

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КРАВЧЕНКО ОЛЕКСАНДРА АНАТОЛІЇВНА

УДК 629.563.8:656.612

ДИСЕРТАЦІЯ

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ
СУДЕН ПРИ ТРАНСПОРТНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ МОРСЬКИХ
БУРОВИХ ПЛАТФОРМ**

05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

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

_____ О.А. Кравченко

Науковий керівник

Акімова Ольга Володимирівна
кандидат технічних наук, доцент

Одеса – 2020

АНОТАЦІЯ

Кравченко О.А. Підвищення ефективності експлуатації спеціалізованих суден при транспортному обслуговуванні морських бурових платформ. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту». – Одеський національний морський університет Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2020.

Відповідно до Енергетичної стратегії України до 2010 року передбачалося, що видобуток нафти з газоконденсатом на території України за оптимістичним сценарієм становитиме у 2020 р. – 4,6 млн. т та в 2030 р. – 4,5 млн. т. А також, що видобуток нафти і газу на прогнозний період здійснюватимуть переважно вітчизняні компанії.

До робіт з геологорозвідки та видобутку природного газу і нафти в глибоководній частині шельфу Чорного моря залучатимуться іноземні інвестиції та сучасні технології міжнародних нафтогазових компаній. Першочерговими шляхами розв'язання проблем нафтовидобувної галузі визначено уточнення програми освоєння шельфів Азовського та Чорного морів.

У зв'язку з цим актуальною є мета дисертації підвищення ефективності експлуатації спеціалізованих суден при транспортному обслуговуванні морських бурових платформ шляхом розробки теоретичних та методичних положень щодо експлуатації спеціалізованих суден в шельфах морів.

Об'єкт дослідження – процес експлуатації спеціалізованих суден при транспортному обслуговуванні морських бурових платформ в шельфах морів.

Предмет дослідження – методи й засоби експлуатації спеціалізованих суден при транспортному обслуговуванні морських бурових платформ в шельфах морів.

Для досягнення мети поставлені наступні задачі, які вирішуються в дисертації послідовно:

1. Проаналізувати сучасний стан теорії та практики експлуатації спеціалізованих суден при транспортуванні вуглеводнів та обслуговуванні морських бурових платформ.

2. Розробити основні теоретичні та методичні положення щодо організації експлуатації спеціалізованих суден при транспортуванні вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури.

3. Структурувати та формалізувати процес експлуатації спеціалізованих суден постачання при обслуговуванні морських бурових платформ.

В реалізації поставлених задач були отримані наступні суттєві результати:

В процесі вирішення першої задачі:

Проаналізовано сучасний стан розвитку нафтовидобутку в шельфах морів, завдяки чому було виявлено сучасні факти в експлуатації морських родовищ. Виявлено, що технічні засоби, які використовуються у видобувній галузі відносяться до морських суден.

Проведено огляд наукових публікацій, які дозволили визначити основні етапи нафтогазової індустрії в шельфах морів та типи технічних засобів, які забезпечують кожний етап та транспортування вуглеводнів в шельфах морів. Визначено, що недостатньо уваги приділялось науковцями до питань вибору способу доставки вуглеводнів, які видобуті в шельфах морів, та удосконаленню організації експлуатації спеціалізованих суден при обслуговуванні морських бурових платформ.

Аналіз сучасного стану розвитку офшорних суден дозволив виявити спосіб придбання технічних засобів, виявити залежність між цінами на нафту та кількістю суден, що будуються.

Виходячи з встановленої актуальності, виявлених найбільш перспективних напрямків наукових досліджень, сформульовано наукове завдання, поставлено мету і задачі дисертації, які визначають його структуру.

При вирішенні другої задачі було визначено:

– типи морських суден, що задіяні в транспортному процесі, та сучасні особливості експлуатації яких дозволяють розробляти нові наукові підходи до організації та планування їх експлуатації;

– на практиці використовується три способи доставки вуглеводнів: трубопровідним транспортом, барже-буксирним складом та шаттл-танкерами.

Аналіз типів спеціалізованих суден, що задіяні в транспортному процесі при виконанні основних етапів нафтогазової промисловості в шельфах морів, показав, що їх кількість та різноманітність за техніко-експлуатаційними характеристиками, потребує систематизації та класифікації. Це забезпечить більш точне прийняття рішень щодо вибору технічного засобу залежно від завдань нафтогазової промисловості.

Проаналізовані техніко-експлуатаційні характеристики технічних засобів, що задіяні в кожному способі доставки вуглеводнів, в результаті чого виявлено переваги трубопровідного способу доставки, барже-буксирними складами або шаттл-танкерами.

Розроблено:

- концептуальну модель з організації транспортування видобутих вуглеводнів;

- імітаційну модель прийняття рішень щодо вибору способу транспортування вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури в залежності від дальності розташування морських бурових платформ (МБП) в шельфах морів.

- теоретичні та методичні положення щодо обґрунтування рівновигідності використання способів доставки вуглеводнів трубопровідним транспортом, барже-буксирним складом та шаттл-танкерами від морських бурових платформ до берегової інфраструктури, з урахуванням зовнішніх факторів.

В якості критерію вибору способу доставки застосовано показник собівартості перевезення вуглеводнів для кожного способу доставки, який на відміну від використовуваних, дозволяє оцінити кожний спосіб доставки, залежно

від відстані МБП від берега. Показник сформований для двох способів придбання морських транспортних засобів: купівля та оренда.

Виявлено фактори, що викликають розливи нафти і нафтопродуктів та наведена кількісна характеристика цих факторів. Визначено коефіцієнт оцінки розмірів розливів, який дозволяє оцінити ступінь можливості виникнення розливів нафти і нафтопродуктів під час експлуатації суден залежно від чинників, що його спричиняють. А також підтверджує необхідність врахування витрат на утримання спеціалізованих суден для ліквідації забруднення внаслідок розливів та наявності засобів запобігання забрудненню.

В результаті вирішення третьої задачі:

- охарактеризовані судна постачання, що задіяні в процесі обслуговування морських бурових платформ. Наведені характеристики спеціалізованих суден, що обслуговують МБП, дозволили визначити експлуатаційне призначення спеціалізованих суден постачання морських бурових платформ (СПП);

- визначені основні процеси та види операцій, які виконують судна постачання при обслуговуванні морських бурових платформ. Виконаний аналіз функцій та видів операцій, що виконують судна постачання морських бурових платформ, дозволив визначити особливості експлуатації СПП та недоліки в організації процесу їх роботи.

- розроблено теоретичні положення щодо формування маршруту роботи спеціалізованих суден при обслуговуванні МБП в шельфах морів;

- розроблено теоретичні положення планування роботи спеціалізованих суден з наступних обмежень: бюджету часу суден в кожен інтервал часу, попит на транспортне забезпечення для кожної платформи в кожний період часу, ефективність використання бюджету часу кожного судна в кожний період часу;

- удосконалено математичну модель обґрунтування структури флоту і формування плану роботи спеціалізованих суден постачання при обслуговуванні морських бурових платформ, яка на відміну від існуючих, дозволяє отримати

структуру флоту в залежності від дальності розташування МБП від берега для кожного періоду часу, враховуючи несприятливі погодні умови.

Основні результати досліджень знайшли застосування в практиці організації обслуговування танкерів в компаніях ЧГМА «ІНФЛОТ», у ДП «Одеський порт» на МБ «Ударник» та МБ «Булат», також у транспортній компанії ПАТ «Синтез Ойл», про що свідчать акти виробничого використання результатів, у навчальному процесі Одеського національного університету в дисциплінах «Основи теорії транспортних процесів і систем», «Організація та управління роботою спеціалізованого флоту», «Технологія морських перевезень», розробках випускних кваліфікаційних робіт та дипломних проектів студентів ННІМБ.

Ключові слова: експлуатація спеціалізованих суден, транспортування вуглеводнів в шельфах морів, офшорні судна, спеціалізований флот, організація роботи спеціалізованого флоту, постачання морських бурових платформ, маршрутизація.

ABSTRACT

Kravchenko OA Improving the efficiency of operation of specialized vessels in the transport service of offshore drilling platforms. - Qualified scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.22.20 " Operation and repair of vehicles ". - Odessa National Maritime University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2020.

According to the Energy Strategy of Ukraine until 2010, it was expected that oil production with gas condensate in the territory of Ukraine under the optimistic scenario would amount to 4.6 million tonnes in 2020 and 4.5 million tonnes in 2030, and also that Oil and gas production will be mainly performed by domestic companies for the forecast period.

