

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МЕЛЬНИК ОЛЕКСІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК: 656.61:656.614.34

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ НЕСПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН
ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ НЕГАБАРИТНИХ І
ВЕЛИКОВАГОВИХ ВАНТАЖІВ**

Спеціальність 05.22.20 - Експлуатація та ремонт засобів транспорту
Галузь знань - 27 «Транспорт»

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.М. Мельник

Науковий керівник: Онищенко Світлана Петрівна,
доктор економічних наук, професор

АНОТАЦІЯ

Мельник О.М. Експлуатація неспеціалізованих суден при транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.22.20 - «Експлуатація та ремонт засобів транспорту». – Одеський національний морський університет. – Одеса, 2021.

Дисертація присвячена вирішенню науково-прикладної задачі формування стратегій судноплавних компаній по узагальненому підходу до організації процесу транспортування негабаритних і великовагових вантажів за рахунок експлуатації неспеціалізованих суден.

Під впливом розвитку інфраструктурних проектів та промислового будівництва істотно збільшився обсяг замовлень на перевезення нестандартних вантажів, які в свою чергу здебільше перевищують технічні можливості засобів наземного транспорту та створюють певні обмеження для транспортних суден. Незважаючи на значну кількість пропозицій від спеціалізованих логістичних та транспортно-експедиторських компаній, які пропонують послуги з транспортування негабаритних і великовагових вантажів (НВВ) у міжнародних транспортних сполученнях, існує ряд суттєвих проблем, які як правило, не достатньо ідентифіковані, мають слабо розвинуте теоретичне підґрунтя та значно впливають, насамперед, на вартість перевезення. Виходячи з цього, перспективним напрямом дослідження питань транспортування НВВ, є детальне вивчення елементів транспортного процесу, умов оптимальної експлуатації засобів транспорту та створення на цій основі комплексного підходу до теоретично обґрунтованих стратегій розвитку і реалізації проектів таких перевезень. У підсумку для досягнення мети у роботі поставлено та послідовно вирішено п'ять завдань.

В результаті вирішення першого завдання проведений аналіз сучасного стану міжнародних перевезень НВВ показав, що на фоні розвитку світової

економіки та збільшення промислового виробництва підвищуються попит та об'єми замовлень на транспортування НВВ. В ході аналізу класифікації вантажів було визначено транспортні характеристики НВВ, які дозволяють визначати відповідну технологію транспортування, методи взаємодії основних видів транспорту та специфіку експлуатації неспеціалізованих суден. Аналіз публікацій дозволив встановити комплекс невирішених питань, пов'язаних з експлуатацією неспеціалізованих суден при транспортуванні НВВ, які розглянуті у якості основних наукових завдань дисертаційного дослідження.

В результаті вирішення другого завдання сформульовано теоретичні положення щодо забезпечення безпеки експлуатації судна на етапі вантажних операцій. Розроблено метод забезпечення безпеки експлуатації судна за рахунок визначення складу та послідовності технологічних операцій і концептуальну модель послідовності процесу завантаження та метод вибору технологічних засобів обробки НВВ з урахуванням наявності суднових або берегових вантажних пристроїв та їх використання відповідно до маси вантажного місця.

В результаті вирішення третього завдання проведена оцінка негативного впливу системи факторів на експлуатаційний стан судна. Розроблено імітаційну модель зміни експлуатаційного стану судна у процесі транспортування НВВ що дозволяє здійснювати експериментальні дослідження для різних початкових умов і визначати найбільш ймовірні зміни в експлуатаційному стані судна.

В результаті вирішення четвертого завдання розроблено метод оптимізації швидкісного режиму судна у процесі експлуатації при транспортування НВВ що враховує структуру морського переходу судна, вплив навігаційних і гідрометеорологічних умов на маршруті переходу, що підтверджує практичне застосування і адекватність запропонованого методу підвищення ефективності процесу експлуатації судна за рахунок зіставлення швидкісного режиму реальним процесам експлуатації.

В результаті вирішення п'ятого завдання розроблено метод обґрунтування вибору неспеціалізованого судна, враховуючі можливість його експлуатації на

стратегічному довгостроковому рівні для транспортування НВВ з урахуванням вибору оптимального швидкісного режиму.

Ключові слова: негабаритні та великовагові вантажі, підвищення ефективності експлуатації, забезпечення безпеки, процес транспортування, експлуатація неспеціалізованих суден.

ANNOTATION

Melnyk O.M. Operation of non-specialized vessels for transportation of oversized and heavy cargoes. Qualifying scientific work on rights of manuscript.

Thesis for a candidate degree (PhD) in specialty 05.22.20 «Operation and repair of transport means» (technical sciences, transport). Odesa National Maritime University, Odesa, 2021.

The thesis is associated with the achievement of scientific and applied tasks and the formation of strategy of shipping companies on a simplified path to organize the transportation of oversized and heavy cargoes (OHC) with the aid of non-specialized vessels.

The development of infrastructure projects and industrial construction has significantly increased the amount of investments in the transportation of non-standard cargo, which in its turn, mainly exceed the technical capabilities of the rolling stock and create specific limitations on board modern oceangoing vessels.

In the informational space there are enough offers on specialized logistics sites from freight forwarding companies offering services in organizing the transportation of oversized and heavy cargo in international transport systems, however, there are a number of problems that are usually not sufficiently identified, poorly theoretically and foundationally developed therefore could significantly affect the cost of transportation. Proceeding from this, the perspective direction of research on the issues of organization of transportation of oversized and heavy cargo is a detailed study of the process and creation on this basis of a comprehensive approach to theoretically sound strategies for the development and implementation of such transportation projects.

The uncertainty of terminological definitions for the main modes of transport led to the creation of a number of regulatory documents for the transportation of oversized and heavy cargo. For each type of transport, the regulations governing the rules of operation of transport means, during the cargo transportation are developed. However, each process of transportation of OHC is usually a single service, or unique, so this explains the lack of any standard tariff system for the transportation such cargoes.

Absence of stable cargo flows; permanent land routes of transportation and heterogeneity of oversized and heavy cargoes require creation of a separate project or application of a project approach for each such transportation. As a result, five tasks have been set and consistently solved to achieve the goal.

As a result of the first task solution: concluded that the development of the world economy and industrial production demonstrates the trends of sustainable development, so the volume of maritime transport around the world is growing annually in accordance with increasing orders, which outlines a number of current but unresolved issues related to the implementation of methods to improve efficiency. The results of comparing the actual practical problems associated with the operation of non-specialized ships in the course of OHC transportation with the available theoretical base have allowed establishing the necessary scientific problems. Solution the research of transport classification of cargoes and definition of the concept based on oversized and heavy cargoes for water transport that has a direct influence on the choice and analysis of characteristics of the rolling stock.

As a result of the second task solution: the theoretical provisions on ensuring the safety of the vessel at the stage of cargo operations are formulated based on the generalized practical experience, requirements of normative documents and the existing theoretical basis. These provisions allow clarifying a number of features that arise during loading of OHC and affect the stability of the vessel, stowage and safety of OHC in order to prevent their damage or loss during transportation. The method for determining the technology of loading OHC on non-specialized ships, as well as developed a method of organization of the technological process, taking into account the structural elements and features of the vessel and control the sequence of stages of

the cargo plan to achieve optimal stowage sketch of OHC, conceptual model of the sequence of loading and unloading operations formulated.

As a result of the solution of the third task: estimation of negative influence of the system of factors on the operational condition of the vessel allows to develop a simulation model of change of the operational condition of the vessel during OHC transportation. The connection of these conditions revealed and formalized as a model of homogeneous Markov decision process (MDP) with discrete time, presence of irreversible conditions. The possibility of applying control actions affecting the transition probability matrix leads to transformation of this process into a controlled MPD.

As a result of the solution of the fourth task the method of optimizing the vessel's speed during the transportation of OHC is developed. In contrast to the existing approaches, the proposed method of optimizing the efficiency of the vessel's speed mode during the transportation of OHC taking into account the structure of the voyage of the vessel and different weather scenarios, which in combination ensures that proposed method corresponds to the actual operating conditions.

As a result of solution of the fifth task, the methodology of substantiation of the selection of non-specialized vessel was developed, taking into account the possibility of its operation for OHC transportation, taking into account the implementation of optimal speed.

Keywords: oversized and heavy cargo, operational efficiency enhancement, safety assurance, transportation process, operation of non-specialized vessels.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації

Монографії

1. Мельник О. Formalization of technological processes of oversized cargo transportation of non-specialized vessels / O. Melnyk, O. Akimova. // Wissenschaft für den modernen menschen. wirtschaft, management, tourismus, bildung, philosophie, gesetz. Karlsruhe: NetAkhatAV, 2020. - Chapter 81(1). – P. 61-67, - 181 p. DOI: 10.30888/978-3-9821783-2-5.2020-01-03-017.

Статті у наукових фахових виданнях, рекомендованих Міністерством освіти і науки України

2. Мельник О.М. Організаційні аспекти перевезення проектних вантажів / О.В. Акімова, О.М. Мельник // Вісник ОНМУ. – 2018. – 56. – С. 123-134.

3. Мельник О.М. Огляд стану дослідження проблеми перевезень негабаритних вантажів в Україні / О.М. Мельник // Транспортні системи і технології. – 2019. – 34. – С. 242-253. DOI:10.32703/2617-9040-2019-34-2-7.

4. Мельник О.М. Problems statement and prospects for the development of oversized cargoes transportation in Ukraine (Стан проблеми та перспективи розвитку перевезень негабаритних вантажів в Україні) / О.М. Мельник // Судноводіння НУОМА. – 2019. – 29. – С.142-153. DOI:10.31653/2306-5761.29.219.142-153.

5. Мельник О.М. Питання забезпечення безпеки процесу морського перевезення негабаритних вантажів / О.М. Мельник // Комунальне господарство міст ХНУМГ ім Бекетова. – 2019. – №152(6). – С. 204-208. DOI:10.33042/2522-1809-2019-6-152-204-208.

6. Мельник О. Vessel selection prospects and suitability assessment for oversized cargo transportation (Обґрунтування вибору суден враховуючи можливість їх використання для перевезення негабаритних вантажів) / М. Малаксіано О. Мельник // Вчені записки ТНУ ім Вернадського. – 2020. – 31(70)2 № 1. – С. 135-140. DOI:10.32838/2663-5941/2020.1-2/25.

7. Мельник О.М. Обґрунтування вибору судна для фрахтування на умовах тайм-чартеру з урахуванням можливості його використання для перевезень негабаритних вантажів / М.О. Малаксіано, О.М. Мельник // Вісник

Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – № 1(148). – С. 90-96. DOI:10.31649/1997-9266-2020-148-1-90-96.

8. Мельник О.М. Методика обґрунтування вибору неспеціалізованих суден з врахуванням можливості їх використання для перевезень негабаритних і важковагових вантажів та експлуатації на уповільнених швидкостях / М.О. Малаксіано, О.М. Мельник // Наукові вісті Далівського університету. – 2020. – № 18. – С. 77-85. DOI:10.33216/2222-3428-2020-18-9.

9. Мельник О.М. Організація перевізного процесу негабаритних вантажів за видами транспорту. Роль та місце морського транспорту в цьому процесі. / О.М. Мельник // Комунальне господарство міст ХНУМГ ім Бекетова. – 2020. – 1(154). – С. 231-239. DOI:10.33042/2522-1809-2020-1-154-231-239.

10. Мельник О.М. Технологічні аспекти перевезення негабаритних вантажів. Транспортно-технологічне забезпечення процесів доставки і обробки негабаритних вантажів. / О.М. Мельник // Вчені записки ТНУ ім Вернадського, 2020. – 31(70)2 – 2. – С. 168-174.

11. Мельник О.М. Аналіз поняття «негабаритні вантажі» в загальній системі класифікації вантажів. Дослідження особливостей транспортного флоту для організації процесу перевезень негабаритних вантажів / О.М. Мельник // Транспортні системи і технології. – 2020. – 35. – С. 169-181. DOI:10.32703/2617-9040-2020-35-17.

12. Мельник О.М. Modelling of changes in ship's operational condition during transportation of oversized and heavy cargo (Моделювання зміни експлуатаційного стану судна в процесі транспортування негабаритних і великовагових вантажів / С.П. Онищенко, О.М. Мельник // Technology audit and production reserves.– 2020. - № 6/2(56). – С. 66-70.

***Статті у наукових періодичних виданнях інших держав,
публікації у виданнях України, які включені до міжнародних
наукометричних баз***

13. Мельник А.Н. Критерии подбора логистической компании на этапе планирования перевозок проектных грузов / А.Н. Мельник // Научный взгляд в будущее. – 2018. – №10(1). – С. 55-59. DOI10.30888/2415-7538.2018-10-01-014.

14. Мельник А.Н. Особенности планирования перевозки проектных грузов / О.М. Мельник // Modern engineering and innovative technologies Journal. – 2018. – №4(2). – С. 59-63. DOI:10.30890/2567-5373.2018-04-02-001.

15. Мельник А.Н. Анализ рынка перевозок проектных грузов / А.Н. Мельник // Modern engineering and innovative technologies Journal. – 2019. – №8(1). – С.86-91. DOI:10.30890/2567-5273.2019-08-01-027.

16. Мельник О.М. Вплив навантаження негабаритного та великовагового вантажу на посадку та остійність судна / О.М. Мельник // The scientific heritage journal. – 2019. – №42(1). – С.42-47.

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав, які включені до міжнародних наукометричних баз даних SCOPUS

17. Melnyk O. Effectiveness assessment of non-specialized vessel acquisition and operation project, considering their suitability for oversized cargo transportation / M. Malaksiano, O.Melnyk // Transactions on Maritime Science. – 2020. – №1(9). – P. 23-34. DOI:10.7225/toms.v09.n01.002.

Опубліковані праці апробаційного характеру

Публікації за матеріалами конференцій

18. Мельник О.М. Анализ особенностей перевозки проектных грузов. / О.М. Мельник // Транспортні технології (інфраструктура, судноплавство, перевози, автоматизація), 16-17 листопада 2017 року, НУ ОМА, Одеса. Матеріали наук-техн. конференції, Одеса. – 2018. – С. 232-234.

19. Мельник О.М. Особенности планирования перевозок проектных грузов. / О.М. Мельник // Научно-техническая революция XXI века – 2018.

Международ. науч. - практ. интернет - конференция www.sworld.education, 12-13 июня 2018 г.

20. Мельник О.М. Критерии подбора логистической компании на этапе планирования перевозки проектных грузов / О.М. Мельник // Интеллектуальный потенциал XXI века. Международ. науч. интернет-конференция, www.sworld.education, 26-27 июня 2018 г.

21. Мельник О.М. Виды транспортных перевозок проектных грузов и критерии их отличия. / О.М. Мельник // Майбутнє людства в результатах сьгоднішніх наукових досліджень – 2018. Міжн. наук.-практ. інтернет-конференція, 13-14 листопада 2018 року. – Сб. тез. – Одеса. – 2018. – С. 31-33.

22. Мельник О.М. Анализ рынка перевозок проектных грузов. / О.М. Мельник // Научно-техническая революция XXI века – 2019. Международ. науч.-практ. интернет-конференция, www.sworld.education, 6-7 июня 2019 г.

23. Мельник О.М. Технологічні аспекти морського перевезення негабаритних вантажів. / О.М. Мельник // Наука та інновації-2019: теорія, методологія та практика, міжн. наук. конф., 06 грудня 2019 р.: тези доп. - Запоріжжя, 2019. - №3. – С. 26-29. EOI10.11232/2019.12.06.v3.

24. Мельник О.М. Особливості перевезення негабаритних вантажів морським транспортом. / О.М. Мельник // The results of scientific mind's development: 2019. Міжн. наук.-практ. конференція, 22 грудня 2019 р.: тези доп. – Сеул. – 2019. - №1. – С. 90-94. DOI10.36074/22.12.2019.v1.29.

25. Melnyk O. Modes of transport in delivery process of oversized cargo / O. Melnyk // Les tendances actuelles de la mondialisation de la science mondiale. Міжн. наук.-практ. конференція, 03 квітня 2020 р.: тези доп. – Монако. – 2020. – №1. – С.85-87. DOI10.36074/03.04.2020.v1.28.

26. Мельник О.М. Вдосконалення методу вантажопереробки негабаритних вантажів з урахуванням маси вантажу / О.М. Мельник, О.В. Акімова. // Theoretical and empirical scientific research: concept and trends. Міжн. наук.-практ. конференція, 24 липня 2020 р.: тези доп. – Оксфорд. – 2020. – №2. – С.31-34. DOI10.36074/24.07.2020.v2.10.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1 УЧАСТЬ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ У СИСТЕМІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕГАБАРИТНИХ І ВЕЛИКОВАГОВИХ ВАНТАЖІВ.....	23
1.1 Характеристика сучасного стану міжнародних морських перевезень негабаритних і великовагових вантажів	23
1.2 Дослідження транспортних характеристик негабаритних і великовагових вантажів	38
1.3 Особливості організації процесу транспортування негабаритних і великовагових вантажів за допомогою суміжних видів транспорту.....	47
1.4 Експлуатація транспортних суден при організації процесу транспортування негабаритних і великовагових вантажів.....	56
Висновки до першого розділу.....	67
РОЗДІЛ 2 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НЕСПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ НЕГАБАРИТНИХ І ВЕЛИКОВАГОВИХ ВАНТАЖІВ.....	69
2.1 Транспортно-технологічні процеси доставки і обробки негабаритних і великовагових вантажів.....	69
2.2 Формалізація технологічних процесів транспортування негабаритних і великовагових вантажів на неспеціалізованих судах.....	79
2.3 Контроль забезпечення безпеки процесу транспортування негабаритних і великовагових вантажів.....	97
2.4 Оцінка можливого негативного впливу системи факторів на експлуатаційний стан судна при транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів.....	113
2.5 Моделювання зміни експлуатаційного стану судна в процесі транспортування негабаритних і великовагових вантажів.....	124
Висновки до другого розділу.....	135
РОЗДІЛ 3 ЗАСОБИ І МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ	

ЕКСПЛУАТАЦІЇ НЕСПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ НЕГАБАРИТНИХ І ВЕЛИКОВАГОВИХ ВАНТАЖІВ.....	138
3.1 Обґрунтування вибору судна для транспортування негабаритних і великовагових вантажів на базі порівняльного аналізу техніко-експлуатаційних і вантажних характеристик	140
3.2 Метод підвищення ефективності експлуатації неспеціалізованих суден при транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів за рахунок оптимізації швидкісного режиму	154
3.3 Метод підвищення ефективності експлуатації неспеціалізованих суден при транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів з урахуванням погодних сценаріїв на ділянках маршруту переходу	167
3.4 Обґрунтування вибору судна для експлуатації на перевезеннях масових вантажів та транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів у довгостроковому періоді	174
Висновки до третього розділу.....	188
Висновки.....	190
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	193
ДОДАТКИ.....	216

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. За останні десятиріччя поряд зі збільшенням темпів зростання світової економіки, особливий розвиток отримали окремі галузі промисловості пов'язані з видобутком корисних копалин, обробним виробництвом та енергетикою. Оптимізація та удосконалення виробничих ліній та процесів, модернізація, реконструкція і ремонт промислових об'єктів, капітальне будівництво об'єктів виробничого і невиробничого призначення на підприємствах та впровадження новітніх технологій неможливо без використання спеціального обладнання, устаткування, машин та механізмів, що складають негабаритні та великовагові вантажі (НВВ). У зв'язку з цим, особливої актуальності набули питання в області міжнародних морських транспортувань НВВ, що мають істотну відмінність за своїми фізичними властивостями від основної маси вантажів, що транспортуються. Морський транспорт відіграє важливу роль у обсягах провізної роботи різноманітних вантажів, на нього припадає 62% світового вантажообігу, він обслуговує близько 4/5 всієї міжнародної торгівлі та насамперед долає географічні перешкоди між виробником і споживачем товарів і послуг. Сучасні багатоцільові спеціалізовані судна, які мають відповідні вантажні засоби, достатню міцність вантажних палуб та технічну здатність перевозити вантажі великих розмірів і надважкої ваги, водночас відрізняються високими тарифними ставками та обмеженнями, зумовленими лінійними умовами використання цих суден. У таких обставинах цілком оправданим, з точки зору економічної ефективності, може бути експлуатація неспеціалізованих суден, таких як балкери і суховантажі.

Розгляду теоретичних і методологічних основ в області експлуатації рухомого складу, оптимального використання транспортних засобів, удосконалення організації та технологій, а також розвитку технічних і технологічних схем при організації процесу транспортування НВВ на різних видах транспорту. присвятили свої праці такі вчені, як: В.К. Козирев, В.А.

Поздняков, Л.А. Чернишова, Т.К. Аміров, Д. Бенсон, Д. Уайтхед, Н.А. Троїцька, А.А. Смахов, А.Д. Малов, А.М. Островський, Д.І. Данилов, В.В. Білецький, О.Д. Бунін, В.В. Козляков, А.Н. Матовніков, Р.Х. Имамєтдінов [3-5,9,10,34,38,39].

Питання удосконалення організації і управління процесами морських перевезень вантажів а також функціонування засобів транспорту в різних умовах експлуатації були відображені в наукових працях вчених: О.Г. Шибасєва, О.В. Кириллової, С.П. Оніщенко, О.І. Лапкіна, І.О. Лапкіної, М.О. Малаксіано, О.В. Акімової, Ю.О. Коскіної, Н.В. Судник, О.Д. Вишневської [57,60,61,73,103,108,112,116,117,126-129,135,137,138,191,200].

Проте необхідно зауважити, що результати проведених досліджень відображають не повною мірою специфіку експлуатації засобів морського транспорту та надають інструменти для забезпечення її безпеки та ефективності. Тому необхідними є розробки теоретичних засад, моделей та методів ефективної експлуатації неспеціалізованих суден при транспортуванні НВВ та безпеки їх функціонування в різних умовах експлуатації.

Зв'язок наукової роботи з науковими програмами, планами, темами.

Наукове дослідження виконувалося відповідно до національних та міжнародних положень: Розпорядження КМУ №430-р від 30.05.2018 р. «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року»; статті 3 Закону України №2519-VI від 09.09.2010 р. «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки»; Указу Президента України №5/2015 від 12.01.2015 р. Про Стратегію сталого розвитку «Україна-2020»; Постанови КМУ №942 від 06.09.2016 р. «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року»; Постанови КМУ №1307 від 07.10.2009 р. «Про затвердження Морської доктрини України на період до 2035 року»; Розпорядження КМУ №548-р від 25.04.2019 р. «Про затвердження Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року»; Наказу Міністерства інфраструктури України №403 від 16.06.2020 р. «Про затвердження Змін до Стратегічного плану розвитку на період до 2020

року державного підприємства «Адміністрація морських портів України».

Дисертаційна робота підготована на кафедрі «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень» Одеського національного морського університету відповідно до плану наукових досліджень кафедри та темами: «Організація та управління роботою пасажирського та вантажного флотів на міжнародному ринку транспортних послуг (номер держреєстрації 0109U003246), «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на міжнародному ринку транспортних послуг в умовах глобалізації міжнародного судноплавства» (номер держреєстрації 0112U001850), «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства» (номер держреєстрації 0115U003601), «Проблеми розвитку морського транспорту і туризму» (номер держреєстрації 0118U004692).

Мета і завдання дослідження. *Метою дисертації є підвищення ефективності та забезпечення безпеки експлуатації неспеціалізованих суден при транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів на базі розробки та впровадження відповідних теоретичних засад.*

Для досягнення мети в роботі поставлено та вирішено такі *завдання*:

1. Встановити участь, специфіку та основні практичні проблеми використання морського транспорту в системі міжнародних перевезень НВВ.
2. Розробити метод поетапного забезпечення безпеки процесу експлуатації судна під час вантажних операцій з НВВ з урахуванням їх масогабаритних параметрів та способу розміщення і кріплення.
3. Розробити засоби прогнозування та корегування експлуатаційного стану судна у процесі транспортування НВВ.
4. Розробити метод підвищення ефективності експлуатації неспеціалізованих суден при транспортуванні НВВ на базі оптимального швидкісного режиму з врахуванням навігаційних умов і погодних сценаріїв на маршруті переходу.

5. Розробити метод обґрунтування вибору судна для експлуатації на перевезеннях масових вантажів та транспортуванні НВВ, з урахуванням визначення діапазону оптимальних швидкостей.

Об'єктом дослідження є експлуатація неспеціалізованих суден при транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів.

Предметом дослідження є засоби і методи підвищення ефективності експлуатації неспеціалізованих суден.

Методи дослідження. Дослідження проведено у відповідності до принципів системної методології, методів аналізу та синтезу, загальної теорії систем. Основними методами дослідження є принципи і загальнонаукові методи: узагальнення і комплексний, логічного і ситуаційного аналізу. Для вирішення завдань застосовувалися методи експертних оцінок, функціонального аналізу, теорії ймовірності, багатокритеріальної оптимізації, статистики, теорії марківських процесів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у формуванні теоретичного базису у вигляді методів та засобів, науково-практичних рекомендацій щодо ефективної та безпечної експлуатації неспеціалізованих суден при транспортування негабаритних і великовагових вантажів, а саме:

вперше:

- розроблено метод ймовірнісної оцінки ланцюгового впливу негативних подій на безпечну експлуатацію судна з урахуванням їх декомпозиції за періодом експлуатації (вантажні операції, перевезення), що дозволяє з урахуванням специфіки вантажу, портового терміналу, навігаційних та гідрометеорологічних умов на маршруті переходу та стану судна на момент початку рейсу, зробити висновок щодо безпеки судна під час експлуатації у даному рейсі;

- розроблено імітаційну модель, яка формалізує зміни у експлуатаційному стані судна, як марківський процес прийняття рішень, що дозволяє прогнозувати стан судна та корегувати його на базі встановленого комплексу протидій, негативним подіям під час рейсу;

- розроблено метод обґрунтування вибору неспеціалізованого судна для транспортування негабаритних і великовагових вантажів, використовуючи аналіз показників ефективності та експлуатації суден у діапазоні оптимальних швидкостей;

Удосконалено та набуло подальшого розвитку:

- метод підвищення ефективності експлуатації неспеціалізованих суден при транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів на базі оптимізації швидкісного режиму з урахуванням особливостей ділянок маршруту переходу судна та множини сценаріїв погодних та навігаційних умов рейсу, що у комплексі забезпечують закономірність результатів реальним умовам експлуатації суден на відміну від існуючих підходів;

- метод забезпечення безпеки експлуатації судна за рахунок визначення складу та послідовності технологічних операцій з завантаження, розміщення та закріплення негабаритних і великовагових вантажів що дозволяє поглибити теоретичну базу в частині безпеки перевезень з урахуванням специфіки вантажів та неспеціалізованих суден;

- метод вибору технологічних засобів обробки негабаритних і великовагових вантажів з урахуванням наявності суднових або берегових вантажних пристроїв та їх використання відповідно до маси вантажного місця, що розвиває теоретичну базу формування технологічних процесів обробки суден у портах в частині поєднання особливостей неспеціалізованих суден та негабаритних і великовагових вантажів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що теоретичні та методичні положення дисертаційної роботи представлено на рівні конкретних методик та практичних рекомендацій щодо забезпечення безпеки та ефективної експлуатації неспеціалізованих суден при транспортуванні НВВ.

Запропоновані в дисертації результати дозволяють *отримати на практиці:*

- можливість прийняття обґрунтованих рішень на етапі планування транспортування НВВ та мінімізацію факторів негативного впливу на безпеку експлуатації неспеціалізованих суден, шляхом врахування специфіки вантажних

операцій та безпосередньо при транспортуванні таких вантажів у різних погодних умовах;

- підвищення ефективності експлуатації суден при транспортуванні НВВ завдяки оптимізації швидкісного режиму суден на різних ділянках маршруту з урахуванням транспортних властивостей НВВ і прив'язкою до специфіки погодних умов та обмежень, пов'язаних з особливостями ділянок у процесі транспортування;

- обґрунтування вибору неспеціалізованих суден для транспортувань НВВ у довгостроковому терміні на основі порівняльного аналізу техніко-експлуатаційних і вантажних характеристик та економічних показників судна за рахунок визначення оптимального швидкісного режиму.

- визначення комплексу умов забезпечення безпечної обробки судна у портах, способів розміщення та закріплення НВВ на неспеціалізованих судах.

Матеріали дисертаційної роботи прийняті до використання та пройшли експериментальну перевірку у компаніях:

- China Marine Surveyors and Consultants company, Shanghai;
- ООО «Lema Cargo Service, Ukraine»;
- ТОВ «Чорноморський рибний порт» Контейнерний термінал;
- China Marine Shipping Agency Liaoning Co., Ltd.

Результати дисертаційного дослідження, у тому числі, використовуються в навчальному процесі Одеського національного морського університету МОН України при підготовці навчально-методичних матеріалів з дисциплін: «Технологія морських перевезень», «Експлуатація спеціалізованих суден» для студентів спеціальностей 271 – Річковий та морський транспорт, 275 – Транспортні технології.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням, у якому викладено авторський підхід до розроблення теоретичних та методичних положень щодо підвищення ефективності експлуатації неспеціалізованих суден при транспортуванні НВВ. З наукових

публікацій, виданих у співавторстві, у роботі використані лише ті положення, які становлять індивідуальний внесок автора, про що зазначено в переліку публікацій, вказаних в авторефераті.

Апробація результатів дослідження. Матеріали дисертаційного дослідження апробовано у програмах розвитку, методичних розробленнях, рекомендаціях і пропозиціях, викладено у статтях, впроваджено у навчальний процес. Основні наукові, теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на міжнародних і вітчизняних науково-практичних конференціях.

Публікації. За результатами дослідження опубліковано 26 наукових праць, у тому числі 1 монографію, 11 статей у наукових фахових виданнях рекомендованих Міністерством освіти і науки України, 5 статей які індексуються в міжнародних наукометричних базах даних Index Copernicus, Google Scholar, з яких 1 публікація у виданні, яке включено до міжнародних наукометричних баз даних SCOPUS, 9 публікацій за матеріалами конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (200 найменувань на 23 сторінках) та 5 додатків (на 5 сторінках). Обсяг основного тексту дисертаційної роботи становить 172 сторінки, на яких представлено 81 рисунок та 31 таблиця;

Вступ

Глобальні зміни у світовій економіці останніх десятиліть, викликали попит на великі інфраструктурні проекти в світовому масштабі. Такі проекти, отримали свій розвиток в галузях промисловості, зайнятих розробками в області нафтогазодобування, проектуванні і будівництві заводів для хімічної і нафтохімічної промисловості, вітрогенераторних електростанцій, гірничодобувних платформ. Все це зумовило факт виникнення і збільшення обсягів промислового будівництва та зростання кількості будівельних майданчиків по всьому світу. Такі явища відкрили нову епоху переміщення масивних і великогабаритних вантажів у міжнародних транспортних системах. Економічне зростання країн що розвиваються, країн з перехідною економікою і модернізація інфраструктури в розвинених економічних країнах, пояснює факт застосування та розвитку спеціалізованих проектів у провідних галузях промисловості цих країн.

Розроблення проектів транспортування негабаритних і великовагових вантажів (НВВ) отримало розвиток з середини-кінця ХХ століття і планувалось за кілька років до початку перевезення. Це було викликано недостатніми технічними можливостями транспортного обладнання і техніки того часу тому більшість наукових праць з даного питання присвячено розвитку технічних та технологічних схем при організації процесу транспортування НВВ на різних видах транспорту. Так, наприклад, роботи С.А. Позднякова, Л.А. Чернишової, Т.К. Амірова [3,4,5] присвячені детальному вивченню різних технологічних схем доставки негабаритних вантажів автомобільним транспортом, однак відсутні вимоги до перевезення засобами водного транспорту. У роботах Р.Е. Писаревського, О.П. Гуджояна, Н.А. Троїцької, [6,7] основний акцент робиться не тільки на пристосованість залізничного транспорту до процесу транспортування НВВ, але і розкриті технічні і технологічні прийоми перевезень вантажів, наведено порівняльний аналіз перевезень вантажів різними видами

транспорту, однак при цьому ще потребують додаткових досліджень судна для яких НВВ не є властивими. Окреме місце відведено питанням організації транспортування НВВ у роботах як зарубіжних авторів як Д. Бенсон, Д. Уайтхед, [8,12] так і вітчизняних – А. А. Смєхов, А. Д. Малов, А. М. Островський, Д. І. Данилов, В. О. Білецький [9,10], де викладено теоретичні основи та методи транспортувань без урахування технічних особливостей морських суден.

Питання організації транспортувань НВВ за допомогою неспеціалізованих суден були відображені в роботах провідних вчених починаючи 1970-ті, коли під керівництвом проф В. В. Козлякова, колектив вчених ОІМФ (Одеського інституту інженерів морського флоту) на замовлення ЧМП (Чорноморського морського пароплавства) виконав серію науково-дослідних робіт, присвячених аспектам підвищення надійності і безпеки експлуатації корпусів сучасних суден зокрема при транспортуванні НВВ на палубі суден-балкерів. Було також досліджено методи вдосконалення питань організації транспортного процесу та експлуатації флоту у роботах [57,108,112,116,127,153].

