g'	67-70	8.2-9.0	1.60-2.00	470-700		118-132	8.2-9.0	1.60-2.00	1,000-1,200	4.0	=====
OF INTERNATIONAL IMPORTANCE	IV	Johann Welker	80-85	9.5	2.50	1,000-1,500		85	9.5 g'	2.50-2.80	1,250-1,450	5.25 or 7.00 g'	=====	
	Va	Large Rhine vessels	95-110	11.4	2.50-2.80	1,500-3,000		95-110 l'	11.4	2.50-4.50	1,600-3,000	5.25 or 7.00 or 9.10 g'	=====	
	Vb							172-185 l'	11.4	2.50-4.50	3,200-6,000	g'	=====	
	Vla							95-110 l'	22.8	2.50-4.50	3,200-6,000	7.00 or 9.10 g'	=====	
	Vlb	g'	140	15.0	3.90			185-195 l'	22.8	2.50-4.50	6,400-12,000	7.00 or 9.10 g'	=====	
	Vlc							270-280 l'	22.8	2.50-4.50	9,600-18,000	9.10 g'	=====	
								195-200 l'	33.0-34.2 l'	2.50-4.50	9,600-18,000	g'	=====	
VII							285	33.0-34.2 l'	2.50-4.50	14,500-27,000	9.10 g'	=====		

**Таблиця В.3 – Систематизація факторів, що впливають на  
ТП в ББ ТТС**

№ групи факторів	Група факторів	Фактори	Ознаки	№ ознаки
	$\sigma$	$f$	$\chi$	$\chi\chi$
I	Технічні	Застосовані технічні засоби	секції або баржі	1
			штовхачі, буксири чи буксири-штовхачі	2
		Конфігурація ББС	спосіб водіння барж	3
			форма учалки	4
			кількість барж в складі	5
		Наявність, гідротехнічних споруд	характеристики гідротехнічних споруд	6
			технічний стан	7
II	Фізико-географічні	Характеристики траси	габаритні обмеження на шляху та в портах	8
			характеристики течії	9
			тривалість навігації	10
			вітровохвильовий режим	11
			параметри рівня води	
			відстані між кореспондуючими портами	12
			можливість рейдової обробки	13
			напрямок руху	14
район плавання	15			
III	Організаційні	Спосіб закріплення тяги за тоннажем	змінний	16
			змішаний	
			закріплений	17
		Спосіб організації роботи тяги	ділянкова	18
			наскрізна	19
		Принцип експлуатації	збірні	20
IV	Економічні	Попит на тоннаж	ставка фрахту	22
		Міжнародні товарні відносини	ставка фрахту	23
			вантажопоток	24
V	Соціальні	Рівень розвитку трудового колективу	кваліфікація співробітників	25
			виконавча дисципліна	26
			практика судноводіння	27