Exploration and production of natural gas and oil in the deep-sea part of the Black Sea shelf will involve foreign investment and modern technologies of international oil and gas companies. The priority ways of solving the problems of the oil industry are specifying the program of development of the shelf of the Azov and Black Seas.

In this regard, the purpose of the dissertation research is to increase the efficiency of operation of specialized vessels in the transport maintenance of offshore drilling platforms by developing theoretical and methodological provisions for the organization and planning of specialized vessels on the sea shelves.

The object of study - the process of operation of specialized vessels in the transport service of offshore drilling platforms in the sea shelves.

The subject of research - methods and means of organization and planning of specialized vessels in the transport service of offshore drilling platforms in the sea shelves.

To achieve this goal the following tasks are set, which are solved in the dissertation sequentially:

1. To analyze the current state of theory and practice of operation of specialized vessels in the transportation of hydrocarbons and maintenance of offshore drilling platforms.

2. To develop the main theoretical and methodological provisions for the organization of specialized vessels in the transportation of hydrocarbons from offshore drilling platforms to the shore infrastructure.

3. To structure and formalize the process of operation of specialized supply vessels in the maintenance of offshore drilling platforms.

The following significant results were obtained in the implementation of the tasks:

In the process of solving the first problem:

The current state of development of oil production in the sea shelves was analyzed, thanks to which modern facts in the operation of offshore fields were revealed. It was found that the technical means used in the extractive industry belong to seagoing vessels.

A review of scientific publications was conducted, which allowed to determine the main stages of hydrocarbon production in the sea shelves and the types of technical means that provide each stage and transportation of hydrocarbons in the sea shelves. It was determined that insufficient attention was paid by scientists to the choice of the method of delivery of hydrocarbons extracted from the sea shelves and to the improvement of the organization of operation of specialized vessels in the maintenance of offshore drilling platforms.

Analysis of the current state of development of offshore vessels has revealed a way to purchase technical means, to identify the relationship between oil prices and the number of vessels under construction.

Based on the established relevance, identified the most promising areas of research, formulated a scientific task, set the goal and objectives of the dissertation, which determine its structure.

In solving the second problem it was determined:

- types of seagoing vessels involved in the transport process, and modern features

of operation of which allow to develop new scientific approaches to the organization and planning of their work;

- in practice, three methods of hydrocarbon delivery are used: by pipeline transport, barge-towing warehouse and shuttle tankers.

Analysis of the types of specialized vessels involved in offshore mining has shown that their number and variety in terms of technical and operational characteristics need to be systematized and classified. This will ensure more accurate decision-making on the choice of technical means depending on the stage of the extraction process.

The technical and operational characteristics of the technical means involved in each method of hydrocarbon delivery are analyzed, as a result of which the advantages of the pipeline method of delivery, barge-towing warehouses or shuttle tankers are revealed.

Developed by:

- conceptual model for the organization of production and transportation of hydrocarbons;

- simulation decision-making model for the choice of the method of transportation of hydrocarbons from offshore drilling platforms to the shore infrastructure depending on the distance of the offshore drilling platforms (ODP) in the sea shelves.

- theoretical and methodological provisions to substantiate the equivalence of the use of methods for the delivery of hydrocarbons by pipeline transport, , barge-towing warehouse and shuttle tankers from offshore drilling platforms to the shore infrastructure, taking into account external factors.

As a criterion for choosing the method of delivery used the cost of transportation of hydrocarbons for each method of delivery, which, in contrast to those used, allows you to estimate each method of delivery, depending on the distance of the ODP from the shore. The indicator is formed for two ways of purchasing marine vehicles: purchase and rent.

The factors that cause oil and oil product spills are identified and the quantitative characteristics of these factors are given. The coefficient of estimation of the sizes of

spills which allows to estimate a degree of possibility of occurrence of spills of oil and oil products during operation of vessels depending on the factors causing it is defined. And also confirms the need to take into account the cost of maintaining specialized vessels to eliminate pollution due to spills and the availability of means to prevent pollution.

As a result of solving the third problem:

- characterized the supply vessels involved in the maintenance of offshore drilling rigs. These characteristics of specialized vessels servicing the ODP, allowed to determine the operational purpose of specialized vessels for the supply of offshore drilling platforms;

- the main processes and types of operations performed by supply vessels in the maintenance of offshore drilling platforms are identified. The analysis of the functions and types of operations performed by vessels supplying offshore drilling platforms, allowed to identify the features of the operation of ODP and shortcomings in the organization of their operation.

- developed theoretical provisions for the formation of the route of specialized vessels in the maintenance of ODP in the sea shelves;

- developed theoretical provisions for planning the work of specialized vessels with the following constraints: time budget of vessels in each time interval, demand for transport for each platform in each time period, efficiency of use of time budget of each vessel in each time period;

- the mathematical model of substantiation of structure and formation of the plan of work of specialized supply vessels at service of sea drilling platforms which unlike existing, allows to receive structure of fleet depending on distance of location of ODP from coast for each period of time, taking into account adverse weather conditions is improved.

The main results of the research were used in the practice of tanker maintenance in the companies BSGSA "INFLOT", in SE "Odessa Port" on ST "Udarnik" and ST "Bulat", as well as in the transport company PJSC "Sintez Oil", as evidenced by the acts of production use results in the educational process of Odessa National University in the

disciplines "Fundamentals of the theory of transport processes and systems", "Organization and management of the specialized fleet", "Technology of maritime transport", development of final qualifying works and diploma projects of ESIMB students.

Key words: operation of specialized vessels, transportation of hydrocarbons in the sea shelves, offshore vessels, specialized fleet, organization of specialized fleet, supply of offshore drilling platforms, routing.

Наукові праці автора, в яких опубліковані основні результати дисертації:

Монографії:

1. Кравченко О.А. Перспективи суднобудування нафтоналивного флоту України // Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на міжнародному ринку транспортних послуг в умовах глобалізації міжнародного судноплавства: монографія / [авт.кол.: Шибасєв О.Г., Савельєва І.В., Кириллова О.В., Кравченко О.А. та ін.]. – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2015. – С. 10-12. – ISBN 978-966-269-46-3.

2. Кравченко О.А. Аналіз динаміки видобутку нафти в Світі // Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства: монографія / [авт.кол.: Шибасєв О.Г., Михайлова Ю.В., Акімова О.В., Кравченко О.А. та ін.]. – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2016. – С. 7-8. - ISBN 978-966-2769-73-9.

3. Кравченко О.А. Аналіз причин і оцінка обсягів малих розливів нафти та нафтопродуктів в морських портах // Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства. Частина 2.: монографія / [авт.кол.: Шибасєв О.Г., Михайлова Ю.В., Акімова О.В., Кравченко О.А. та ін.]. – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2017. – С. 56-61. – ISBN 978-966-2769-99-9. – DOI: 10.21893/978-966-2769-99-9.0.

4. Кравченко О.А. Класифікація технічних засобів, що забезпечують процес видобутку і транспортування вуглеводнів в шельфах Чорного та Азовського морів // Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства. Частина 3: монографія / [авт.кол.: Шибасєв О.Г., Дрожжин О.Л., Судник Н.В. та ін.]. – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2018. – С. 120-131. – ISBN 978-617-7414-24-6. – DOI: 10.21893/978-617-7414-24-6.0.

5. Кравченко О.А. Розробка методології вибору маршруту роботи суден постачання видобувних платформ в шельфах морів // Проблеми розвитку морського транспорту і туризму. Частина 1: серія монографій / [авт.кол.: Шибасєв О.Г., Коскіна Ю.О., Судник Н.В. та ін.]. – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2019. – С. 57-69. – ISSN 2663-984X. - ISBN 978-617-7414-59-8. – DOI: 10.30888/2663-984X.2019-01.

Статті, які опубліковані в спеціалізованих виданнях, рекомендованих Міністерством освіти і науки України:

6. Шибасєв О.Г. Класифікація технічних засобів, що забезпечують процес видобутку і транспортування вуглеводнів в шельфах Чорного та Азовського морів / О.Г. Шибасєв, О.В. Акімова, О.А. Кравченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2017. № 4 (234). – С. 119-125. – ISSN 1998-7927.