Транспортування НВВ вимагає ретельного транспортного планування. Для подібних вантажів характерна відсутність стандартизації, тому транспортування негабариту – робота індивідуального характеру, організована спеціально під кожний тип вантажу. Негабаритні елементи вантажного місця неможливо відокремити або від'єднати на різні складові частини і деталі. Тому такі вантажі необхідно транспортувати як одне ціле з одного географічного пункту в інший, а потім таким же чином підіймати, переміщувати та встановлювати на місце. Типовими елементами великовагового, негабаритного або довгомірного вантажу є генератори, турбіни, реактори, котли, вежі, сферичні танки, трансформатори, преси, локомотиви, судна, супутники, військова техніка, а також частини нафтових вишок і виробничих платформ. Вага цих вантажних одиниць може досягати 1000 тон, а ширина і висота можуть перевищувати 50 метрів.

У сучасний процес транспортування НВВ активно залучені усі види транспорту: автомобільний, залізничний повітряний і морський та річковий, тому

нормальною практикою є, що негабаритний вантаж вимагає використання декількох видів транспорту. Транспортні засоби водного транспорту - це морські судна, платформи, плавкрани і річкові баржі з посиленою вантажний палубою. Спеціальні великовантажні автотрейлери і причіпні трали з великими навантажувальними площами, здійснюють транспортування автотранспортом. Авіап перевезення представлені спеціальними великогабаритними літаками, які здатні перевозити до 250 тон вантажу. Це основний але далеко не повний перелік засобів транспорту, задіяних у процесах транспортування НВВ.

Зважаючи на те, що аспекти організації перевезень НВВ для авіаційного транспорту відображені в наукових роботах А. Н. Матовнікова, [39] де запропонована розроблення методики моделювання вантажно-розвантажувальних процесів, а також впроваджено вантажно-розвантажувальний комплекс для унікальних НВВ для авіап перевезень, питання організації перевезень великогабаритних і важковагових вантажів на залізничному транспорті, проблеми що виникають при перевезенні таких вантажів і шляхи їх вирішення в роботах Р. Х. Имамєтдінова, [38] то враховуючи використання сучасного підходу до організації перевезень в інтермодальному і змішаному сегменті з участю засобів морського транспорту, виникла необхідність дослідити сучасний стан, обсяги та стратегії розвитку перевезень НВВ за допомогою морського транспорту, вдосконалити засоби і методи забезпечення транспортних і вантажно-розвантажувальних робіт, провести аналіз техніко-технологічних особливостей експлуатації суден при транспортуванні НВВ, розробити засоби і методи забезпечення безпеки і підвищення ефективності експлуатації за допомогою неспеціалізованих суден, що є актуальним завданням. При цьому науковий напрям в області функціонування суден в різних умовах експлуатації та перевезення невластивих вантажів залишається вкрай актуальним та потребує подальших наукових досліджень.

РОЗДІЛ 1

УЧАСТЬ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ У СИСТЕМІ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕГАБАРИТНИХ І ВЕЛИКОВАГОВИХ ВАНТАЖІВ

1.1 Характеристика сучасного стану міжнародних морських перевезень негабаритних і великовагових вантажів

Стратегії економічного розвитку багатьох розвинутих країн приділяють достатньо уваги розвитку інфраструктури та інвестиціям асоційованим з великими капітальними проектами, будь то будівництво, ремонт або модернізація. Невід'ємною частиною таких заходів є транспортування безлічі вантажів та товарів, необхідних для функціонування таких проектів. Залучені до таких проектів процеси потребують використання виробничого та технологічного обладнання що складається з високотехнологічних агрегатів, вузлів і механізмів. Пошук такого обладнання та устаткування досить складний процес і може бути глобальним, а час від виробництва, закупівлі, транспортування та до отримання може займати місяці або навіть роки. Специфічні умови доставки та перевезення такого обладнання теж не передбачають розбирання, демонтажу, або роз'єднання на складові частини, блоки, модулі через високу вартість і унікальність виробництва. Ґрунтуючись на цільовому призначенні таких вантажів, і враховуючі їх транспортні характеристики та особливості перевезення, останнім часом в міжнародній практиці також набув поширення термін «проектні вантажі», [1] який об'єднує під цим поняттям вантажі для транспортування яких потрібно розробляти окремий проект. Партії такого вантажу, як правило, складаються з негабаритних (великогабаритних), великовагових, довгомірних місць, та представляють собою технологічно складні одиниці спеціального обладнання та матеріалів призначених для віддаленої збірки, монтажу та конструювання в процесі будівництва різного роду проектів [23].

Глобальний ринок перевезень негабаритних і великовагових вантажів (НВВ) становив близько 233 мільярдів доларів у 2018 році, і, за прогнозами, він виросте за середньорічним темпом зростання (CAGR-Compound Annual Growth Rate) на понад 5% та перевищить 318 мільярдів доларів до 2024 року завдяки збільшенню торгівлі та обсягу морських перевезень [24].

Кожен рік вантажовласники оплачують судновласникам у вигляді фрахту за перевезення вантажів в міжнародних морських сполученнях 105-110 млрд дол., що становить близько 7% вартості світового експорту. Щорічно на морських торговельних шляхах перевозиться не менш ніж 9 мільярдів тон вантажів, що становить 80% від усього світового вантажопотоку. Всі морські вантажі перевалюються у 2200 портах світу, при цьому на першу десятку портів припадає понад 40% всього світового вантажопотоку [2]. Процес транспортування НВВ за допомогою морського транспорту, єдиний варіант трансконтинентального сполучення для провідних країн, таких як Сполучені Штати де на частку припадає 90% морських перевезень, а для Японії і Великобританії ще більше - 98% (табл. 1.1) [37].

Таблиця 1.1 - Значення морських перевезень в світових торгових операціях на початок 2020 року

Держава	Забезпечення перевезень вантажів	Імпорт	Експорт
Великобританія	98%	69%	38%
Японія	97%	90%	86%
США	90%	80%	77,9%
Індонезія	80,9%	68%	35%
Китай	79,5%	69%	65%
Австралія	78,5%	85%	66%

Цілком передбачуване перше місце в світовому експорті товарів, займає КНР. Хоча за рівнем розвиненості економіки Китай і займає позицію срібного призера світового масштабу але з експорту ця держава впевнено лідирує.

Основними партнерами Китаю є Японія, США, Німеччина, Південна Корея і Австралія. Більшу частину в структурі експорту Китаю займає електроніка, текстиль, сталь і металопрокатні вироби а насамперед це промислове обладнання, технологічні машини і техніка. Згідно з Національним бюро статистики Китаю тільки за 2018 календарний рік сумарний обсяг експорту таких вантажів оцінювався в 383 млрд дол. збільшившись на 11.6% у порівнянні з попереднім роком і вже тільки за перше півріччя поточного 2019 року збільшився на 10.1% (табл. 1.2). Перелік галузей промисловості в яких використовуються негабаритні (проектні) вантажі досить широкий, проте за останні кілька десятиліть потреби в транспортуванні для конкретних галузей промисловості продовжують рости більш швидкими темпами [16].

Таблиця 1.2 - Обсяги імпорту і експорту проектних вантажів з Китаю (в дол. США) у річному еквіваленті згідно даних за 2019 рік

Долари США (млн)							
Год	Усього	Експорт	Імпорт	Торговий баланс	Аналогічний період минулого року $\pm\%$		
					Імпорт і експорт	Експорт	Імпорт
1982	41,606	22,321	19,285	3,036	-5.5	1.4	-12.4
1985	69,602	27,350	42,252	-14,902	30.0	4.6	54.1
1990	115,436	62,091	53,345	8,746	3.4	18.2	-9.8
1995	280,864	148,780	132,084	16,696	18.7	23.0	14.2
2000	474,297	249,203	225,094	24,109	31.5	27.8	35.8
2005	1,421,906	761,953	659,953	102,001	23.2	28.4	17.6
2010	2,974,001	1,577,754	1,396,247	181,507	34.7	31.3	38.8
2015	3,953,033	2,273,468	1,679,564	593,904	-8.0	-2.9	-14.1
2017	4,107,142	2,263,349	1,843,793	419,556	11.4	7.9	-

Очікується зростання глобальних спеціалізованих проектів для вітряної електроенергетики в Азії, Північній Америці і Європі. Будівництво заводів атомної енергетики у Китаї, Індії, Південній Америці та на Близькому Сході

також сприятиме розвитку такого роду перевезень. Збільшується попит на високотехнологічне обладнання для гірничодобувної промисловості, через зростання потреби в металопрокатних виробках. За прогнозами, до 2035 року споживання природного газу у всьому світі збільшиться майже на 50% [25]. Тому промислове освоєння значних обсягів сланцевого газу в Сполучених Штатах також є одним з найбільш перспективних чинників, які теж слід враховувати, оскільки тут також спостерігається характерний попит на НВВ що складає спеціальне обладнання.

Таблиця 1.3 - Розвиток міжнародної морської торгівлі (млн тон на рік) [28]

Рік	Танкерні вантажі*	Насипні вантажі**	Контейнерні та генеральні вантажі***	Всього вантажів
1990	1 755	988	1 265	4 008
2000	2 163	1 186	2 635	5 984
2010	2 752	2 232	3 423	8 408
2015	2 932	2 930	4 161	10 023
2018	3 194	3 210	4 601	11 005

*Сира нафта, рафіновані нафтопродукти, газ та хімікати.

**Залізна руда, зерно, вугілля, боксит / глинозем та фосфат.

***Контейнерні товари та генеральні вантажі.

Згідно табл. 1.3 частка сухих вантажів, до складу яких входять також і генеральні вантажі, має незмінне зростання щорічно впродовж останніх десятиліть більш швидкими темпами у порівнянні з ніж іншими вантажами [28].

Відповідно до попередніх оцінок ЮНКТАД, обсяг світових морських перевезень продовжує зростання починаючи з 2016 року, збільшившись на 3,4%, така сама тенденція зростання спостерігалася і в 2015 році.

Зокрема, частка масових вантажів складає 15% що порівняно з контейнерними перевезеннями і перевищує частку навалочних вантажів таких як

вугілля, руда, зерно а частка інших сухих вантажів тобто генеральних є рівною з часткою нафтопродуктів.



Рисунок 1.1 - Структура міжнародних морських перевезень [28]

Таким чином обсяг перевезень зріс більш ніж на 300 млн. тон до 9,84 млрд тон. Ця динаміка була відзначена в контексті таких факторів, як:

- уповільнення зростання в країнах що розвиваються, з ринковою економікою;
- зниження цін на нафту і введення в експлуатацію нових нафтопереробних потужностей;

- повільне і нерівномірне поживлення економіки в розвинених країнах;

Згідно з результатами дослідження за 2017 р. глобальна морська торгівля зросла на 4%, що є найшвидшим зростанням за минулі п'ять років. Загальний обсяг виробництва досяг 10,7 млрд тон, збільшивши цей показник порівняно з минулим роком на 411 млн тон, з яких майже половина припадає на суховантажі [27,28]. Обсяг суховантажів в 2017 р збільшився на 4% в порівнянні з ростом на 1,7% тільки за 2016 р і в наступні роки це зростання продовжилось досягнувши показника 4.6 млн тон в 2018 році (рис. 1.2) [29].

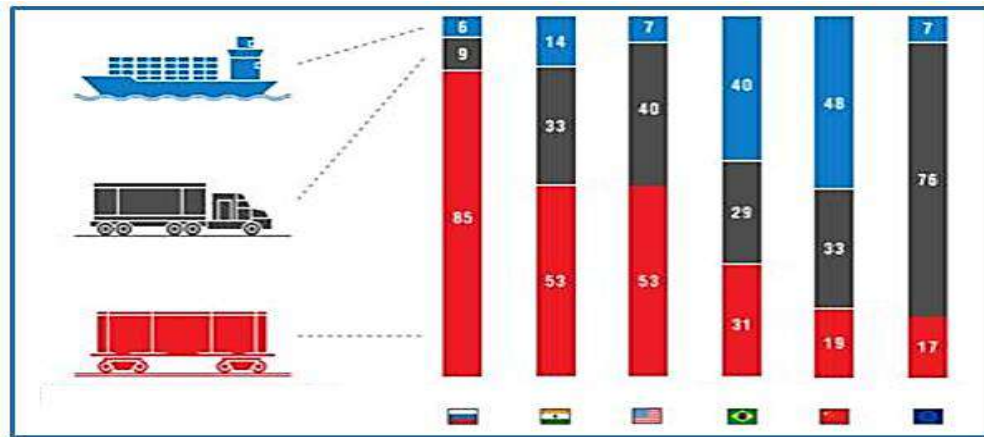


Рисунок 1.2 - Розбивка світового вантажообігу за основними видами транспорту і країнам (Т-км)

Однією з основних задач успішного функціонування процесів доставки вантажів для будівництва, модернізації та експлуатації об'єктів інфраструктури є підбір та використання оптимальних транспортних засобів. Якщо наземні види транспорту, зокрема, автомобільний, використовуються для перевезення вантажів між найближчими країнами, що особливо характерно для Європи, де відстані перевезень порівняно невеликі. У той же час залізничний транспорт відіграє важливу роль в міжнародних транспортних коридорах між країнами Європи та Азії [2].

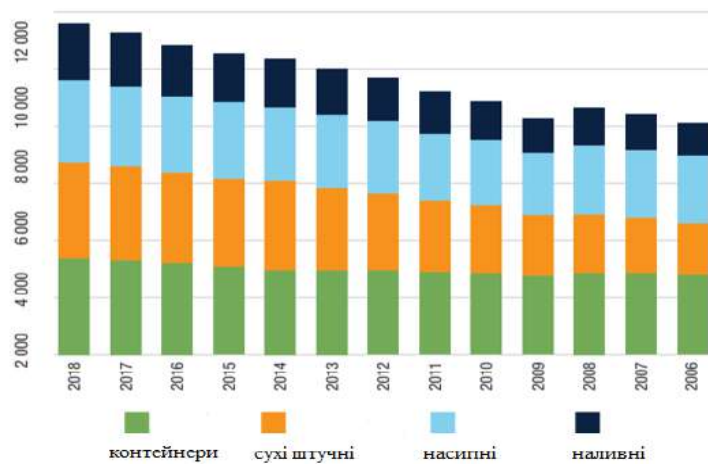


Рисунок 1.3 - Міжнародна морська торгівля, за типом вантажу, роки (завантажено млн тон, [28])

Морські транспортні сполучення, на шляху забезпечення зовнішньоекономічних зв'язків, поширюють торговельні відносини до міжконтинентальних. Провідним морським перевізником продовжує залишатися компанія Maersk, частка ринку якої становить 15%. Друге місце займає компанія «Mediterranean Shg Co», частка ринку 13%. Третє місце «СМА CGM Group» з часткою 8%, далі 10 найбільших фірм контролюють 60% світового ринку [26].

Комплекс заходів попереднього планування повинен враховувати вагу і розміри вантажу, аналіз маршруту пересування транспортного засобу, висоту ліній електропередачі, обмеження мостових споруд, які також лімітуються висотою і наднормативним навантаженням, [35,36] ширину тунелів і шляхопроводів, географічні особливості місцевості де буде виконуватися доставка НВВ та всі інші фактори що можуть впливати на процес транспортування по трасі переміщення (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 - Негабаритні і великовагові вантажі

З метою реалізації одного конкретного проекту одне, декілька або партія вантажних місць (негабаритні і великовагові вантажі з широким діапазоном як за обсягом, вагою, так і номенклатурою) можуть доставлятися з одного або з декількох відправних пунктів одночасно на протязі певного періоду часу [32,33].

Доставка таких вантажів здійснюється за допомогою декількох видів транспорту з застосуванням допоміжних кранів, морських або річкових суден, транспортів, барж тощо. Також можуть застосовуватися різні комбінації видів транспорту, як на внутрішньому ринку, так і для міжнародної торгівлі.

Варто зазначити що транспортування НВВ за допомогою автотранспорту, залізничного або авіатранспорту мають певні обмеження за масою, вони є основним об'єктом перевезень водного транспорту у теперішній час. Цьому сприяє значне збільшення кількості проектів інфраструктурного будівництва [18] в різних галузях промисловості стимулює провідні світові логістичні компанії до пошуку найбільш ефективних методів транспортування вантажів необхідних для цих проектів, оскільки з числом складних і вартісних вантажних операцій, пропорційного зростання набувають і відповідні логістичні ризики під час їх проведення. Транспортування НВВ повинно бути попередньо сплановано таким чином, щоб ще на ранній стадії, все було максимально обумовлено задовго до етапу фінансування, розробки схем доставки або пошуку джерел придбання. Промислове будівництво та реконструкція об'єктів інфраструктури являє собою складні та багатогранні процеси які напряду пов'язані з тим, наскільки своєчасно доставляються як матеріали і сировина, так і готові штучні вантажі. У цьому контексті розуміння вимог до стратегічного планування вантажоперевезень і включення певної практики в процес планування запобіжить загальним проблемам, підвищить ефективність та знизить ризики під час етапу транспортування [20].

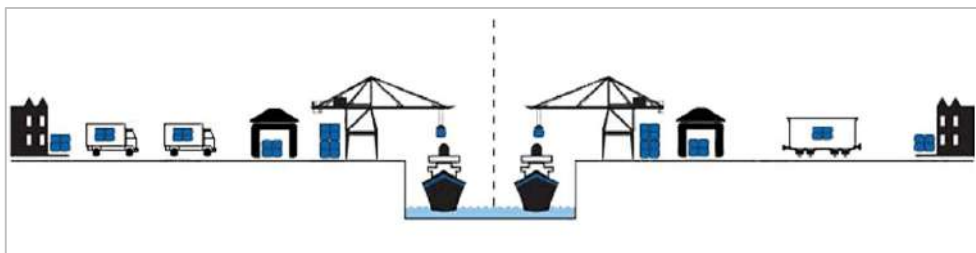


Рисунок 1.5 - Типова схема доставки НВВ у змішаному режимі

Транспортування НВВ відносяться до числа найбільш складних і трудомістких з певним рівнем відповідальності за цілісність та збереження вантажу з боку перевізника. У процесі транспортування повинні бути враховані всі найбільш важливі і значущі чинники, тому на стадії планування увага акцентується на виробленні найбільш досконалих технологічних рішень, що дозволяють оптимізувати витрати, а також здійснити поставлену задачу в стислий термін [17]. Через те що транспортування НВВ здебільшого здійснюється на міжнародному рівні, впровадження ефективної транспортної експертної оцінки перед проектуванням, організацією та будівництвом інфраструктурних проектів є запобіжником впливу негативних непередбачуваних обставин для майбутнього проекту транспортування [31].

Вартість фрахту транспортування НВВ прямо пропорційна їх масово-геометричним характеристикам. Від цього також залежить розрахунок параметрів складських зон, вибір виду наземного транспорту для перевезення, розроблення і застосування технологічних операцій та задіяння перевантажувальних комплексів для перевалки вантажу на всіх етапах ланцюга доставки: склад постачальника - залізнична станція – автотранспорт - морський порт. Транспортні процеси, до складу яких входять підйомно-транспортні операції з НВВ також потребують створення окремих специфічних техніко-технологічних рішень.

Якщо на складі відправника існують засоби для відвантаження таких вантажів в закритих складських приміщеннях, то на подальших етапах змішаного перевезення, необхідне залучення важкої вантажної техніки, подекуди важкодоступної і вартісної, такої як автокрани, плавкрани тощо. Крім того процес доставки вантажу в порт, потребує узгодження готовності судна для завантаження, з метою виключення складського зберігання через високі тарифи і можливу відсутність вільних складських зон, під довготривале зберігання і додаткову перевалку вантажу.

Окремими прикладами для розуміння специфіки організації перевезення НВВ, можуть служити практичний досвід провідних логістичних компаній, які можливо застосувати для планування процесу транспортування з огляду на способи зниження експлуатаційних витрат та мінімізації ризиків на будь-якій стадії його виконання.

Вибір типу перевезення, типу транспортного засобу та логістичних посередників, як і вибір оптимального маршруту для перевезення вантажу здійснюють спеціалізовані транспортно-логістичні компанії, що також відповідальні за оформлення різних дозволів і документів, необхідних для здійснення транспортування великогабаритних та великовагових вантажів [22].

Організація процесу перевезень НВВ неможлива без детального економічного аналізу та систематичного експертно-технічного спостереження за процесом з тим, щоб залишатися в межах заздалегідь прогнозованого бюджету і бути своєчасно завершеними відповідно до плану. При виборі стратегічних рішень, що стосуються організації процесу транспортування НВВ, необхідно враховувати такі основні фактори:

- можливості існуючих транспортно-логістичних компаній;
- технічні можливості існуючих транспортних засобів, в тому числі залізничних, водних і автомобільних, а також вантажопідіймального обладнання і механізмів;
- можливості існуючих автомобільних і залізничних доріг, водних шляхів з точки зору їх використання та реконструкції для використання в «екстремальних» умовах;
- обсяги і терміни перевезень, вимоги до якості здійснення транспортування;
- необхідність значних капітальних витрат на роботи з підготовки і здійснення таких перевезень;
- необхідності проведення великого числа узгоджень практично на всіх рівнях, включаючи державні [21].

Проект транспортування НВВ, як сукупність окремих процесів (операцій), повинен бути також максимально деталізованим, як і етап попереднього планування у повній відповідності з часом транзиту, терміном поставки та іншим вимогам [30]. Кожен етап транспортування повинен ретельно відповідати запланованому графіку, зберігаючи звітність, активний зв'язок і прозорість, на всіх стадіях виконання такої операції [19].

Стратегічне планування процесу транспортування НВВ є суттєвим етапом, детальне опрацювання якого зумовлює успіх виконання усього ланцюгу подальших операцій. Тому вивчення існуючих проблем узгоджується з напрямом дослідження, показуючи, що удосконалення наявних стратегій розвитку процесів транспортування вантажів на морському транспорті, в ключі застосування методики планування, є вирішальним кроком до початку активної фази процесу транспортування, з урахуванням особливостей та унікальності НВВ. Транспортування НВВ або проектних вантажів це тривалий процес, що реалізується шляхом комплексного підходу і умовно поділяється на наступні етапи, представлені на рис. 1.6;

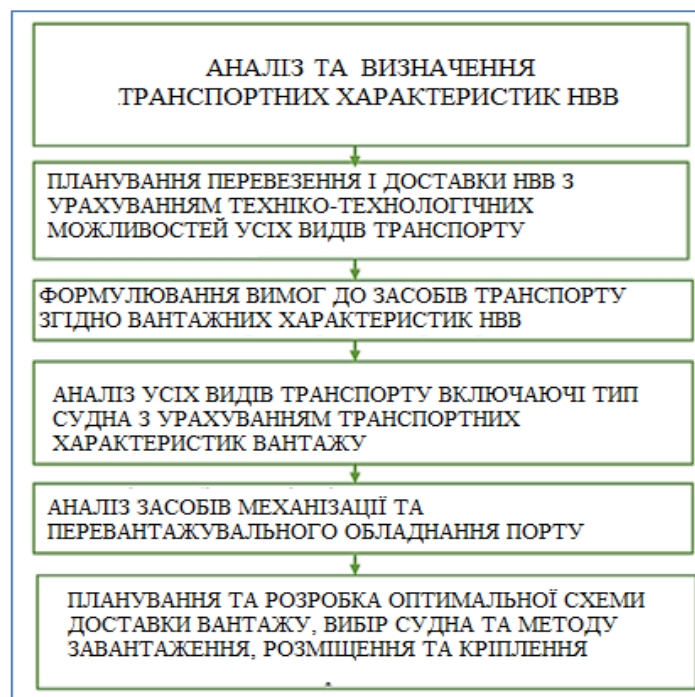


Рисунок 1.6 - Послідовність етапів транспортування НВВ

Сучасний ринок морських перевезень НВВ в Україні і динаміку його розвитку можна обумовити в два етапи. Це період до 2008 року, коли ринок переживав бурхливий розвиток і період з кінця 2015 року, коли знову намітилися тенденції до післякризового поживлення, яке спостерігається не тільки в сфері перевезень НВВ для потреб агропромислового комплексу, а й в інших галузях народного господарства. Зростання іноземних інвестицій в машинобудування, промисловість, видобувну галузь, будівництво також посприяли процесу відновлення ринку транспортних послуг України [64].

В даний час багато вітчизняних виробничих підприємств відчують гостру потребу в оновленні обладнання тому реалізація спеціалізованих проектів в різних галузях промисловості спрямована на підвищення економічної ефективності виробництва та удосконалення матеріально-технічної бази підприємства. Процеси модернізації підприємств у окремих галузях промисловості України пов'язаних з будівництвом, нафтогазодобуванням і металургійним виробництвом і потребують впровадження нових технологій, обладнання, устаткування, що привело до збільшення частки змішаних перевезень НВВ на прямих міжнародних сполученнях за участю водного транспорту. У зв'язку з цим особливої актуальності набули рішення в області організації транспортування НВВ, які розглядаються як одна з найбільш важливих послуг з перевезення, що є і найбільш прибутковою. Певний рівень складності такого транспортування потребує, в першу чергу, великої кількості узгоджень з органами державних підрозділів і транспортних служб, залучення потужної техніки і висококваліфікованих спеціалістів. Тому теоретичні і технічні умови завантаження, розміщення і транспортування НВВ, наразі мають високий ступінь актуальності. Дослідженню даного питання присвячено увагу науковців у працях [67-78].

Стосовно вітчизняного середовища, зазначено, що за останніх 7 років загальний обсяг вантажних перевезень скоротився майже на 13%, в тому числі скорочення обсягів вантажних перевезень відбулося на залізничному транспорті

на 22% та морському і річковому транспорті у 2,5 рази при одночасному збільшенні на автомобільному транспорті на 11% (станом на 2017 р.), що призвело до нового розподілу часток перевезень у транспортній галузі [65,66,79].



Рисунок 1.7 - Вантажообіг за видами транспорту за 2019 рік

Переваги водного транспорту України, складаються не тільки з вантажопідйомності, економічності та екологічної складової але й з виробничого потенціалу 16 портів та терміналів на трьох судноплавних річках з прямим сполученням до чорноморських портів, без додаткового перевантаження. Якщо на морському транспорті таких обмежень немає то на річковому встановлення мінімальної маси НВВ можливе, зважаючи на класи розподілення внутрішніх водних шляхів. Кожному наступному водному шляху відповідає менша величина навігаційного запасу глибини судна, ніж попередньому, а відтак, менша вантажопідйомність за його осадками.



Рисунок 1.8 - Внутрішні водні шляхи та річкові порти України.
(European waterways)

Технології транспортування НВВ річковими транспортними засобами великим чином залежать від навігаційної спроможності суден, тобто ресурсного судноплавного потенціалу річок та гарантованих глибин. Габарити суден також залежні від меж річкової навігацій. Через це визначальний фактор при класифікації НВВ, щодо річкового транспорту варто відносити ліміти, що має суднопластво, а не розмір суден. Серед основних факторів обмеження транспортування НВВ за масою при використанні внутрішніх водних шляхів, є габарити останніх. Втім, відмінність руху при транспортуванні НВВ, країнами Європи від України полягає в тому що такі перевезення можуть здійснюватися цілодобово, в Україні тільки в вдень.

Таблиця 1.4 - Обсяг зовнішньої торгівлі України 2018-2019 рр., млн дол. США

Найменування	2018				2019				Зміни до попереднього періоду		
	Товарообіг	Екс.	Імп.	Сальдо	Товарообіг	Екс.	Імп.	Сальдо	Тов.	Екс.	Імп.
Машини, устатк. та транспорт	8704	2266	6437	-4171	9685	2238	7448	-5210	11%	-1%	16%
Метали та вироби	6478	5143	1335	3809	6152	4710	1442	3267	-5%	-8%	8%
Продукція хімічної промисл.	5502	1040	4462	-3422	5806	1037	4769	-3731	6%	0%	7%

Обсяг зовнішньої торгівлі товарами України в січні-травні 2019 року склав 44,192 млрд доларів, що на 8% більше, ніж у січні-травні 2018 року (40,835 млрд доларів). Найбільшу частку в імпорті товарів займають машини, обладнання і транспорт - 7,448 млрд доларів, або 32,0% від загального імпорту [66].

Разом з цим Україна є провідним експортером родових вантажів та сировини, згідно даних АМП (Адміністрації морських портів) України (рис. 1.9), більше третини перевалки в січні-травні 2019 року а це більш 21,9 млн тон -

склала перевалка хлібних вантажів. У порівнянні з аналогічним періодом минулого року, цей обсяг збільшився майже на третину (+ 5,5 млн т) [82].



Рисунок 1.9 - Вантажообіг портів за 2019 р.

Варто зазначити, що при дослідженні питань транспортування НВВ в транспортних системах, дійшло висновку, що на сьогодні стан справ характеризується такими обставинами [76]:

- з'явилася безліч (не завжди кваліфікованих) організацій і приватних осіб, що пропонують і виконують послуги з транспортування НВВ;
- законодавча, нормативно-технічна та нормативно-економічна база цього виду перевезень залишається надзвичайно слабкою, суперечливою та застарілою;
- практично припинені наукові дослідження та підготовка фахівців з транспортування НВВ;
- припинені роботи зі створення нових спеціалізованих транспортних засобів, а наявні на підприємствах гранично зношені та протягом тривалого часу не замінюються;
- відсутня координація діяльності численних перевізників НВВ, низька їх інформованість, можливість одержання юридичної, фінансової, технічної, консультативної та іншої допомоги.

1.2 Дослідження транспортних характеристик негабаритних і великовагових вантажів

Переважаюча кількість вантажів, які перевозяться за допомогою морського транспорту, потребують аналізу та вивчення фізичних та інших особливостей, що кваліфікують транспортні властивості вантажу, до початку фази перевезення. Транспортні властивості визначають спосіб, режим і умови перевезення вантажу, і як наслідок технологічні способи обробки вантажу та перевезення. Стосовно НВВ, це має прямий вплив на вибір транспортного засобу та його функціоналу. Як відомо, спроби об'єднати всі погляди у визначенні загальної класифікації вантажів для всіх видів транспорту не отримали успіху, адже на кожному з них існує свій підхід до організації транспортного процесу. Характеристики вантажу зумовлюють вибір спеціалізації судна але додатково, але при цьому може виникати питання можливості експлуатації неспеціалізованих суден, якщо це практично можливо і економічно доцільно.

Дослідженню питань класифікації вантажів за різними ознаками та взаємозв'язку транспортного стану вантажу з технологією і організацією транспортного процесу, за допомогою засобів морського транспорту, присвячено увагу науковців у роботах [15,40,42,43,49,143,153,155,196-198].

Галузі промисловості та господарства які потребують сировину, устаткування, готову продукцію, та інші товари відіграють ключову роль у визначенні поняття класифікації вантажів які в свою чергу розподіляються на категорії, класи, підкласи, роду, тощо в залежності від транспортних, фізико-хімічних, об'ємно-масових характеристик.

В основі вивчення властивостей вантажів лежать вантажні класифікації. Для кожного виду транспорту вони відрізняються і багато з них носять напівемпіричний характер. Причиною цього є відмінності технологій окремих видів транспорту, а також різноманіття ситуацій, коли ці класифікації використовуються - вибір транспортних засобів, тари та упаковки, розрахунок

плати за транспортні послуги, нормування вантажно-розвантажувальних робіт, визначення спеціальних вимог до перевезення, ведення статистичного спостереження [40].

В загальній класифікації, усі види вантажів можна розділити на чотири основні категорії. Це контейнерні, генеральні, сухі (масові) та наливні вантажі. В даному аналізі (Рис. 1.10) порівнюється процентна частка кожного з цих видів вантажів в загальному обсязі вантажів, що перевозяться морем.

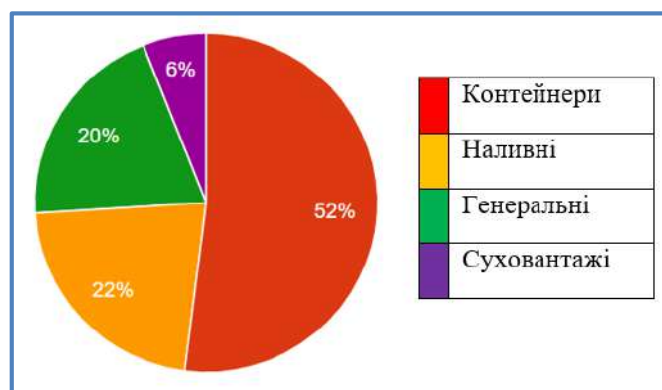


Рисунок 1.10 – Обсяг світової торгівлі за видами вантажів – 2019 р.

Частка генеральних вантажів є досить значною та має тенденцію до зростання останні роки поруч з розвитком інфраструктури і будівництвом [41].

Класифікація вантажів, як важлива складова для розробки технологічних процесів перевезення, поділяє всі вантажі на групи за загальними ознаками, визначає цільове призначення і клас, зумовлює вантажно-розвантажувальні технології, технічні особливості перевезення та тарифи.

На різних видах транспорту використовуються свої особисті принципи і способи класифікації вантажів, що перевозяться, але всі засновані на розподілі вантажів по ряду узагальнюючих ознак. Критерії за якими вантаж класифікується це вид і стан вантажу, що пред'являються до перевезення, тип його упаковки, спосіб його обробки тобто метод завантаження або розвантаження. Всі вантажі підрозділяються на три групи - штучні (тарні і безтарні), навалочні (насіпні) і наливні. Залежно від особливостей та вимог до

процесу перевезення можливо розподілити їх на дві основні групи - звичайні вантажі (що не потребують особливих умов) і специфічні (що потребують дотримання правил безпеки, дотримання температурних/вологісних режимів).

Відповідно типу, приписані умови обробки вантажів та режим складського зберігання. Відповідно до класифікатора небезпеки, виділяють 9 класів небезпечних вантажів. В залежності від режиму перевезення, вантажі підрозділяються на спеціальні і звичайні. Спеціальні вантажі - небезпечні, негабаритні (сюди ж входять великовагові) і швидкопсувні вантажі.