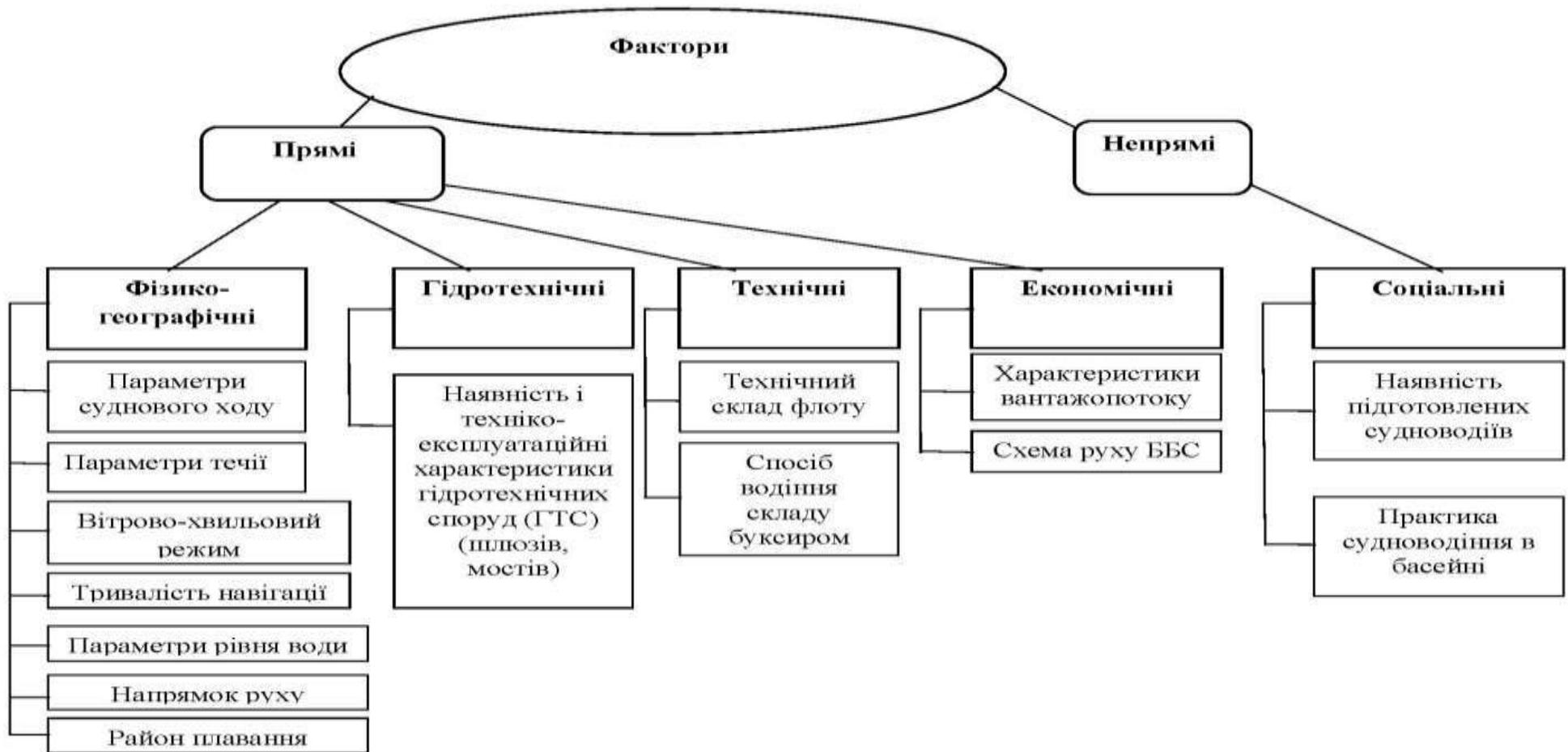


Рисунок В.2 - Фактори, що впливають на конфігурацію ББС

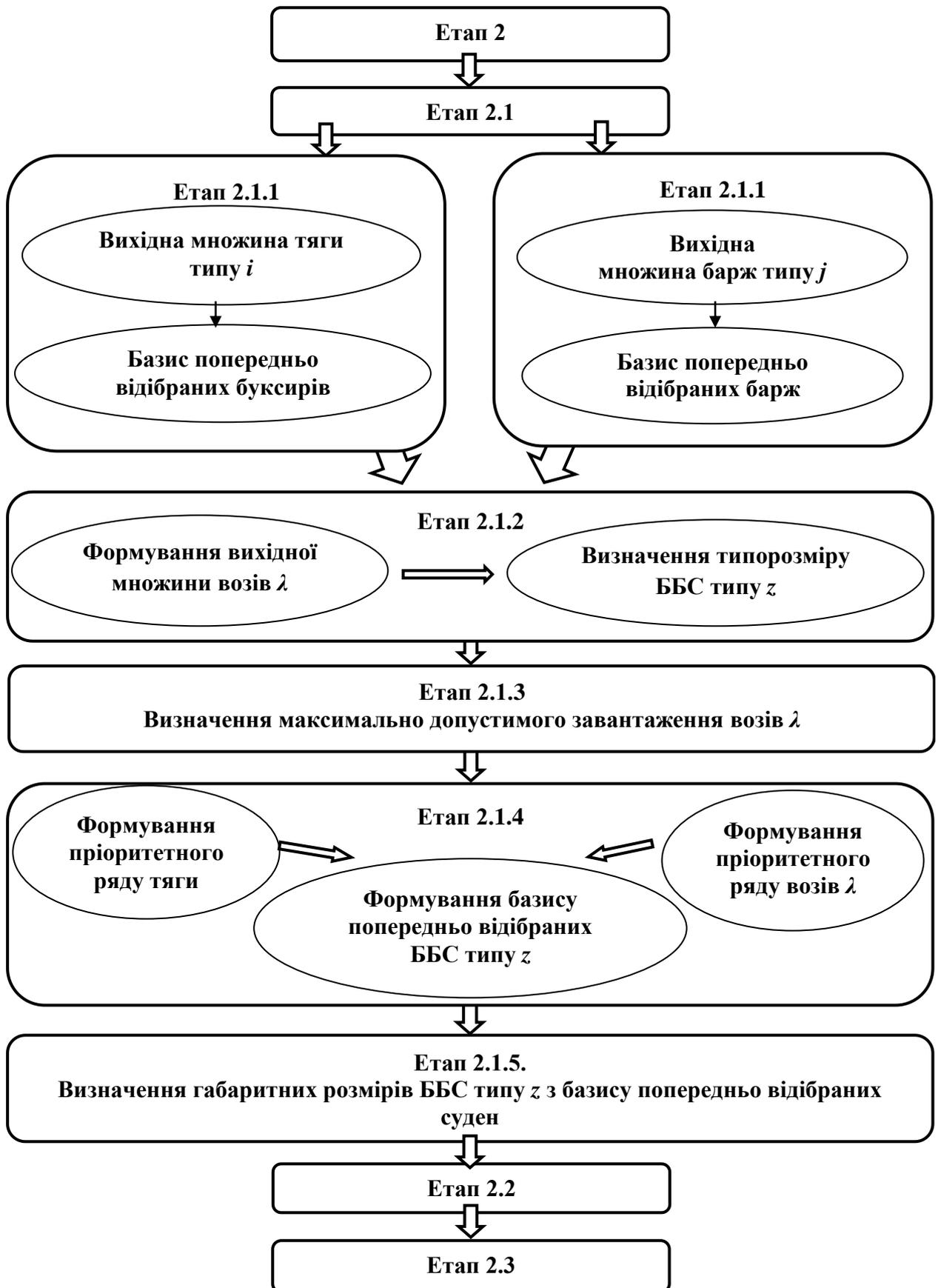


Рисунок В.3 – Склад і послідовність етапів процесу прийняття рішень щодо розподілу суден

## ДОДАТОК Г

РОЗРАХУНОК ГОЛОВНИХ ЛІНІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
БАРЖЕБУКСИРНОГО СУДНА

У першому наближенні на підставі загальноприйнятих формул [33] обчислюються наступні головні лінійні характеристики ББС:

$$L_{z\ell} = \sum_{j=1}^J L_j^{lz} + L_i^z + \sum_{n_{z\ell}=2}^{NL} l_{cm} + l_n + l_k$$

( $i=\overline{1, I}; j=\overline{1, J}; z = \overline{1, Z}; \ell=\overline{1, L}$ );

(1)

$$B_{z\ell} = \sum_{n_{jz\ell}=1}^{NB} B_j^{lz} + b_n + b_{cu}$$

( $j=\overline{1, J}; z = \overline{1, Z}; \ell=\overline{1, L}$ );

(2)

$$Te_{z\ell} = \max \left\{ T_j^{lz} \right\} \quad (j=\overline{1, J}; z = \overline{1, Z}; \ell=\overline{1, L});$$
(3)