7. Akimova O.V., Kravchenko A.A. Development of the methodology of the choice of the route of work of platform supply vessels in the shelf of the seas / O. Akimova, A. Kravchenko // International Journal "Technology audit and production reserves", 2018. – Vol. 5, № 2 (43). pp. 30-35. - ISSN (print) 2226-3780, ISSN (online) 2312-8372. – DOI: 10.15587/2312-8372.2018.143558 [Журнал індексується в мирових наукометрических базах данных и системах: Ulrich's Periodicals Director, DRIVER, BASE, Index Copernicus, РИНЦ, ResearchBib, DOAJ, WorldCat, EBSCO, Directory Indexing of International Research Journals, DRJI, OAJI, Sherpa/Romeo, Open Access Articles].

8. Кравченко О.А. Метод оцінки обсягів малих розливів нафти та нафтопродуктів в морських портах / О.А. Кравченко // Вісник ОНМУ: Зб. наук. пр. – Одеса: ОНМУ, 2018. – Вип. 4(57) - С. 167-177. - ISSN 2226-1893.

9. Akimova O.V., Kravchenko A.A. Development of a method for selecting a way of raw material transportation from the offshore drilling platform to the onshore infrastructure / O. Akimova, A. Kravchenko // International Journal "Technology audit and production reserves", 2019. – Vol. 2, № 2 (46). pp. 25-31. - ISSN (print) 2664-9969, ISSN (on-line) 2706-5448. - DOI: 10.15587/2312-8372.2019.169423. [Журнал індексується в мирових наукометричних базах даних и системах: Ulrich's Periodicals Director, DRIVER, BASE, Index Copernicus, РИНЦ, ResearchBib, DOAJ, WorldCat, EBSCO, Directory Indexing of International Research Journals, DRJI, OAJI, Sherpa/Romeo, Open Access Articles].

10. Кравченко О.А. Обґрунтування оптимальної структури суден постачання морських бурових платформ і організація їх роботи / О.А. Кравченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2019. № 3 (251). - С. 94-100. ISSN 1998-7927.

Роботи, що підтверджують апробацію матеріалів дисертації:

11. Шибает А.Г. Перспективы импорта нефти в Украину танкерным флотом / А.Г. Шибает, О.В. Акимова, А.А. Кравченко // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2012». – Выпуск 1. Том 1. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – С. 3-4. – ISSN 2224-0187.

12. Кравченко О.А. Аналіз перспектив розробки нових родовищ природного газу в Чорноморському регіоні / О.А. Кравченко // Всеукраїнський семінар молодих учених і студентів «Проблеми організації та управління розвитком транспортних процесів та систем», 22 квітня 2013 р.: Зб. тез доповідей. – Одеса: Вид-во ОНМУ, 2013. – С. 39-42.

13. Акімова О.В. Шляхи відродження Чорноморського морського пароплавства /О.В. Акімова, О.А. Кравченко // 66 професорсько-викладацька науково-технічна конференція, 14-16 травня 2013 р.: Зб. тез доповідей. – Одеса: ОНМУ, 2013. – С. 6.

14. Акімова О.В. Обоснование необходимости учета незначительных разливов нефти в море / О.В. Акімова, А.А. Кравченко // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2013.: Сб. научных трудов SWorld по материалам международной научно-практ. конф., 01-12 октября 2013 г. – Иваново. – Выпуск 3. Том 1. – Иваново: МАРКОВА А.Д., 2013 – С. 89-91. – ISSN 2224-0187.

15. Акімова О.В. Перспективи судостроення нафтеналивного флота України / О.В. Акімова, А.А. Кравченко // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики», м. Луганськ, 5-8 травня 2014 року: Зб. наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля [та ін.]. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2014. – С. 132-134.

16. Акімова О.В. Аналіз динаміки видобутку нафти в світі / О.В. Акімова, О.А. Кравченко // IV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту» та 68 студентська науково-технічна конференція ОНМУ, 14-17 квітня 2015 р: Зб. тез доповідей. – Одеса: ОНМУ, 2015. – С. 46-47.

17. Акімова О.В. Анализ причин и оценка объемов малых разливов нефти и нефтепродуктов в морских портах /О.В. Акімова, О.А. Кравченко // Первый независимый научный вестник. Ежемесячный научный журнал КВ № 20489-10289PP. № 8/2016. – Киев, 2016. – С.66-72.

18. Kravchenko A.A. Formation of a project for the production and transport of hydrocarbons in the shelf of seas / А. Kravchenko // VI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту»: Зб. тез доповідей. – Одеса: ОНМУ, 2016. – С. 122-123 с.

19. Кравченко О.А. Аналіз переваг та недоліків ліхтерної транспортно-технологічної системи / О.А. Кравченко // Державний проектно-вишукувальний науково-дослідний інститут морського транспорту «ЧОРНОМОРДНІПРОЕКТ», Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень НАН України «ODESSA SMART FORUM» та V Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту», 27 квітня 2016 р.: Зб. тез доповідей. – Одеса: ОНМУ, 2016. – С. 92-94.

20. Чайковский И.В. Позиции Украины в Европейском энергетическом пространстве / И.В. Чайковский, А.А. Кравченко // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Міжнародні транспортні коридори: вісь Схід – Захід та Шовковий шлях». Одеса – Батумі, 30 квітня – 8 травня 2016 р. Одеса: ОНМУ, 2016. – С. 141-143.

21. Акімова О.В. Формування проекту з видобутку і транспортування вуглеводнів в шельфах Чорного та Азовського морів / О.В. Акімова, О.А. Кравченко, І.В. Чайковський // Проблеми розвитку транспорту і логістики: Зб. наукових праць за матеріалами VII-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Сєверодонецьк-Одеса, 26-28 квітня 2017 р. – Сєверодонецьк: вид-во Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2017. – С. 125-126.

22. Кравченко О.А. Технологія перевезення видобутих в шельфах морів вуглеводнів / О.А. Кравченко // VII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту», 19 квітня 2018 р.: Зб. тез доповідей. – Одеса: Вид-во ОНМУ, 2018. – С. 58-59.

23. Кравченко О.А. Сучасний стан та перспективи нафтовидобутку вуглеводнів в шельфі Чорного моря [Електронний ресурс] / О.А. Кравченко // Міжнародна науково-технічна конференція «Технології та інфраструктура транспорту», Харків, 14 – 16 травня 2018 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – С. 514-516. – Режим доступу: <http://tt-conf.kart.edu.ua/images/stories/konf-1/main-page/tezu.pdf>.

24. Кравченко О.А. Дослідження впливу обсягів морського видобутку нафти і газу на ринок офшорного флоту / О.А. Кравченко // Транспорт і логістика: проблеми та рішення: Зб. наукових праць за матеріалами VIII-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Сєвєродонецьк – Одеса – Вільнюс – Київ, 23-25 травня 2018р. / Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Одеський національний морський університет – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2018. – С. 159-161. ISBN978-617-7414-37-6.

25. Акімова О.В. Перспективи розробки нафтогазових родовищ в українській частині шельфу Чорноморсько-Азовського регіону / О.В. Акімова, О.А. Кравченко // Міжнародна науково-практична конференція, присвячена пам'яті професорів Фоміна Ю.Я. і Семенова В.С (FS-2019, 24-28 квітня 2019, Одеса – Стамбул – Одеса): матеріали / Одеський національний університет. Одеса, 2019. – С. 437-441.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	20
ВСТУП.....	21
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ВУГЛЕВОДНІВ ТА ОБСЛУГОВУВАННІ МБП.....	29
1.1 Сучасний стан та ретроспективний аналіз видобутку вуглеводнів в шельфах морів	29
1.1.1 Аналіз сучасного стану Світового ринку нафти і газу	29
1.1.2 Характеристика запасів вуглеводнів в Чорноморсько-Азовському регіоні.....	33
1.1.3 Ретроспективний аналіз розвитку організації морського видобутку сировини в шельфах морів.....	35
1.2 Характеристика розвитку ринку офшорних суден	38
1.3 Аналіз літературних джерел щодо організації експлуатації спеціалізованих суден при транспортуванні видобутих вуглеводнів	43
1.4 Ціль, завдання та структура дисертації	49
Висновки по розділу 1.....	53
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ОБГРУНТУВАННЯ РІШЕНЬ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ВУГЛЕВОДНІВ ВІД МОРСЬКИХ БУРОВИХ ПЛАТФОРМ ДО БЕРЕГОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	55
2.1 Класифікація та характеристика технічних засобів, що задіяні в процесі транспортування видобутих вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури в шельфах морів	55

2.1.1 Класифікація спеціалізованого флоту, що забезпечує видобуток та транспортування вуглеводнів в шельфах морів	55
2.1.2 Характеристика та класифікація морських бурових платформ	58
2.1.3 Характеристика спеціалізованих суден, що задіяні в транспортуванні вуглеводнів від морських бурових платформ	65
2.2 Розробка теоретичних та методичних положень щодо організації транспортування видобутих вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури	70
2.2.1 Концептуальна модель з організації транспортування видобутих вуглеводнів	70
2.2.2 Імітаційна модель прийняття рішень щодо вибору способу транспортування вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури.....	78
2.3 Теоретичні та методичні положення щодо оцінки екологічної безпеки експлуатації засобів транспорту.....	Ошибка! Закладка не определена.
Висновки по разделу 2	Ошибка! Закладка не определена.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ І ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН ПОСТАЧАННЯ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ МОРСЬКИХ БУРОВИХ ПЛАТФОРМ

Ошибка! Закладка не определена.