Вантажі, які доставляються за допомогою морського транспорту потребують впровадження відповідного режиму перевезення і умов зберігання під час перевезення. У зв'язку з цим ретельний аналіз транспортних характеристик (Рис. 1.11) та вивчення особливостей що регламентують технічні умови перевезення забезпечують запобігання пошкодженню, сприяють раціональному використанню транспорту, безпеці перевезення в цілому [42].

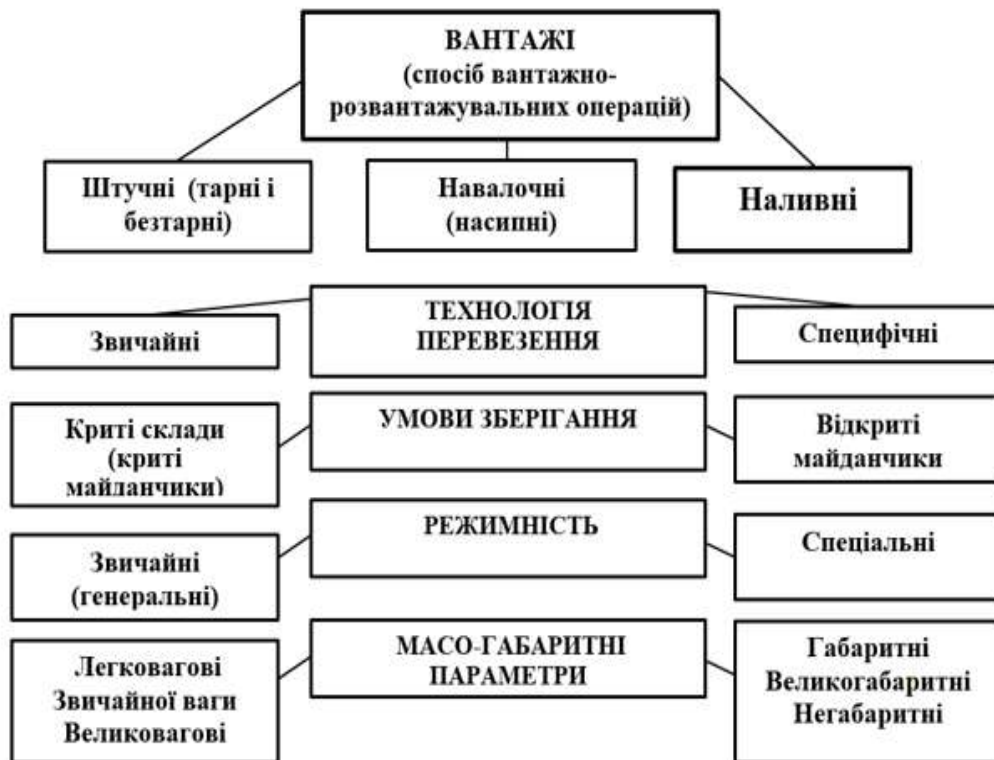


Рисунок 1.11 - Транспортна класифікація вантажів

«Вибір ознак, за якими виконується класифікація, не може бути довільним. В іншому випадку класифікація виявиться підлеглою приватним завданням, а не загальній проблемі. Тому необхідно орієнтуватися не на випадкові, а на визначальні ознаки, відповідні основній проблемі, заради якої створюється класифікація. Такою проблемою, коли мова йде про вантажі, є забезпечення їхнього збереження під час перевезення на судах морського флоту. Класифікація, таким чином, служить для розкриття закономірностей, характерних для тієї або іншої безлічі явищ або предметів» [43].

Залежно від габаритів розрізняють габаритні, великогабаритні (довгомірні), негабаритні. Залежно від маси розрізняють: легковагові, звичайні, великовагові, як зазначено на рис. 1.12;



Рисунок 1.12 - Розподіл вантажів згідно вагових характеристик

Зосередившись на трьох основних групах вантажів (рис. 1.13) для морських перевезень, для подальших досліджень необхідно виділити штучні вантажі (генеральні) що йдуть окремими місцями, в тарі (упаковці) або без неї,

які протиставляються масовим вантажів, що перевозяться у складі вантажних партій.



Рисунок 1.13 - Класифікація вантажів на водному транспорті

Штучними вантажами є металопродукція, рухома техніка (самохідна і несамохідна, на колісному або гусеничному ході), залізобетонні вироби та конструкції, контейнери, тарно-штучні вантажі, вантажі в транспортних пакетах, великогабаритні та важковагові вантажі, лісові вантажі [44]. Відповідно до їх габаритних розмірів розподіляють наступні критерії:

Габаритний вантаж - вантаж, розміри якого не перевищують габарити рухомого складу залізниць, а для автомобільного та іншого виду наземного безрейкового транспорту норм, встановлених Правилами дорожнього руху [48].

Негабаритний або великогабаритний вантаж - вантаж, що перевищує встановлений габарит завантаження транспортного засобу [45] або вантаж, розміри якого у в транспортному засобі, перевищують один з параметрів граничних габаритних розмірів рухомого складу або розрахункового вагону (вагон з довжиною рами 24 м і завдовжки бази 17 м), визначених у нормативних документах [46]. Довгомірний вантаж - це вантаж, який, будучи завантажений в транспортний засіб, виступає за задній борт більш ніж на 2 метри, а також

вантажні місця, довжина яких перевищує максимальну довжину вантажних приміщень та одиниці вантажу, що не поміщаються по довжині на одній двовісній платформі і тому перевозяться, залежно від довжини, на двох або трьох зчеплених між собою платформах або вантажі, які при розміщенні на одному вагоні виходять за межі однієї або обох кінцевих балок його рами більш ніж на 0.4 м [47,48].

Процес транспортування вантажів що мають нестандартні розміри, вагу, об'єм пов'язаний с певними ускладненнями, тому що такі вантажі неможливо перевезти стандартними способами. Для таких вантажів, доводиться створювати спеціальні транспортні засоби та розробляти спеціальні способи та особливі маршрути їх транспортування [49].

У спеціальній літературі можна зустріти декілька різних підходів до визначення поняття «негабаритні і великовагові вантажі». Відповідно до них НВВ вважається громіздке і (або) надважке вантажне місце, яке за своїми ваговими характеристиками і габаритними розмірами, а також з-за специфічних особливостей виробництва неможливо транспортувати із застосуванням контейнерних технологій, закритого транспортного засобу або стандартного виду транспорту [50].

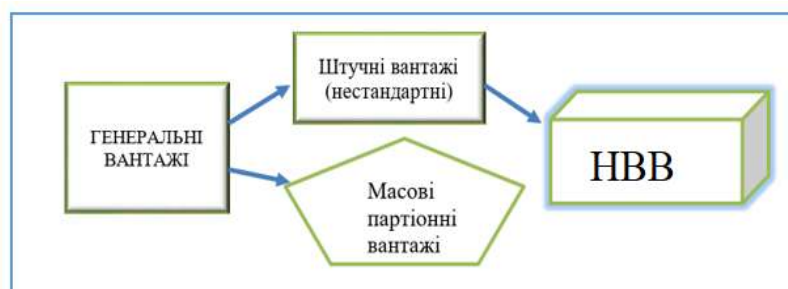


Рисунок 1.14 - Визначення підкласу НВВ [39]

Інші підходи до визначення поняття НВВ передбачають перевищення у вантажу масо-габаритних характеристик, визначених у нормативних і керівних документах для кожного виду транспорту. Еталоном служать габаритні розміри рухомого складу і його вантажопідйомність. Для всіх видів транспорту

автомобільного, морського, залізничного та авіаційного документами, що визначають організацію і порядок перевезення є інструкції, правила або кодекси з транспортування великогабаритних та важковагових вантажів.



Рисунок 1.15 – Транспортні умови перевезення НВВ

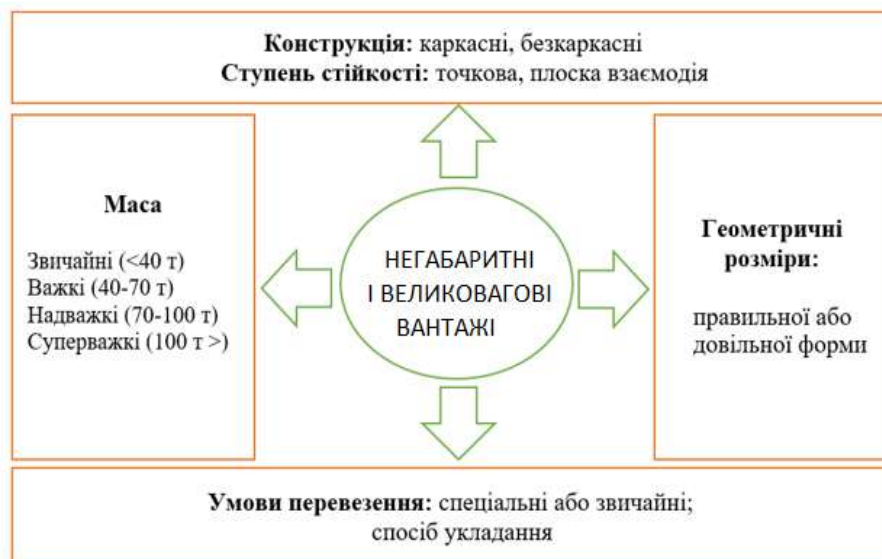


Рисунок 1.16 - Транспортні характеристики НВВ

Окрім авіаційного транспорту, [11,51] де індикатором негабаритності вантажу є тільки вага понад 80 кг, для всіх інших видів транспорту показниками,

за якими вантаж визначається як «негабаритний», є його геометричні розміри: довжина, ширина і висота, рис. 1.17;

 Повітряний транспорт	 Морський та річковий транспорт	 Автотранспорт	 Залізничний транспорт
Маса-0.08 тон Довжина - Ширина - Висота -	Маса- 35 тон Довжина-12.19м Ширина-2.43 м Висота-2.89 м	Маса-40 тон Довжина-22 м Ширина- 2.6 м Висота-4.0 м	Маса-72 тон Довжина-24 м Ширина-3.25 м Висота-4.0 м

Рисунок 1.17 - Класифікація негабаритних і великовагових вантажів за видами транспорту

Переважна частка в перевезеннях наземним транспортом належить автотранспорту, це твердження справедливе також і для заходів з доставки та переміщенню і вантажу в порту, тому ці величини вимірюються габаритними розмірами автопоїзда (рис. 1.18).



Рисунок 1.18 - Визначення параметрів НВВ на автотранспорті

Отже, якщо розміри вантажу, розміщеного на автопоїзді, перевищують по довжині 22 метрів, по ширині 2,6 метра, по висоті 4,0 метра, та масою більше 40 т то цей вантаж класифікується як «негабаритний вантаж» [52].

Транспортування НВВ з використанням авіаційного та залізничного транспорту, як правило, досить складний і дорогий процес, який вимагає виконання цілого ряду умов. Найдоступнішим і досить економним способом транспортування НВВ є автомобільні перевезення [34]. Однак, коли стоїть завдання здійснити міжконтинентальне транспортування партії НВВ на значну відстань то вирішальну роль відіграє саме морський транспорт [13,15,53].

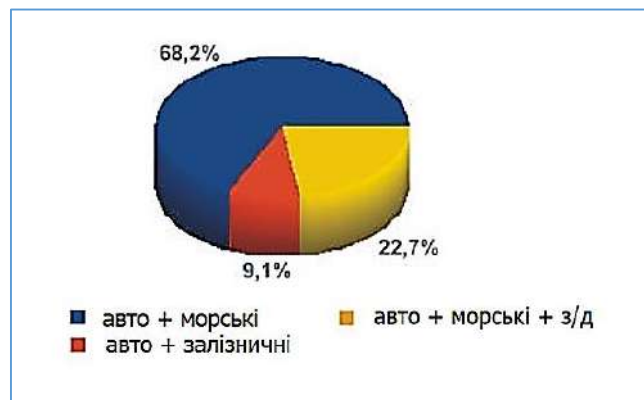


Рисунок 1.19 - Частка видів транспорту у структурі мультимодальних перевезень

Вантажоперевезення НВВ вважаються одними з найскладніших не тільки з технічних причин, а також з необхідності виконання спеціальних правил, узгодження дозвільних документів і договорів, наявності кваліфікованих фахівців [54,55].

У прямому змішаному залізнично-водному сполученні, залізничний транспорт застосовується в основному для перевалки насипних вантажів та сировини навалом (зернові, руди, вугілля) у порту або доставлення негабаритів до залізничної станції порту, в той же час автомобільно-морське транспортне

сполучення у більшості випадків використовуються для доставки НВВ до борту судна для подальшого завантаження.

1.3 Особливості організації процесу транспортування негабаритних і великовагових вантажів за допомогою суміжних видів транспорту

Характеристики і особливості кожного з основних видів транспорту, зумовлюють сферу їх раціонального використання. Розвиток географії морської торгівлі і виникнення міжконтинентальних магістральних вантажопотоків, справило значний вплив на збільшення обсягів перевезень різноманітних товарів промислового виробництва, сировини та високотехнологічного устаткування. Це в значній мірі, послужило поштовхом для реалізації конкурентних переваг морського, серед інших видів транспорту а в особливо значній мірі посприяло розвитку зовнішньоекономічних зв'язків та забезпеченню міжнародних торговельних відносин, як пріоритетних складових, що підкреслюють рівень морського транспорту та його роль у світовій економіці.

Високотехнічне і великогабаритне устаткування, з певним ступенем унікальності, складові частини та елементи обладнання, що виготовляється в зборі та не підлягає роз'єднанню на складові частини і тому пред'являється до транспортування окремими вантажними місцями, складаючи групу негабаритних (нестандартних) або проектних вантажів. Розміри таких вантажів перевищують встановлені або максимально допустимі габарити транспортного засобу (довжина, висота, ширина, вага). У таких обставинах, цілком очевидно, що один із найскладніших видів перевезень - це транспортування негабаритних і великовагових вантажів. Також справедливим буде зауважити, що це поняття має відмінності в залежності від виду транспорту, тому відрізняються і правила транспортування для залізничних, морських, авіа та автомобільних перевезень.

Переваги та недоліки процесу транспортування НВВ з використанням того чи іншого виду транспорту мають слабо виражений характер і залежать насамперед від вказання габаритних розмірів, інформації про вагу, типу вантажу, маршрутних вимог, терміну, обсягів, специфічних умов і вимог до перевезення.

Проблемам організації та здійснення морських вантажоперевезень, а також перевезень за участю двох і більше видів транспорту завжди приділялася пильна увага, про що свідчать численні праці вчених. Значний внесок у теорію і практику внесли вчені у [15,85,76,120,145-147].

Таблиця 1.5 - Граничні значення для стандартних вантажів, зазначені в правилах, що регламентують перевезення

Вид транспорту	Ширина, м	Висота від дорожнього покриття, м	Довжина, м	Вага, т
Автомобільний	2,55-2,60	4,0	20,0	Залежить від маси навантаження на одну вісь
Залізничний	3,25			60
Повітряний	Встановлюється виходячи з розмірів вантажних люків			80
Річний	2,6	2,1	3,0	1
Морський	Приймається як палубний вантаж			5

Процес розробки і планування проекту транспортування НВВ включає в себе впровадження комплексу заходів, починаючи з вивчення креслень і специфікацій негабаритних вантажних місць в проекціях до розроблення схеми кріплення вантажів на транспортному засобі - вагоні, платформі, низькорамному тралі, широкофюзеляжному літаку, на палубі або у трюмі морських транспортних суден [85]. Не менш важливим, також є необхідність затвердження розробленої схеми та отримання спеціальних дозволів в органах державної влади. Зважаючи на те, що для транспортування НВВ необхідно створювати спеціальні транспортні умови, використовувати спеціальні методи, розробляти окремі маршрути перевезення, необхідним залишається вивчення та врахування

особливостей організації процесу транспортування НВВ та експлуатацію рухомого складу основних видів транспорту.

Перевезення вантажів залізничним транспортом України за 2018 рік склали 322 млн тон, не зважаючи на те, що перевезення вантажів у внутрішньому сполученні і на експорт знизилися на 3,5% - до 267,6 млн тон, українська мережа залізниць відрізняється високою пропускнуою здатністю і залишається однією з найбільш протяжних у Європі. Міжнародні вантажоперевезення залізничними коліями, обслуговують значні обсяги експортно-імпортного товарообігу країни. Також, транзитом через Україну проходять ряд транс'європейських транспортних коридорів в усі напрямки.

На залізничному транспорті вантаж є негабаритним, якщо його розміри (включаючи упаковку і кріплення) перевищують контур основного габариту навантаження при розташуванні вантажу на вагоні (зчепі), перевищують геометричні виноси розрахункового вагона у цих кривих. Розрахунковий вагон, це вагон довжиною рами 24 м і базою 17 м. Основний габарит навантаження має найбільшу шириною 3,25 м та висотою 5,30 м. При цьому існує три зони негабаритності нижня, бокова та верхня [93].

Транспортування НВВ залізничним транспортом виявляються досить ефективним варіантом для здійснення перевезень на середні і великі відстані. Там, де близько 20 тон - це стандартний ліміт для більшості вантажних автомобілів, залізничним транспортом можна перевозити вантажі до 500 тон. При перевезенні НВВ важливим завданням є забезпечення безпечності не тільки самого вантажу, але й навколишнього середовища, рухомого складу та об'єктів інфраструктури залізничного транспорту. Транспортування негабариту залізничними коліями вимагає ретельної підготовки і врахування безлічі факторів: технічні можливості залізничних засобів, залізниць, можливості транспортних компаній, отримання всіх необхідних узгоджень [84]. Такий вид транспорту відрізняється наявністю стабільних і економічних способів доставки значних обсягів НВВ на великі відстані, за рахунок відсутності зайвих витрат.

Крім того, залізничний транспорт дозволяє здійснювати доставку в максимально стислий термін, незалежно від кліматичних умов, що також виділяє його серед інших засобів транспортування [86].

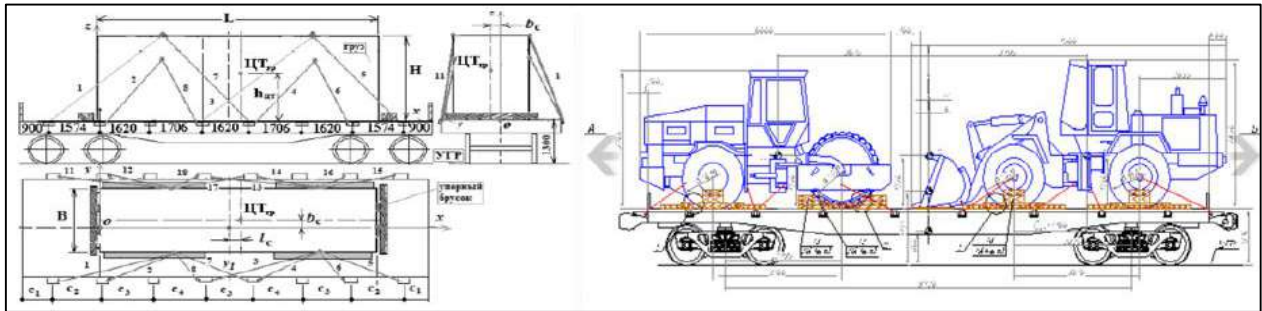


Рисунок 1.20 - Схема розміщення негабариту у вагоні

Як правило, для транспортування негабариту за допомогою залізниці вибираються спеціалізовані залізничні платформи. Вони можуть критими і відкритими. Вартість доставки даного виду вантажу різко зростає в порівнянні з тарифами на звичайні контейнерні перевезення. Регулюється перевезення і видаються дозволи організацією співпраці залізниць. У міжнародних правилах, згідно угоди про міжнародні вантажні залізничні перевезення, обумовлені всі необхідні вимоги, як до залізничних платформ, так і до самих НВВ. Узгодження маршрутів необхідно, щоб пропускна здатність тунелів і шляхів могла гарантувати безпечну доставку обладнання або товару [76]. Закріплений на платформі вантаж не повинен: перешкоджати пересуванню іншого залізничного транспорту; обмежувати кут огляду для машиніста; створювати звукові або механічні перешкоди під час руху і гальмування; порушувати стійкість рухомого складу. Платформа повинна відповідати вантажопідйомності і характеристикам завантаженого негабариту. Від правильного монтажу кріплень залежить безпека не тільки самого вантажу, але всього руху на залізничному транспорті.

Стосовно недоліків, слід зазначити обмеження руху певним маршрутом, відсутність обхідних шляхів у разі аварій, використання додаткових видів

транспорту у випадку коли кінцева станція не збігається з пунктом призначення вантажу.

Вантажоперевезення автомобільним транспортом в Україні за 2018 календарний рік збільшилися на 5,8% - до 186,7 млн т. Вантажообіг підприємств автомобільного транспорту зріс на 2% - до 42,339 млрд тонно-кілометрів [87].

Разом з цим, відсутність якісного дорожнього покриття і незначна кількість доріг безумовно стримує соціально-економічний прогрес країни. Для прикладу наявність доріг з твердим покриттям у США - 6330 тис. км, в Японії - 1100 тис. км, в Англії - 387 тис. км. Протяжність автомобільних державних доріг в Україні становить лише 169,5 тис. км, з них з твердим покриттям - 165,8 тис. км. При цьому густина доріг в Україні - 422 км / 1000 кв. км.

Для організації транспортування НВВ згідно з Міжнародними правилами автомобільних перевезень, має бути отриманий та узгоджений дозвіл на його перевезення. Як міжнародні, так і внутрішні транспортування негабариту вимагають отримання дозволів, які видаються органами, контролюючими дорожнє господарство, на автомобільних шляхах країн проходження вантажу [99]. Перед укладанням договору з перевізником, вантажовласник повинен переконатися в наявності такого дозволу, інакше існує ризик зриву термінів поставки. Великогабаритний вантаж повинен слідувати тільки тим маршрутом, який був визначений з боку виконавчих органів влади дорожнього господарства і міжнародними правилами. Великогабаритний вантаж повинен бути маркований спеціальними табличками і дорожніми знаками, які забезпечать повну безпеку руху. Рухомий склад не повинен бути перевантажений, тому необхідно дотримуватися правила навантаження на кожну з осей вантажного автомобіля або автопоїзда, відповідно до Правил дорожнього руху для даного типу перевезень [52]. За спеціальними правилами здійснюється дорожнє перевезення небезпечних вантажів, рух транспортних засобів та їх складів у разі, коли хоч один з їх габаритів перевищує за шириною 2,6 м, за висотою від поверхні дороги - 4 м (для контейнеровозів на встановлених Укравтодором і Національною

поліцією маршрутах - 4,35 м), за довжиною -22 м (для маршрутних транспортних засобів - 25 м), фактичну масу понад 40 т (для контейнеровозів - понад 44 т, на встановлених Укравтодором і Національною поліцією для них маршрутах - до 46 т), навантаження на одиночну вісь - 11 т (для автобусів, тролейбусів - 11,5 т), здвоєні осі - 16 т, строєні - 22 т (для контейнеровозів навантаження на одиночну вісь - 11 т, здвоєні осі - 18 т, строєні - 24 т) або якщо вантаж виступає за задній габарит транспортного засобу більш як на 2 м.

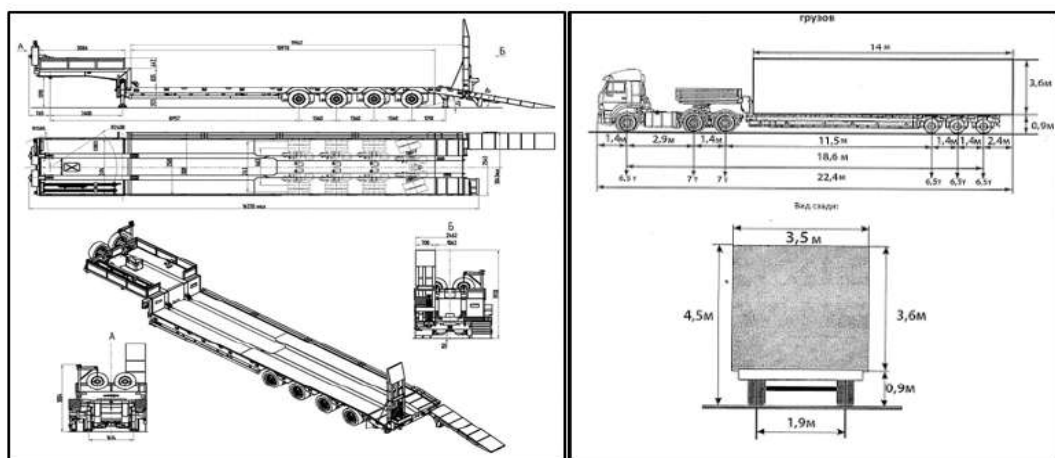


Рисунок 1.21 - Низькорамний трал для транспортування негабариту

Згідно правил дорожнього руху, при здійсненні транспортувань НВВ, повинні бути враховані наступні особливості: негабарит повинен бути закріпленій таким чином, щоб уникати негативного впливу на водія; під час руху і гальмування не повинно відбуватися порушення стійкості транспорту; вантаж не повинен заважати здійсненню руху інших транспортних засобів; заборонено розміщення негабариту, що перекриває світловідбивачі і сигнали, які подаються фарами автотранспорту; вантаж не повинен створювати звукових перешкод і порушувати дорожнє покриття [88]. Під час транспортування, водій повинен здійснювати періодичний контроль за станом вантажу та його кріплень і елементами монтажних конструкцій вантажу на автоплатформі. Якщо

виконується транспортування надважкого вантажу, то воно повинно здійснюватися в супроводі патрульного авто дорожньої поліції.

Одним з найбільш технічно доцільних, а отже, поширених способів транспортування негабаритних і великовагових вантажів є використання платформ і тралів. Трал - це вантажний транспорт-тягач з платформою замість кузова. Такі засоби ще називають «низькорамні трали», що пов'язано з невеликою висотою посадки платформи. Завдяки цій якості автотягач здатен перевозити вантажі максимальної висоти без оформлення спеціальних дозволів на транспортування негабариту, рис. 1.22;



Рисунок 1.22 - Транспортування НВВ автотранспортом

Недоліками автоперевезень НВВ перш за все є: висока собівартість транспортування (значно більше, ніж на залізничному, водному та інших видах транспорту), високий рівень забруднення навколишнього середовища, велика трудомісткість, низький рівень продуктивності праці внаслідок малої середньої вантажопідйомності автомобілів, велика металоємність і енергоємність.

Авіаційний транспорт використовує власні ознаки визначення негабаритності вантажу. Цим еталоном є габаритні розміри завантажувальних люків, вантажних кабін та відсіків неспеціалізованих (пасажирських) вантажних повітряних суден [89]. Транспортування НВВ, що перевищують зазначені габарити, може здійснюватися вантажними або спеціально обладнаними для цих цілей повітряними суднами.

Транспортування НВВ повітряними шляхами безумовно вважається дуже витратним і трудомістким процесом. Через високу вартість повітряної доставки негабаритів, цей вид перевезення поступається двом вищевказаним, але як найбільш оперативний спосіб доставки вантажів до місця призначення, має безумовний пріоритет. Регулювання та забезпечення транспортування будь-яких вантажів, у тому числі НВВ, здійснюється за міжнародними правилами ІКАО (Міжнародна організація цивільної авіації). Процесу транспортування НВВ приділяється багато уваги, що обумовлено вимогами безпеки в повітрі. Безпосередньо, перед вантажним авіаперевезенням проводиться ретельний попередній аналіз можливостей доставки такого вантажу і розроблення певних вимог до формування схеми розміщення та закріплення.

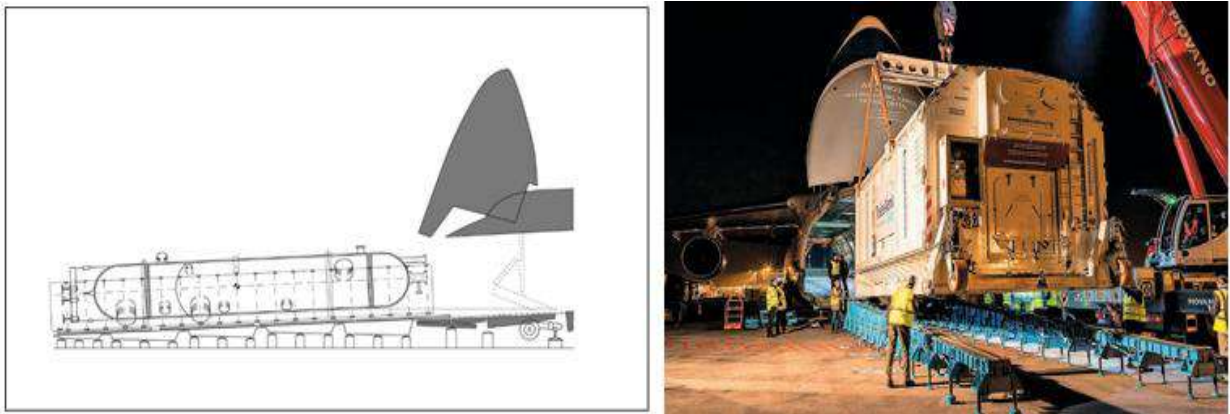


Рисунок 1.23 - Завантаження негабаритних і надважких вантажів вагою до 200 т - за допомогою завантажувального обладнання OPTG-120M та зовнішніх кранів

Розроблення таких правил, вимагає спеціальних технічних знань в області авіабудування і аеродинаміки і без допомоги відповідних фахівців, процес втілення рішень носить досить складний характер або практично не можливий. Авіаперевізник самостійно визначає всі норми навантаження і кріплення, а також необхідність замовлення чартеру (якщо вантаж займає увесь вантажний простір літака) або розміщення та перевезення поруч з іншими вантажами на борту.

Приклад завантаження негабаритних і надважких вантажів через люки вантажних відсіків (приведено на рис. 1.23 і 1.24) [92].



Рисунок 1.24 - Транспортування негабаритів за допомогою - A330 Beluga XL

Основні переваги авіаційного транспорту - швидкість, низькі страхові витрати, велика дальність і мінімальна кількість перевантажень - все це стало підвищувати регулярність вантажних рейсів. Проте, залишається ще безліч проблем, пов'язаних з транспортуваннями унікальних НВВ, більшість з яких не лежать на поверхні і їх вирішення потребує детального опрацювання [39].

Одночасно цей спосіб перевезення володіє двома досить істотними недоліками: високою вартістю і обмеженими розмірами вантажних приміщень повітряних транспортних засобів.

Використання кожного з видів транспорту для транспортування НВВ зумовлено його техніко-економічними особливостями, ступеню розвитку транспортної інфраструктури, вартості і терміну відведеному на перевезення. Тому, в окремих випадках має місце чи однозначна експлуатація конкретного виду транспорту для перевезення або застосування юнімодальних, змішаних або комбінованих інтермодальних транспортних систем. Наприклад для морських трансконтинентальних транспортувань НВВ використовується схема при якій морський транспорт застосовується як основний при залізничному або автомобільному як підвізному транспорті.

1.4 Експлуатація транспортних суден при організації процесу транспортування негабаритних і великовагових вантажів

В даний час, ланцюг постачання для сучасних інфраструктурних проектів включає в себе велику кількість виробників з багатьох країн, чимало транспортних компаній та широкий спектр сучасних технологій перевезення, систем тарифних рішень та складний набір маршрутів поставок, в тому числі будь-яку комбінацію наземного, морського, річкового, залізничного, автомобільного або повітряного транспорту. Серед основних техніко-економічних характеристик, саме вантажопідйомність відрізняє водний транспорт за показниками від сухопутного та авіаційного, адже її зазвичай вистачає на найбільші і важкі негабаритні вантажні одиниці.

Морські перевезення тісно пов'язані з міжнародною торгівлею, тож зміни або падіння ставок на фрахт, зокрема на транспортування насипних і навалочних вантажів, змушує судновласників до пошуку шляхів підвищення конкурентоспроможності суден на ринку транспортних послуг та використання суден для перевезення нетипових для його спеціалізації вантажів. Тому в деяких випадках зважаючи на особливості НВВ, такі як вага, обсяг, нестандартні габарити, рівень складності процесу завантаження і вивантаження, способи розміщення на борту, вартість вантажу та небезпечні властивості, практика застосування неспеціалізованих суден для транспортування НВВ набула широкого поширення. Це стає можливим у випадках, коли окремі місця або партії таких вантажів за своїми технічними характеристиками, можуть бути розміщені в трюмах та на палубах даних суден а засоби механізації порту і технологічне забезпечення процесу перевантаження, відповідають критеріям обробки вантажу що пред'являється до перевезення [60,61].

Для транспортування НВВ, які входять до складу генеральних або тарно-штучних вантажів, найчастіше використовуються трампова форма судноплавства де судна працюють на різноманітних напрямках в залежності від

наявності таких вантажів на ринку, де вартістю перевезення виступає фрахтова ставка. Вантажі можуть бути представлені для транспортування як окремі одиниці вантажних місць, так і у складі вантажної партії. Паралельно з цим широко використовується лінійна форма судноплавства, де судна працюють за розкладом прибуття в порти завантаження-вивантаження та відходів з них на строго певних регулярних лініях, маючи стійкі вантажопотоки при цьому вартість перевезення визначається тарифами.

Проектні вантажі [96,97], які теж відносяться до складу НВВ, це як правило спеціалізована техніка або важке устаткування особливо великих розмірів та понад 100 тон вагою. Проектним також називають неконтейнеризований вантаж, розміри якого не дозволяють розміщувати його на одиночному контейнерному модулі типу (flat rack) або одиночної платформи. Проектні негабаритні вантажі також можуть розміщуватися на кількох плоских підставах на палубі судна, після чого його відправка буде безпечною [90].