де  $L_{z\ell}$  - загальна довжина ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$B_{z\ell}$  - загальна ширина ББС типу  $z$  при роботі на схемі  $\ell$ ;

$Te_{z\ell}$  - експлуатаційне осідання ББС типу  $z$ , яке обмежене дорожніми умовами схеми  $\ell$ ;

$\sum L_j^{lz}$  - сума розрахункових довжин барж типу  $j$ , розташованих по довжині ББС типу  $z$ , з урахуванням обмежуючих факторів при роботі на схемі  $\ell$ ;

$L_i^z$  - розрахункова довжина буксира типу  $i$  в складі ББС типу  $z$ ;

$\sum B_j^{\ell z}$  - сума розрахункових ширин барж типу  $j$ , що розташовані по ширині ББС типу  $z$ , при роботі на схемі  $\ell$ ;

$T_j^{\ell z}$  - осідання по вантажну ватерлінію баржі типу  $j$ , що входить до складу ББС типу  $z$ , для роботи на схемі  $\ell$ ;

$l_{cm}$  - довжина стику між суднами, що входять до складу ББС типу  $z$ , для роботи на схемі  $\ell$ ;

$l_n, l_k$  - довжина відповідно носової і кормової кінцевостей;

$n_{z\ell}$  - число рядів суден по довжині ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$  ( $n_{z\ell} = \overline{2, N_{z\ell}}$ );

$n_{jz\ell}$  - число ниток барж типу  $j$  у складі ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$  ( $n_{jz\ell} = \overline{1, N_{jz\ell}}$ );

$N_{jz\ell}^B$  - число барж типу  $j$  у складі ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$  розташованих по ширині;

$N_{jz\ell}^L$  - число барж типу  $j$  у складі ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$ , що розташовані по довжині;

$b_{cu}$  - розмір бортового зчепу, що виступає за габарит привального бруса;

$b_n$  - ширина привального бруса.

## ДОДАТОК Д

У таблиці Д.1 пріоритетні ряди з тяги типу  $i$  і возів  $\lambda$  формуються з безлічі суден, відібраних на етапі 2.1. При цьому ряди формуються за показниками потужності енергетичної установки тяги типу  $i$  і максимально допустимого завантаження воза  $\lambda$  в порядку убутання зазначених показників.

**Таблиця Д.1 - Матриця результатів попереднього відбору суден для роботи на схемі в складі ББС типу  $z$**

Тяга типу $i$	$Q_{zrl}$  $N_i^e$	Воз $\lambda$			
		$Q_{zrl} = max$	$Q_{zrl}$	$Q_{zrl}$	$Q_{zrl} = min$
		1	2	...	$A$
1	$N_i^e = max$	0	1	0	0
2	$N_i^e$	1	0	0	0
...	$N_i^e$	0	0	0	0
$I$	$N_i^e = min$	0	0	0	1

Таким чином, в представленому прикладі (табл. Д.1.), Базис попередньо відібраних ББС типу  $z$  складається з комбінації тяги типу  $i$  і воза  $\lambda$ , для яких  $i = 1$  у  $\lambda = 2$  ( $z = 1$ ),  $i = 2$  у  $\lambda = 1$  ( $z = 2$ ),  $i = I$  у  $\lambda = A$  ( $z = 3$ ).

## ДОДАТОК Е

Імітаційні моделі відбору суден для роботи на схемі при різних варіантах організації роботи баржебуксирних суден.

Варіант 1. При маршрутній відправці і наскрізному способі організації роботи тяги

В результаті обробки даних, відповідно до наведеної методики, на виході з блоку 8 отримуємо інформацію для аналізу у вигляді таблиці, приклад якої представлений в табл. Е.1.

**Таблиця Е.1 - Матриця результатів попереднього відбору суден для роботи на схемі при маршрутному сполученні**

Тип ББС	Ділянка $\delta$
$z$	1
1	1
2	1
...	0
<b>Z</b>	0

Клітинки, що позначені «0», відзначають недоцільність використання ББС типу  $z$  на схемі, оскільки не повністю використовується вантажопідйомність ББС ( $Dч_p^{z\ell}$ ) або його лінійні характеристики ( $Te_{z\ell}, L_{z\ell}, B_{z\ell}$ ) не відповідають вимогам схеми до суден. Таким чином, у наведеному прикладі (табл. 2.2) ББС № 1 і 2 повністю відповідають вимогам схеми та можуть розглядатися в наступних розробках для роботи на схемі при маршрутному сполученні.

Варіант 2. При збірній відправці і наскрізному способі організації роботи тяги

На виході в блоці 8 маємо для аналізу інформацію, приклад якої представлений в табл. Е.2.

**Таблиця Е.2 - Матриця результатів попереднього відбору суден для роботи на схемі при збірній відправці**

$\delta$	1								2								...								$\Theta$							
$\varphi$	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
$z$	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
1																																
2																																
...																																
$Z$																																

Варіант 3. При роботі по системі тягових плечей і ділянковому способі організації роботи тяги.

В результаті обробки даних (блок 8) маємо для аналізу інформацію, приклад якої представлений в табл. Е.3.

**Таблиця Е.3 - Матриця результатів попереднього відбору суден для роботи на схемі**

Тип ББС	Ділянка $\delta$			
	1	2	...	$\Theta$
$z$	1	2	...	$\Theta$
1	1	1	0	0
2	1	0	0	1
...	0	0	0	0
$Z$	1	0	0	1

Розглядений варіант свідчить про те, що ББС №1 може бути закріплено за ділянками 1 та 2, ББС № 2 - за ділянкою 1 і  $\delta$ , і ББС №  $z$ - за ділянками 1 і  $\delta$ .