3.1 Характеристика спеціалізованих суден постачання, що обслуговують морські бурові платформи

Ошибка! Закладка не определена.

3.2 Організація експлуатації спеціалізованих суден постачання при обслуговуванні морських бурових платформ

Ошибка! Закладка не определена.

3.3 Формалізація процесу обґрунтування структури флоту суден постачання морських бурових платформ і плану його роботи..... **Ошибка!**
Закладка не определена.

3.4 Прикладні аспекти щодо формування структури флоту і плану роботи спеціалізованих суден постачання при обслуговуванні морських бурових платформ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

Висновки по розділу 3..... **Ошибка! Закладка не определена.**

ВИСНОВКИ **Ошибка! Закладка не определена.**

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ... **Ошибка! Закладка не определена.**

ДОДАТКИ **Ошибка! Закладка не определена.**

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СПП – судно постачання платформ

МСП – морське судно постачання

МБП – морська бурова платформа

РЦ – розподільчий центр

БІ – берегова інфраструктура

ББС – барже-буксирний склад

СПБУ – самопідйомна бурова установка

ОфС – офшорне судно

ТLP – плавуча система нафтовидобутку на базі напівзаглибленої платформи з надлишковою плавучістю з натяжними опорами

SPAR – плавуча система на стовбовидному буї

FPSO – плавуча система буравлення, нафтовидобутку, зберігання і відвантаження на базі танкера

FSO – плавуча система для зберігання і відвантаження видобутої сировини на базі танкера

ГРК – гвинт регульованого кроку

СПБП – самопідйомна бурова платформа

НЗБП – напівзаглиблена бурова платформа

БПГТ – бурова платформа гравітаційного типу

БД – база даних

БЗ – база знань

ВСТУП

Актуальність теми. За даними Державного інформаційного геологічного фонду, «Геоінформ» [1], в Україні розробляється 269 об'єктів горючих газоподібних корисних копалин, обсягом 798442 млн. м³ та 135 горючих рідких корисних копалин, обсягом 121,124 млн. т. Зокрема три газових об'єкти в шельфі Азовського моря, обсягом 10534 млн. м³, та два нафтових, обсягом 5,425 млн. т та в шельфі Чорного моря три газових об'єкта 37506 млн. м³, та одно нафтове, ємністю 3,222 млн. т. Компанія «Укргазвидобування», яка входить до складу компанії Національної акціонерної компанії (НАК) «Нафтогаз Україна», є найбільшим видобувачем газу в Україні.

Актуальність теми обумовлюється тим, що ДАТ «Чорноморнафтогаз», яке здійснювало повний комплекс заходів по видобутку і транспортуванню нафти в шельфі Чорноморсько-Азовського регіону з береговою інфраструктурою в Криму, вийшла зі складу Національної акціонерної компанії (НАК) «Нафтогаз Україна». В даний час ліцензію на розробку нових п'ятьох ділянок шельфу Чорного моря отримала компанія «Укргазвидобування», яка є найбільшим видобувачем газу в Україні.

Таким чином, пріоритетами розвитку компанії «Укргазвидобування» стають оновлення та поповнення ресурсної бази, створювання нової берегової інфраструктури на материковій частині України, облаштування ділянок шельфу для організації видобутку сировини, вирішення завдань з організації експлуатації спеціалізованих суден при обслуговуванні морських бурових платформ (МБП) та при доставці вуглеводнів від МБП до берегової інфраструктури (БІ). Розвідані запаси вуглеводнів на цих ділянках шельфу оцінюються в розмірі від 80 до 300 млрд. м³ газу [2], розробка яких дозволить виконати урядову програму і до 2030-го року забезпечити Україну власними енергоносіями [3].

Процес організації видобутку вуглеводнів в шельфах морів вимагає залучення складних інженерних споруд, що включають засоби видобутку, промислової підготовки та транспортування вуглеводної сировини, а також спеціальних технічних та обслуговуючих суден [4]. Організація видобутку нафти та газу в шельфах морів складається з декількох етапів: розвідка, розробка, видобуток, транспортування [5]. На кожному етапі залучаються технічні судна, які мають вузькоспеціалізоване призначення. Не зважаючи на вищесказане, спеціалізовані судна, що задіяні в процесі видобутку, транспортуванні вуглеводнів, та обслуговуванні МБП потребують нових підходів до класифікації, з метою визначення їх експлуатаційного призначення.

Враховуючи вузькоспеціалізований напрямок, питання щодо методів організації процесу експлуатації спеціалізованих суден в шельфах морів висвітлені у обмеженій кількості наукових публікацій. Наукова думка, щодо розробки технологій та технічних засобів видобування вуглеводнів в шельфах морів, та проектуванню суден, що обслуговують нафто- та газовидобуток на шельфі морів, висвітлені в роботах Ю.Б. Мастобаєва, А.Є. Горігледжана, Стівіна Копітса, В.І. Краєва. Питання щодо розробки методів організації та управління, експлуатації, а також оптимізації роботи флоту в транспортних підприємствах розкрити в роботах О.Г. Шибасєва, О.В. Кириллової, П.Я. Панаріна, В.Г. Бакаєва, А.А. Союзова, В.П. Капітанова, Е.П. Громового, О.І. Лапкіна, Є.М. Воевудського, С.П. Онищенко, Г.С. Махуренко, М.Я. Постапа, І.О. Лапкіної, І.В. Морозової та ін. Визначення умов перевезень газів морським транспортом висвітлені в роботах А.А. Вассермана, В.К. Козирєва. Однак, до теперішнього часу, вченими, мало уваги приділялося питанням удосконалення експлуатації суден, які обслуговують МБП.

Таким чином, актуальність теми дисертаційного дослідження обумовлюється:

виникненням попиту на спеціалізовані судна, у зв'язку з необхідністю облаштування нових ділянок шельфу Чорного моря;

застосуванням науково-необґрунтованих рішень щодо вибору технічних засобів та способу доставки видобутих вуглеводнів в шельфах морів;

необхідністю враховувати фактори, що впливають на експлуатацію спеціалізованого флоту, при обслуговуванні МБП;

необхідністю розробки нових підходів щодо визначення способу доставки вуглеводнів з місць видобування до берегової інфраструктури в шельфах морів;

відсутністю формалізації процесу експлуатації спеціалізованих суден при обслуговуванні МБП;

необхідністю розробки нових наукових підходів щодо оптимальної структури офшорного флоту при обслуговуванні МБП;

необхідністю розробки оптимального плану роботи спеціалізованих суден при обслуговуванні МБП;

необхідністю обґрунтування критерію вибору способу доставки видобутих вуглеводнів від МБП до Бі.

відсутністю класифікації спеціалізованого флоту за його експлуатаційним призначенням відносно основних завдань нафтогазової індустрії і транспортування вуглеводнів.

Сучасні умови функціонування спеціалізованих суден, що задіяні в видобувній промисловості в шельфах морів, вимагає подальших досліджень, присвячених удосконалюванню організації процесу експлуатації морського спеціалізованого флоту при транспортуванні вуглеводнів та обслуговуванні морських бурових платформ.

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

Дослідження проведено відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 р., [6], Енергетичної стратегії України на період до 2030 року, [7].