В міжнародному судноплавстві існують три основних визначення або типу НВВ, які зазвичай використовуються:

- Out of gauge (oversized cargo), негабаритний (довгомірний) вантаж або вантаж поза межами допустимих норм - це вантаж, що перевищує стандартні розміри контейнера;

- Heavy Lift Cargo (heavyweight transportation) - це важкі та надважкі нерозподільні вантажі, які через відсутність стандартизації вимагають вирішення окремих логістичних задач по перевезенню, спеціальних вантажних технологій, а також спеціальних підйомно-транспортних машин, обладнання для вантажно-розвантажувальних робіт;

- Project Cargo або проектні вантажі (рис. 1.25) термін, який визначає вантажну партію, розглянуту для транспортування, як поєднання негабаритних, великовагових, унікальних вантажів або критичних елементів обладнання.



Рисунок 1.25 - Завантаження та розміщення проектних вантажів

Зазвичай, транспортування НВВ не потребує повного завантаження всього судна або більшої частини його вантажних трюмів, тому не вимагає значного місця на борту, в такому випадку застосовують поняття морського фрахту як плати за перевезення такого вантажу. Для підтвердження наявності морського договору потрібно правильно складений коносамент. У ньому вказуються як характеристики вантажу, так і судна для його транспортування.

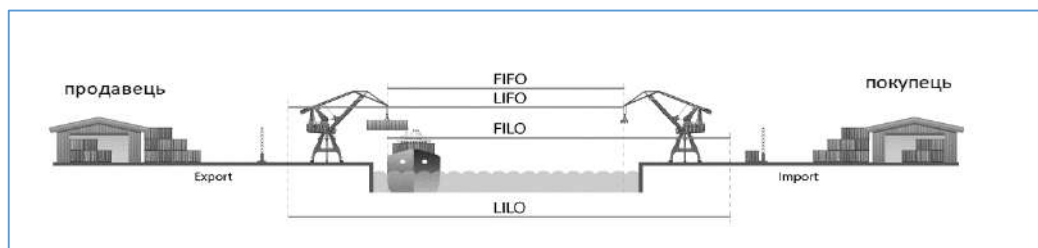


Рисунок 1.26 - Схема базисних умов поставки

Для транспортування НВВ за допомогою морського транспорту, відповідно до ІНКОТЕРМС 2010 [14] використовують умови поставки FILO (free in liner out) або інших умов - LIFO (liner in free out) проте переважно застосовуються повні лінійні умови (full liner terms) FLT або LILO [91].

Негабаритний вантаж, який підлягає перевезенню морським транспортом, завантажується на борт судна за допомогою спеціальної техніки і вантажних пристроїв та за участю відповідних фахівців портового персоналу, що мають

гарантувати безпеку і вантажу, і самого судна у процесі вантажних операцій. Вантажопідйомність кранів і ступень міцності палуб судна повинні відповідати масі негабариту. Вантаж повинен мати всі необхідні маркування та захисні чохла на небезпечних виступаючих частинах, або повинні бути захищені вразливі частини незнімного устаткування. Негабарит повинен бути розташований і закріплений на судні таким чином, щоб ні вітровий вплив ні допустимі штормові умови не могли пошкодити засобів закріплення та монтажної конструкції, або платформи на який він розташований.

Варто зазначити, що саме міжнародні морські перевезення вважаються одним з найбільш ефективних і затребуваних видів транспортування НВВ на великі відстані, зокрема на трансокеанських напрямках [98]. Підвищений попит і особлива популярність обумовлюється тим, що даний варіант перевезення не залежить від наявності доріг та залізниць. Зрозумілим є і те що маршрут прокладається по самим оптимальними схемами скорочуючи відстань і економлячи паливо, завдяки чому вартість перевезення значно зменшується. Крім того, в особливих випадках цей спосіб є єдиним засобом транспортування деяких високотехнологічних і надважких вантажів для будівництва інфраструктурних об'єктів, проектів енергетичного комплексу та хімічної промисловості.

Контейнеризація флоту [63] дозволила механізувати переробку тарно-штучних вантажів та суттєво прискорити виконання вантажних операцій, підвищити збереження вантажу завдяки зменшенню числа перевантажувальних операцій, оптимізувати процес обробки вантажів між видами транспорту та сортування а поруч з цим дозволила здійснювати перевезення нехарактерних вантажів таких як негабаритні і великовагові.

Негабаритними вантажами при морських перевезеннях вважаються вантажі геометричні розміри яких, один чи усі разом, перевищують стандартні розміри 40 - футового (Open Top) контейнера з відкритим верхом, (рис. 1.27) або контейнера-платформи (Flat-Rack) [56].



Рисунок 1.27 - Зовнішні розміри морського 40-футового (НС) контейнера

При транспортуванні НВВ у морському сполученні лінійним контейнерним сервісом, використовуються контейнери типу High Cube, Flat Rack і Open Top за участю суден-контейнеровозів, а також паромним сполученням за допомогою суден типу RO-RO. Досить поширене використання ролкерних технологій, де процес завантаження і вивантаження здійснюється без вантажопідійомних засобів за допомогою відкритих платформ, платформ-трейлерів а також спеціалізованих трейлерів з обладнанням для транспортування та перевантаження НВВ [57].



Рисунок 1.28 - Негабаритні і великовагові самохідні та несамохідні вантажі на платформах і флетреках

Для транспортування самохідних великогабаритних та великовагових вантажів використовується метод Roll On/Roll Off (заїзд/виїзд) де колісна техніка завозиться на судно і вивозиться з нього, як зображено на рис. 1.28;

Для несамохідних вантажів використовується метод ролл-трейлерів MAFI (буксирувані низькорамні причепа). Вантаж встановлюється на спеціальний майданчик (MAFI-трейлер або ролл-трейлер), кріпиться і зачочується на судно (паром) класу RO-RO і далі перевозиться як самохідний вантаж [58]. Контейнер 40' Open Top (з відкритим верхом) призначений для перевезення вантажів, які через габарити чи інші особливості, можуть бути завантажені тільки вертикально (опущені в контейнер зверху) і для НВВ, що перевищують висоту стандартного контейнера. Контейнер-платформа, 40' Flat Rack (FR) використовується для негабаритних та/або великовагових вантажів (рис. 1.29).



	Внутрішні розміри	Вага	Маса
40 ФУТ FT	мм	кг	кг
Довжина	12080	5480	25000
Ширина	2420		
Висота	2103		

	Внутрішні розміри	Розміри дверей	Вага	Обсяг	Маса
40 ФУТ	мм	мм	кг	м3	кг
Довжина	12035		3700	67,0	28800
Ширина	2350	2339			
Висота	2393	2274			

Рисунок 1.29 - Габаритні розміри 40-футового контейнера та 40-футового контейнера флетрека

Флетрек являє собою платформу (днище контейнера) стандартного розміру без даху і бічних стінок. Торцеві стінки відкидаються для зручності завантаження. Максимальна довжина вантажу для перевезення на 40' FR з

опущеними торцевими стінками може досягати 15 м залежно від маршруту перевезення і типу судна.

Окрім того, для здійснення завдань з транспортування НВВ в даний час існують сучасні багатоцільові вузькоспеціалізовані судна, обладнані потужними та функціональними вантажопідйомними пристроями, вантажністю до декількох тисяч тон та з технологією напівзанурення судна під вантажем, дозволяючи перевозити вантажі значною масою, рис 1.30;



Рисунок 1.30 - Спеціалізовані судна

Морські судна, які класифікуються за призначенням та мають типову спеціалізацію, безумовно є найкращим варіантом для транспортування НВВ, але відрізняються великою вартістю фрахту та жорсткими лінійними умовами, які вимагають доставку вантажів заздалегідь до підходу судна та зберігання на складах, організацію завантаження і розвантаження, де у підсумку сумарна вартість усіх послуг оплачується з боку відправника. Серед обмежень також висота вантажних палуб і вантажопідйомність в'їзної апарелі, проїзд по якій великогабаритних та важковагових вантажів, обмежена допустимою масою. Також головним недоліком ролкерних технологій може бути відсутність відповідного обладнання в деяких портах та на терміналах.

Що стосуються контейнеровозів, то умовами доставки НВВ є викуп всіх місць під контейнер, які займають виступаючі частини вантажу. Враховуючі безліч переваг серед яких швидкість та ефективність доставки, використання спеціалізованих суден вимагає більш значних витрат, тому тарифи лінійних умов вище фрахових ставок трампових перевезень.

Класифікація транспортних суден представлена на рис. 1.31;



Рисунок 1.31 - Класифікація транспортних суден

За радянських часів, технологію транспортування НВВ на палубі суден-балкерів було впроваджено у Чорноморському морському пароплаванні, де теплохід «Ізгутти Айтиков» одним з перших виконав рейс з вантажем труб з Японії на Іллічівськ в 1976 році. Судна цього типу брали на борт 20 - 21 тис. тон сталевих труб великого діаметру у складі палубного каравану. В 80-ті роки минулого століття, балкер «Задонськ» перевозив баржі та маломірні судна на Далекий Схід, [59] поруч з цим теплохід «Академік Бакулев» та інші судна.



Рисунок 1.32 Вантажні операції з НВВ

Транспортування НВВ зі специфічними вимогами по завантаженню, розміщуванню та закріпленню здійснюються на спеціалізованих суднах, які мають технічні характеристики та технологічні можливості, що відповідають вимогам щодо транспортування таких вантажів. Зазвичай операторами таких суден є компанії, які спеціалізуються на транспортуванні НВВ. В більшості випадків судна рухаються за заздалегідь погодженим графіком, а на перевезення одиниць об'ємної ваги діють фіксовані ставки. Але разом з тим значна частина НВВ транспортується неспеціалізованими суднами (НС). Так, на практиці дуже часто зустрічаються випадки, коли НВВ транспортуються на суховантажних суднах, балкерах або контейнеровозах. Конструкція таких суден не є оптимальною для таких перевезень. В більшості випадків для того, щоб пристосувати неспеціалізовані судна транспортування НВВ потрібні дослідження, що спрямовані на оптимізацію розміщення та кріплення вантажу, оцінку морехідних характеристик, міцності та безпеки судна. В деяких випадках може бути потрібним обґрунтування додаткових заходів, які спрямовані на укріплення конструкції судна. Але незважаючи на це, в ряді випадків застосування саме неспеціалізованих суден є більш доцільним з економічної точки зору, ніж використання спеціалізованих.

Класифікація транспортних суден з можливістю експлуатації для транспортування НВВ представлена на рис. 1.33.



Рисунок 1.33 - Класифікація суден для транспортування НВВ

Це обумовлено специфікою розподілу світової економіки та розподілом вантажопотоків. Так, країни південно-східної Азії є одними з найбільших в світі імпортерів масових вантажів, а також експортерами значних обсягів НВВ та промислового обладнання. За даними [121], тільки у 2018 календарному році об'єм експорту різноманітного обладнання з Китаю склав 664,4 млрд дол. (26,6% від загального експорту), посідаючи перше місце в групі експортних товарів за вартістю в світових поставках. Тому дуже часто операторам суден-балкерів, що прямують до Китаю або Кореї завантаженими, важко знайти вантаж в зворотному напрямку і іноді вони змушені здійснювати баластний перехід. Також в цьому регіоні розташована значна кількість суднобудівних верфей та судноремонтних заводів, які щорічно поставляють багато нових та відремонтованих суден, отже у регіоні концентрується значний обсяг вільного тоннажу. І хоча більшість з цих суден не прилаштовані для транспортування НВВ, в деяких випадках може бути економічно більш доцільним застосувати саме ці судна для транспортування НВВ, аніж здійснювати баластний перехід.



Рисунок 1.34 – Основні завдання та напрямки їх вирішення у процесі експлуатації неспеціалізованих суден при транспортуванні НВВ

Неспеціалізовані судна можуть використовуватися на практиці для транспортування НВВ, втім наукові методи оцінки ефективності таких перевезень та обґрунтування оптимального вибору типу суден залишаються розробленими недостатньо. Таким чином, одним із шляхів підвищення ефективності експлуатації НС буде збільшення провізної здатності за рахунок зменшення експлуатаційних витрат та уникнення баластних переходів. Тому дослідження, що спрямовані на розвиток судноплавних компаній та оптимізацію їх роботи, в тому числі експлуатацію суден-балкерів та суховантажів у режимі прямих та зворотних рейсів є актуальними та мають великий практичний інтерес.

Спираючись на розширення можливостей з перевезення навалювальних вантажів і технологічні інновації, суховантажні судна значно просунулися в проектуванні і експлуатації з моменту започаткування спеціалізованих навалювальних вантажоперевезень.

Технічні зміни швидкості, дедвейту, власної ваги і головних двигунів були випробувані для основних типів суховантажних суден, і тенденції, виявлені в цих розробках, показали наслідки як технічних удосконалень, так і економічних факторів. В даний момент судна балкери складають від 40% усього морського торгового флоту в світі розподіляючись як за способом завантаження так і по конструкції, типам вантажу, розмірами, районам плавання [62]. Частина з них потребує портових засобів, інша обладнана власними кранами і пристроями для вантажних операцій. Тому одним з перспективних напрямків розвитку флоту для судноплавних компаній, можуть стати проекти ефективного використання таких суден для транспортування НВВ, як альтернативних на ринку трапового тоннажу.

Для транспортування НВВ особливо за допомогою неспеціалізованих суден таких як балкери та суховантажі, доводиться створювати спеціальні транспортні засоби, розробляти нові методи завантаження, оптимізувати існуючі технологічні способи вантажних операцій, розробляти технічні методи розміщення та закріплення НВВ у якості палубних вантажів [64], розробляти

особливі режими їх транспортування а насамперед наукові методи оцінки ефективності таких перевезень. Тому дослідження оптимальних рішень щодо вибору засобів транспорту зокрема типу судна залишаються серед тих що дедалі потребують розроблення та вдосконалення.

Висновки до першого розділу

За результатами аналізу обсягів і поточного стану перевезень НВВ за допомогою водного транспорту з врахуванням особливостей і характеристик НВВ та дослідження можливостей експлуатації НС зроблені наступні висновки:

1. Аналіз сучасного стану міжнародних перевезень НВВ за допомогою водного транспорту показав, що на фоні розвитку світової економіки та збільшення промислового виробництва, яке демонструє тенденції сталого розвитку, обсяги перевезень НВВ у світовому масштабі мають щорічне зростання на 5% у починаючі з 2018 року. Для деяких країн з провідними позиціями у світовій економіці, які є основними споживачами НВВ, морський транспорт є єдиним варіантом трансконтинентального сполучення а країни-експортери як основні постачальники НВВ, демонструють стабільне щорічне зростання об'ємів замовлень.

2. Різноманітність та неоднозначність термінологічних визначень щодо НВВ для основних видів транспорту, зумовлюється особливостями провізної здатності та технічними характеристиками рухомих складів. В результаті аналізу класифікації вантажів було визначено транспортні характеристики НВВ, які дозволяють визначати відповідну технологію транспортування, методи взаємодії основних видів транспорту та специфіку експлуатації неспеціалізованих суден.

3. Досліджено та проаналізовано технологічні процеси обробки НВВ. В процесі аналізу технологій, які застосовуються для транспортування НВВ за допомогою спеціалізованих суден, виявлені переваги та недоліки їх функціонування, вивчена можливість експлуатації НС для транспортування

НВВ. Цьому в значній мірі сприяє численна кількість суден-балкерів та суховантажів, які доставляють масові вантажі та сировину в країни Далекого Сходу, а також судноремонтна та суднобудівна спроможності цих країн, що впливають на обсяги вільного тоннажу, які постійно поповнюються, формуючі пропозиції на ринку перевезень генеральних вантажів. Тому одним з перспективних напрямків для підвищення ефективності діяльності судноплавних компаній, становить використання НС для транспортування НВВ у зворотному для традиційних масових вантажів напрямку, як альтернативних для суден, призначених за цільовим використанням для транспортування НВВ.

4. Аналіз публікацій дозволив встановити комплекс невирішених питань, пов'язаних з експлуатацією неспеціалізованих суден при транспортуванні НВВ, які розглянуті у якості основних наукових завдань дисертаційного дослідження. Результати досліджень отримані в першому розділі, дозволяють поставлення та вирішення наступних завдань:

- Забезпечення безпеки експлуатації неспеціалізованих суден при транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів.
- Підвищення ефективності експлуатації неспеціалізованих суден при транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів.

Результати дослідження, викладені у розділі, опубліковано в авторських роботах [20,30-32,96,97,103-105,194].

РОЗДІЛ 2

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НЕСПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ НЕГАБАРИТНИХ І ВЕЛИКОВАГОВИХ ВАНТАЖІВ

2.1 Транспортно-технологічні процеси доставки і обробки негабаритних і великовагових вантажів

Переважає більшість зовнішньоторговельних операцій здійснюється за змішаною або комбінованою системою перевезень, тому технологічний процес перевантаження вантажів у морських портах з одного виду транспорту на інший, за прямим варіантом і через склад має принципові відмінності. Розгляд питань пов'язаних з доставкою та обробкою НВВ, завжди потребує додаткового висвітлення і є актуальним завданням.

Ефективність функціонування водного транспорту в умовах міжнародних вантажоперевезень НВВ вимагають чітко опрацьованого підходу в питаннях використання та взаємодії двох и більше видів транспорту, та вивчення нормативних документів, що регламентують морські міжнародні транспортування НВВ.

Основним нормативним документом, який регламентує правові аспекти судноплавства в Україні, є Кодекс торговельного мореплавства - всеосяжний збірник правил щодо перевезення вантажів відповідно до законодавства та регулятор відношень, які виникають в торговельному мореплавстві. Окрім цього, існує також ряд законів, що регулюють різні аспекти в міжнародному судноплавстві:

- Конвенції з охорони людського життя на морі СОЛАС-74;
- Конвенція про захист навколишнього середовища;
- Конвенція про правовий статус водних басейнів;
- Уніфіковані правила для суднових коносаментів.

Вищеозначені документи мають безпосереднє відношення до безпеки морських вантажоперевезень та зокрема транспортуванню НВВ. Вимоги по дотриманню цілісності конструкцій корпусу судна при виникненні навантажень внаслідок розміщення на ньому НВВ, пред'являються Конвенцією з охорони людського життя на морі (СОЛАС-74). Найбільший вплив на комерційну складову перевезення мають Уніфіковані правила для суднових коносаментів [141]. Гаазькі і Гаага-Візбі правила від 1924 і 1968 років відповідно, з наступними змінами отримали найбільше застосування. Потрібно також враховувати, що в кожній країні є свої нюанси застосування правил. Гаазькі і Гаага-Візбі правила є неодмінним атрибутом в сучасних суднових коносаментах і рекомендовані для включення усіма міжнародними морськими організаціями. Зони відповідальності власника вантажу (перевізника чи третьої сторони) і судновласника регламентуються в договорі фрахтування. Юридичні норми і правила накладають істотний відбиток на порядок прийнятих рішень при організації транспортування НВВ, оскільки такі операції мають підвищений фактор ризику.

З погляду на обсяг світової торгівлі, який обслуговує водний транспорт, суттєве значення відіграють міжнародні морські порти. Перевезення вантажів, в тому числі сировини та промислових товарів збільшується що року, вимагаючи підвищення рівня розвиненості та оснащеності морських портів. Зростання попиту на морські перевезення випереджає зростання пропозиції провізної здатності і тому новітні технології перевезення та обробки вантажів, можуть забезпечити ефективність в цьому питанні, об'єднуючи питання витрат, термінів і екологічних показників [27].

При організації транспортного процесу НВВ, виникає необхідність прийняття ключових стратегічних рішень щодо визначення циклу операцій по переміщенню негабаритного вантажу, вибору типу використовуваного судна, визначення портів завантаження та вивантаження та застосування відповідної

технології вантажних робіт, аналізу методів та засобів обробки вантажу та оцінку виробничих потужностей порту.

Методи вибору відповідного типу судна залежить насамперед від типу та технічних особливостей вантажу, його маси і габаритів. Відповідно до цього враховується: наявність суднових вантажних пристроїв, міцності трюмних та верхніх палуб, коефіцієнти розкриття палуби та лючності що має вирішальне значення до початку призначення портів та здійснення вантажних операцій що зумовлюють специфіку організаційних заходів, рис. 2.1;



Рисунок 2.1 - Типова схема організації процесу транспортування НВВ

Одним із важливих моментів при плануванні процесу транспортування є вибір портів завантаження вантажів. З причини того, що не всі морські судна мають змогу заходити у внутрішні водні шляхи, через обмеження прохідних глибин, проходів під мостами, обмежень адміністрацій держав щодо пропуску іноземних суден, в цьому випадку НВВ доставляються річковими суднами і баржами (які мають малу осадку та майже не мають обмежень по висоті

прийнятого вантажу), від порт-пунктів або річкових портів розташованих поруч з підприємствами до хабових портів відправлення.

Важливим елементом розроблення технології транспортування є формування транспортно-технологічної схеми обробки НВВ. «Морський і річковий транспортні процеси складаються з перевезення вантажів транспортними засобами між портами відправлення та призначення та з перевантаження вантажів в портах з одних транспортних засобів на інші, тобто з водних на сухопутні або навпаки, а також з одних водних транспортних засобів на інші. Відповідно до цього технологія морського і річкового транспортного процесу складається з двох основних складових елементів: технології перевезень і технології перевантажувальних робіт. Під технологією перевезень розуміють способи розміщення і кріплення вантажів на суднах і систему дій, що здійснюються на судні попередньо і протягом рейсу для запобігання псуванню і пошкодженню вантажів» [143].

Технологія перевантажувальних робіт має значний вплив також на величину вартості транспортування НВВ у вигляді таких факторів як габаритні розміри, вага вантажу та спосіб виконання вантажних операцій у портах відправлення та призначення. Специфіку формування транспортних тарифів на транспортування НВВ також складають наступні чинники:

- пакування вантажу та комплекс заходів з підготовки вантажу до перевезення, монтаж захисного каркасу або будівництво платформи;
- вимоги до кріплення, використання надміцних матеріалів, зварювальних робіт, сюрвейерське супроводження та нагляд за вантажними операціями;
- обсяг та рівень складності вантажно-розвантажувальних операцій;
- застосування спеціальних пристроїв або засобів, кількість такелажних точок підйому, вимоги до вантажозахватних пристроїв і пристосувань;
- вимоги до укладання, умовам перевезення (штабелювання), наявність дозволу палубного або підпалубного розміщення [143].

Також до переліку заходів з організації перевезень негабаритних і великовагових вантажів потрібно долучити вивчення комплексу заходів, що включають не тільки вибір судна, що відповідає заданим критеріям в числі яких наявність вантажних приміщень, перевантажувальних засобів, достатньої міцності суднових конструкцій, але і опрацювання транспортного ланцюга доставки вантажу до транспортного вузлу [144].

У числі заходів спрямованих на процес доставки негабаритного вантажу необхідність належного вивчення і опрацювання траси переміщення від складу виробника до транспортного вузла. Безумовно важко переоцінити роль залізничного транспорту у транспортуванні НВВ, де вантажопідйомність досягає 500 т з показниками перевалки вантажів понад 80% з тих, що транспортуються через морські порти. Але у випадках не критичної ваги вантажних місць та у порівнянні вартості транспортування між залізничним і водно-автомобільним сполученням, виявляється вигіднішим останній варіант. Додатковою опцією способу доставки може бути використання внутрішнього водного транспорту, якщо мова йде про наявність судноплавних водних артерій і можливості застосування такого варіанту, але в ряді випадків підприємство-постачальник не має безпосереднього доступу до внутрішніх водних шляхів, або довколишні річкові порти не мають перевантажувальних засобів достатньою вантажопідйомності, а габарити вантажних місць можуть лімітувати прольоти під мостами. З причин того що деякі вантажні місця можуть перевищувати за масою допустиме навантаження на залізничні мости та шляхопроводи, в якості альтернативи може виступати автомобільний транспорт [145-147].

Поряд з існуючим способом розміщення негабаритного місця на довготривалому складському майданчику перед процесом завантаження на судно, більш прийнятний прямий варіант за схемою транспорт-судно (так званий крос-докінг) [148] минаючи складування і додаткові витрати на перевалку і зберігання вантажу в порту. Складнощі прямого варіанту теж полягають в узгодженні графіків руху обох видів транспорту. Але разом з тим такий варіант

знижує витрати праці, забезпечує умови збереження вантажу, прискорює процес доставки та є більш економічним ніж складське перевантаження.

«Наявність широкого спектру вантажно-розвантажувального обладнання з різною продуктивністю, обмеження в кількості одночасно оброблюваних транспортних засобів, обмеження ємності і площі складів та ліміт часу на обробку рухомого складу породжують вибір оптимальної технологічної схеми переробки вантажів при якій будуть дотримані всі обмеження і найменші витрати на обробку матеріального потоку» [149].

На рис. 2.2 представлена схема функціонування вантажного терміналу, де представлена сукупність критеріїв для оцінки технологічних спроможностей обробки та завантаження НВВ.





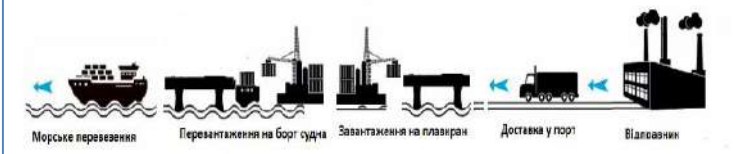


Рисунок 2.2 - Структурна схема функціонування вантажного терміналу

Тож суттєвим етапом розробки технології транспортування НВВ, є вибір оптимальної транспортно-технологічної схеми (ТТС), яка являє собою графічну послідовність типових операцій у виразі технологічних ступенів обробки вантажу. Основні чинники в процесі складання ТТС для НВВ це їх масо-габаритні параметри, вимоги до транспортування та умови перевантаження. На основі цих факторів визначається послідовність виконання операцій.

Типові приклади ТТС що враховують масу вантажу та використання вантажних засобів у залежності від цього приведені у табл. 2.1;

Таблиця 2.1 - Графічна схема послідовності етапів обробки вантажу з урахуванням маси вантажного місця

Варіант обробки вантажу	Транспортно-технологічна схема обробки вантажу
1. Технологічна схема обробки штучного НВВ масою менше 25 т за допомогою суднових вантажних пристроїв за прямим варіантом	
2. Технологічна схема обробки штучного НВВ масою менше 25 т за допомогою суднових вантажних пристроїв за варіантом склад-судно	
3. Технологічна схема обробки штучного НВВ масою від 25 т до 40 т за допомогою портових вантажних засобів. Якщо маса перевищує 40 т то застосовується парна робота кранів вантажопідйомністю до 70 т. за прямим варіантом	
4. Технологічна схема обробки штучного НВВ масою від 70 до 100 т. за допомогою самохідного піднімального крану на автомобільному (колісному) шасі	
5. Технологічна схема обробки штучного НВВ масою понад 100 т. за допомогою плавучого крану на самохідному (або несамохідному) понтоні	

Зміст транспортно-технологічного ланцюга повинен включати окрім даних про вантаж, відомості про використовувані технічні засоби (автотранспорт, вантажопідйомні механізми) операційну схему доставки за елементами транспортного процесу із зазначенням необхідних механізмів,

чисельності персоналу, кваліфікації фахівців, трудомісткості робіт, технологічні малюнки етапів виконання процесу [150-152].

Метод обґрунтування оптимальної схеми доставки вантажу в залежності від загальних витрат, часу доставки та ймовірності його пошкодження в процесі транспортування окреслює ключове значення наступних трьох показників: загальні витрати, що пов'язані з доставкою вантажу, загальний час доставки вантажу, та ймовірність того, що в процесі перевезень вантаж залишиться неушкодженим. Значення кожного цих трьох показників залежить від вибору схеми доставки вантажу. В табл. 2.2 наведені результати розрахунків загальних витрат, що пов'язані з доставкою вантажу, загального часу доставки та експертні оцінки ймовірності ушкодження вантажу при різних вище схемах доставки.

Таблиця 2.2 - Показники загальних витрат, загального часу доставки вантажу та ймовірності ушкодження вантажу при різних схемах доставки

Схема доставки вантажу, S_i	Загальні витрати, $R_{заг i}$, дол. США	Загальний час доставки, $T_{заг i}$, діб	Ймовірність ушкодження вантажу, P_i
S_1	20 000	5	0,005
S_2	80 000	4	0,003
S_3	40 000	6	0,001
S_4	30 000	7	0,008
S_5	50 000	1	0,003

Вибір оптимальної схеми доставки вантажу можна формально звести до наступної задачі багатокритеріальної оптимізації

$$(R_{заг}, T_{заг}, P) \xrightarrow{S_i} \min, \quad (2.1)$$

де необхідно знайти такий варіант схеми доставки вантажу S_i при якому одночасно досягається мінімум значень трьох показників - загальних витрат, пов'язаних з перевезенням вантажу $R_{заг}$, загального часу доставки вантажу $T_{заг}$, та ймовірності пошкодження вантажу в процесі транспортування P . Як показують розрахунки (табл. 2.3), вибір одних схем доставки вантажу дозволяє

мінімізувати значення $T_{\text{заг}}$, однак при цьому значення $R_{\text{заг}}$ і P зростають. При виборі інших схем доставки вантажів, навпаки, вдається мінімізувати значення $R_{\text{заг}}$, за рахунок збільшення значень інших показників. Таким чином, вочевидь не існує такої схеми доставки вантажу при якій всі три розглянуті цільові показники одночасно досягали б мінімуму. Тому для того, щоб обґрунтувати такий вибір варіанту доставки вантажу S_i , при якому б досягався баланс між цими трьома показниками, необхідно, щоб особа, яка приймає рішення вказала ступінь переваги для кожного з розглянутих цільових показників. Для визначення ступеня переваги кожного з розглянутих цільових показників будемо використовувати вектор вагових коефіцієнтів $\alpha=(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ такий, що $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \geq 0$ та $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$. Значення коефіцієнтів α_1 , α_2 і α_3 вибирається особою яка приймає рішення, таким чином, щоб значення α_1 було вибрано тим ближче до 1, чим більше пріоритету дається значенням загальних витрат на транспортування вантажу. Якщо особа, яка приймає рішення, вважає за доцільне змістити баланс переваг у бік скорочення загального часу доставки вантажу або зменшення ймовірності його пошкодження, то, відповідно, слід вибирати великим значення коефіцієнта α_2 або α_3 . Якщо усі три цільові критерії представляють однакову важливість для особи, яка приймає рішення, то слід вибрати $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0,333$. Таким чином, обрав значення вагових коефіцієнтів α_1 , α_2 і α_3 , задачу двокритеріальної оптимізації (1) можна звести перетворенням задачі до однокритеріальної оптимізації:

$$F(S_i) \xrightarrow{S_i} \min, \quad (2.2)$$

де функція $F(S_i)$ визначаються рівністю

$$F(S_i) = \alpha_1 \cdot \frac{R_{\text{заг } i} - R_{\text{заг } \min}}{R_{\text{заг } \max} - R_{\text{заг } \min}} + \alpha_2 \cdot \frac{T_{\text{заг } i} - T_{\text{заг } \min}}{T_{\text{заг } \max} - T_{\text{заг } \min}} + \alpha_3 \cdot \frac{P_i - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}}, \quad (2.3)$$

де $R_{\text{заг } i}$ – загальні витрати при i -й схемі транспортування вантажу ; $R_{\text{заг } \max}$ – максимально досяжні загальні витрати при різних розглянутих схемах

транспортування вантажу; $R_{\text{заг min}}$ – мінімально досяжні загальні витрати при різних розглянутих схемах транспортування вантажу; $T_{\text{заг } i}$ – загальний час доставки при i -й схемі транспортування вантажу; $T_{\text{заг max}}$ – максимально досяжний час доставки при різних розглянутих схемах транспортування вантажу; $T_{\text{заг min}}$ – мінімально досяжний час доставки при різних розглянутих схемах транспортування вантажу; P_i – ймовірність пошкодження вантажу при i -й схемі транспортування; P_{max} – максимальна ймовірність того, що вантаж виявиться пошкодженим при різних розглянутих схемах транспортування вантажу; P_{min} – мінімальна ймовірність того, що вантаж виявиться пошкодженим при різних розглянутих схемах транспортування вантажу;

Функція $F(S_i)$ приймає свої значення на відрізку $[0, 1]$ і є безрозмірною.

Розглянемо рішення задачі (2) при різних варіантах вибору балансу між загальним часом доставки, загальними витратами і ймовірністю пошкодження вантажу. Наприклад, якщо усі три цільові показники що розглядаються представляють однакову важливість для особи, яка приймає рішення, то вибравши $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0,333$, отримаємо, що оптимальною є п'ята схема доставки вантажу S_5 , так як саме для неї досягається найменше значення функції $F(S_5) = 0,262$ (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Розрахунок значень функції $F(S_i)$

Схема доставки	$F(S_i)$ при $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0,333$	$F(S_i)$ при $\alpha_1 = 0,5$, $\alpha_2 = 0,1$ та $\alpha_3 = 0,4$	$F(S_i)$ при $\alpha_1 = 0,9$, $\alpha_2 = 0,1$ та $\alpha_3 = 0$
S_1	0,412	0,067	0,067
S_2	0,595	0,950	0,950
S_3	0,389	0,383	0,383
S_4	0,722	0,250	0,250
S_5	0,262	0,450	0,450

Якщо, наприклад, вибрати $\alpha_1 = 0,5$, $\alpha_2 = 0,1$ та $\alpha_3 = 0,4$ тобто основний пріоритет віддати на скорочення загальних витрат і зменшення ймовірності, то в

цьому випадку, як видно з табл. 2.3 оптимальним вибором буде третя схема доставки вантажу S_3 , оскільки саме для неї досягається найменше значення функції $F(S_i)$.