## ДОДАТОК Ж

### ВИЗНАЧЕННЯ ТИПОРОЗМІРУ БАРЖЕБУКСИРНОГО СКЛАДУ ДЛЯ РОБОТИ НА СХЕМІ

Використовуючи викладену в розділі 2.1. дисертаційної роботи методику визначення типорозміру баржебуксирного складу для роботи на схемі, виконаємо необхідні розрахунки.

#### Етап 1 «Складання можливих схем роботи ББС».

##### **Вихідні данні:**

- Флот судноплавної компанії «Нібулон»;
- Вантаж зернові вантажі ( $\bar{u} = 1,4 \text{ м}^3 / \text{т}$ );
- Напрямок перевезень: Україна (Черкаський зерновий термінал) – Єгипет (Олександрія);

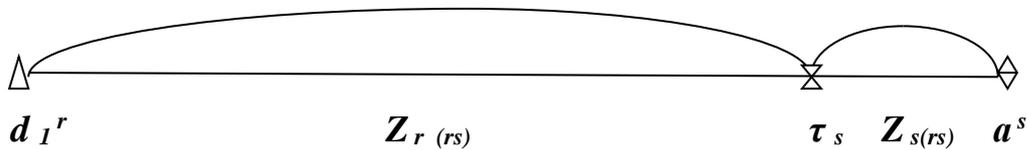
##### **Формулюємо основні обмеження на ВВШ:**

- район плавання: р. Дніпро по внутрішнім водним шляхам (ВВШ) Vb класу [21, 134, 135];
- габарити судна обмежені по осадці - **2,4** м та **3,75** м; по довжині - **180** м; по ширині - 16 м; найбільшій висоті судна над водою - **8,6** м; по вантажопідйомності - **Дч max  $\ell = 3200$**  т;
- перевантаження ХМТП - перевантаження на морське судно;
- довантаження – термінал Дніпровського порту;
- обмеження по осіданню: термінал Черкаського порту ( $T_{\max} = 2,4$  м); термінал Дніпровського порту ( $T_{\max} = 3,75$  м); Херсонський морський торговельний порт (ХМТП) ( $T_{\max} = 7,8$  м); Олександрія ( $T_{\max} = 12$  м).

##### **Проектні схеми $\ell = \overline{1,3}$ :**

**Варіант 1 - Маршрутна відправка і наскрізний спосіб організації роботи тяги ( $k = a$ )(схема №1 табл. 1.2):**

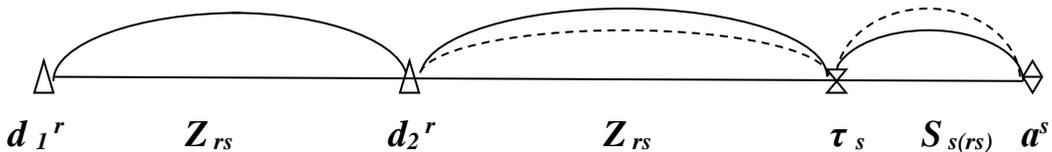
$\ell=1$ : Зерновий термінал Черкаського порту (завантаження ББС) - - - - ХМТП  
(перевантаження на морське судно) - - - - Олександрія



**Рисунок Ж.1 – Схема роботи суден за варіантом а**

**Варіант 2 - Збірна відправка і наскрізний спосіб організації роботи тяги ( $k = b$ ) (схема №3 табл. 1.2):**

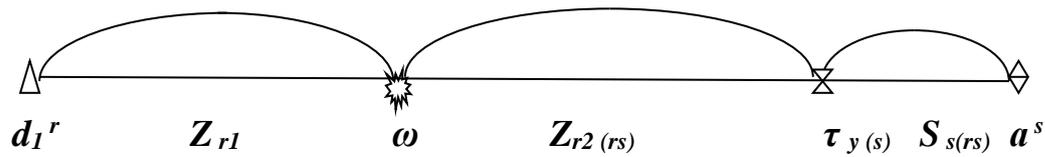
$\ell=2$ : Зерновий термінал Черкаського порту (завантаження ББС) - - - - Дніпро  
(довантаження баржі або додання додаткової баржі) - - - - ХМТП  
(перевантаження на морське судно) - - - - Олександрія



**Рисунок Ж.2 – Схема роботи суден за варіантом б**

**Варіант 3 - Робота по системі тягових плечей і ділянковим способом організації роботи тяги ( $k = c$ ) (схема №4 табл. 1.2):**

$\ell=3$ : Зерновий термінал Черкаського порту (завантаження ББС) - - - -  
Дніпропетровськ (зміна тяги) - - - - ХМТП (перевантаження на морське  
судно) - - - - Олександрія



**Рисунок Ж.3 – Схема роботи суден за варіантом с**

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

**Етап 2.1 «Розробка методики визначення типорозміру баржебуксирного складу для роботи на схемі».**

**Етап 2.1.1 «Формування з вихідної множини буксирів типу  $i$  та барж типу  $j$  базису попередньо відібраних суден».**

До розробки приймаємо судно необмеженого плавання «Sparta» (ІМО:9372468). Зі складу флоту СК «Нібулон» [136], за допомогою зазначених методичних підходів, формується базис попередньо відібраних суден з буксирів і барж за ознакою відповідності техніко-експлуатаційних характеристик тяги умовам майбутнього рейсу. Це буксир-штовхач типу «Прибужанівський» і «Баштанський» та несамохідні судна проекту «NBL-90» та проекту «BN».

**На етапі 2.1.2 «Формування вихідної множини возів  $\lambda$  і визначення типорозмірів ББС типу  $z$ »** розглядаємо можливість формування ББС з обраних суден, які в своїй комбінації формують тип  $z$  (табл. Ж.1 - Ж.2).