Результати дисертаційної роботи використані при виконанні науково-дослідницьких тем ОНМУ К 33-12 «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на міжнародному ринку транспортних послуг в умовах глобалізації міжнародного судноплавства», реєстраційний номер 0112U001850, К

05-15 «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства», реєстраційний номер 0115U003601; К 04-17 «Проблеми розвитку морського транспорту і туризму», реєстраційний номер 0118U0034692.

Мета й завдання дослідження. Метою дисертації є підвищення ефективності експлуатації спеціалізованих суден при транспортному обслуговуванні морських бурових платформ шляхом розробки теоретичних та методичних положень щодо експлуатації спеціалізованих суден в шельфах морів.

Досягнення мети обумовило постановку й рішення наступних завдань:

1. Проаналізувати сучасний стан теорії та практики експлуатації спеціалізованих суден при транспортуванні вуглеводнів та обслуговуванні морських бурових платформ.

2. Розробити основні теоретичні та методичні положення щодо організації експлуатації спеціалізованих суден при транспортуванні вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури.

3. Структурувати та формалізувати процес експлуатації спеціалізованих суден постачання при обслуговуванні морських бурових платформ.

Об'єкт дослідження – процес експлуатації спеціалізованих суден при транспортному обслуговуванні морських бурових платформ в шельфах морів.

Предмет дослідження – методи й засоби експлуатації спеціалізованих суден при транспортному обслуговуванні морських бурових платформ в шельфах морів.

Методи дослідження. Теоретичною і методичною основою рішення поставлених задач дисертаційного дослідження є загальнотеоретичні методи аналізу і синтезу, абстрагування і конкретизації, узагальнення і формалізації, аналогії і порівняння; основні положення загальної теорії систем і системного аналізу; транспортних систем; теорії прийняття рішень; методи маршрутизації; графічний метод; методи дослідження операцій.

У першому розділі, загальнотеоретичні методи аналізу і синтезу, абстрагування і конкретизації, узагальнення і формалізації використовувалися для оцінки сучасного стану світового ринку нафти та газу.

У другому розділі методи аналогії і порівняння; основні положення загальної теорії систем і системного аналізу; транспортних систем; теорії прийняття рішень; методи маршрутизації; графічний метод знайшли застосування в процесі визначення критичного значення відстані МБП для прийняття рішення щодо способу доставки вуглеводнів від морської бурової платформи до берегової інфраструктури.

У третьому розділі методи дослідження операцій, стали інструментом для удосконалення математичної моделі задачі, яка дозволяє обґрунтувати структуру і сформулювати план роботи спеціалізованих суден, що обслуговують морські бурові платформи.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

вперше:

Розроблено:

- концептуальну модель з організації транспортування видобутих вуглеводнів, яка на відміну від існуючих теоретичних і методичних положень базується на системному підході та особливостях об'єкту дослідження;
- імітаційну модель прийняття рішення щодо вибору способу транспортування вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури, яка на відміну від існуючих, характеризує склад та послідовність операцій в процесі вибору способу доставки, що раніше не було структуровано та формалізовано;
- теоретичні та методичні положення щодо обґрунтування рівновигідності використання способів доставки вуглеводнів трубопровідним транспортом, барже-буксирним складом та шаттл-танкерами від морських бурових платформ до берегової інфраструктури, які на відміну від існуючих, враховують відстань МБП від берегової інфраструктури;

удосконалені:

- метод обґрунтування варіантів маршруту роботи спеціалізованих суден постачання морських бурових платформ, який на відміну від існуючих, дозволяє врахувати відстань МБП від берегової інфраструктури та зменшити собівартість доставки постачання на МБП;

- математичну модель обґрунтування оптимальної структури флоту спеціалізованих суден постачання і плану їх роботи при обслуговуванні морських бурових платформ, яка, на відміну від існуючих, враховує обсяг попиту на постачання кожної платформи, структуру можливих варіантів роботи суден, бюджет їх часу та ефективність його використання, а також враховує вплив погодних умов у вигляді безлічі можливих негативних їх впливів на режим роботи суден;

одержали подальший розвиток:

- класифікація суден промислового флоту, в якій визначені групи суден, що задіяні в транспортному процесі при виконанні основних етапів нафтогазової індустрії в шельфах морів, яка дозволяє застосовувати коректні методи їх експлуатації;

- перелік факторів, що впливають на процес транспортування вуглеводнів від місць видобутку до берегової інфраструктури, який систематизований та доповнений і дозволяє обґрунтувати спосіб доставки вуглеводнів;

- теоретичні та методичні положення щодо прийняття рішень з оцінки розливів нафти і нафтопродуктів, які дозволяють визначити ступінь можливості виникнення розливів нафти і нафтопродуктів залежно від чинників, що їх спричиняють та необхідність врахування витрат на утримання спеціалізованих суден з ліквідації розливів і засобів запобігання забрудненню.

Практичне значення отриманих результатів. Результати, отримані в дисертації, мають практичне застосування в виробничо-господарській діяльності транспортних компаній, що володіють спеціалізованим флотом. Нафтовидобувна компанія одержує інструмент для оцінки доцільності використання трубопровідного, барже-буксирного способу доставки, або за допомогою шаттл-танкера. Експлуатаційний та плановий відділ компанії одержує інструмент щодо

формування плану роботи спеціалізованих суден постачання морських бурових платформ з урахуванням таких факторів, як варіант маршруту роботи, погодні умови, обсяг попиту МБП, можливі способи транспортування.

Запропоновані моделі з організації процесу видобутку і транспортування вуглеводнів від МБП до берегової інфраструктури та модель обґрунтування оптимальної структури спеціалізованих суден постачання МБП дозволяють:

- підвищити якість прийняття рішень щодо виду та способу придбання технічних засобів для транспортування вуглеводнів від МБП до БІ;
- визначити оптимальний маршрут роботи спеціалізованих суден постачання при обслуговуванні МБП;
- забезпечити поліпшення показників роботи спеціалізованих суден постачання, що обслуговують МБП.

Основні результати досліджень знайшли застосування в практиці організації обслуговування танкерів в компаніях ЧГМА «ІНФЛОТ», у ДП «Одеський порт» на МБ «Ударник» та МБ «Булат», також у транспортній компанії ПАТ «Синтез Ойл», про що свідчать акти виробничого використання результатів, у навчальному процесі Одеського національного університету в дисциплінах «Основи теорії транспортних процесів і систем», «Організація та управління роботою спеціалізованого флоту», «Технологія морських перевезень», розробках випускних кваліфікаційних робіт та дипломних проєктів студентів ННІМБ.

Особистий внесок здобувача. Всі результати, викладені в дисертації та в опублікованих наукових працях по темі дисертації, отримані автором самостійно, або за його безпосередньою участю. В роботах, що виконані у співавторстві [5, 8, 10] особистий внесок здобувача полягає у наступному:

у статті [5] авторові належить визначення характеристик та класифікація технічних засобів, що забезпечують процес транспортування видобутих вуглеводнів в шельфах Світового океану;

у статті [8] авторові належать теоретичні положення по формуванню маршруту роботи спеціалізованих суден постачання МБП;

у статті [10] авторові належить формування критерію вибору способу доставки та розробка методу транспортування сировини від морської бурової платформи до берегової інфраструктури;

Апробація результатів дисертації Основні положення й результати дисертаційної роботи були представлені, обговорені й одержали схвалення в період з 2012 по 2019 рр. на 13 Міжнародних і Всеукраїнських науково-практичних конференціях у містах: Одеса [19-20, 23-28, 30-31], Батумі (Грузія) [26], Вільнюс (Литва) [30], Луганськ [22], Сєверодонецьк [27, 30], Іваново (Росія) [21], Харків [29], Київ [30], Стамбул (Туреччина) [31].

Публікації. Відповідно до теми дисертації опубліковано 25 наукових робіт. З них у спеціалізованих виданнях, рекомендованих Міністерством освіти і науки України - 5 робіт [5, 8-11], в тому числі у збірниках, що індексуються у наукометричних базах – 2 роботи [8, 10]; в наукових виданнях України – 2 роботи [17,18]; в колективних монографіях – 5 робіт [12-16]. у збірниках наукових праць, виданих за матеріалами Міжнародних і Всеукраїнських науково-практичних конференцій – 13 робіт [19-31].