У разі, якщо в якості головного пріоритету вибрати скорочення загальних витрат, набагато менше уваги приділяти часу доставки і повністю знехтувати збереженням вантажу, то вибравши значення вагових коефіцієнтів $\alpha_1 = 0,9$, $\alpha_2 = 0,1$ і $\alpha_3 = 0$, можна прийти до висновку, що оптимальним вибором буде третя схема доставки вантажу S_1 .

Рішення задач по вибору оптимального способу доставки НВВ у цілому зводиться до визначення кількості критеріїв за ступенем їх важливості та характеризується показниками серед яких мінімізація загальних витрат пов'язаних з доставкою вантажу, скорочення загального часу доставки, та виключення ймовірності втрати або пошкодження вантажу. Але досягнення балансу між цими показниками потребує підвищення рівня відповідності щодо прийняття управлінських рішень а також визначення пріоритету для кожного з розглянутих цільових показників [153,155].

2.2 Формалізація технологічних процесів транспортування негабаритних і великовагових вантажів на неспеціалізованих судах

Забезпечення належного рівня функціонування транспортних систем, вирішення економічних проблеми за рахунок збільшення обсягів експорту транспортних послуг є завжди актуальними задачами. Завдяки попиту на транспортування НВВ за допомогою морського транспорту, який об'єктивно є оптимальним варіантом міжнародних перевезень з погляду економічну складову доцільності його використання та роль у міжнародної торгівлі. Саме транспортування великогабаритних та важковагових вантажів на великі відстані за допомогою морського транспорту користується великим попитом у

замовників та споживачів високотехнологічного устаткування, що дедалі збільшує частку у статистиці перевезень генеральних вантажів в цілому.

Процес транспортування НВВ на морському транспорті стикається з проблемою різноманітності масово-геометричних характеристик даних вантажів, що вимагає розроблення нових методів їх адаптації до технічних можливостей морських суден. Кожен випадок опрацювання майбутнього рейсу транспортування НВВ, представляється як сукупність рішень, що вимагає індивідуального підходу, застосування спеціальної методики розробки системи організації транспортування вантажів подібного роду і, звичайно ж, прийняття заходів по забезпеченню безпеки перевізного процесу.

Зміна у структурі вантажопотоків та відсутність супутніх вантажів стимулює судновласників флоту навалочних суден до пошуку вирішення цього питання, шляхом фрахтування судна під перевезення вантажів які частково або повністю невластиві для даних типів суден. Тому завдання що потребує вирішення це подолання бар'єру між спеціалізаціями суден та розроблення методів розміщення альтернативних вантажів, способу досягнення оптимального завантаження судна та вивчення можливостей його ефективного використання для транспортування НВВ, з метою уникнення баластного переходу.

Транспортування НВВ відноситься до числа складних і трудомістких видів вантажоперевезення з огляду на те що вантажі які складають спеціальні машини, обладнання та механізми володіють не тільки нестандартними розмірними параметрами але і збільшеною масою або зміщеним центром ваги, тому окремі вимоги до організації перевізного процесу також пред'являються безпосередньо галузями промисловості, для потреб яких і перевозяться такі вантажі.

Підходячи до розгляду питань пов'язаних з розробкою варіантів по завантаженню НВВ на борт судна, необхідно враховувати також схему або способи які будуть використовуватись при вивантаженні даного вантажу. Тож

логічним кроком буде використання єдиного підходу у двох випадках, а також оцінка технічних спроможностей та рівень технічного оснащення обох портів при плануванні вантажних робіт.

Замовлення та будівництво сучасних суховантажних суден розробляється відповідно до кон'юнктурних факторів світового ринку та на основі прогнозу його розвитку. Таким чином вибір спеціалізації судна визначається обсягом пропонованих до перевезення вантажів та рівнем фрахтових ставок. Відповідно до типу вантажів для яких судно переважно проектується та з погляду на його експлуатацію у портах без наявності вантажних засобів, з обмеженою механізацією або у режимі рейдової перевалки принциповим елементом обладнання судна є вантажні засоби.

Оснащення судна кранами різного типу та вантажопідйомності підвищує його конкурентоспроможність на фрахтовому ринку. Наявність власних вантажних засобів також дозволяє судну не залежати від кількості, вантажних характеристик або зайнятості порталних кранів, що значно скорочує час стоянки судна під обробкою в порту. Палубні судові крани різних типів якими обладнані більшість суден суховантажів у тому числі суден-балкерів для виконання стандартних вантажно-розвантажувальних операцій мають вантажопідйомність від 20 до 40 т. Найбільшого поширення набули стаціонарні одиночні поворотні крани вантажністю 25 т. Спільна робота двох спарених кранів дозволяє майже вдвічі підвищити вантажопідйомність такого пристрою [157].

Спеціалізовані багатофункціональні судна, що також використовуються для транспортування великовагових вантажів, можуть мати суднове устаткування набагато більшої вантажопідйомності до 500 т. але ж і суттєво відрізняються вартістю фрахту.

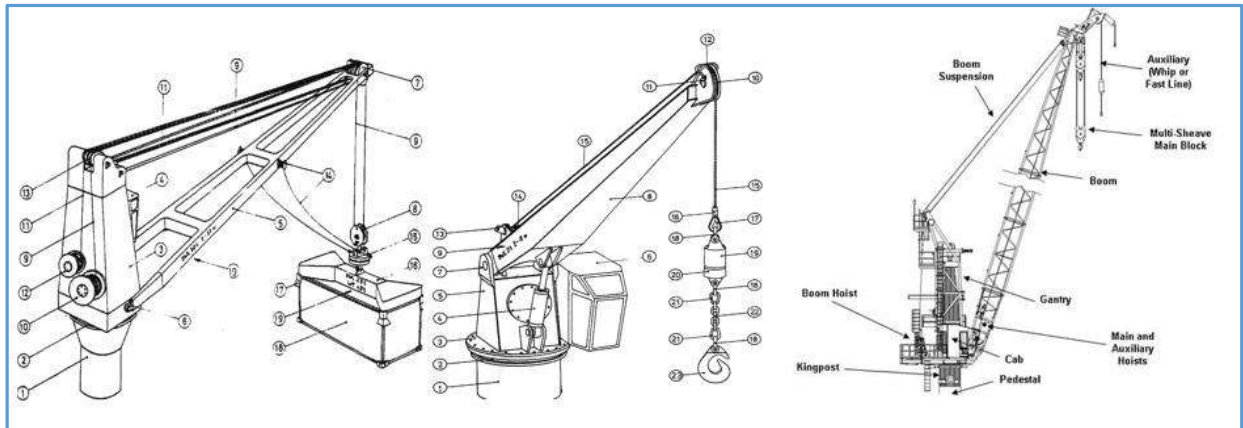


Рисунок 2.3 - Суднові крани, зліва направо-стаціонарний поворотний палубний кран з електроприводом, стріловий палубний кран с гідроприводом, стріловий кран з системою підвіски стріли [156]

З метою організації та здійснення процесу транспортування НВВ, необхідно вжиття заходів щодо ретельного вивчення та врахування транспортних властивостей даних вантажів. До початку процесу транспортування НВВ вантажовідправник повинен надати інформацію (2) до порту навантаження інформацію про властивості та характеристики вантажу. Згідно міжнародних нормативних документів на підставі отриманої інформації, проводиться оцінка прийнятності вантажу на предмет безпеки процесу завантаження і транспортування.

Якщо вантаж не відноситься до категорії небезпечних вантажів та не представляє ніякої безпосередньої загрози, здійснення такого транспортування повинно бути дозволено. Про цьому, мають бути проінформовані компетентні власті в порту розвантаження і держави прапора. Також додатково капітану судна у порту завантаження повинно бути надана вантажна декларація, в якій зазначаються характеристики НВВ і необхідні умови з перевезення та обробки таких вантажів (База даних – 3), рис.2.4;

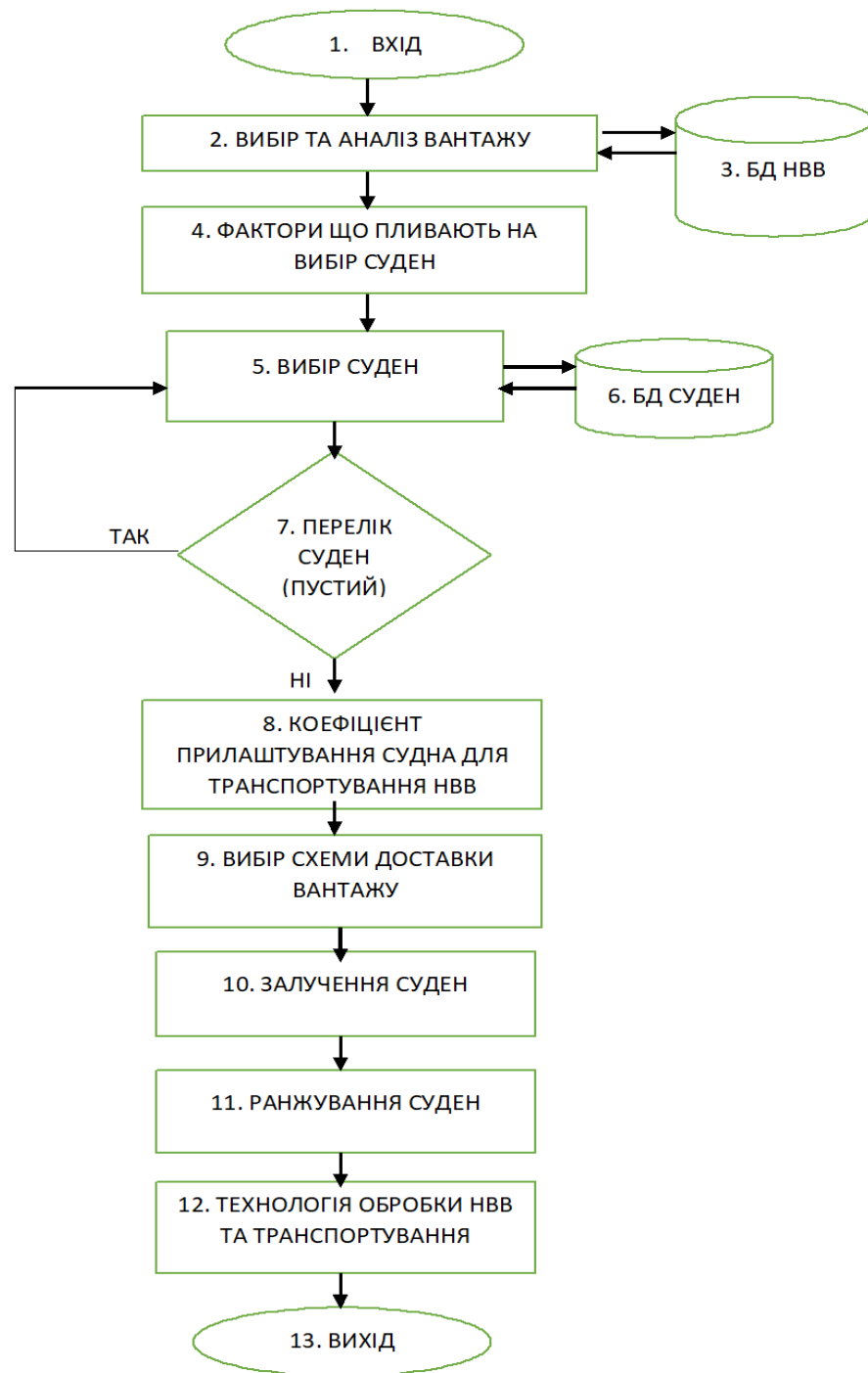


Рисунок 2.4 - Алгоритмічна модель організації процесу транспортування НВВ з урахуванням вибору типу судна.

Аналіз факторів (4) що впливають на вибір судна для здійснення процесу транспортування НВВ включає в себе перелік характеристик, серед яких насамперед: вантажні характеристики судна, сюди відносяться: питома

вантажомісткість, кількість і розмір вантажних люків, коефіцієнт конструктивної нерівномірності трюмів, коефіцієнт лючності, кількість вантажних палуб і їх площа, допустимі навантаження на палуби (місцева міцність), кількість і вантажопідйомність суднових пристроїв, технічні засоби вентиляції і аналізу температури у вантажних приміщеннях. Вибір судна (5) здійснюється з суден доступних на ринку вільного тоннажу (База даних – 6) на основі аналізу його вантажних характеристик, можливостей експлуатації та ступенем прилаштування для транспортування НВВ з урахування транспортних характеристик конкретного НВВ та вартості його оренди або оцінки ефективності проекту його придбання для таких перевезень. Перелік суден для транспортування НВВ (7) може складатися як з представників флоту які мають певну спеціалізацію та цільове призначення для здійснення процесу транспортування даних вантажів, так з суден які не мають такої спеціалізації але можуть бути залучені до такого процесу спираючись на розробленні методів їх обґрунтованого вибору.

Привласнення коефіцієнту прилаштування неспеціалізованих суден (8) для здійснення процесу транспортування НВВ полягає в аналізі їх вантажних характеристик та в залежності від цього порядку їх ранжування. Судна наливного типу (танкери), допоміжного флоту (буксир) та судна пасажирського флоту згідно своїх індивідуальних характеристик, які обумовлені цільовим призначенням а також з вирахуванням їх технічних і якісних характеристик не мають конструктивних можливостей, відповідного технологічного оснащення та технічного обладнання для транспортувань НВВ тому коефіцієнт прилаштування - нульовий. І навпаки спеціалізовані судна, суховантажні судна та судна-балкери в залежності від ступеня прилаштування мають коефіцієнт від 0 до 1.

У сучасний процес доставки та транспортування НВВ (9) активно залучені усі види транспорту: автомобільний, залізничний повітряний і морський та річковий, тому нормальною практикою є, що негабаритний вантаж вимагає

використання декількох видів транспорту. Цьому сприяє вартість фрахту яка залежить від маси, габаритних розмірів та характеристик вантажу. Також це впливає на організацію зберігання вантажу у порту, вибір рухомого складу та технологічних схем обробки.

Процес залучення суден (10) для транспортування НВВ може бути за рахунок фрахтування або оренди суден на ринку вільного тоннажу або із застосуванням оцінки проектів їх придбання та експлуатації за умови однорідності та міцності вантажопотоку. Ранжування суден (11) відбуваються згідно коефіцієнту прилаштування який був привласнений у результаті аналізу їх технічних та вантажних характеристик та співвідношення масо-габаритних характеристик НВВ (буксири, пасажирські судна, танкери – 0, судна-претенденти типу суховантажів та балкерів (від 0.5 до 0.9 відповідно).

Технологія обробки та транспортування НВВ (12), являє собою процес, який забезпечується взаємодією ряду елементів на декількох напрямках: технічного (тип судна, обладнання портів, вантажні засоби); технологічного (тара і упаковка, кріплення, правила і рекомендації); організаційного (оперативне управління судном); комерційного (умови і правила взаємовідносин між учасниками транспортного процесу); фінансового (банки, страхові компанії, клуби); правового (міжнародні конвенції, національні законодавчі акти); кваліфікований персонал (екіпаж, фахівці портів, організацій); матеріально-технічні постачання (паливо, вода, запчастини); послуги в портах (лоцманські, експедиторські, агентські).

Суховантажні судна, залежно від ступеня пристосованості для транспортування НВВ, умовно можна розділити на три основні групи це:

- Судна-балкери що призначені для перевезення навалювальних вантажів. Вони мають трюми трапецієвидної форми створені похилими площинами у верхньої та нижньої частині трюмів для спрощення штивки або належного рівня розрівнювання насипного вантажу але недостатньо

пристосовані для перевезення генеральних вантажів, завдяки цьому мають помірні розміри фрахту, рис. 2.5;

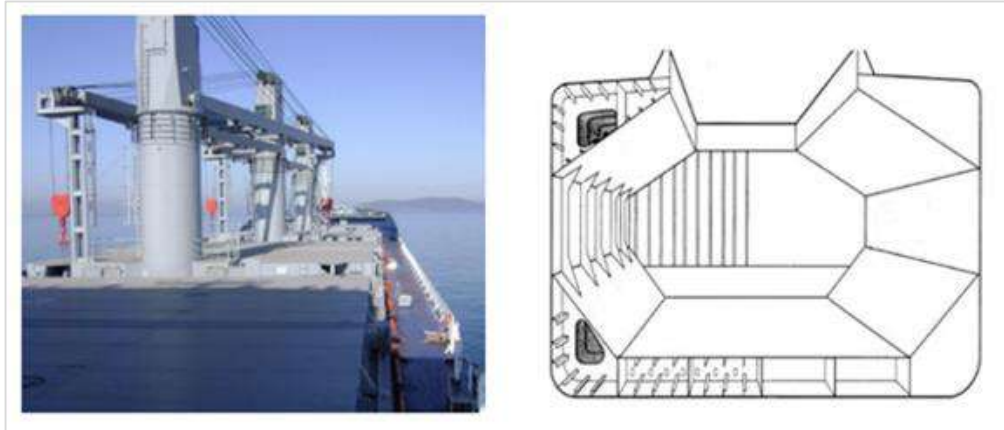


Рисунок 2.5 - Вантажні приміщення судна-балкера

- Суховантажі судна для перевезення генеральних вантажів. Такі судна здебільше мають трюми прямокутного перетину так звану форму «ящика» (англ. box-shaped) Така форма трюмів досить зручна для завантаження, розміщення і вивантаження різноманітних вантажів як навалювальних так і тарно-штучних, техніки, НВВ. Також такі судна можуть бути обладнані (стаціонарними чи конвертованими твіндеками) для транспортування нештабельованих одиниць вантажу, що також позитивно впливає на фрахтову вартість суден.

- Багатоцільові спеціалізовані судна. Ці судна найкраще пристосовані під транспортування генеральних, штучних, негабаритних та великовагових вантажів, контейнерів, флетреків тощо. Мають істотні переваги як по конструкції трюмів так і по вантажним засобам а головне велику експлуатаційну швидкість що відрізняє їх високою фрахтовою вартістю.

На основі аналізу вищезначених факторів та враховуючі рівень фрахтових ставок на транспортування НВВ в умовах рейсового чартеру з однієї сторони та вартість фрахту суден балкерів, цілком доцільним буде саме розгляд можливостей використання суден-балкерів для транспортування НВВ [158].

Вантажні місця, маса яких не перевищує вантажопідйомність підйомно-транспортного обладнання порту відправлення можуть оброблятися за допомогою стандартних перевантажувальних засобів тобто порталних кранів відповідно до їх вантажності, у розвинутих портах це від 40 до 70 тон.

Підйом і переміщення НВВ одночасно двома кранами допускаються в окремих випадках і вважаються складною технологічною операцією, коли маса вантажу перевищує вантажопідйомність одного окремого крану. У цьому випадку обидва крани повинні бути однієї модифікації з рівним розподілом навантаження на кожен кран, яке не повинно перевищувати їх вантажопідйомності та дотримуватися основних вимог щодо забезпечення безпеки при підйомі та переміщенні [159].

Окреме місце займають НВВ, маса яких перевищує здатність двох або декількох кранів здійснити безпечний підйом та завантаження. Така ситуація вимагає залучення автокранів з мобільним вантажопідйомним устаткуванням які можуть залучатися для портових операцій по переміщенню особливо важких вантажів. Але в окремих випадках коли одиниця вантажного місця навіть перевищує можливості автокрана (рис. 2.6) або доставляється під борт судна безпосередньо за допомогою плавкрану тож застосовується саме плавкран для цієї операції.



Рисунок 2.6 – Завантаження НВВ на судно-балкер за допомогою автокрану

Концептуальна модель вибору способу завантаження залежно від маси негабаритного місця приведена на рис. 2.7;

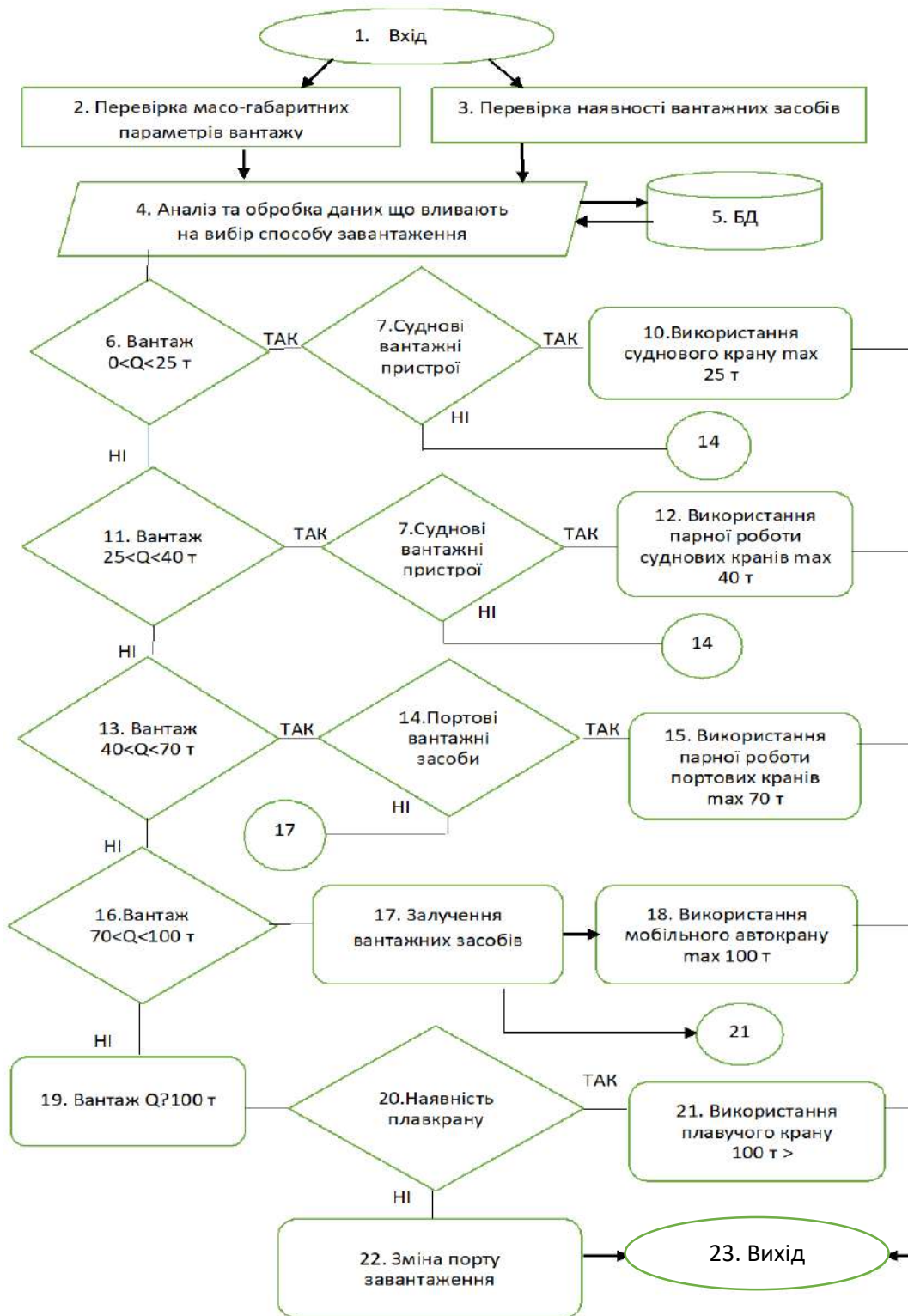


Рисунок 2.7 – Концептуальна модель вибору способу завантаження залежно від маси вантажного місця

Вирішення питань пов'язаних з оптимізацію завантаження судна це умови економічної ефективності роботи судна і забезпечення безпеки рейсу, тому важливе значення у циклі операцій по завантаженню судна, має складання та розробка послідовності етапів вантажного плану. До переліку основних функцій екіпажу сучасного вантажного судна входить контроль за належним та професійним виконанням вантажних операцій на борту згідно цільового призначення судна [160]. Відповідно до цього комплекс питань з планування, завантаження, розміщення і кріплення вантажу повинен бути ретельно опрацьований, вивчені нормативні документи, норми і правила з обробки вантажу, з тим, щоб запобігти можливому пошкодженню, втрати цілісності упаковки або якості вантажу під час його завантаження, розміщення і перевезення в тому стані, яке було засвідчено номінованим сюрвеєром, при отриманні на борт.

Особливу увагу слід приділяти судновим вантажним пристроям що будуть застосовані у ході вантажо-розвантажувальних операцій. Для здійснення завантаження одного місця негабаритного вантажу, безпека робочого циклу підйому повинна відповідати наступним критеріям:

- визначення порядку підвезення вантажу до борту судна;
- врахування діаграм вильоту стріли (залежність вантажопідйомності крана від вильоту стріли, висоти підйому вантажу і глибини його опускання);
- розташування місць стропування на вантажі;
- визначення можливості штабелювання і перевезення на палубі;
- визначення положення центра ваги відносно центру симетрії вантажу;
- врахування обмежень по силі здавлювання на вантаж при підйомі;
- оцінки необхідності використання спредерів і балансирів відповідно до габаритних розмірів вантажу;
- оцінка погодних умов при вантажних операціях.

Концептуальна модель складу і послідовності процесу завантаження НВВ представлена на рис. 2.8;

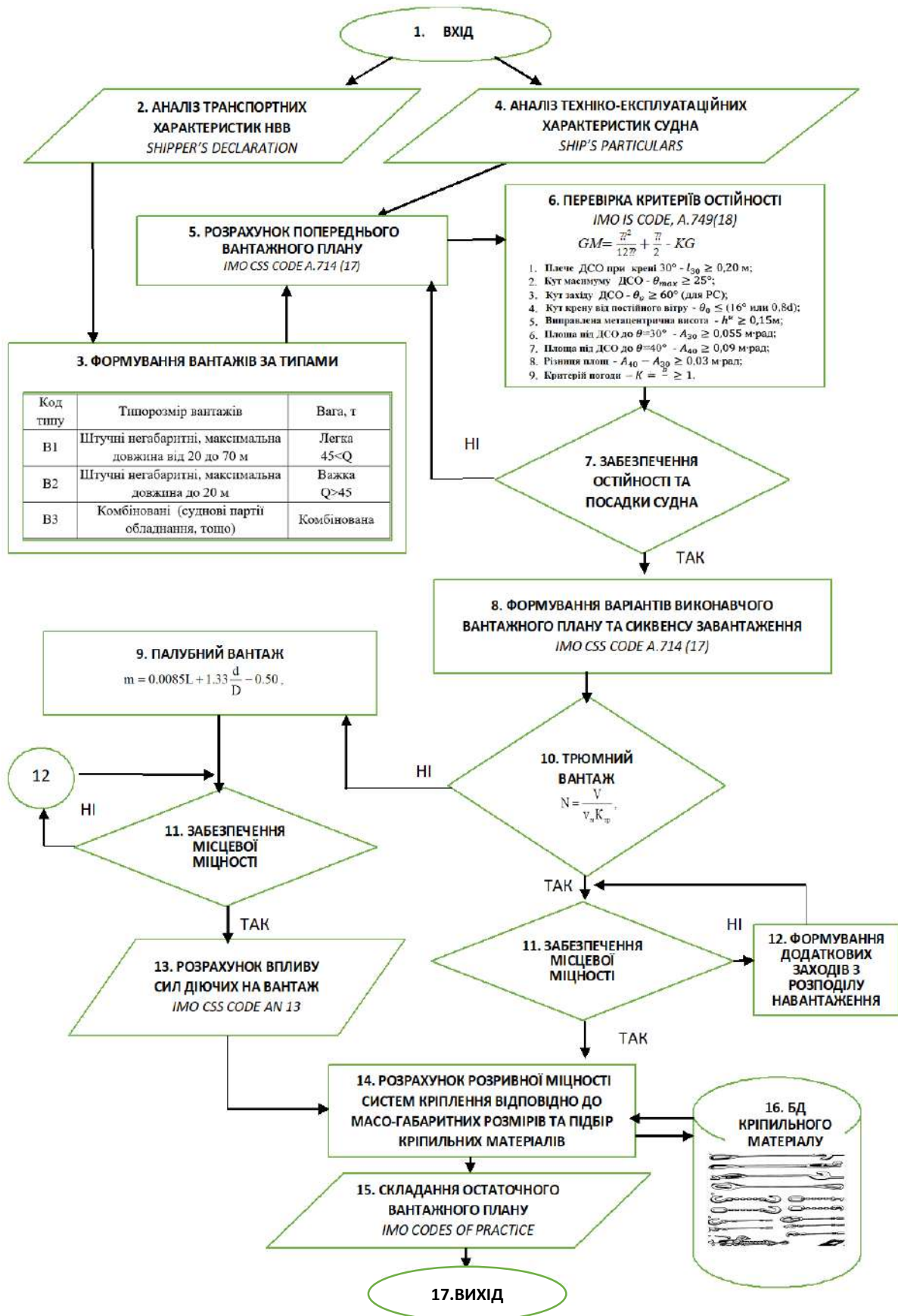


Рис. 2.8 - Концептуальна модель складу і послідовності процесу завантаження НВВ

Виходячи з аналізу транспортних (масо-габаритних) характеристик НВВ (2) виникає необхідність розподілу таких вантажів на групи (3) ґрунтуючись на положенні що подібні вантажі можуть бути негабаритними за розмірами але в той же час різними за вагою, тому враховуючи обмеження суднових вантажних пристроїв (середня максимальна вантажність спарених кранів – 45 т) з одного боку дозволяє створення груп штучних вантажних місць В1 та В2 і групи В3 до якої входять НВВ у складі вантажних партій. Далі в ході порівняльного аналізу груп НВВ з техніко-експлуатаційними та вантажними характеристиками судна стає можливим розрахунок попереднього вантажного плану (5) враховуючи особливості та властивості даних вантажів. Якщо результати перевірки остійності судна задовольняють критеріям і посадка судна на відхід судна є безпечною (6) переходять до формування варіантів виконавчого вантажного плану та створення етапів послідовності завантаження та баластування судна у разі необхідності (8).

Вантажний план для НВВ складається за рахунок індивідуального підходу до їх розміщення у вантажних трюмах, кришках трюмів і на палубі з урахуванням місцевої та поздовжньої міцності, вивчення умов завантаження і кріплення, можливостей використання суднових або берегових вантажних засобів, організації процесу безпечного перевезення і вивантаження в порту призначення. Відповідно до габаритних обмежень трюмів та геометричних розмірів люкового закриття чи будь яких інших вимог до транспортування НВВ можуть прийматися до завантаження як трюмний або палубний вантаж (9,10). В такому разі виконуються розрахунки місцевої міцності палубного набору трюмів, міцності головної палуби та кришок трюмів (11) і у випадку перевищення лімітів проводяться заходи з розподілу зосередженого навантаження шляхом побудови постелі або платформи з твердих порід деревини або у комбінації з металевим профілем (12). Після цього на основі розрахунків впливу зовнішніх сил діючих на палубний вантаж під час процесу морського транспортування (13) та оцінки ефективності засобів кріплення НВВ

виконується розрахунки кріплення палубного вантажу, розривної стійкості найтових та місцевої міцності верхньої палуби (14). За результатами цих розрахунків здійснюється підбір кріпильного обладнання і прокладочного матеріалу (16). По закінченню процесу кріплення, складається остаточний вантажний план або графічна схема з вказанням детального розташування вантажних місць у відповідному масштабі в прив'язці їх локацій до вантажних відсіків або палуб (15).

До початку фази навантаження повинен бути ретельно розроблений і прорахований попередній вантажний план судна а також схеми розміщення і кріплення які в загальному випадку повинні включати:

- вибір оптимального варіанта розміщення (за критеріями, указаними в технічному завданні);
- розрахунки баластування, остійності, міцності і також аварійної (при необхідності) остійності судна;
- розрахунки і документацію по підкріпленню палуб і за потреби переобладнання палубних надбудов та структурних елементів судна;
- технологію і організацію завантаження і вивантаження судна із зазначенням засобів механізації, пристроїв для захвату вантажу, пристосувань зі схемою стропування, а також пристроїв, необхідних для стійкого розміщення вантажу як на складі, так і на судні;
- метеорологічні умови, які можуть обмежувати проведення вантажних операцій (вітер, хвилювання, рівень води, ожеледь, і т.п.) [95].

Вантажний план судна (рис. 2.9) як для НВВ ділиться на попередній, виконавчий с вказанням сіквенсу завантаження та остаточний. При підготовці попереднього вантажного плану важливо враховувати ефективність та компактність розміщення вантажних одиниць та прагнути до максимального використання вантажних приміщень або вантажомісткості судна.