**Таблиця Ж.1 - Нумерація вихідної множини возів  $\lambda$**

Баржі ( $j$ )		Баржі	
		«NBL-90»	«BN»
«NBL-90»	$j=1$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$
«BN»	$j=2$	---	$\lambda = 3$

Таблиця Ж.2 - Типи попередньо відібраних ББС типу  $z$ 

Вози ( $\lambda$ )	Буксири ( $i$ )	
	«Прибужанівський» ( $i=1$ )	«Баштанський» ( $i=2$ )
1	$z = 1$	$z = 4$
2	$z = 2$	$z = 5$
3	$z = 3$	$z = 6$

Для  $z = 1, 2, 3$       $Dч_p^z \max_i = 700 \cdot 6,84 = 4788$  т

$$Dч_{max}^{z\ell} = \min\{4788; 3200\} = 3200$$
 т

Для  $z = 4, 5, 6$       $Dч_p^z \max_i = 1200 \cdot 17 = 20400$  т

$$Dч_{max}^{z\ell} = \min\{20400; 3200\} = 3200$$
 т

За допомогою інструменту Excel «Пошук рішень» визначаємо кількість барж у складі ББС типу  $z$  з математичної моделі (2.5)-(2.10):

Оскільки *при*  $Y_{jz\ell} = 1$  то,

- $x_{jz\ell} = 1$  для  $j=1$  та  $z = 1, 4$ ;
- $x_{jz\ell} = 1$  для  $j=1, j=2$  та  $z = 2, 5$ ;
- $x_{jz\ell} = 4$  для  $j=1$  та  $z = 3, 6$ .

Уточнюємо реєстрову вантажопідйомність ББС типу  $z$  :

Для  $z = 1, 4$ :      $Dч_p^{z\ell} = 1 \cdot 2471 = 2471$ т;

Для  $z = 2, 5$ :      $Dч_p^{z\ell} = 1 \cdot 530 + 1 \cdot 2471 = 3001$ т;

Для  $z = 3, 6$ :      $Dч_p^{z\ell} = 4 \cdot 530 = 2120$ т.

Результати розрахунку зведені в табл. Ж. 3.

**Етап 2.1.3 «Визначення максимально допустимого завантаження комплекту барж типу  $j$ , що входять до складу ББС типу  $z$ ».**

Максимально допустиме завантаження ББС, що вирішується в наступній послідовності:

$$T_{e1} = 2,4 \text{ м (термінал Черкаського порту)}$$

$$T_{e2} = 8,6 - 4,2 = 4,4 \text{ м;}$$

$$T_e = \min \{2,4; 4,4\} = 2,4 \text{ м;}$$

$$\text{Для } z = 1, 2: \quad Q_{zr\ell}^1 = 4788 \cdot \frac{2,4 - 0,74}{3,56 - 0,74} = 2818 \text{ т;}$$

$$\text{Для } z = 3: \quad Q_{zr\ell}^1 = 4788 \cdot \frac{2,4 - 0,72}{3,08 - 0,72} = 3408 \text{ т;}$$

$$\text{Для } z = 4, 5: \quad Q_{zr\ell}^1 = 20400 \cdot \frac{2,4 - 0,74}{3,56 - 0,74} = 12008 \text{ т;}$$

$$\text{Для } z = 6: \quad Q_{zr\ell}^1 = 20400 \cdot \frac{2,4 - 0,72}{3,08 - 0,72} = 14522 \text{ т.}$$

Виходячи з питомого навантажувального об'єму вантажу ( $\bar{u} = 1,4 \text{ м}^3/\text{т}$ ). Оскільки вантаж важкий, то допустиме завантаження судна, складає:

$$\text{Для } z = 1, 4: \quad Q_{zr\ell}^2 = 2471 \text{ т;}$$

$$\text{Для } z = 2, 5: \quad Q_{zr\ell}^2 = 3001 \text{ т;}$$

$$\text{Для } z = 3, 6: \quad Q_{zr\ell}^2 = 2120 \text{ т.}$$

Максимально допустиме завантаження судна встановлюється за класом внутрішніх водних шляхів для всіх типів ББС:  $Q_{zr\ell}^3 = 3200 \text{ т.}$

Максимально допустиме завантаження ББС, яке визначається потужністю енергетичної установки тяги ( $Q_{zr\ell}^4$ ), становить:

Для  $z = 1, 2, 3$ :  $Q_{zr\ell}^4 = 4788$  т;

Для  $z = 4, 5, 6$ :  $Q_{zr\ell}^4 = 20400$  т.

Таким чином

Для  $z = 1, 4$ :  $Q_{zr\ell} = 1455$  т;

Для  $z = 2, 5$ :  $Q_{zr\ell} = 1766$  т;

Для  $z = 3, 6$ :  $Q_{zr\ell} = 1510$  т.

Результати розрахунків зведені в табл. Ж. 3.

Оцінюється можливість роботи тяги у складі ББС. Для усіх ББС типу  $z$

$$Y_{iz\ell} = 1.$$

**Таблиця Ж.3 - Максимально допустиме завантаження ББС**

Показники	ББС типу $z$					
	$z = 1$	$z = 2$	$z = 3$	$z = 4$	$z = 5$	$z = 6$
$i$	1	1	1	2	2	2
$\lambda$	1	2	3	1	2	3
$T_{e1}$	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
$T_{e2}$	3,4	4,1	3,4	4,1	3,4	4,1
$T_{e_{z\ell}}$	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
$Dч_p^{z_{maxj}}$	4788	4788	4788	20400	20400	20400
$Dч_{max\ell}$	3200	3200	3200	3200	3200	3200
$Dч_{max}^{z\ell}$	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Кількість барж	1	2	4	1	2	4
$Dч_j^z$	2471	530+2471	530	2471	530+2471	530
$Dч_p^{z\ell}$	2471	3001	2120	2471	3001	2120
$Q_{zr\ell}^I$	2818	2818	3408	12008	12008	14522