Структура й обсяг дисертації. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг роботи, включаючи матеріали дослідження й додатків, становить 221 с. Дисертація викладена на 180 с., з яких основний текст займає 162 с.; список використаних джерел включає 156 найменувань і займає 18 с.; ілюстрована частина включає 38 рисунків і 14 таблиць.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ВУГЛЕВОДНІВ ТА ОБСЛУГОВУВАННІ МБП

1.1 Сучасний стан та ретроспективний аналіз видобутку вуглеводнів в шельфах морів

1.1.1 Аналіз сучасного стану Світового ринку нафти і газу

XXI століття встановлює нові умови видобутку і споживання нафти в силу зовсім іншої політичної (війна в Іраку та Сирії) і економічної (коливання цін на нафту) ситуації. Поряд з інтенсивним видобутком нафти в традиційних районах суші, бурхливими темпами продовжує розвиватися морський нафтовидобуток, переміщаючись на значні відстані від берега і великі глибини. До початку XXI століття основні країни, які видобувають нафту та газ на шельфових і морських родовищах, такі, як: США, Канада, Великобританія, Норвегія, Мексика, Азербайджан, Росія та ін., табл. 1.1-1.2, розробили і продовжують розробляти різні технології і технічні засоби, що успішно застосовуються в різних кліматичних умовах.

Таблиця 1.1 - Країни з найбільшими доведеними запасами нафти [32]

Країни	Обсяг доведених запасів нафти, 10 ⁹ бар.	Загальний видобуток нафти, тис. бар./добу
1	2	3
Венесуела	303,2	2110
Саудівська Аравія	266,2	11951
Канада	168,9	4831

Продовження табл. 1.1

1	2	3
Іран	157,2	4982
Ірак	148,8	4520
Кувейт	101,5	3025
Росія	106,2	11257
ОАЕ	97,8	3935
США	50	13057
Лівія	48,4	865
Нігерія	37,5	1988
Китай	25,7	3846

Таблиця 1.2 - Країни з найбільшими доведеними запасами газу [32]

Країни	Обсяг доведених запасів газу, трлн. м ³	Загальний видобуток газу, млрд. м ³ /рік
Росія	35	635,6
Іран	33,2	223,9
Катар	24,9	175,7
Туркменістан	19,5	62
США	8,7	734,5
Саудівська Аравія	8	111,4
Венесуела	6,4	37,4
ОАЕ	5,9	60,4
Китай	5,5	149,2
Нігерія	5,2	47,2
Алжир	4,3	91,2
Австралія	3,6	113,5

Ціна спот на сиру нафту марки Brent знизилась в середньому на 112 дол. США за барель в 2012 р. до середньорічних дорівнюючих 108 доларів за барель в 2013 році та 64 долари за барель у 2017 році, згідно з повідомленням, випущеним Управлінням енергетичної інформації США (EIA).

Зміна цін відображає збільшення пропозиції рідкого палива з країн, що не є членами ОПЕК (організації країн, що експортують нафту). У 2016 році скорочення пропозиції нафти з боку країн, що не входять в ОПЕК, відбулося, на 1,2 млн. барелів на день, основний внесок в яку внесли США, табл. 1.3 [33].

Таблиця 1.3 - Світовий попит на нафту, млн. барелів на день [34-37]

Країни	2015	2016	2017
1	2	3	4
Африка	4,1	4,2	4,3
Америка	31,4	31,0	31,3
Азія / Тихий океан	32,0	34,0	33,7
Європа	14,4	14,3	14,6
Колишній СРСР	4,9	5,0	5,2
Близький Схід	8,3	8,0	8,4
Разом в світі	95,0	96,8	97,5
Річна зміна (%)	1,8	1,3	1,8
Зміна до попереднього року (млн. бар. / добу)	1,2	1	1,2

Таблиця 1.4 - Світовий попит на газ, млрд. м³ [34-37].

Країни	2015	2016	2017
1	2	3	4
Африка	135,5	138,2	141,8
Америка	1138,4	1139,9	1116,2
Азія / Тихий океан	701,1	722,5	769,6

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4
Європа	458,1	483,2	531,7
Колишній СРСР	545,4	546,7	574,6
Близький Схід	490,2	512,3	536,5
Разом в світі	3468,6	3542,9	3670,4
Річна зміна (%)	1,7	1,5	3
Зміна до попереднього року (млрд. м ³)	2,1	2,3	2,3

В теперішній час 20 % запасів нафти і 45 % запасів газу розташовані на світовому шельфі [33]. Велика частина значних запасів природного газу були виявлені у відкритому морі, особливо на глибоководних і понад глибоководних шельфів [38].

Відповідно до даних Французької асоціації Petroleum (IFPEN), найбільш перспективними зонами для морських нафтових і газових родовищ є шельфи Бразилії і Західної Африки, континентальні околиці Східній Африці, особливо в Мозамбіку і в Танзанії. Є також багато інших можливостей в Мексиканській затоці, Середземноморському регіоні, Австралії і в Арктичному регіоні.

Морський видобуток нафти склав 21,5 млн. барелів на добу в 2017 році, що становить близько однієї чверті світового видобутку нафти. Морський видобуток газу склав 90 млрд. кубічних футів на добу (BCFD) в 2017 році, що відповідає приблизно однієї чверті світового видобутку газу. Спад обсягів видобутку нафти і газу з 2010 по 2017 рр. було обумовлено спадом виробництва в Європі, на Близькому Сході, Африці та Північній Америці.

1.1.2 Характеристика запасів вуглеводнів в Чорноморсько-Азовському регіоні

Підтвердженням великих запасів вуглеводнів в Чорноморсько-Азовському регіоні є приклад розробки родовищ не тільки Україною, а й такими країнами як Болгарія, Румунія, Туреччина, Грузія та Росія [33].

У Болгарії прибережна чорноморська зона найбідніша на вуглеводні. Проте, ця обставина не завадила уряду повністю розподілити свій шельф. Оскільки країна не володіє відповідною технікою, ні технологіями і власними фахівцями для морського нафто-газо-видобування, ліцензії були розпродані іноземним компаніям. Сумарний видобуток на болгарському шельфі складає лише шосту частину потреб країни в «блакитному паливі».

Румунія збільшила свій щорічний нафтовий видобуток на Чорноморському шельфі. Румунія долучила капітали, техніку і технології, а також фахівців відомих світових корпорацій. А розвідувальне буріння дає підставу на відкриття значного нафтового родовища з геологічними запасами понад 120 млн. т нафти.

У 2004 р. державна «Турецька національна нафтова компанія» оголосила про початок широкомасштабного вивчення і освоєння вуглеводневих ресурсів, як на суші, так і в своєму секторі Чорного моря. Розвідувальне буріння виявилось успішним: на всіх структурах були знайдені газові родовища. В своїй частині чорноморського шельфу турецькі фахівці оцінюють запаси природного газу в 800 млрд. м³ і нафти - 1,1 млрд. т.

Дані розвідки чорноморського шельфу Грузії показали, що запаси нафти в цьому районі можуть бути в діапазоні від 200 до 600 млн. т. Було виявлено три перспективні ділянки.

У російській частині акваторії Чорного моря в цілому виконано трохи більше 22 тис. км сейморозвідки. Результати цих робіт привели до істотної зміни наявних уявлень про геологічну будову регіону і до відкриття принципово нових типів пасток в невивчених частинах розрізів Азовського і Чорного морів на глибинах, доступних для буріння, так званих «біогерм». Таким чином, прогнозні

російські ресурси з урахуванням біогермних, або рифогенних пасток значно зросли.

Україна володіє значними розвіданими запасами і прогнозними ресурсами вуглеводнів. Перспективи добичі вуглеводнів в Україні пов'язані з акваторіями Чорного і Азовського морів. Прогнозні ресурси вуглеводнів акваторій морів складають близько 1,9 млрд. т умовного палива. Проте, Україна споживає енергетичних ресурсів мінімум на 7 % більше, ніж виробляє, в наслідок чого знаходиться в значній залежності від імпорту вуглеводнів з інших країн.

Перспективи видобутку на шельфах засновані на економічній доцільності і підтверджуються дослідженнями, за якими, в надрах під морським дном міститься половина загальносвітових запасів вуглеводнів.

Невід'ємною складовою національної безпеки України є енергетична безпека країни. Урядова програма-2020 передбачає повне забезпечення національних потреб власними енергоносіями.

Єдине в Україні геолого-розвідувальне судно «Іскатель» виявило 35 млрд. м³ газу на Північно-західному шельфі Чорного моря (Одеська область) на площі 7 тис. м². Ще залишається обстежити 6 ділянок, на яких запаси також дуже значні. Той факт, що Україна відновила пошук нафти та газу на шельфі Чорного моря, свідчить про титанічний зсув у геологорозвідці України [39].