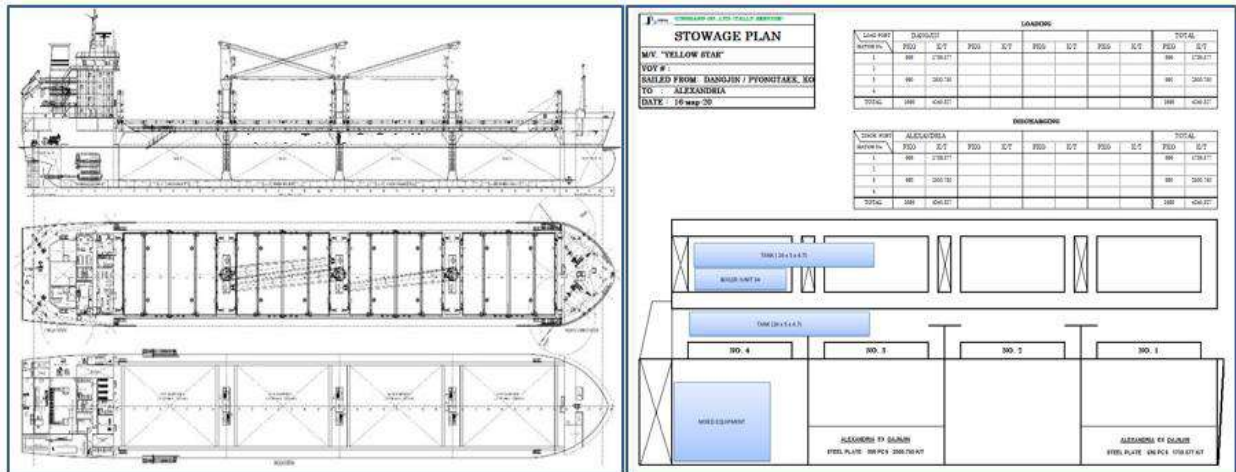


Рисунок 2.9 - Попередній (виконавчий) багатоплощинний вантажний план судна з схематичним вказанням негабаритних вантажних одиниць

З іншого боку якщо планується завантаження негабариту у підпалубні приміщення судна то обсяг трюмного простору під підвісними цистернами в розрахунок не включається через лімітацію доступу викликаного розмірами люкового провітру, рис. 210;

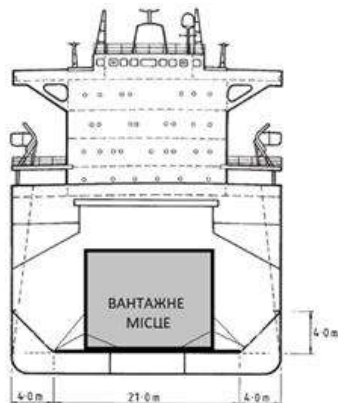


Рисунок 2.10 - Поперечний розріз трюму судна-балкера

На графічному зображенні вантажного плану необхідно вказати кількість і тип вантажу, порти відправлення та отримання вантажу та план баластних операцій якщо такі потрібні. Не менш важливо враховувати критерії які впливають на цикл переміщення вантажу, виключаючи перешкоди від судових конструкцій, розміри вантажної одиниці, загальну масу, центр ваги, обмеження спеціалізованого транспорту при час підйому. Розуміння та послідовність

виконання вантажного плану має бути скоординовано усіма службами залученими в процес. З боку портової адміністрації або терміналу не повинні розпочинатися будь-які вантажні операції, поки план завантаження та всі відповідні процедури не будуть узгоджені та підписані між капітаном судна та представниками стивідорної компанії.

Попередній вантажний план та послідовність кроків завантаження (вивантаження) повинні наскільки це практично можливо, забезпечувати рівномірність розподілу вантажу, контроль осадок, уникнення крену та відповідно зайвого використання баластної системи для його вирівнювання. Особливу увагу слід приділяти вантажним операціям при розміщенні і перевезенні негабаритного палубного вантажу. Виникнення ситуацій які потребують відходження від плану повинні бути узгоджені з береговим персоналом, представник якого (в особі старшого стивідора) повинен знаходитись на борту для координації процесу з судновою адміністрацією. У випадку пошкодження вантажу, його упаковки або конструкцій судна, під час проведення вантажних операцій повинен бути складений звіт про пошкодження (англ. damage report). завірений сюрвеєром або представником страхувальника. Спеціальні вимоги по забезпеченню кріплення вантажів та догляд за станом кріпильних зв'язків під час морського переходу повинні бути ретельно вивчені в технічних умовах і правилах перевезення.

На етапах планування важливо, щоб фізичні розміри вантажу були перевірені та відповідали фактично заявленим у вантажному дорученні або пакувальному листі для уникнення розбіжностей під час завантаження та розміщення. Цей факт може бути встановлений номінованими сюрвейерами з боку фрахтувальника або перевізника. У випадку значної ваги негабаритного місця, значення максимально допустимої місцевої міцності палуби повинно ретельно контролюватися. Перевищення допустимих меж, зазначених у затвердженому посібнику з завантаження судна, призведе до надмірного напруження конструкцій у корпусі судна і як наслідок може призвести до

аварійних ситуацій а саме пошкоджень та деформації корпусу. Тому при складанні вантажного плану потрібно це враховувати, щоб запровадити заходи щодо розподілу зосередженої маси вантажу відповідно встановленим обмеженням на структурне навантаження робочій поверхні верхнього палубного настилу, палуб трюмів та кришок люкового закриття. Приклади завантаження верхньої палуби суден-балкерів зображено на рис. 2.11 [161].



Рисунок 2.11 - Судна балкери з палубними НВВ

Всі стадії транспортування [162,163] (включаючи завантаження, розміщення, кріплення, перевезення, вивантаження) супроводжуються ретельними розрахунками та аналізом міцності суднових палуб, маси навантаження, дії інерційних сил. Що стосується міцності то по відношенню до вказаної методики корпус судна повинен мати достатню міцність в цілому і в окремих своїх частинах.



Рисунок 2.12 - Негабаритний вантаж до відправлення (зліва) та завантажений на палубу судна (справа)

Межа плинності суднобудівної сталі в середньому становить 315 МПа (32 кгс/мм²) що приблизно 3 тони на 1 см² згідно ГОСТ 5521—86 «Прокат сталевий для суднобудування», який був розроблений відповідно до міжнародних вимог але для кожного типу судна існує власне значення допустимого навантаження на палуби вантажних приміщень і з роками експлуатації судна це значення неухильно змінюється у бік зниження. Крім того потрібно враховувати що розрахунок на статичне навантаження відрізняється від динамічних навантажень, які виникають при хитах під час морського переходу при вертикальних переміщеннях судна, тому потрібно звертати увагу на запас міцності при розрахунках.

Отже остаточний вантажний повинен ілюструвати детальний розподіл всіх негабаритних вантажних місць, (рис. 2.13) що розміщуються на борту судна.

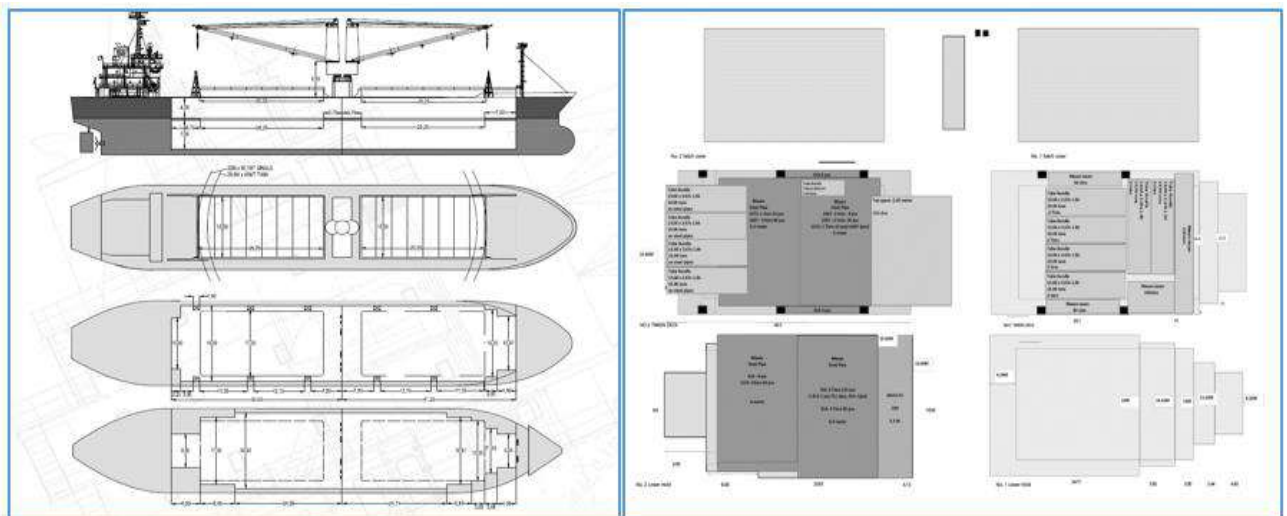


Рисунок 2.13 – План вантажних приміщень та палуб: головної, твіндеку, нижнього трюму та остаточний деталізований вантажний план судна

Перераховані заходи дозволяють з'ясувати технологічні аспекти завантаження НВВ при перевезенні на судах-балкерах та демонструють послідовність етапів планування завантаження, циклу вантажних операцій, схеми розміщення, врахування яких є необхідним в умовах забезпечення безпеки

обробки вантажу в порту та процесу транспортування в цілому. Застосування алгоритму прийняття рішення щодо вибору способу завантаження та використання вантажних пристроїв залежно від маси негабаритного вантажу, дозволяє оптимізувати процес завантаження та удосконалити технологію транспортування НВВ на неспеціалізованих суднах, проте ще існує безліч проблем, які у подальшому потребують додаткового висвітлення та індивідуального підходу у вирішенні.

2.3 Контроль забезпечення безпеки процесу транспортування негабаритних і великовагових вантажів

Загальні випадки зміни остійності судна в умовах експлуатації та практичні способи оцінки цих змін потребують постійної уваги та контролю. Використання загальноприйнятої практики завантаження НВВ, аналіз окремих випадків і рекомендації щодо запобігання непередбачених ситуацій при вантажно-розвантажувальних роботах негабаритних і великовагових вантажних одиниць у якості палубного вантажу надто актуальне питання з точки зору безпеки судноплавства.

Транспортування негабаритних та великовагових вантажів на морських суднах пов'язане з вирішенням ряду проблем, які значною мірою залежать від типу та призначення судна виділеного під транспортування такого вантажу, проте ряд проблем носять загальний характер для всіх типів суден. Це в першу чергу відноситься до розробки та планування рейсу, визначення технології завантаження та розвантаження, розрахунку міцності суднових конструкцій, плану розміщення вантажу на судні, використання опор та сепарації під вантажем, а також розрахунку міцності засобів кріплення [43]. Але головним і ключовим моментом є контроль остійності та посадки судна біля причалу під час виконання вантажних операцій як власними вантажними засобами так і береговими.

Одним з основних питань безпеки на морі є моніторинг остійності судна під час вантажних операцій, тому необхідність забезпечення контролю безпечної посадки суден по час вантажних операцій в порту, призвело до створення цілого зводу нормативних матеріалів, які регламентують всі етапи від проектування судна до його експлуатації.

Так, як на стадії проектування і будівництва судна лише за допомогою розрахунків неможливо врахувати абсолютно всі фактори, що впливають на посадку і остійність судна під час проведення вантажних операцій з негабаритним і важкими вантажами, то саме велика частка відповідальності лягає на екіпаж судна щодо контролю остійності задля попередження аварійних наслідків у процесі експлуатації судна, що визначається обґрунтованими діями по завантаженню а також керуванню судном в штормових умовах.

Значний внесок у розвиток нормативної бази остійності морських суден зробив проф. С.Н. Благовіщенський, який запропонував ідейні основи наукового підходу. Питання контролю та управління остійністю також відображені в роботах авторів [165,169,171,174,199].

З огляду на прискорені темпи виникнення і розвиток морських транспортування негабаритних і надважких вантажів, їх масово-геометричні характеристики, в багатьох випадках, випереджають або перевищують технічні можливості існуючих морських суден, тому важливим завданням є вивчення питань контролю і посадки судна під час проведення вантажних операцій з такими вантажами, на борту судна в порту. Варто зазначити, що категорія таких вантажів відрізняється особливими формами, вагою і розмірами. Беручі до уваги складний рівень вантажних операцій на судні, яке використовується для транспортування негабаритних вантажних місць важкої ваги (від суден до морських платформ), виникає ряд важливих обставин, незнання яких або нехтування якими, може привести до порушення остійності судна, появи небезпечного крену в рейсі або навалу на причал у порту, що в свою чергу веде

до значних втрат, серед яких: пошкодження вантажу, судна, берегових споруд та насамперед людські жертви.

У цьому напрямку існує значна кількість організаційно-методичних документів [164,166,168-170,181,189,171], де регламентовані процедури проведення вантажних операцій з важкими негабаритними вантажами, що розроблені відповідно до вимог міжнародних конвенцій та нормативних документів Міжнародної морської організації (ІМО).

Розвиток суднобудування та вантажних можливостей сучасних суден поруч з проектуванням та виробництвом великовагових перевантажувальних механізмів, таких як суднові і портальні крани, зумовило поширення операцій з палубними вантажами. Тому сьогодні важко уявити обробку НВВ, особливо таких як проектні, де операції здійснюються без участі судових або берегових кранів. Що стосується останніх, то слід виділити LR-13000 фірми Liebherr, вантажопідйомністю 3 тис. т, який був розроблений для важкого режиму робіт та оснащений головною стрілою 126 м яка при робочому радіусі 61 м здатна підіймати вантаж у 947 т. LTL-2600, в/п 2359 т, американської компанії Lampson, Versacrane TC-36000, в/п 1361 т, Mammoet PT50, в/п від 379 т та інші. Завдяки підймальній потужності, якою володіють ці крани, необхідно враховувати ряд як технічних питань так і питань безпеки при їх експлуатації під час вантажних робіт які мають прямий вплив на остійність судна під час виконання вантажно-розвантажувальних операцій.

Остійність судна [165] характеризується його здатністю зберігати своє становище рівноваги або знову повертатися до нього, після припинення дії зовнішніх сил, що викликали зміну положення судна (наприклад, порив вітру, удар хвилі або великоваговий вантаж). Остійність залежить від форми корпусу і від розміщення на ньому вантажів. Судно, яке остійне при одному типі розміщення вантажів, може частково або повністю втратити цю властивість, якщо частина вантажів переміститься в горизонтальній або вертикальній площині під дією зовнішніх сил. В якому б положенні судно не знаходилось, на

нього постійно діють дві рівні і протилежно спрямовані сили: вага судна з усіма що знаходяться на ньому вантажами і підтримуюча сила води. Точка прикладання першої сили називається центром ваги (CG) судна, а точка прикладання другий - центром величини (CB) або центром плавучості.

Остійність судна згідно IMO Resolution A.749(18) [172] повинна відповідати наступним критеріям:

- судно повинно мати остійність незмінною у всі часи, сценарії аварійної остійності також повинні оцінюватися враховуючі вантажі з високою вартістю;
- навіть якщо виконуються всі критерії остійності ІМО, то судно з високим рівнем GM буде схильне до значних періодів хитань що приведе до високого рівню напружень у кріпильних зв'язках вантажу. План розміщення та якість закріплення палубного вантажу повинні враховувати це і докладати зусилля до скорочення GM;
- використання баластних резервуарів для зменшення GM погана практика і може призвести до структурних пошкоджень суднового набору.



Рисунок 2.14 – Втрата остійності судна під час завантаження негабаритного і великовагового вантажу

Таким чином головна умова остійності судна полягає в тому, щоб центр його ваги (CG) його лежав нижче метацентра (M). Чим більше піднесення метацентра (M) над центром ваги (CG), тим менший крен отримує воно під дією

однієї і тієї ж сили крену. Тому дана відстань, зветься поперечною метацентричною висотою (GM), яку вважають мірою остійності судна. Чим більше її значення, тим вище вважається остійність судна. Але це також не означає, що чим більше (GM), тим краще тому що це може мати негативний вплив на динамічну остійність під час морського переходу судна де погані погодні умови у поєднанні з високою (GM) може призвести до жорстких поштовхів, які, якщо не належним чином враховані, можуть призвести до пошкодження або втрати палубного вантажу [170].

Розробляючи план вантажних операцій в порту, необхідно враховувати що розрахунок остійності та міцності корпусу судна повинні бути виконані на початок і кінець завантаження, визначена кількість підйомних операцій з надважкими вантажами, запроваджена належна оцінка ризиків. Повний цикл вантажопідйомних операцій відноситься до категорії робіт підвищеної небезпеки тому контроль параметрів безпеки судна здійснюється за допомогою сучасних комплексних програмних засобів [184-186].



Рисунок 2.15 – Переміщення вантажних одиниць судовими кранами

Суднові вантажні засоби повинні відповідати наступним критеріям:

- перевірка пристроїв та оснащення кранів, безпечне робоче навантаження стріли (SWL-safe working load), точки підйому та стійкість підйому;

- періодичність інспектування кранів та технічний стан, згідно з рекомендацій виробника. Експлуатаційні обмеження повинні бути ретельно вивчені та враховані;

- підготовка та компетенція персоналу до процедури важких підйомів та парної роботи (тандему) кранів.

Комплекс заходів, при операціях з переміщення важкого палубного вантажу судновими засобами, [167,190] що впливають на остійність, повинен враховувати наступні чинники:

1. Уникати тенденцію судна до крену (нахилу) більш ніж 4-5 градусів а також у напрямку стріли крану (або спареного підйому кранів) з навантаженням з будь якого борту від діаметральної площині судна (рис. 2.15). У цьому випадку зміщується центр ваги вантажу і центр ваги судна, що перебуває в іншому положенні, тому це явище має бути заздалегідь враховано для запобігання порушення початкової остійності судна.

2. Слід враховувати залежність періоду коливань від висоти розташування вантажу. Період коливань вище у вантажу на довгому підвісі і навпаки якщо довжина підвісу зводиться до мінімуму, (вантаж підібрано максимально близько до ноку стріли як точки підвісу) зменшується період коливання ваги. Це також необхідно враховувати при поворотах з вантажем для запобігання пошкодження суднових конструкцій. Таким чином, наявність підвішеного вантажу призводить до зменшення метацентричної висоти, у прямій пропорційності до довжини підвісу (l_p) і вазі вантажу (P), рис. 2.16 [189].

3. При підйомі вантажу що знаходиться в трюмі, відбувається миттєве перенесення вантажу в точку підвісу. В результаті ЦТ судна зміщується вертикально вгору, що призводить до зменшення плеча відновного моменту при отриманні судном крену, тобто зменшення остійності. При цьому зменшення остійності буде тим більше, чим більше маса вантажу і висота його підвісу. Також максимальне зменшення (GM) відбувається момент відриву вантажу від причалу, при одночасному зростанні крену судна в цей момент зростає ризик

перекидання судна, тому компенсується переміщенням баласту на протилежний борт судна та шляхом зменшення підйомного кута або способом фіксації контрольного кута крену [187].

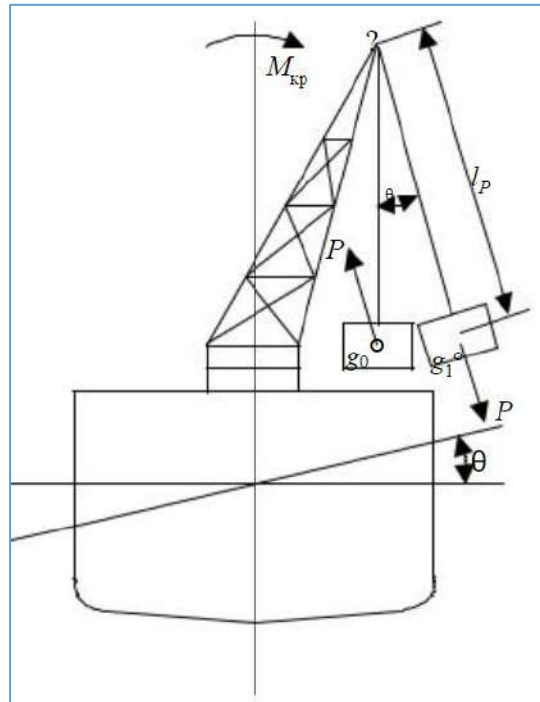


Рис. 2.16 - Вплив підвішеного вантажу на остійність судна:

P - палубний вантаж, $M_{кр}$ – нахилиючий момент, θ – кут крену, α – кут переміщення вантажу із точки g_0 у точку g_1 [169]

4. Під час проведення баластних операцій спрямованих на компенсацію крену потрібно диференціювати між величиною кута крену та величиною втрати остійності, оскільки судно не може бути вирівняно шляхом баластування протилежної крену сторони. Баласт повинен бути взятий в нижній частині борту нахилу, для зниження центра тяжіння до моменту коли (GM) збільшиться, тоді судно стане більш остійним. Коли значення відновного моменту буде достатнім, то вага буде збалансована на обох бортах, щоб повернути судно у вертикальне положення.

Конструктивні заходи при проектуванні суден не можуть гарантувати повною мірою безпеку судна у випадку відсутності належного рівня

експлуатації. Тому вантажні операції з підйому-переміщенням-завантаженням одиниць негабаритної або великої ваги повинні ретельно контролюватись під час їх проведення до виходу судна з порту адже часу на усунення аварійних ситуацій може бути недостатню у морі. Значення (GM) для усього циклу вантажних операцій повинно бути в межах допустимих значень, враховуючи данні відповідно до буклету остійності судна [174,175], це також стосується величини кута крену що негативно впливає на остійність. Остійність також зменшується, коли йдеться про зменшену метацентричну висоту (GM), тому рекомендовано уникати стану баластних танків з вільними поверхнями таким чином доцільно обпресовувати ці танки для зменшення ефекту. Процес завантаження повинен здійснюватися за очікуваними кутами крену, для запобігання здійснення навалу на причал, тому слід уникати підйому стріл кранів до кутів з критичними значеннями.

Забезпечення безпечних умов морського перевезення палубних вантажів є найважливішим завданням в питаннях безпечної експлуатації транспортних суден і підвищення якості та ефективності використання морського транспорту. У питаннях організації транспортування палубного вантажу проблема набуває інший зміст якщо потрібно транспортування нестандартних таких як НВВ, так як існує проблема зсуву та подальше пошкодження або втрата вантажу. Основні критерії безпечного розміщення та кріплення палубних вантажів викладені в міжнародних нормативно-технічних документах. Контроль параметрів і характеристик якими обґрунтовується безпеку судна під час транспортування палубного вантажу є актуальною проблемою, яка потребує комплексного і системного підходу.

Вперше розрахункову методику по визначенню навантажень, що діють на генеральний вантаж при хитавиці судна, було запропоновано академіком О.М. Криловим і уточнено академіком Ю.О. Шиманським. Дослідження проблем забезпечення безпеки морських перевезень вантажів схильних до зсуву відображені у джерелах [173,176,178,179-182]. Розробки вказаних авторів

послужили основою для побудови нових моделей зв'язкових систем «зсувний вантаж - спецпристрій - судно» і оцінці технологічних параметрів спецпристроїв для регулювання зсуву вантажів.

Головним критерієм перед операцією завантаження є оцінка масово-геометричних характеристик НВВ що зазвичай можуть перевищувати технологічні розміри вантажних люків трюмів, тому приймаються до морського перевезення як палубний вантаж.

Бурхливий і динамічний розвиток транспортування масивних генеральних вантажів на палубі також наклав свій відбиток на показниках аварійності світового флоту. Відзначено, що щорічно в середньому на 90 морських суднах відбуваються аварії, пов'язані з перевезенням сухих, в тому числі лісових, вантажів. При цьому середнє число загиблих членів екіпажів суден склала в середньому 170 осіб за рік [173]. Судна для перевезення генеральних вантажів, кількість яких становить близько 20% від усього світового торгового флоту, принесли понад 40% від усіх збитків і майже 40% від числа нещасних випадків, що значно більше, ніж на інших типах суден.

Недостатній ступень вивченості транспортних характеристик і властивостей НВВ, що пред'являються до морського перевезення призводить до аварій суден, в тому числі і з важкими наслідками і як результат до людських жертв.

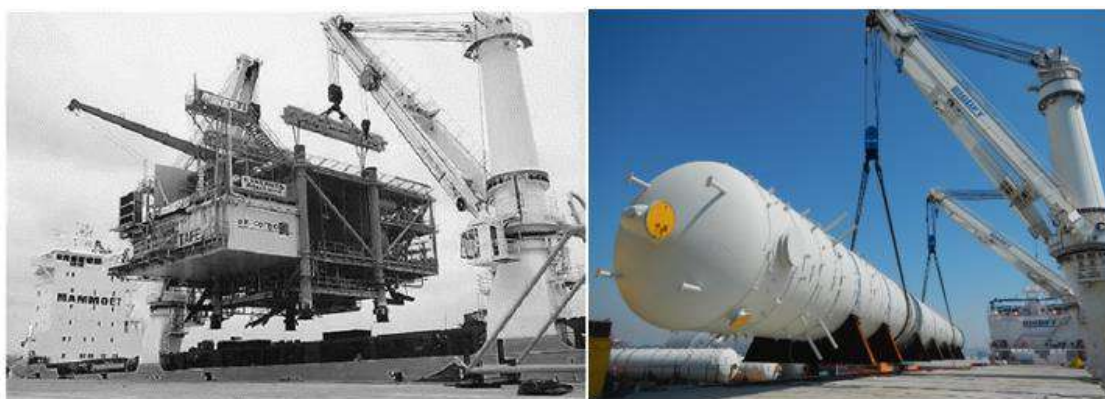


Рисунок 2.17 - Операції з палубним вантажем судном компанії Матмоет

Наявний досвід кріплення подібних вантажів ще не отримав узагальнення в достатній мірі і представляє кілька обмежених і несистематизований характер. Аналіз наслідків окремих аварійних ситуацій показує наявність проблеми зсуву вантажних місць яка призводить до часткової або повної втратою вантажу, а іноді може призводити і до загибелі самого судна [176]. Найчастіше причинами аварій як правило є: порушення схем кріплення, використання штатного кріплення, що не має відповідних сертифікатів що підтверджують робочу і розривну міцність, недостатній контроль за вантажем і його кріпленнями під час рейсу. Як результат матеріальні збитки є досить істотними і обчислюються десятками і сотнями тисяч доларів. У той же час відсутність комплексного підходу і практика розгляду лише окремих питань розміщення і кріплення палубного вантажу призводить до необґрунтовано високої вартості витрат на його закріплення [179]. Саме тому впровадження автоматизованих систем контролю технологічних процесів по завантаженню і програм розробки технічних умов розміщення та кріплення палубних вантажів буде сприяти підвищенню якості організації процесу перевезення, оскільки дозволить виключити всі негативні фактори, пов'язані впливом людського фактору в питаннях планування, розміщення і кріплення вантажів. Однією з таких програм є LASHCON IMO яка дозволяє розраховувати прискорення і баланс сил в зв'язках і оснащеннях кріплення вантажних місць. Враховуючі те, що всі НВВ не є масовими, вони вимагають індивідуального підходу до кріплення кожного вантажного місця окремо та відповідних розрахунків кількості і міцності кріпильних матеріалів для кожної вантажної одиниці.

Основне правило для закріплення палубних вантажів, з тенденцією до зсуву, під час помірних погодних умов - це сума мінімального розривного зусилля (англ. *minimum breaking load*) всіх кріплень, яка повинна бути не менше ніж в два рази більше статичної ваги одиниці вантажу, що підлягає закріпленню. Тобто для одного місця вагою в 10 т потрібні кріплення які повинні мати загальну міцність на розрив не менше 20 т. Існує також, метод практичного

застосування так званого «триразового правила», яке введене Дж. Ноттом. Воно полягає в тому, що значення суми розривної міцності всіх кріпильних пристроїв повинна дорівнювати вазі вантажу, помноженому на три. Наприклад, якщо вантаж важить 20 тон, то сума розривної міцності (breaking strength) всіх найтових повинна дорівнювати $20 \times 3 = 60$ тонно-сил. У разі виникнення аварійної ситуації та подальшого розслідування її причин, основний упор буде робитися на оцінку якості закріплення вантажу і правильність проведених розрахунків, відповідно до вимог [181] і тільки після цього оцінку якості кріпильного матеріалу, погодних умов та інших факторів впливу.



Рисунок 2.18 - Завантаження одиниці вантажного місця на палубу судна

Негабаритний палубний вантаж під час морського перевезення перебуває під дією наступних сил: власної ваги, тертя, що виникає між вантажем і палубою або підстилковим матеріалом, інерції, що виникає при знаходженні судна на схвильованій поверхні моря, тиску вітру, ударів хвиль, плавучості, що виникає при попаданні хвиль на палубу, натягу найтових, якими кріпиться вантаж до палубі [180].

Складові сили ваги по осях: розрізняють бортову, кильову і вертикальну хитавицю. При бортовій хитавиці коливання відбуваються навколо поздовжньої осі, що проходить через центр ваги судна, при кильовій - навколо поперечної. Бортова хитавиця при малому періоді і великих амплітудах стає поривчастій, що

небезпечно для палубного вантажу, суднових механізмів і важко переноситься людьми [177]. Вплив зовнішніх сил на палубний вантаж показано на рис. 2.19;

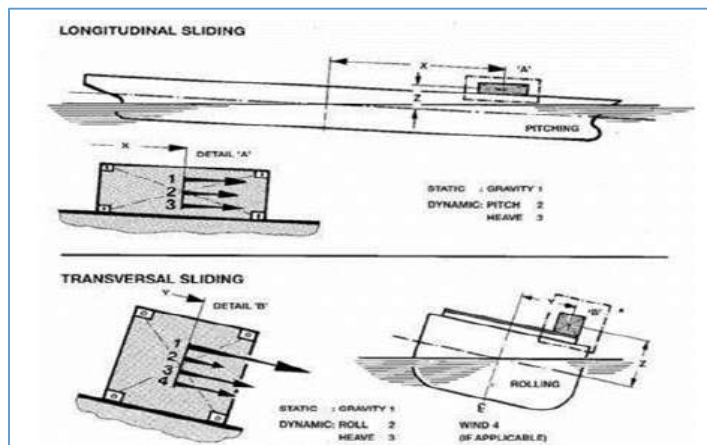


Рисунок 2.19 - Поздовжнє (longitudinal sliding) і поперечне (transversal sliding) ковзання палубного вантажу [180]

Сили, що виникають: 1- при статичному нахилі від власної ваги, 2- динамічному нахилі при кільової і бортової хитавиці, 3-динамічному нахилу при вертикальній хитавиці, 4-вітрового навантаження;

Під час знаходження на схвильованій поверхні моря, судно відчуває також і вертикальну качку, тобто бере участь в орбітальному русі разом з частинками води. Всі види хитавиці - явище періодичне, що викликає появу інерційних сил, що досягають іноді великого значення. З трьох видів хитавиці тільки вертикальна викликає незначні інерційні сили, якими зазвичай нехтують, рис. 2.20;

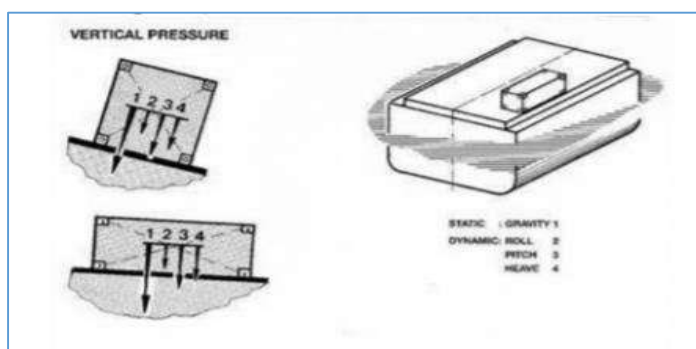


Рисунок 2.20 - Вертикальний тиск ваги вантажу на палубу [180]

В статичному стані - 1, динамічний стан при бортовий хитавиці - 2, динамічний стан при кильової хитавиці – 3, динамічний стан при вертикальній хитавиці - 4;

Потрібно також враховувати інерційні сили при бортовий і кильової хитавиці. Всі частини судна, а також предмети, які знаходяться на судні, в тому числі й палубні вантажі, відчувають вплив інерційних сил [178]. Зазвичай окремо визначають інерційні сили від бортової і окремо - від кильової. Бортова і кильова качка досягають свого максимального значення при рівності періоду вільних коливань судна і періоду хвиль. Причиною бортовий качки є, з одного боку, відновний момент, а з іншого - крутний момент інерційних сил, що дорівнює кутовому прискоренню, помноженому на момент інерції маси тіла щодо осі обертання.

Розрахунок кріплення палубного вантажу відповідно до рекомендацій ІМО наведено в Кодексі безпечної практики розміщення і кріплення вантажу (CSS code) і визначає наступний порядок розрахунку сил, що діють на вантаж.

В залежності від цього виконуються розрахунки реакцій найтових від зусиль, спрямованих в площині шпангоута, діаметральній площині, відповідно розривному зусиллю найтових виконується підбір кріпильних систем відповідно до таблиць міцності матеріалів.

Кожне негабаритний місце на борту судна повинно завантажуватися і розміщуватися так, щоб воно зберігало стійке та міцне становище, незалежно від форми вантажного місця, [182] його маса не повинна перевантажувати суднові конструкції, і було забезпечено хороше тертя між вантажним місцем і площею опори у випадку якщо вона прилаштована. Тому місце установки опор вантажного місця або платформи під ним має бути якомога більше за площиною, маючи на увазі межі розмірів вантажний одиниці і симетрично щодо ЦТ (центру тяжіння) вантажного місця, наскільки це можливо. Укладання і кріплення важких вантажних місць повинно ретельно плануватися і перевірятися відповідними розрахунками. Як правило, розміщення стандартного вантажу

невеликої маси є одинарним з прямим кріпленням. Якщо навантаження здійснюється на флетрек (flatrack) або платформу на судні-контейнеровозі, ці вантажні місця повинні міцно кріпитися до палуби судна поворотними конусами (твістлоками). Остаточне місце розташування вантажу, схему укладання і спосіб кріплення слід відобразити документально, щоб згодом довести, що все було зроблено відповідно до вимог.