## Продовження табл. Ж.3

$Q_{zr\ell}^2$	2471	3001	2120	2471	3001	2120
$Q_{zr\ell}^3$	3200	3200	3200	3200	3200	3200
$Q_{zr\ell}^4$	4788	20400	4788	20400	4788	20400
$Q_{zr\ell}$	2471	2818	2120	2471	3001	2120

**Етап 2.1.4 «Формування базису попередньо відібраних ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$ ».**

**Таблиця Ж.4 - Формування базису попередньо відібраних ББС типу  $z$  для роботи на схемі  $\ell$**

Показники	$z = 1$	$z = 2$	$z = 3$	$z = 4$	$z = 5$	$z = 6$
$Dч_p^z \max_i$	4788	4788	4788	20400	20400	20400
$Q_{zr\ell}$	2471	2818	2120	2471	3001	2120
$K_Q$	0,52	0,59	0,44	0,12	0,15	0,10
Пріоритетний ряд	2	1	3	5	4	6

**Етап 2.1.5 «Визначення габаритних розмірів ББС типу  $z$  з базису попередньо відібраних суден».**

Основні параметри ББС залежать від варіанту з'єднання тяги та тоннажу, та представлені в табл. Ж.5.

**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.

Таблиця Ж.5 - Основні параметри ББС

Показники	ББС типу z					
	z = 1	z = 2	z = 3	z = 4	z = 5	z = 6
1	2	3	4	5	6	7
$T_{max \ell}$	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Кількість барж	1	2	4	1	2	4
Поєднання барж	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1
Формула поєднання барж	T+1	T+1+1	T+1+1+1+1	T+1	T+1+1	T+1+1+1+1
$L_{z\ell}$	122	158,72	178,88	117	153,72	173,88
$B_{z\ell}$	16	16	11	16	16	11
Поєднання барж	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2
Формула поєднання барж			T+2+1+1			T+2+1+1
$L_{z\ell}$			142,16			137,16
$B_{z\ell}$			22			22
Поєднання барж	1.3	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3
Формула поєднання барж			T+2+2			T+2+2
$L_{z\ell}$			105,44			100,44
$B_{z\ell}$			22			22

Для цього розглядається доцільність роботи ББС на схемі при виконанні обмежень (2.40) – (2.44), (2.49) – (2.56) та (2.57) – (2.62) в залежності від варіанта організації роботи суден.

Результати аналізу представлені в табл. Ж.6, та співпадають для всіх схем.

Таблиця Ж.6 - Матриця результатів попереднього відбору ББС

Поєднання барж	Критерій оцінювання	Поєднання барж	Критерій оцінювання
1	2	3	4
1.1	1	4.1	1
1.2	0	4.2	0
1.3	0	4.3	0
1.4	0	4.4	0
2.1	1	5.1	1
2.2	0	5.2	0
2.3	0	5.3	0
2.4	0	5.4	0
3.1	1	6.1	1
3.2	0	6.2	0
3.3	0	6.3	0
3.4	0	6.4	0

За результатами табл. Ж.6. робимо висновок, що недоцільна експлуатація таких ББС і форм поєднання барж, які мають значення «0», та подальше розглядання їх при розрахунках не відбуватиметься.

## ДОДАТОК 3

**ФОРМУВАННЯ СКЛАДУ ФЛОТУ І ГРАФІКА РУХУ  
 БАРЖЕБУКСИРНИХ СУДЕН ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЇХ УЗГОДЖЕНОЇ  
 РОБОТИ З МОРСЬКИМИ СУДНАМИ**

Приклад наведено для проектної схеми №1 при варіанті організації роботи ББС ( $k = \alpha$ ):

*Зерновий термінал Черкаського порту (завантаження ББС) - - - - ХМТП –  
 (перевантаження на морське судно) - - - - Олександрія.*

Вихідні данні, щодо формування складу флоту і графіка руху баржебуксирних суден при організації їх узгодженої роботи з морськими суднами (див. розділ 3.3), представлені в табл. 3.1-3.2.

**Таблиця 3.1 - Норми вантажних робіт, т/добу**

Найменування порту	$M^n$ , $\epsilon rd$ , т/доб	$M^b$ , $\epsilon rd$ , т/доб
Черкаси	5000	
Херсон (борт-борт)		1500
Олександрія		3000

**Таблиця 3.2. - Відстані між портами**

Порти	Дніпро	ХМТП
Черкаси	332км	775 км
Олександрія	х	1144 миль

Подальші розрахунки наводяться для однієї технологічної лінії при перевантаженні на рейді за допомогою самоходного плавучого крану.

У випадку власного флоту питомі витрати типу  $i$  (баржи типу  $j$ , ББС типу  $z$ , воза  $\lambda$ , морського судна  $s$ ) в добу експлуатації при роботі на схемі  $\ell$  визначаються з виразу:

$$c_{i(j,z,\lambda,s)}^{\ell} = \frac{c_{xi(j,z,\lambda,s)}^{\ell} \cdot t_x^{i(z,\lambda,s)\ell} + c_{ci(j,z,\lambda,s)}^{\ell} \cdot t_c^{z(\lambda,s)\ell}}{t_p^{li(\lambda,z,s)}} \quad (i = \overline{1, I}; \lambda = \overline{1, A}; s = \overline{1, S}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}), \quad (3.1)$$

де  $c_{xi(j,z,\lambda,s)}^{\ell}$  - собівартість утримання на ходу в добу експлуатації при роботі на схемі  $\ell$  відповідно буксира типу  $i$  (баржи типу  $j$ , ББС типу  $z$ , воза  $\lambda$ , морського судна  $s$ ). Розрахунки проводяться за методикою, викладеною в роботі [21];

$c_{ci(j,z,\lambda,s)}^{\ell}$  - собівартість утримання на стоянці в добу експлуатації при роботі на схемі  $\ell$  відповідно буксира типу  $i$  (баржи типу  $j$ , ББС типу  $z$ , воза  $\lambda$ , морського судна  $s$ ) [21];