В даний час, української акваторії Чорного моря сейсмозрозвідкою виявлено 109 перспективних структур. Їх загальні запаси оцінюються в більш ніж 1,5 млрд. т умовного палива. І це при тому, що пошуково-розвідувальні роботи проводилися в дуже обмежених обсягах, і ступінь вивченості ресурсів не перевищує 4 %. Нерозвідані запаси вуглеводнів на шельфі оцінюються Українським державним геолого-розвідувальним інститутом в 1852,96 млрд. м³ газу, 157,2 млн. т нафти і 186,2 млн. т конденсату. Високі перспективи нафтогазоносності акваторії Чорного моря підтверджуються результатами буріння перших свердловин на структурі Суботіна.

Проект концепції розвитку видобутку вуглеводнів на шельфі Чорного та Азовського морів на 2007-2015 рр. передбачав відкриття 13 нових родовищ. До

2015 р. обсяг видобутку газу на морському шельфі планувалося збільшити до 6,5 млрд. м³ на рік, газового конденсату - до 700 тис. т, нафти - до 3,56 млн. т. Однак з 2007 р. систематично зменшувалось фінансування геологорозвідувальних робіт, що призвело до скорочення видобутку вуглеводнів.

На думку експертів, брак достатніх коштів, зміна керівництва і відсутність прозорості у діяльності по залученню іноземних інвесторів продовжують негативно впливати на ситуацію.

Таким чином, проблема ефективного використання вітчизняних енергоресурсів шельфу Чорного і Азовського морів залишається невирішеною.[40]

1.1.3 Ретроспективний аналіз розвитку організації морського видобутку сировини в шельфах морів

Площа акваторії Землі становить більше двох третин поверхні. Спочатку океан справно служив людству, як основна транспортна артерія, що зв'язує континенти, а також як джерело харчових, енергетичних і мінеральних ресурсів. Перші серйозні кроки до вивчення океану людство зробило тільки на початку, ХХ століття, коли в 20-і роки вперше в науці з'явився термін «Світовий океан», яким радянський океанограф і картограф Ю.М. Шокальський об'єднав в єдину водну оболонку всі моря і океани планети Земля.

Континентальний шельф морів і океанів, площа якого 27 млн. км² володіє 60 % світових запасів нафти і газу. Каспійське море - перше море, досліджене нафтовиками. На початку ХІХ століття бакинський житель Касимбеков Селімханов почав видобувати нафту з дна моря. На відстані 18 і 30 м від берега Бібі-Ейбат їм були споруджені два нафтових колодязя. Ці колодязі захищалися від води зрубами з щільно збитих дощок. З цих колодязів щодоби видобувалося 3-4 відра нафти.

У 1825 р. сильний шторм зруйнував колодязі і існування першого морського промислу припинилося.

У 1885 р. академік К.М. Бер, який відвідав південну частину Каспію, описав «Виверження нафти» з моря. У 1898 р. геолог Н.І. Лебедєв представив записку і два геологічні розрізи про нафтоносності площі, покриті водами Бібі-Ейбатської бухти. У 1904 р. геолог Д.В. Голуб'ятників переконливо довів простягання нафтоносних шарів під дном бухти, опублікувавши геологічну карту Бібі-Ейбат.

У 1894 р. в Каліфорнії за пірсами Санта-Барбари вперше була здобута нафта з морських свердловин. Одним і засновників морського нафтовидобутку в США був Г. Вільямс. Буріння в відкритому морі було почато з 1897 р. неглибокими свердловинами (до 1000 м) в приливній смузі Тихого океану в Сомерленді. Бурові вишки встановлювалися на дерев'яних палях, не мали захисних шахт і з'єднувалися з берегом за допомогою легких дерев'яних пристаней. Продуктивність свердловин не перевищувала 1-2 бареля в день. Під час сильного шторму в 1899 р. в багатьох свердловинах, які не мають захисних шахт, колони були зламані і морська вода потрапила всередину свердловин. Морський видобуток нафти в той момент часу не міг змагатися з інтенсивним видобутком на суші і заповзятливі американські нафтопромисловці відмовилися від неї.

У 1896 р. гірничий інженер В.К. Згленіцький звернувся в Управління державним майном Бакинської губернії і Дагестанської області з проханням про відвід йому двох ділянок під розвідку на нафту, яку він припускав проводити з вишок, що споруджуються у відкритому морі. В 1900 р. він домагається заслуховування свого проекту спеціальною комісією, утвореною для встановлення можливості видобутку нафти на прибережній смузі Каспійського моря. Проект передбачав спорудження вежі для буріння на пайовій підставі. Передбачалася установка шахтної труби, що представляє собою залізний кесон, який з метою запобігання надходження води знизу заливався цементом. Для виконання робіт передбачалося використання електроенергії. Однак, незважаючи на оригінальність проекту, ретельність його розробки та наполегливість автора проект був відхилений.

У 1898-1900 рр. було визнано за необхідне продовжувати розробку морських родовищ шляхом засипання морського ґрунту. Цей варіант передбачав

засипку морського дна таким чином, щоб знову утворена площа зливалася в одне ціле з прибережною материковою смугою. Таке рішення у відношенні до Бібі-Ейбатської бухти мотивувалося тим, що вона оточена висотами з великими запасами землі і каменю, необхідних для засипки.

До 1917 р. засипку бухти було вкладено понад 5 млн. руб. золотом і засипано 193 га. Засипка, здійснена для розробки нафтоносних горизонтів, що залягають під дном моря в Бібі-Ейбатській бухті, була єдиною у світовій практиці.

У 1922 р. на засипаній території бухти була закладена перша бурова імені А. Єнукідзе. Перші стовбури свердловин врізалися в жерло грязьового вулкана і не дали нафти. Цей факт став серйозною перешкодою на шляху подальшого освоєння бухти. Розгорілися серйозні дискусії - бути чи не бути морський нафти. Все це призвело до того, що 1 травня 1924 р. засипка бухти була припинена, бурові роботи оновилися до осені 1924 р. і незабаром свердловини №№5, 23, 27, 2 дали нафту із загальною продуктивністю $50 \div 100$ тис. пудів на добу.

Прибережна частина Бібі-Ейбатської бухти при площі 350 га (освоєно 300 га) дала з 1923 по 1935 рр. при розробці тільки одного верхнього відділу продуктивної товщини близько 15 млн. т нафти.

До кінця 20-х років нафтові компанії, що видобувають нафту в США виходять до узбережжя Тихого океану (Каліфорнійська затока) і Атлантичного (Мексиканська затока) океанів. Обстежуються і прибережні райони в Венесуелі, Австралії, Колумбії, Тринідаді, Камеруні, Нової Гвінеї та Нової Зеландії. В СРСР тривають дослідження в прибережній зоні Апшеронського півострова острова Сахаліну, півострова Камчатка, в районі озера Байкал.

Узбережжя Мексиканської затоки представляло значні труднощі для проведення розвідки звичайними геологічними методами. Початок геофізичних розвідок можна віднести до 1924 р., коли був відкритий купол «Nash». У 1926 р. розвідки в прибережній смузі соляних куполів, що мають велике значення для залягання нафти Техасу і Луїзіани, представляли інтерес не стільки за результатами, скільки за тим, що тут широке застосування отримали геофізичні методи, міцно в подальшому ввійшли в ужиток при пошуку нафтових родовищ.

Застосування сейсмографа і крутильних ваг було вперше запропоновано в Європі, але США випередили Європу і інші частини світу в цьому відношенні.

Загальні витрати на геофізичні розвідки для Америки обчислювалися приблизно в 50 млн. доларів, по всьому світу ці витрати дорівнювали 100 млн. доларів. До кінця 1936 р. у США працювало вже понад 124 сейсмічних партій, а в СРСР тільки 10. На узбережжі Мексиканської затоки в середині 30-х років починаються глибоководні розвідки. Так в 1937 р. були пробурені дві свердловини на глибину 3658 м і дві свердловини більше 3048 м, з яких і надалі здійснювався промисловий видобуток [41].