Умовно НВВ за способом розміщення можна поділити на дві категорії де до першої можна віднести негабаритні та великовагові вантажі. Ця категорія включає в себе важкі компактні одиниці, забезпечені засобами підйому, що стоять вертикально на опорній конструкції, що мають міцну поверхню що здатна передавати важке навантаження на місце розміщення. Типовим прикладом є трансформатори, електричні генератори, турбіни. На супроводжуючих кресленнях в масштабі має бути вказана наступна інформація: вид вантажу збоку, спереду і зверху, особливо виділені місця підйому і місце установки на опору. На цьому кресленні повинен бути показаний ЦТ. Також має бути детально вказані рекомендовані способи підйому і місця для кріплення. Відповідність підйомних пристроїв та місць для кріплення може залежати від напрямку вантажу щодо системи координат при розміщенні на судні. Рекомендована схема розподілу сумарного дії зв'язків закріплення: по 40% на правий і лівий борт і по 10% в ніс і корму [183]. Якщо технологічних місць для кріплення вантажу на борту судна недостатньо, то необхідно визначити кількість додаткових місць і способи для кріплень вантажного місця і проінформувати про це представників вантажовласника. Розривна міцність місць підйому і місць кріплення вантажу повинні бути заявлені і відображені в документах вантажовідправника.

До другої категорії можна віднести негабаритні довгомірні легковагі вантажні місця, які перевозяться в горизонтальному положенні; не встановлені на своїх опорах, що мають тендітні, вразливі або частково міцні поверхні і не мають засобів для підйому або кріплення. Підйом цих місць, як правило, здійснюється за допомогою строп або ременів. Типовим прикладом таких

вантажів є пластикові труби великого діаметра, вертикальні резервуари, кисневі танки, мостобудівні модулі, лопаті вітрогенераторних станцій та інше обладнання. Супровідна документація повинна містити технічну специфікацію і креслення в масштабі з зазначенням тривимірної проекції вантажу, точки і пристосування для підйому і кріплення, а також ЦТ вантажу. На технічному кресленні вантажовідправник повинен вказати місця, для точок кріплення сталевих тросів або ланцюгових найтових. Ці місця повинні бути рівно розподілені по довжині вантажного місця, і розташовуватися якомога симетрично щодо ЦТ. У разі якщо вантажне місце додатково містить будь-які пристосування, не призначені для закріплення, але їх можна використовувати для цієї мети, беручи до уваги їх міцність, то така інформація також повинна зазначатися вантажовідправником письмово.

Декілька схем різних варіантів кріплення вантажів палубного типу наведено на рис. 2.21 та 2.2;

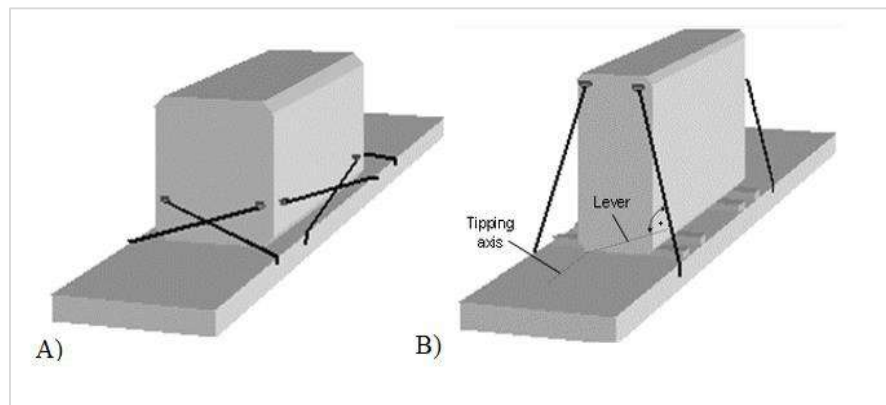


Рисунок 2.21 - а) пряме кріплення проти ковзання, б) пряме кріплення проти перекидання. STU Code, Annex 7. Packing and securing cargo into CTUs

Схема кріплення резервуара на палубі наведена на рис 2.22. Кути кріплення проти ковзання α_1 не повинні бути вище 25 градусів, а від перекидання α_2 не нижче 45 до 60 градусів [8];

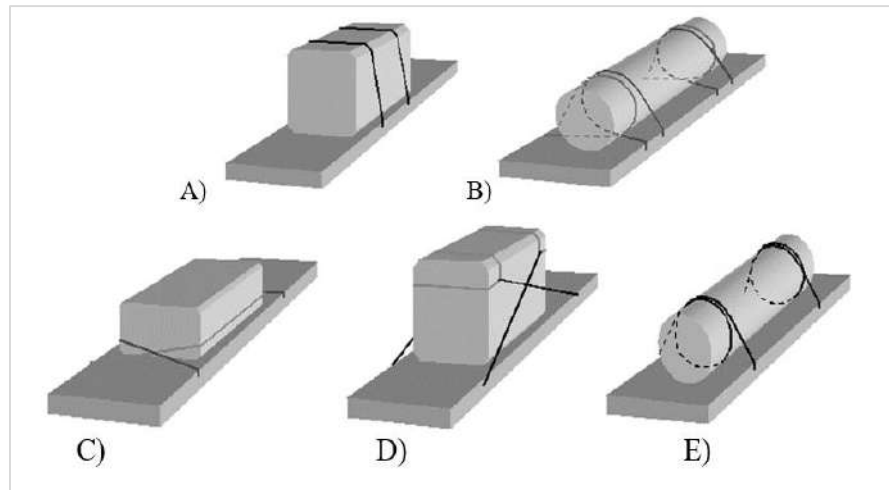


Рисунок 2.22 - Схеми кріплення вантажу А) верхнє, В) вертикальна напівпетля С) горизонтальна напівпетля D) кріплення шпрингом С) петля з обхватом. STU Code, Annex 7. Packing and securing cargo into CTUs

Забезпечення безпечних умов транспортування НВВ у якості палубних вантажів є першочерговим завданням особливо в пошуках рішень щодо забезпечення незмінюваності вантажу в процесі експлуатації судна. Проблема зсуву палубних вантажів все ще потребує всебічного дослідження в плані визначення основних факторів, їх критичного аналізу для формулювання положень, які можуть бути враховані при плануванні процесу транспортування НВВ у якості палубного вантажу, який також ще не отримав узагальнення в достатній мірі і представляє обмежений і несистематизований характер зважаючи на постійне виробництво унікальних вантажів і реалізації нестандартних рішень по їх перевезенню і закріпленню. Окремі аварійних ситуацій і їх наслідки також потребують ретельного аналізу та додаткового вивчення проблеми зсуву вантажних місць внаслідок чого відбувається пошкодження або втрата вантажу, пошкодження або втрата самого судна. Тому необхідно робити акцент на дослідженні транспортних характеристик і фізичних властивостей НВВ, що пред'являються для транспортування задля мінімізації ризиків та з метою уникнення аварійності суден і людських жертв.

2.4 Оцінка можливого негативного впливу системи факторів на експлуатаційний стан судна при транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів

У більшості випадків процес транспортування негабаритних і великовагових вантажів морем характеризується *високим ступенем унікальності* через застосування індивідуального підходу до кожного такого перевезення. Тому «відпрацьовані до автоматизму» технології і процедури, пов'язані з перевезенням, наприклад, масових вантажів, практично неможливі при перевезенні вантажних місць даної категорії.

У зв'язку з цим експлуатація суховантажних суден при транспортуванні НВВ, на відміну від їх використання для перевезень традиційних масових вантажів, характеризується більш значущою залежністю експлуатаційного стану судна в рейсі від стану вантажу: в контексті його розміщення на судні, дотримання певних норм і правил при завантаженні (включаючи навантаження на палубу та корпус судна), а також стану кріпильних систем і матеріалів та їх розташування, що забезпечують стійкість вантажу під час рейсу. Що в свою чергу, має безпосередній зв'язок з поширеним явищем зсуву вантажу в процесі транспортування під впливом, наприклад, вітрового тиску, провисанням або розривом кріпильних систем та обладнання, як в результаті впливу несприятливих погодних умов, так через незадовільну якість кріпильних матеріалів або неадекватні розрахунки розривної міцності відповідно до масо-габаритних характеристик вантажного місця, тощо.

Таким чином, негативний вплив на експлуатаційний стан судна, точніше, вірогідність цього впливу, в разі збільшується саме для даного типу транспортування. При цьому значний вплив мають:

- рівень компетенції і відповідний досвід як екіпажу судна так і стивідорної компанії, що здійснює завантаження / вивантаження відповідно;

- погодні умови в процесі вантажних операцій і безпосередньо в процесі транспортування;
- морехідні якості судна відповідно до заданих гідрометеорологічних умов в процесі транспортування [101];
- кількість та якість кріпильних матеріалів і прокладочної деревини (підтоварників).

Тому важливим завданням з точки зору забезпечення належного експлуатаційного стану судна в процесі транспортування НВВ, є оцінка можливого негативного впливу сукупності факторів випадкового характеру на експлуатаційний стан судна.

Ймовірності зазначених подій: $P(A_i), i=\overline{1, n}; P(C_k), k=\overline{1, K}; P(E_l), l=\overline{1, L}$. Якщо вважати, що дані події - це всі негативні події, які можуть відбуватися в процесі завантаження / транспортування / вивантаження, а також, що ці події є незалежними і спільними, то вони утворюють повну групу, а, отже:

$$\sum_{i=1}^n P(A_i) + \sum_{k=1}^K P(C_k) + \sum_{l=1}^L P(E_l) = 1. \quad (2.4)$$

Нести «потенційну небезпеку» означає, що загроза експлуатаційному стану судна може бути прихованою і проявитися лише через певний час. Наприклад, тиск надмірної ваги вантажу на палубу може привести до негативних наслідків для експлуатаційного стану судна, безпосередньо у процесі транспортування, у поєднанні з впливом несприятливих погодних умов або навіть без них. В іншому випадку, ці наслідки можуть навіть виявитися після вивантаження вантажу, або не проявитися взагалі - наприклад, не дивлячись на перевищення лімітів на палубне навантаження, негативних наслідків для судна після вивантаження не було виявлено (місцева міцність перевищена, але були відсутні події, здатні створити деформацію, руйнування тощо).

Для вирішення даного завдання пропонується наступна концептуальна модель на рис. 2.23;

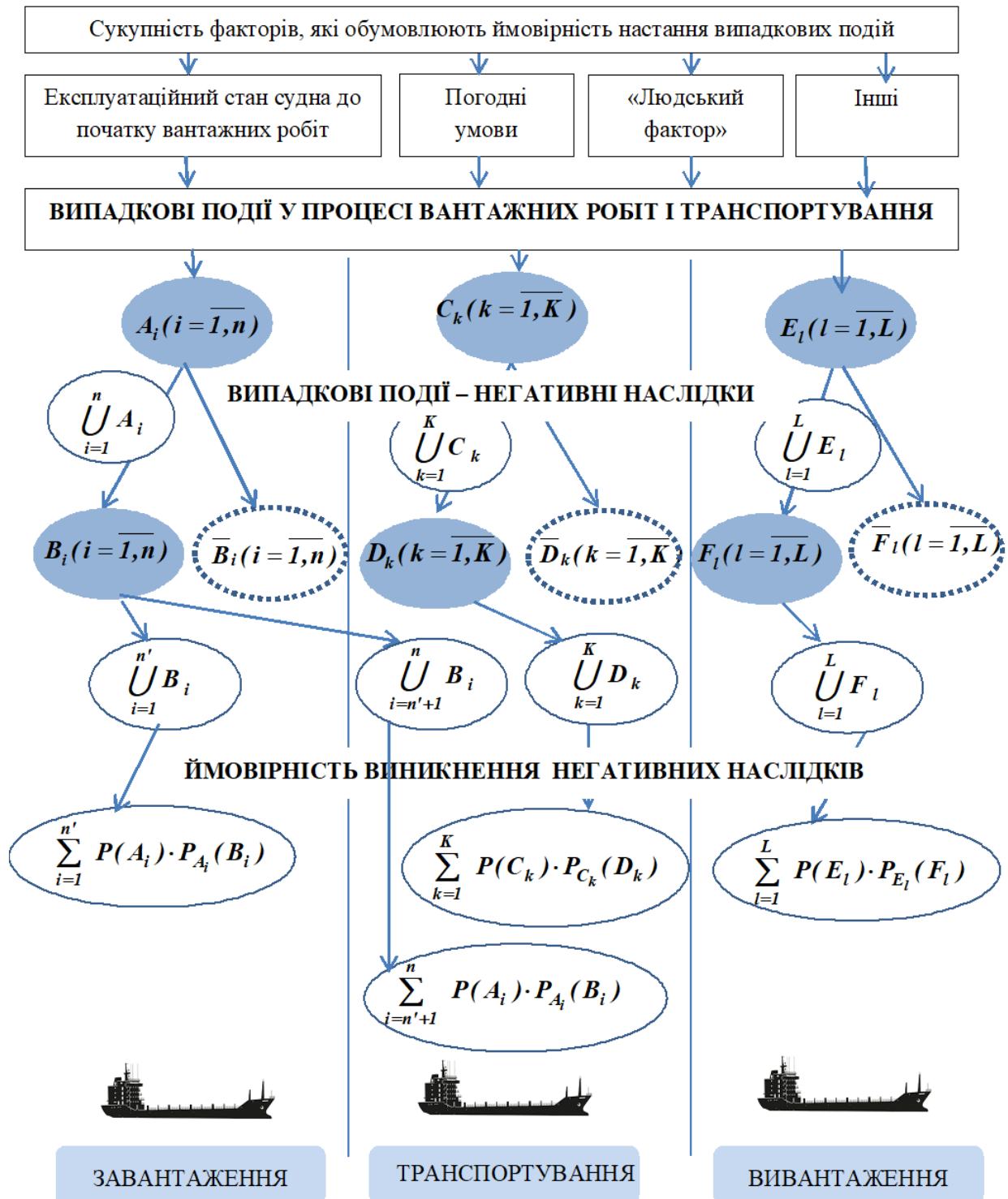


Рисунок 2.23 – Концептуальна модель впливу сукупності факторів на експлуатаційний стан судна в процесі транспортування негабаритних і великовагових вантажів

Таким чином, в результаті настання подій $A_i(i=\overline{1,n})$ можуть з'явитися випадкові події $B_i(i=\overline{1,n})$ або не з'являться, тобто мають місце події $\overline{B}_i(i=\overline{1,n})$. В даному дослідженні вважаємо, що кожному $A_i(i=\overline{1,n})$ відповідає тільки одна подія $B_i(i=\overline{1,n})$ з урахуванням їх агрегованого розгляду. Декомпозиція та деталізація $A_i(i=\overline{1,n})$ и $B_i(i=\overline{1,n})$ дозволить розглянути і дослідити більш складні взаємозв'язки, наприклад, коли подія $B_i(i=\overline{1,n})$ може проявитися тільки за умови одночасного настання декількох подій $A_i(i=\overline{1,n})$ и т.п. Крім того, дані події $A_i(i=\overline{1,n})$ можуть відбуватися одночасно, отже, можливе настання події $\bigcup_{i=1}^n A_i$ і, як наслідок, настання події $\bigcup_{i=1}^n B_i$.

Слід також зазначити, що, згідно з практикою судноплавства та експлуатації суден (на цьому також було акцентовано увагу вище), деякі наслідки подій $A_i(i=\overline{1,n})$ можуть проявитися, в процесі транспортування (морського переходу між портами), деякі наслідки, наприклад, $\bigcup_{i=1}^{n'} B_i$ можуть проявитися відразу, в процесі завантаження, а деякі, наприклад, $\bigcup_{i=n'+1}^n B_i$ в процесі транспортування.

Так як події $B_i(i=\overline{1,n})$ залежать від $A_i(i=\overline{1,n})$, то ймовірність подій $B_i(i=\overline{1,n})$ - це ймовірності цих подій за умови, що $A_i(i=\overline{1,n})$ відбулося, тобто умовні ймовірності - $P_{A_i}(B_i), i=\overline{1,n}$. Відповідно, ймовірність подій $\overline{B}_i(i=\overline{1,n})$

$$P_{A_i}(\overline{B}_i) = 1 - P_{A_i}(B_i), i=\overline{1,n}. \quad (2.5)$$

Аналогічно ймовірності негативних наслідків $D_k(k=\overline{1,K})$ і $F_l(l=\overline{1,L})$: $P_{C_k}(D_k), k=\overline{1,K}$ и $P_{E_l}(F_l), l=\overline{1,L}$.

Таким чином, в процесі завантаження ймовірність настання негативних наслідків для експлуатаційного стану судна:

$$\sum_{i=1}^{n'} P(A_i) \times P_{A_i}(B_i), \quad (2.6)$$

в процесі транспортування

$$\sum_{i=n'+1}^n P(A_i) \times P_{A_i}(B_i) + \sum_{k=1}^K P(C_k) \times P_{C_k}(D_k), \quad (2.7)$$

в процесі вивантаження

$$\sum_{l=1}^L P(E_l) \times P_{E_l}(F_l). \quad (2.8)$$

Отже, ймовірність настання подій, що загрожують експлуатаційному стану судна в процесі транспортування НВВ:

$$\sum_{i=1}^n P(A_i) \times P_{A_i}(B_i) + \sum_{k=1}^K P(C_k) \times P_{C_k}(D_k) + \sum_{l=1}^L P(E_l) \times P_{E_l}(F_l). \quad (2.9)$$

На ґрунті узагальнення практичного досвіду транспортування НВВ за допомогою суден-балкерів (тобто судна, які не є спеціалізованими для даного типу перевезень), ідентифіковані наступні безлічі подій що розглядаються (табл. 2.4 і табл. 2.5), $A_i (i=\overline{1, n})$ – в процесі завантаження і $C_k (k=\overline{1, K})$ – в процесі транспортування, а також їх наслідки для експлуатаційного стану $B_i (i=\overline{1, n})$ и $D_k (k=\overline{1, K})$. В даному випадку події $E_l (l=\overline{1, L})$ – в процесі вивантаження вважаємо ідентичними подіям в процесі завантаження, так само як і їх наслідки.

Таблиця 2.4 - Негативні події та їх наслідки в процесі завантаження негабаритних і великовагових вантажів

Негативні події $A_i (i=\overline{1,9})$	Наслідки $B_i (i=\overline{1,9})$
A1. Недостатній рівень професійної підготовки і кваліфікації плавскладу, практичних навичок та знань при транспортуванні НВВ;	B1. Відсутність належного рівня контролю та спостереження за ходом виконання вантажних операцій, розміщення та кріплення вантажу, унеможливлення попередження та виникнення аварійних ситуацій;
A2. Порушення правил безпеки під час проведення вантажних операцій з підйому-переміщення-розташуванню місць НВВ;	B2. Пошкодження конструктивних елементів суднового набору, палубного обладнання та систем люкового закриття;
A3. Неадекватне навантаження суднових вантажних засобів за масою, критичні кути підйому та різки маневри під навантаженням;	B3. Виникнення аварійних ситуацій з судновими вантажними засобами, псування рангоуту та розрив елементів бігучого такелажу;
A4. Порушення технології завантаження і розміщення палубного вантажу відповідно до обмежень з місцевої міцності суднових конструкцій;	B4. Пошкодження структурних елементів набору судна, палуб, кришок трюмів;
A5. Низький рівень кількісно-якісних характеристик кріпильного матеріалу та прокладочної деревини;	B5. Пошкодження структурних елементів набору судна, палуб, кришок трюмів. Пошкодження вантажу, каркасу вантажного місця, тари та упаковки.
A6. Відсутність періодичних замірів баластних танків і невиконання опресування донних танків перед початком завантаження палубного вантажу;	B6. Поява небезпечного статичного крену та виникнення аварійних ситуацій з вантажними пристроями та вантажем протягом вантажних операцій;
A7. Порушення технології укладання і кріплення палубного вантажу; Завантаження палубного НВВ із значним перевищенням висоти, відповідно до Кодексу безпечної практики для суден, при транспортуванні палубних вантажів;	B7. Збільшення площі парусності судна, складність керуванням у штормових умовах, порушення остійності.
A8. Обмеження існуючих методик і правил кріплення палубних НВВ щодо врахування в повній мірі їх масо-габаритної структури;	B8. Завищення витрат на процес кріплення і збільшення трудомісткості процесу кріплення, збільшення часу вантажно-розвантажувальних робіт;
A9. Відсутність сертифікатів відповідності стандартам якості на кріпильний та прокладочний матеріал.	B9. Руйнування та знищення кріпильних систем, пошкодження та втрата вантажу;

Таблиця 2.5 - Негативні події та їх наслідки в процесі перевезення негабаритних і великовагових вантажів

Негативні події $C_k (k=\overline{1,11})$	Наслідки $D_k (k=\overline{1,11})$
С1. Людський фактор при неправильній оцінці погодних умов;	D1. Пошкодження і загибель судна, пошкодження або втрата палубного вантажу;
С2. Некомпетентне керування судном в штормових умовах;	D2. Знищення систем кріплення, пошкодження або втрата палубного вантажу. Пошкодження і загибель судна;
С3. Відсутність належного систематичного контролю за поточним станом систем кріплення під час морського переходу судна;	D3. Послаблення та провисання зв'язків кріплення, розрив та знищення систем кріплення. Зсув, пошкодження та втрата вантажу;
С4. Відсутність сервісу гідрометеорологічного супроводу судна під час переходу;	D4. Проблема зсуву та зміщення палубного вантажу під дією динамічних навантажень при плаванні судна в штормових умовах;
С5. Нехтування прогнозами щодо гідрометеорологічної обстановки при плануванні рейсу;	D5. Проблема зсуву та зміщення палубного вантажу під дією динамічних навантажень при маневруванні судна в штормових умовах;
С6. Не врахування вимог існуючих нормативних документів з укладання і кріплення НВВ на судні і методик їх розрахунків;	D6. Виникнення аварійних ситуацій внаслідок зсуву вантажних місць, поява небезпечного крену, псування та втрата вантажу;
С7. Врахування не в повному обсязі транспортних характеристик і властивостей вантажних місць, що роблять істотний вплив на безпеку їх транспортування;	D7. Знищення кріпильних систем, зсув вантажу, пошкодження та руйнування структурних елементів та палубного обладнання судна;
С8. Вік, технічний стан судна, якість та періодичність його технічної експлуатації.	D8. Згідно статистичних даних імовірність загибелі суден протягом перших 10 років з моменту прийомки приблизно в шість разів нижче, ніж для суден з тривалістю експлуатації від 20 до 30 років).
С9. Невірний розрахунок остійності на відхід та прихід судна і відсутність перевірки метацентричної висоти по періоду вільних коливань судна або методом кренування	D9. Поява куту усталеного крену з негативною початковою остійністю і як наслідок зсув вантажу, знищення кріплень, пошкодження та втрата вантажу;

Продовження табл. 2.5

<p>C10. Відсутність контролю за остійністю судна протягом рейсу і відсутність контролю за витратами змінних судових запасів</p>	<p>D10. Виникнення аварійних ситуацій внаслідок зсуву вантажних місць, поява небезпечного крену.</p>
<p>C11. Недосконалий рівень планування рейсу, методів контролю навігаційної безпеки та планування необхідних заходів щодо забезпечення безпеки перевезення палубних вантажів</p>	<p>D11. Порухення умов перевезення палубного вантажу, знос систем кріплення, порушення критеріїв остійності, перевищення обмежень місцевої міцності і руйнування структурних елементів судна</p>

Прояв тих чи інших розглянутих вище негативних наслідків подій, що несуть потенційну загрозу експлуатаційному стану судна, обумовлює один з безлічі можливих експлуатаційних станів судна (рис. 2.24).

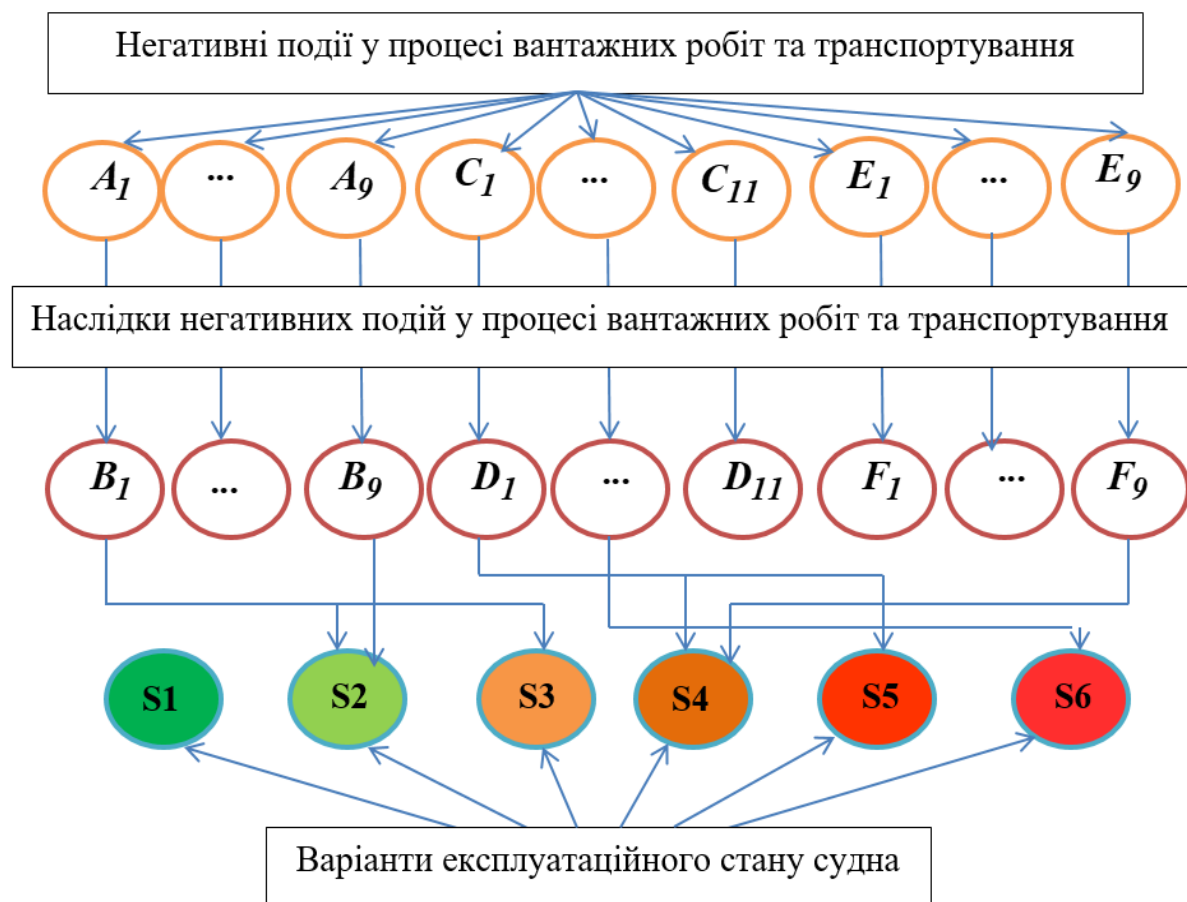


Рисунок 2.24 – Вплив наслідків негативних подій на експлуатаційний стан судна

На рис. 2.24 схематично вказано, що певні наслідки негативних подій в процесі транспортування НВВ обумовлюють той чи інший експлуатаційний стан судна. Ідентифікація кількості і сутності даних станів залежить від сутності задачі що розглядається, та підходу до деталізації подій, їх наслідків і станів.

Як відомо, безліч можливих станів досліджуваного об'єкта визначається специфікою об'єкта і задачі що розглядається. Так, стан судна за аналогією зі станом повітряного судна, наприклад, може бути розглянутий в агрегованому вигляді, тобто може бути виділено наступне: стан справний, стан несправний працездатний, стан несправний непрацездатний. З іншого боку, судно може бути представлено у вигляді сукупності різних систем, і тоді його стан може характеризуватися сукупністю станів даної безлічі систем.

Відзначимо, що експлуатаційний стан судна в контексті розв'язуваної задачі не може бути ідентифіковано як «справний», «несправний працездатний» і «несправний непрацездатний», що визначається наявністю різних варіантів станів в рамках «несправний працездатний».

Для чіткої ідентифікації експлуатаційних станів судна в розглянутій задачі його оцінки в рейсі, при транспортуванні НВВ, стан досліджуваного об'єкта - судна в процесі транспортування - може бути представлений як стан сукупності двох об'єктів «судно-вантаж». Підсумковий експлуатаційний стан судна в процесі транспортування формується саме з урахуванням різних подій, пов'язаних безпосередньо з судном (наприклад, відмова технічних систем) або з вантажем (його зміщення, негативний вплив на палубне обладнання тощо).

Для ідентифікації основних станів досліджуваного об'єкта «судно-вантаж» пропонується здійснити декомпозицію зазначеного стану на два варіанти («в нормі», «наявність проблем») за трьома компонентами: «морехідні якості судна», «технічний стан судна», «вантаж та системи кріплення». Такий підхід визначається, перш за все, специфікою експлуатації суден при транспортуванні НВВ, що проявляється, наприклад, в особливостях розміщення і кріплення вантажу на судні, що, відповідно, можуть призводити до певних порушень як під

час процесу завантаження на судно, так і порушення «цілісності» системи «судно-вантаж» в процесі транспортування.

Позитивна («в нормі» - 1) і негативна («наявність проблем» - 0) оцінка кожної компоненти формує наступну класифікацію основних варіантів стану судна (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 - Класифікація основних експлуатаційних станів судна при транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів

Стан	Морехідні якості судна	Технічний стан судна	Вантаж та системи кріплення	Опис стану
S1	1	1	1	Задовільні умови експлуатації та нормальний стан судна
S2	1	1	0	Пошкодження або/і втрата вантажу
S3	1	0	0	Пошкодження та втрата вантажу, пошкодження структурних елементів набору судна та палубного обладнання
S4	1	0	1	Пошкодження структурних елементів судна та палубного обладнання внаслідок зсуву/зміщення вантажу/руйнування систем кріплення
S5	0	1	1	Поява небезпечного крену, погіршення /втрата остійності судна внаслідок зсуву/зміщення вантажу
S6	0	0	0	Незадовільний умови експлуатації та аварійний стан судна

Відзначимо, що два теоретично можливих варіанти: задовільний стан вантажу при незадовільному технічному та морехідному стані судна (комбінація 0,0,1), а також втрата морехідних якостей і незадовільний стан вантажу при нормальному технічному стані (0,1,0) не мають практичного сенсу і фактично перетворюються в (0,0,0) - тобто незадовільний стан судна (природно, разом з вантажем).

Узагальнення практичного досвіду і логіка взаємозв'язку негативних впливів на експлуатаційний стан судна дозволяє отримати наступний

взаємозв'язок подій і станів (табл. 2.7), який схематично представлений на рис. 2.24;

Таблиця 2.7 - Вплив наслідків негативних ситуацій на експлуатаційний стан судна в процесі транспортування негабаритних і великовагових вантажів

Стан	Опис стану	Події впливу
S1	Задовільні умови експлуатації та нормальний функціональний стан судна	-
S2	Пошкодження або/і втрата вантажу	B1, B5, B9; D1-D3, D6, D11;
S3	Пошкодження та втрата вантажу, пошкодження структурних елементів набору судна та палубного обладнання	B1, B5; D1, D2, D6, D11;
S4	Пошкодження структурних елементів судна та палубного обладнання внаслідок зсуву/зміщення вантажу/руйнування систем кріплення	B1-B5, B8; D1-D6, D7, D11
S5	Поява небезпечного крену, погіршення/втрата остійності судна внаслідок зсуву/зміщення вантажу	B1, B6, B7; D1, D2, D4-D6, D8-D11;
S6	Незадовільний умови експлуатації та аварійний стан судна	B1; D1, D2, D8, D11;

Таким чином за рахунок оцінки негативного впливу системи факторів на експлуатаційний стан судна визначено наступне:

- ідентифіковано основні варіанти експлуатаційного стану судна в процесі транспортування негабаритних і великовагових вантажів (шість станів).
- встановлено основні можливі негативні події в процесі завантаження / транспортування / розвантаження негабаритних і великовагових вантажів, їх наслідки, а також вплив на той чи інший експлуатаційний стан судна.
- встановлено і математично описано ланцюг формування ймовірності впливу негативних подій в рейсі судна, в процесі транспортування негабаритних і великовагових вантажів.

2.5 Моделювання зміни експлуатаційного стану судна в процесі транспортування негабаритних і великовагових вантажів

Незважаючи на те, що в результаті ідентифікації ймовірностей впливу окремих подій представляється можливим оцінити ймовірність негативного впливу безлічі подій, які обумовлюють той чи інший експлуатаційний стан судна в процесі транспортування НВВ, проте, дані певного стану формуються у вигляді взаємопов'язаних переходів, що має бути також досліджено на базі моделювання даного процесу - переходу експлуатаційного стану судна від одного стану до іншого.

Для вирішення подібних завдань накопичено певний теоретичний і практичний досвід використання апарату теорії марківських процесів, тобто стохастичної моделі, що має властивість Маркова - специфічного виду випадкових процесів. Зокрема, на застосуванні марківських процесів побудовані системи керування технічним обслуговуванням літальних апаратів [153], здійснюється процес ідентифікації режиму роботи риболовецького судна [154], розроблено метод кількісної оцінки навігаційної безпеки [155].

Процеси без післядії знаходять місце при функціонуванні багатьох технічних систем. У використанні апарату марківських процесів є певні обмеження - тільки випадкові процеси, в яких кожний стан даного об'єкту (системи об'єктів) залежить тільки від його (їх) попереднього стану і не залежить від того що було до цього. Тобто марківський процес - процес без післядії.

У [153] вказується: «... основна перевага марківських процесів полягає в можливості побудови прогнозовано-керованих моделей поведінки об'єкта або групи об'єктів в часі на основі статистичних даних або за результатами експлуатаційних спостережень».