$t_x^{i(z,\lambda,s)\ell}$  - час на ходу при роботі на схемі  $\ell$  відповідно буксира типу  $i$  (ББС типу  $z$ , воза  $\lambda$ , морського судна  $s$ );

$t_c^{z(\lambda,s)\ell}$  - час на стоянці при роботі на схемі  $\ell$  відповідно буксира типу  $i$  (ББС типу  $z$ , воза  $\lambda$ , морського судна  $s$ );

$t_p^{li(\lambda,z,s)}$  - час рейсу при роботі на схемі  $\ell$  відповідно буксира типу  $i$  (ББС типу  $z$ , воза  $\lambda$ , морського судна  $s$ ).

$$t_{x}^{i\ell} = t_{x_{\text{вн}}}^{i\ell} + t_{x_{\text{вв}}}^{i\ell} \quad (i = \overline{1, I}; \ell = \overline{1, L}); \quad (3.2)$$

$$t_{x}^{\lambda\ell} = t_{x}^{i\ell} \quad (i = \overline{1, I}; \lambda = \overline{1, \Lambda}; \ell = \overline{1, L}); \quad (3.3)$$

$$t_{c}^{z\ell} = \sum_{d=1}^D t_{c_{\text{в}}}^{z\ell d} + \sum_{d=1}^D t_{c_{\text{н}}}^{z\ell d} \quad (s = \overline{1, S}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}); \quad (3.4)$$

$$t_{p}^{\ell\lambda} = t_{x}^{\lambda\ell} + t_{c}^{z\ell} \quad (z = \overline{1, Z}; \lambda = \overline{1, \Lambda}; \ell = \overline{1, L}). \quad (3.5)$$

Для  $z=1, \ell=1$ :

$$t_{x_{\text{вн}}}^{i\ell} = \left( \frac{775}{24 \cdot (6+2)} + \frac{2 \cdot 1}{24} + \frac{4 \cdot 1}{24} \right) \cdot 1,05 = 4,29 \text{ (діб)};$$

$$t_{x_{\text{вв}}}^{i\ell} = \left( \frac{775}{24 \cdot (6-2)} + \frac{2 \cdot 1}{24} + \frac{4 \cdot 1}{24} \right) \cdot 1,05 = 8,32 \text{ (діб)};$$

$$t_{x}^{i\ell} = 4,29 + 8,32 = 12,61 \text{ (діб)};$$

$$t_{c_{\text{н}}}^{z\ell d} = \frac{2471}{5000} = 0,5 \text{ (діб)};$$

$$t_{c_{\text{в}}}^{z\ell d} = \frac{2471}{1500} = 1,65 \text{ (діб)};$$

$$t_{c}^{z\ell} = 0,49 + 1,65 = 2,14 \text{ (діб)};$$

$$t_{p}^{\ell z} = 12,61 + 2,14 = 14,75 \text{ (діб)}.$$

Результати розрахунків експлуатаційних показників представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Експлуатаційні показники

Характеристика	ББС типу z						«Sparta»
	z = 1	z = 2	z = 3	z = 4	z = 5	z = 6	
1	2	3	4	5	6	7	8
$Q_{zr\ell}, \text{Т}$	2471	2818	2120	2471	3001	2120	9984
$t_{x_{вн}}^{i(z,\lambda,s)\ell}$ , діб	4,29	4,29	4,29	4	4	4	4,3
$t_{x_{вв}}^{i(z,\lambda,s)\ell}$ , діб	8,32	8,32	8,32	5,8	5,8	5,8	4,2
$t_x^{i(z,\lambda,s)\ell}$ , діб	12,61	12,61	12,61	9,8	9,8	9,8	8,5
$t_{c_n}^{z(\lambda,s)\ell d}$ , діб	0,49	0,56	0,42	0,49	0,60	0,42	6,66
$t_{c_{в}}^{z(\lambda,s)\ell d}$ , діб	1,65	1,88	1,41	1,65	2,00	1,41	3,33
$t_c^{z(\lambda,s)\ell}$	2,14	2,44	1,84	2,14	2,60	1,84	9,98
$t_p^{li(\lambda,z,s)}$	14,75	15,05	14,45	11,94	12,40	11,64	18,48
$c_{x_i(s)}^\ell$ , дол./т	3780	3780	3780	4740	4740	4740	13615
$c_{c_i(s)}^\ell$ , дол./т	2620	2620	2620	3580	3580	3580	8005
$c_{x_j}^\ell$ , дол./т	2030	2725	695	2030	2725	695	---
$c_{c_j}^\ell$ , дол./т	2030	2725	695	2030	2725	695	---
$c_{x_\lambda}^\ell$ , дол./т	2030	2725	2780	2030	2725	2780	---
$c_{c_\lambda}^\ell$ , дол./т	2030	2725	2780	2030	2725	2780	---
$c_{x_z}^\ell$ , дол./т	5810	6505	6560	6770	7465	7520	---
$c_{c_z}^\ell$ , дол./т	4650	5345	5400	5610	6305	6360	---

## Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8
$c_i^l$ , дол./т	3612	3592	3632	4532	4497	4557	---
$c_\lambda^l$ , дол./т	2030	2725	2780	2030	2725	2780	---
$c_z^l$ , дол./т	5642	6317	6412	6562	7222	7337	10585
$i$	1	1	1	2	2	2	---
$\lambda$	1	2	3	1	2	3	---

На базі розрахункових елементів (табл. 3.4), перевіряється дотримання евристик.

Таблиця 3.4 – Розрахункові елементи евристик

Характеристика	ББС типу $z$					
	$z = 1$	$z = 2$	$z = 3$	$z = 4$	$z = 5$	$z = 6$
1	2	3	4	5	6	7
$t_{ild}^{on}$	-7,83	-7,76	-7,90	-5,31	-5,20	-5,38
$t_{ild}^{ob}$	-2,64	-2,41	-2,88	-2,35	-2,00	-2,59
$\frac{f_{dr}^n \cdot Q_{dr}^n}{c_i^l}$	10,26	11,77	8,75	8,18	10,01	6,98
$\frac{f_{dr}^6 \cdot Q_{dr}^6}{c_i^l}$	10,26	11,77	8,75	8,18	10,01	6,98
$\xi_{il1}$	10,26	11,77	8,75	8,18	10,01	6,98

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7
$\xi_{il2}$	10,26	11,77	8,75	8,18	10,01	6,98
$\frac{f_{dr}^n \cdot Q_{dr}^n}{c_{\lambda}^l}$	18,26	15,51	11,44	18,26	16,52	11,44
$\frac{f_{dr}^6 \cdot Q_{dr}^6}{c_{\lambda}^l}$	18,26	15,51	11,44	18,26	16,52	11,44
$\xi_{\lambda l1}$	18,26	15,51	11,44	18,26	16,52	11,44
$\xi_{\lambda l2}$	18,26	15,51	11,44	18,26	16,52	11,44
$\Delta t_{s-z}$	3,73	3,43	4,04	6,54	6,08	6,85
$n_{\lambda}^{sl}$	4,04	3,54	4,71	4,04	3,33	4,71

Оцінка відібраних суден на підставі евристик відбувається на основі аналізу результатів табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Результати вибору судна для роботи за схемою

Схема	ББС типу z	Евристики												Сумарне значення	
		1		2		3		4		5		6		$\Sigma \eta$	$\Sigma g$
		$\eta$	$g$	$\eta$	$g$	$\eta$	$g$	$\eta$	$g$	$\eta$	$g$	$\eta$	$g$		
1	1	+		+		+		+		+				5	
1	2	+		+		+		+		+				5	
1	3	+		+		+		+		+				5	
1	4	+		+		+		+		+				5	
1	5	+		+		+		+		+				5	
1	6	+		+		+		+		+				5	

При рівних результатах сумарних значень критеріїв оцінювання, визначається рейтинг ( $R^e$ ) критеріїв за їх кількісним значенням. Номер один присвоюється кращому значенню (табл. 3.6).

**Таблиця 3.6 - Рейтинг критеріїв оцінювання відібраних суден**

Схема	ББС типу $z$	Евристики												Сумарне значення	
		1		2		3		4		5		6			
		$\eta$	$R^e$	$\eta$	$R^e$	$\eta$	$R^e$	$\eta$	$R^e$	$\eta$	$R^e$	$\eta$	$R^e$	$\Sigma\eta$	$\Sigma R^e$
1	1	+	2	+	1	+	1	+	2	+	2	+		6	8
1	2	+	1	+	3	+	1	+	1	+	1	+		6	7
1	3	+	4	+	4	+	1	+	3	+	2	+		6	14
1	4	+	5	+	1	+	1	+	5	+	2	+		6	14
1	5	+	3	+	2	+	1	+	4	+	1	+		6	11
1	6	+	6	+	4	+	1	+	6	+	2	+		6	19

Евристика 1. Оцінюється за убутанням показника  $\xi_{ild}$ , як резерв часу доцільного очікування буксиром звільнення баржі від ВРР.

Евристика 2. Оцінюється за убутанням показника  $\xi_{\lambda ld}$ , як резерв часу доцільного очікування баржею (возом) приходу буксира.

Евристика 3. Як безумовна величина приймається рівною одиниці.

Евристика 4. Оцінюється за зростанням показника  $\Delta t_{s-z}^{\ell}$ , як критерій раціонального використання суден за показником часу рейсу

$$\Delta t_{s-z}^{\ell} = t_p^{ls} - t_p^{lz} \quad (s = \overline{1, S}; z = \overline{1, Z}; \ell = \overline{1, L}) \quad (3.6)$$

Евристика 5. Оцінюється за зростанням показника  $n_{\lambda}^{s\ell}$  (див. формулу (3.37)).

Евристика 6. Оцінюється за зростанням показника  $\xi_{zld}^{\phi}$ , як резерв часу доцільного для заходу в додатковий порт.

Таким чином, рейтинг ББС наступний  $z=2, 1, 5, 3, 4, 6$ , які послідовно вводяться в ГРС.

Для забезпечення рівномірної подачі суден під розвантаження в порту траншипменту на рейді уточняється завантаження ББС (див. формулу (3.42)), та кількість суден (див. формулу (3.45) - (3.46)).

$$\sum_{r=1}^R Q_{zrl} = \frac{9984}{4} = 2496 \text{ (т)}$$

$$n_{\lambda}^{\ell} = 4 + 1 = 5 \text{ (од.)}$$

$$N_j^{\ell} = 5 - 1 = 4 \text{ (од.)}$$

Уточнюються елементи ГРС (табл. 3.7).

**Таблиця 3.7 – Елементи графіка руху суден**

Судно	$Q_{z(s)rl}$ , т	$t_{x_{вн}}^{i(z,\lambda,s)\ell}$ , діб	$t_{x_{вв}}^{i(z,\lambda,s)\ell}$ , діб	$t_{c_n}^{z(\lambda,s)ld}$ , діб	$t_{c_b}^{z(\lambda,s)ld}$ , діб
$z = 2$	2496	4,29	8,32	0,50	1,66
«Sparta»	9984	4,3	4,2	6,66	3,33

За даними табл. 3.7 та методикою, представленою в розділі 3.3, будується ГРС, з якого уточняється кількість структурних елементів ББС.

За умови наявності необхідного флоту ГРС має вигляд, представлений на рис. 3.1. Як видно з рис. 3.1, для збільшення ефективності функціонування комбінованої ТТС, до перевезень необхідно долучити додатковий склад суден. Для цього здійснюється перерозподіл суден за відповідними методичними положеннями.