Перехід системи «судно-вантаж» з одного стану в інший в процесі виконання рейсу здійснюється під впливом безлічі випадкових факторів, таких як: погодні умови, «людський фактор», стан судна на момент початку рейсу,

якість та кількість кріпильних матеріалів тощо. Крім того, кожен новий стан визначається тільки тим, який стан у системи був до цього. Таким чином, виконуються необхідні умови для ідентифікації даного процесу зміни експлуатаційного стану судна при транспортуванні НВВ як марківського.

Наступним етапом дослідження є визначення типу марківського процесу. Так як кількість розглянутих станів є рахунковою безліччю, то має місце дискретний випадковий процес. Так як фіксування стану судна здійснюється в певні моменти часу, то має місце марківський процес з дискретним часом $t=0,1,2,3\dots$. Будемо вважати розглянутий ланцюг Маркова однорідним, так як ймовірності переходу зі стану в стан не залежать від часу, а залежать виключно від комплексу випадкових факторів впливу.

У якості моментів часу можуть виступати година, доба або навіть декада але, з урахуванням специфіки динаміки зміни погодних і навігаційних умов та ситуації на судні, за $t=0,1,2,3\dots$ приймемо добу в рамках часу рейсу.

Граф станів і переходів досліджуваного об'єкта представлений на рис. 2.25;

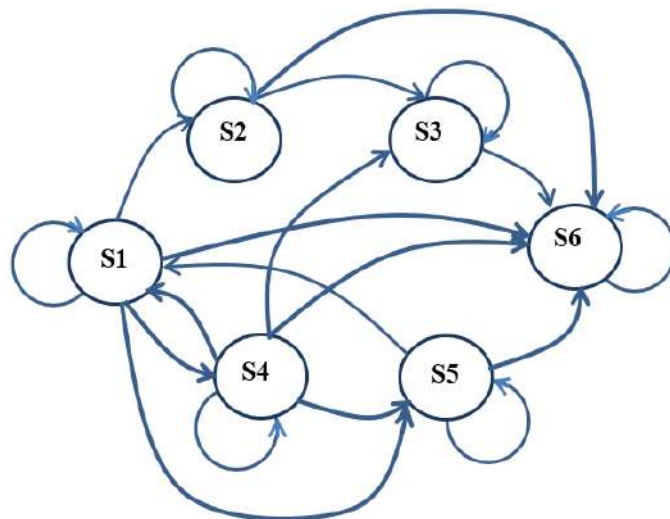


Рисунок 2.25 - Граф переходів експлуатаційних станів судна

Відзначимо що, задовільний морехідний стан судна S1 є поворотним станом, так як до нього судно може повернутися, наприклад, в результаті

нормалізації погодних умов навіть при попередньому впливі негативних чинників.

Матриця ймовірностей переходу:

$$P = [p_{ij}] = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & 0 & p_{14} & p_{15} & p_{16} \\ 0 & p_{22} & p_{23} & 0 & 0 & p_{26} \\ 0 & 0 & p_{33} & 0 & 0 & p_{36} \\ p_{41} & 0 & p_{43} & p_{44} & p_{45} & p_{46} \\ p_{51} & 0 & 0 & 0 & p_{55} & p_{56} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2.10)$$

де

$$0 \leq p_{ij} \leq 1, i = \overline{1,6}, j = \overline{1,6}. \quad (2.11)$$

Відзначимо, що в матриці (2.1) вже проставлені нульові значення ймовірностей для неможливих переходів стану відповідно до графу на рис. 1. При цьому стан S6 є поглинаючим, тобто з цього стану судно вже не виходить, тому відповідна ймовірність $p_{66} = 1$. А це означає, що розглянутий марківський ланцюг не володіє ергодичною властивістю.

Згідно з властивостями марківського процесу елементи матриці задовольняють умові:

$$\sum_{j=1}^6 p_{ij} = 1, i = \overline{1,6}. \quad (2.12)$$

Для марківського процесу потрібно завдання початкових ймовірностей $p_1(0), p_2(0), p_3(0), p_4(0), p_5(0), p_6(0)$ знаходження даної системи «судно-вантаж» в початковий момент часу $t=0$:

$$p_1(0) + p_2(0) + p_3(0) + p_4(0) + p_5(0) + p_6(0) = 1. \quad (2.13)$$

Даним моментом часу ($t=0$) є вихід судна з порту завантаження. По суті, початкові ймовірності оцінюють те, як впливає безліч випадкових факторів у

процесі завантаження судна і на стан самого судна до початку завантаження. Таким чином, початковий стан системи «судно-вантаж», який і формує початковий експлуатаційний стан судна в даному рейсі, $p_1(0), p_2(0), p_3(0), p_4(0), p_5(0), p_6(0)$ визначається на ґрунті аналізу можливого впливу системи факторів для конкретного судна (з урахуванням його характеристик і особливостей попередньої експлуатації), конкретного вантажу (згідно експертної думки або статистики), конкретного порту завантаження (відповідно до експертної думки або статистики).

З урахуванням того, що даний процес не володіє ергодичною властивістю, він не має усталеного режиму (стану), тому після значного проміжку часу ймовірності станів не прагнуть до граничних значень $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6$ (стаціонарним ймовірностям), які не залежать від початкових станів $p_1(0), p_2(0), p_3(0), p_4(0), p_5(0), p_6(0)$ і поточного моменту часу. Таким чином, марківський процес - система «судно-вантаж» в процесі транспортування - «запускається» від певного стартового стану $p_1(0), p_2(0), p_3(0), p_4(0), p_5(0), p_6(0)$, від якого залежить ймовірність подальшого перебування судна в тому чи іншому стані в процесі виконання рейсу.

Вивчення динаміки експлуатаційного стану судна на базі запропонованого марківського ланцюга. Зокрема, на базі рівняння Колмогорова-Чепмена (2.14) можна визначити ймовірності експлуатаційних станів судна в кожен даний момент часу:

$$p_j(k) = \sum_{i=1}^n p_i(k-1) \times p_{ij}, j = \overline{1, n}, k = 1, 2, 3, \dots \quad (2.14)$$

Відзначимо, що судно (судно-вантаж) є керованим об'єктом, а, отже, розглянутий марківський процес є *керованим*. У деяких джерелах такі процеси визначають як «напівмарковські», де цілеспрямоване «втручання» трансформує початкову перехідну матрицю. Отже, може бути встановлено безліч $Z_i, i = \overline{1, n}$ - суть елементів якої, - керуючі дії (рис. 2.25).

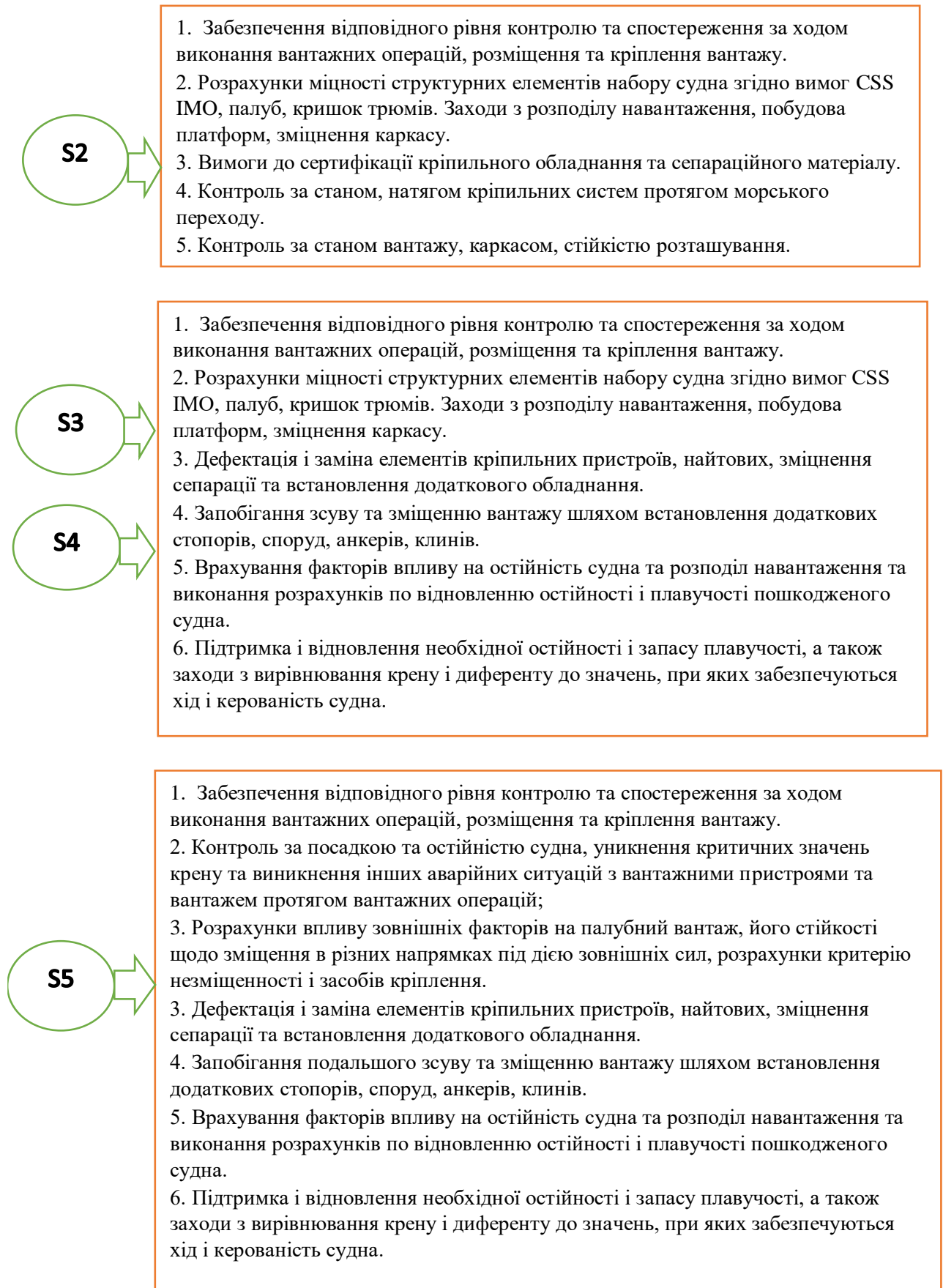


Рисунок 2.26 – «Управляючі дії» для різних експлуатаційних станів судна

Таким чином, $Z_i = \{Z_i^1, Z_i^2, \dots, Z_i^{M_i}\}, i = \overline{1, n}$ описують конкретні дії команди (екіпажу судна), які впливають на ймовірності матриці (2.10), тобто з урахуванням керованості розглянутого марківського процесу на кожному кроці (момент часу):

$$P^Z = [p_{ij}^Z], Z \hat{I} Z_i, i = \overline{1, n}. \quad (2.15)$$

Таким чином, на базі властивостей керованих марківських процесів, можна сформулювати таку послідовність часткових керувань з множин $Z_i, i = \overline{1, n}$, які сформулюють оптимальну стратегію керування експлуатаційним станом судна в процесі транспортування НВВ, в разі негативного впливу безлічі факторів. На базі узагальнення практичного досвіду та теоретичних рекомендацій щодо реалізації заходів, спрямованих на «повернення» судна до нормального експлуатаційного стану, сформовані множини $Z_i, i = \overline{2, 5}$.

Експериментальні дослідження запропонованої імітаційної моделі (граф станів і перехідна матриця саме і утворюють імітацію), що відображає зміну експлуатаційного стану судна, проводилися за допомогою наступних вихідних даних:

матриці перехідних ймовірностей:

$$P = [p_{ij}] = \begin{bmatrix} 0,99 & 0,0092 & 0 & 0,0004 & 0,0003 & 0,0001 \\ 0 & 0,7 & 0,27 & 0 & 0 & 0,03 \\ 0 & 0 & 0,7 & 0 & 0 & 0,3 \\ 0,1 & 0 & 0,2 & 0,5 & 0,1 & 0,1 \\ 0,1 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0,4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

і при різних значеннях ймовірностей експлуатаційних станів судна, що розглядаються в початковий момент часу $t = 0$:

$$\begin{aligned}
1) P_1(0) &= 0,99; P_2(0) = 0,01; P_3(0) = 0; P_4(0) = 0; P_5(0) = 0; P_6(0) = 0; \\
2) P_1(0) &= 0,95; P_2(0) = 0,05; P_3(0) = 0; P_4(0) = 0; P_5(0) = 0; P_6(0) = 0; \\
3) P_1(0) &= 0,90; P_2(0) = 0,10; P_3(0) = 0; P_4(0) = 0; P_5(0) = 0; P_6(0) = 0; \\
4) P_1(0) &= 0,85; P_2(0) = 0,15; P_3(0) = 0; P_4(0) = 0; P_5(0) = 0; P_6(0) = 0.
\end{aligned} \tag{2.17}$$

Чотири варіанти початкового експлуатаційного стану судна визначаються специфікою вантажних операцій і станом судна до початку рейсу: перший варіант є найсприятливішим з розглянутих, четвертий задає, по суті, 15% на можливі похибки в процесі завантаження і не зовсім задовільний стан судна до початку вантажних операцій. Таким чином, порт, вантаж і судно визначають ймовірності експлуатаційного стану судна (системи «судно-вантаж»).

Припустимо, що матриця перехідних ймовірностей (2.16) відображає саме марківський процес, тобто випадковий процес без цілеспрямованого втручання.

Для усіх розглянутих варіантів ймовірностей стану судна в момент часу $t=0$ були проведені за формулою (2.14) відповідні розрахунки, які дозволили сформулювати такі закономірності (рис. 2.27, 2.28).

На Рис. 2.26 продемонстровано, що ймовірність стану судна S1 практично лінійно зменшується з будь-якої початкової точки, і, наприклад, для 4-го варіанта початкових умов:

$P_1(0) = 0,85; P_2(0) = 0,15; P_3(0) = 0; P_4(0) = 0; P_5(0) = 0; P_6(0) = 0$, на 11-му часовому кроці доходить практично до 0,75. Це пояснюється, перш за все, специфікою матриці (2.16), яка сформована для ситуації зміни стану судна без будь-якого впливу на цей процес. При цьому для першого початкового стану:

$P_1(0) = 0,99; P_2(0) = 0,01; P_3(0) = 0; P_4(0) = 0; P_5(0) = 0; P_6(0) = 0$ на цьому ж 11-му часовому кроці ймовірність стану S1 практично рівно 0,9.

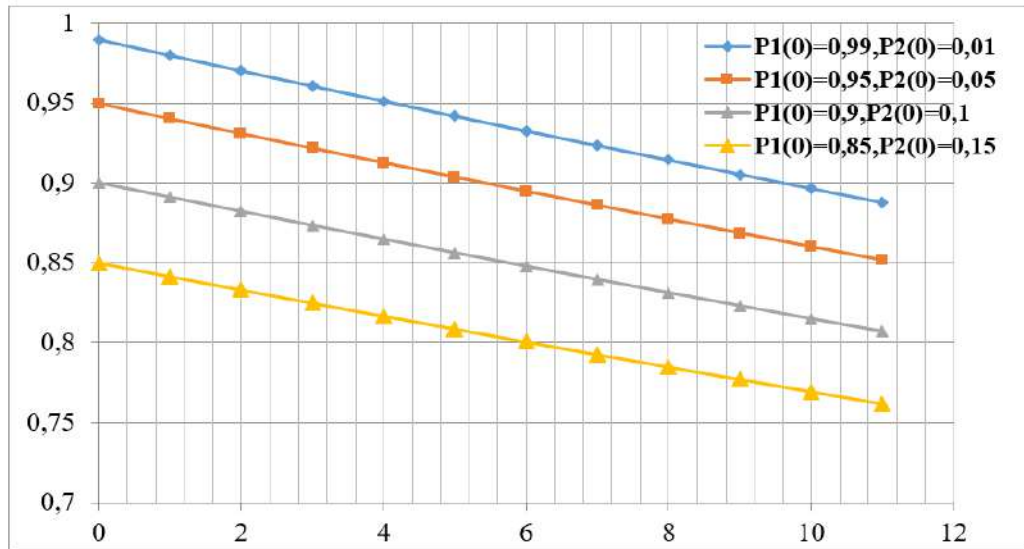


Рисунок 2.27 – Динаміка ймовірності S1 для різних варіантів початкових ймовірностей (момент часу $t=0$)

На Рис. 2.28 показано динаміку ймовірності найгіршого стану судна S6.

На 11-му часовому кроці для першого початкового стану $P_1(0)=0,99; P_2(0)=0,01; P_3(0)=0; P_4(0)=0; P_5(0)=0; P_6(0)=0$ ймовірність даного стану близько 0,06, що може бути прийнято як припустима ситуація. При цьому для четвертого початкового стану $P_1(0)=0,85; P_2(0)=0,15; P_3(0)=0; P_4(0)=0; P_5(0)=0; P_6(0)=0$, ймовірність стану S6 наближається до 0,18, що не може вважатися припустимим.

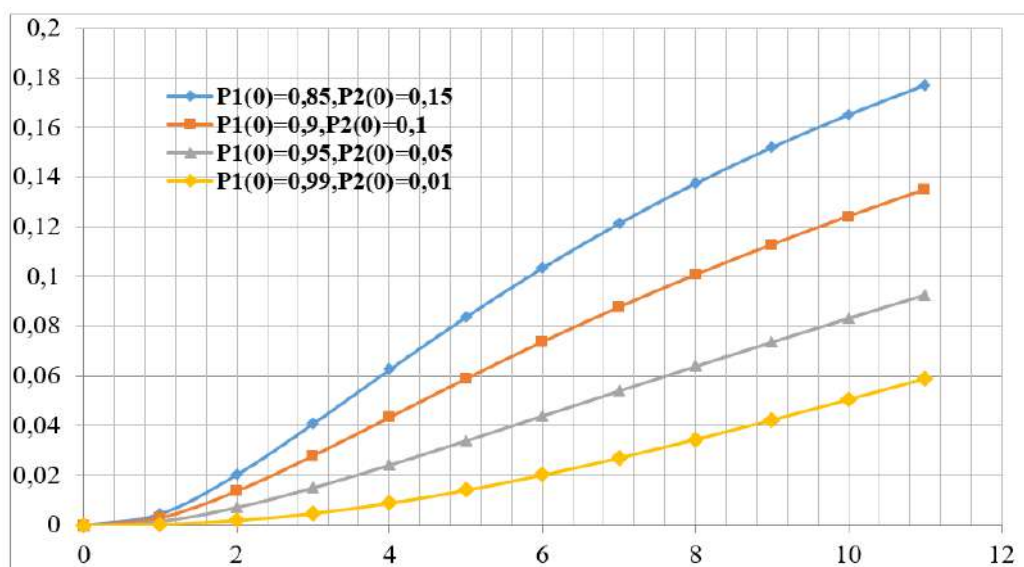


Рисунок 2.28 – Динаміка ймовірності S6 для різних варіантів початкових ймовірностей (момент часу $t = 0$)

Наступним етапом експериментальних досліджень стало використання керуючих впливів, описаних раніше. Будемо вважати, що не йдеться в даному випадку про вибір будь-якого варіанта, а про використання всіх перерахованих заходів. Це дозволить змінити матрицю перехідних ймовірностей до наступного вигляду:

$$P = [p_{ij}] = \begin{bmatrix} 0,99 & 0,00925 & 0 & 0,00045 & 0,0003 & 0,00001 \\ 0 & 0,85 & 0,149 & 0 & 0 & 0,001 \\ 0 & 0 & 0,95 & 0 & 0 & 0,05 \\ 0,1 & 0 & 0,17 & 0,7 & 0,02 & 0,01 \\ 0,1 & 0 & 0 & 0 & 0,6 & 0,3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (2.18)$$

У цій матриці ймовірності переходу до стану S6 значно нижче, ніж для попереднього варіанту. Крім того, збільшилися ймовірності перебування судна в станах S2, S3, S5. Тобто управлінський вплив з більшою ймовірністю забезпечить деякий фіксований стан судна.

Відповідні графіки зміни ймовірностей станів судна S1, S6 представлені на рис. 2.29, 2.30. Відзначимо, що динаміка ймовірностей стану S1 залишилася попередньою, що пояснюється відсутністю змін в матриці перехідних ймовірностей щодо даного стану. Проте, зміни в (2.18) торкнулися всіх інших станів судна.

Зокрема, динаміка для S6 є більш «оптимістичною» і, зокрема, на 11-му часовому кроці ймовірність стану S6 для першого варіанту початкових ймовірностей: $P_1(0)=0,99; P_2(0)=0,01; P_3(0)=0; P_4(0)=0; P_5(0)=0; P_6(0)=0$ становить трохи більше 0,01 (в порівнянні з 0,06 у попередній ситуації). Також на 11-му часовому кроці ймовірність стану S6 для четвертого варіанту початкових ймовірностей: $P_1(0)=0,85; P_2(0)=0,15; P_3(0)=0; P_4(0)=0; P_5(0)=0; P_6(0)=0$ складає трохи менше 0,04 (у порівнянні з 0,18 у попередній ситуації).

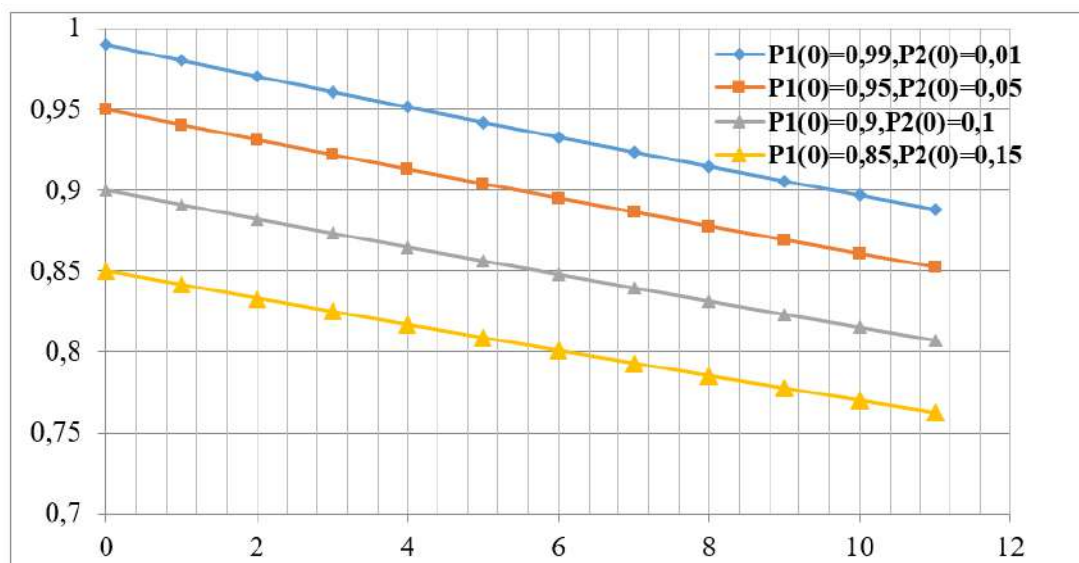


Рисунок 2.29 - Динаміка ймовірності S1 для різних варіантів початкових ймовірностей (момент часу $t = 0$)

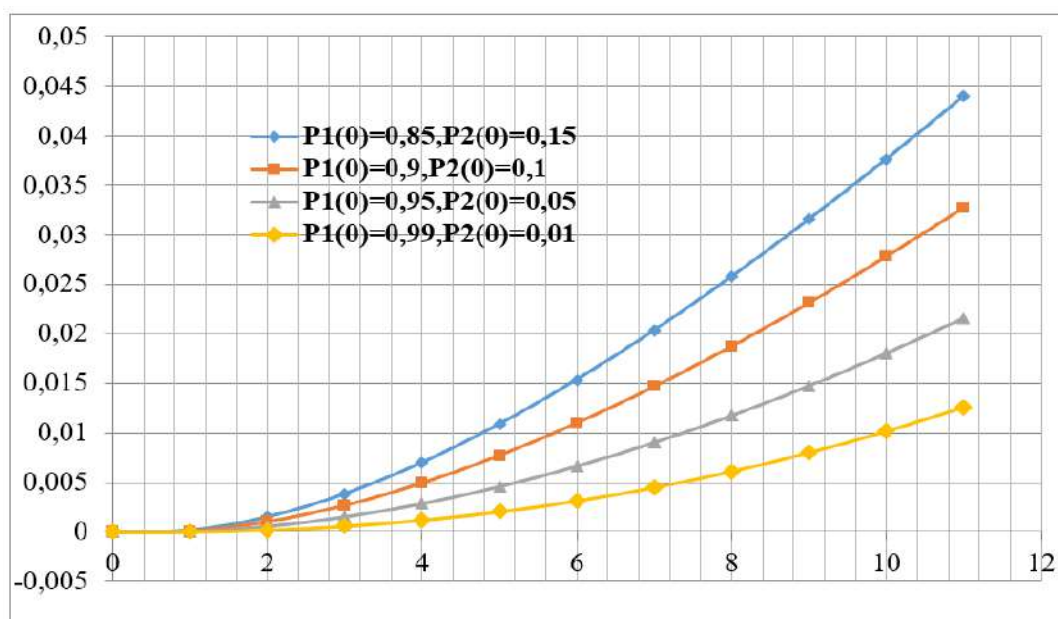


Рисунок 2.30 – Динаміка ймовірності S6 для різних варіантів початкових ймовірностей (момент часу $t = 0$)

Таким чином, експериментальні дослідження продемонстрували можливість практичного використання розробленої моделі марківського процесу, яка описує зміну експлуатаційного стану судна в процесі транспортування НВВ, а також дозволили зробити висновок про адекватність

запропонованого підходу реальним процесам експлуатації суден і достовірності одержуваних на його основі результатів.

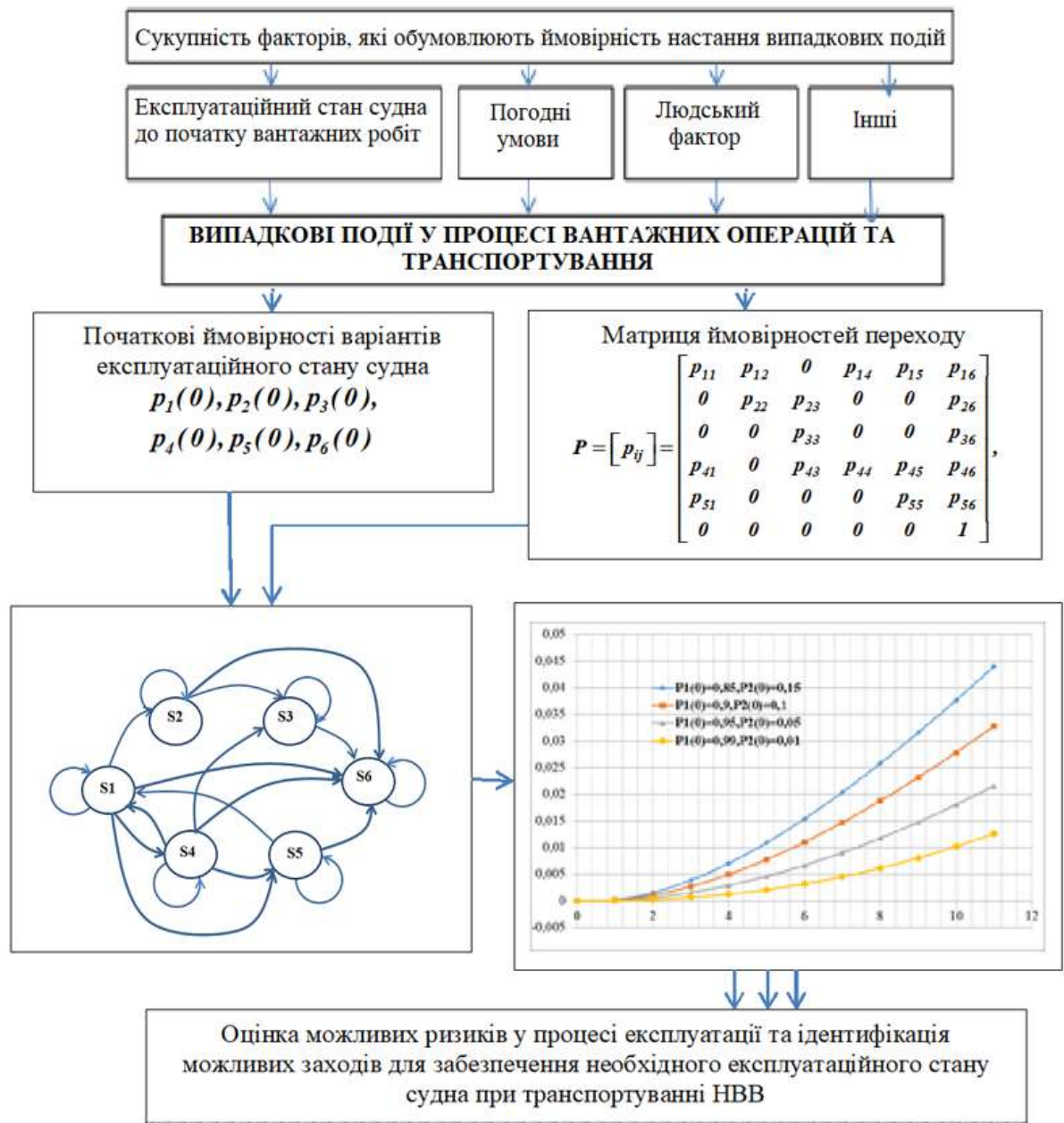


Рисунок 2.31 – Концептуальна модель прийняття рішення щодо забезпечення безпеки експлуатації судна

Отже, в залежності від безлічі факторів формуються початкові ймовірності для шести виділених експлуатаційних станів судна. Взаємозв'язок даних станів ідентифікований і формалізований у вигляді моделі однорідного марківського процесу з дискретним часом, наявністю безповоротного стану (S_6) (тобто з

відсутністю властивості ергодичності). Можливість застосування керуючих впливів, які впливають на матрицю перехідних ймовірностей, призводить до трансформації даного процесу в керований марківський процес (або напівмарківський процес).

Запропонована модель процесу дозволяє здійснювати експериментальні дослідження для різних початкових умов і визначати найбільш ймовірні зміни в експлуатаційному стані судна через задане число часових кроків. А це, в свою чергу, дає можливість для оцінки ризиків і прийняття рішень щодо експлуатаційного стану судна в процесі транспортування НВВ у вигляді теоретичної основи.

Висновки до другого розділу

1. Встановлено вплив підвищених факторів ризику на процес транспортування НВВ, тому нормативна база що регламентує процес міжнародного перевезення повинна бути належним чином опрацьована з метою встановлення зон відповідальності, врахування специфіки і характеристик вантажу, що дозволяють на основі обраного типу судна визначати технологію вантажних операцій, перелік засобів і методів транспортно-технологічного забезпечення процесів доставки і обробки НВВ.

2. Проведено аналіз основних типів суховантажних суден відповідно до їх техніко-технологічних особливостей, характеристик вантажних пристроїв що дозволяє зробити висновки про доцільність використання суден-балкерів для транспортування НВВ враховуючі вартість оренди цих суден. Розроблено концептуальну модель вибору технології завантаження НВВ, за умови відсутності суднових пристроїв достатньої вантажності шляхом використання берегових та плавучих засобів для цих операцій відповідно до маси вантажного місця. Сформульовано критерії оптимального завантаження судна, вимоги до

розроблення попереднього вантажного плану і послідовність втілення етапів виконавчого вантажного плану, контроль ефективності його впровадження.

3. Приведені та класифіковані контрольні параметри, які впливають на остійність судна під час проведення суднових вантажних операцій. З'ясовано основні фактори, що визначають безпечність процесу транспортування НВВ морським транспортом, зокрема в якості палубного вантажу. Досліджено фактори що впливають на виникнення аварійних ситуацій та шляхи їх попередження. Вивчені рекомендації щодо вибору оптимальних умов розміщення вантажних місць на палубі неспеціалізованих суден та залежність впливу зовнішніх факторів на проблеми зсуву палубного вантажу з метою запровадження заходів по розміщенню та вибору схеми і методів закріплення вантажу. Розроблено метод забезпечення безпеки експлуатації судна за рахунок визначення складу та послідовності технологічних операцій з завантаження, розміщення та закріплення негабаритних і великовагових вантажів на неспеціалізовані судна з урахуванням конструктивних елементів і особливостей судна та контролю за послідовністю втілення етапів вантажного плану для досягнення схеми оптимального розміщення НВВ.

4. За рахунок оцінки негативного впливу системи факторів на експлуатаційний стан судна ідентифіковано основні варіанти експлуатаційного стану судна в процесі транспортування НВВ та встановлено основні можливі негативні події в процесі транспортування, їх наслідки, а також вплив на той чи інший експлуатаційний стан судна. Встановлено і математично описано ланцюг формування ймовірності впливу негативних подій в рейсі судна, в процесі транспортування НВВ.

Розроблено імітаційну модель зміни експлуатаційного стану судна у процесі транспортування НВВ. Взаємозв'язок даних станів ідентифікований і формалізований у вигляді моделі однорідного марківського процесу з дискретним часом, наявністю безповоротного стану (тобто з відсутністю властивості ергодичності). Можливість застосування керуючих впливів, які

впливають на матрицю перехідних ймовірностей, призводить до трансформації даного процесу в керований марківський процес, що дає можливість для оцінки ризиків і прийняття рішень щодо підтримки задовільного експлуатаційного стану судна в процесі транспортування НВВ у вигляді теоретичної основи.

Результати дослідження, викладені у розділі, опубліковано в авторських роботах [53,64,98,121,193,195].