1.2 Характеристика розвитку ринку офшорних суден

Всього поставки офшорних морських суден збільшилися більш, ніж в три рази в період між 2004 і 2009 рр., Що було обумовлено зростанням цін на нафту і необхідністю заміни флоту. Як наслідок, офшорні судна стали ключовим сегментом ринку для суднобудування з високим внеском в обіг світового суднобудування.

Розширення офшорного ринку, проте, не є достатнім для зменшення надлишкових потужностей в суднобудівній галузі. За даними Кларксон [42], ринок для морських суден сам страждає від надлишку виробничих потужностей у зв'язку з недавнім збільшенням будівництва малих суден в Азії і дуже великих суден для Північного моря і Бразильського ринку.

Проте, в середньостроковій перспективі, за даними Douglas-Westwood, [43] попит на всі типи офшорних суден, як очікується, збільшиться на 3,7 % в рік в середньому протягом найближчих десяти років, що пов'язано з розробкою глибоководних морських родовищ. Це може справити позитивний вплив на скорочення надлишкових виробничих потужностей шляхом сприяння переорієнтації суднобудівних компаній.

Після різкого зниження цін на нафту в другій половині 2014 року, рис. 1.1, нафтові компанії оголосили про скорочення їх інвестицій в розвідці нафти.



Рисунок 1.1 - Динаміка ціни на нафту марки «Брент» з прогнозом до 2025 р.[44]

Ціни на газ істотно відрізняються від цін на нафту. Крім того, недавнє різке збільшення видобутку сланцевого газу в США сприяло розширенню розриву між ціною в Північній Америці і ціною в Європі і Азії, відповідно (див. рис. 1.2).

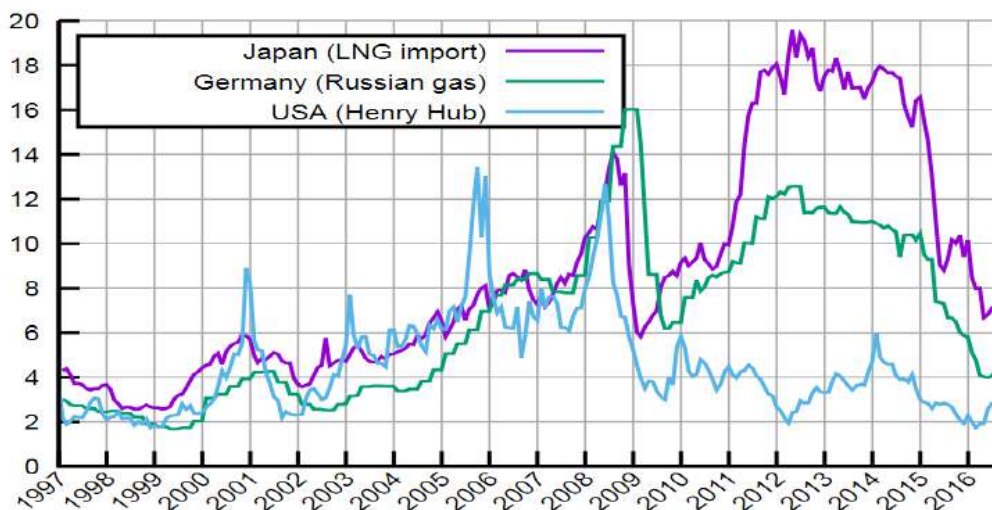
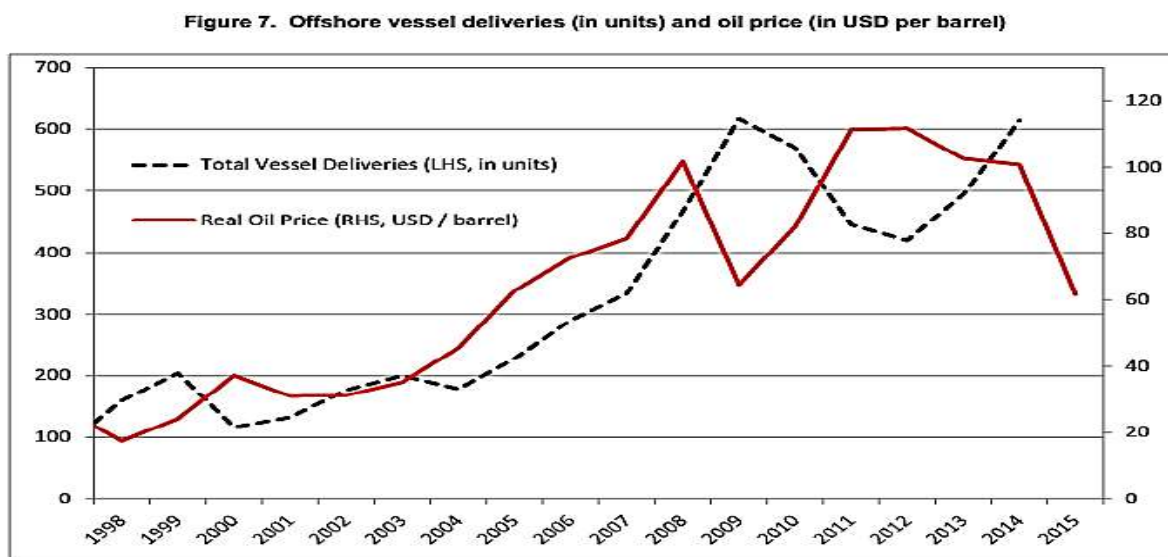


Рисунок 1.2 - Динаміка ціни на газ в США, на імпорт LNG в Японії і Німеччині. [45]

Дійсно, різниця в ціні між імпортом зрідженого природного газу в Японію і ціни на газ в США збільшився з 2,4 дол. США за MBtu в 2010 році до 7,9 дол. США за MBtu в 2016 році. Розрив у цінах між газом, що імпортується до Німеччини, і ціна на газ в США збільшилася з 0,4 дол. США за MBtu в 2010 році до 2,4 дол. США за MBtu в 2016 р.

На рисунку 1.3 показаний високий рівень кореляції між поставками морських суден останні два роки і ціни на нафту. Якщо ця кореляція зберігається протягом найближчих років, можна очікувати зменшення поставок офшорних суден щонайменше на 10%, за період 2015 і 2019 рр.

Сумарні поставки офшорних морських суден збільшилися з 179 одиниць у 2004 році до 616 в 2009 році. Світова криза і зниження цін на нафту призвело до зниження постачання офшорних морських суден до 420 одиниць в 2012 році. Але стабілізація цін на нафту близько 110 дол. США за барель у період з 2011 до середини 2014 р привело до збільшення поставок морських суден до 616 одиниць в 2014 році.



Source: Douglas-Westwood.

Рисунок 1.3 - Співвідношення динаміки цін на нафту (дол./барель) і кількості поставлених офшорних суден

Проте, в середньостроковій перспективі, на думку Douglas-Westwood [46] на ринку офшорного флоту очікується збільшення попиту на всі типи морських

офшорних суден на 3,7 % в рік в середньому між 2014 і 2025 рр., для забезпечення зростаючого обсягу поставок нафти і газу в найближчі роки, особливо з глибоких морських родовищ.

Що стосується розвідки і розробки газу, високі ціни на газ в Азії дозволили розвиток досить капіталомістких Австралійських експортних проектів в останні роки.

Проте, потенціал для того щоб перевозити дешевий зріджений природний газ зі Сполучених Штатів можуть привести до скасування деяких експортних проектів з високою вартістю в інших країнах.

Так як грошові потоки, капітальні та експлуатаційні витрати неухильно ростуть в останні роки, багато проектів схильні до ризику, оскільки вони уразливі до падіння цін на нафту нижче 80 дол. США за барель.

Згідно Douglas-Westwood, зростання витрат на проведення робіт з розвідки і видобутку нафти і газу, як очікується, буде найбільшою проблемою для офшорної промисловості.

Морські судна купуються і використовуються великими нафтовими компаніями і пара-нафтовими компаніями. Великі нафтові компанії, як очікується, стабілізують або навіть дещо знизять свої інвестиції у відповідь на зниження цін на нафту. Наприклад, Exxon Mobil, Chevron, British Petroleum, Royal Dutch Shell оголосили великі скорочення капітальних витрат на 2018 р., ці скорочення в діапазоні від 10 до 20 %.

Пара-нафтові компанії також постраждали від недавнього зниження цін на нафту. Schlumberger, наприклад, на початку 2018 року оголосила про 20 000 скорочень робочих місць (15 % від кількості співробітників) у відповідь на падіння цін на нафту.

У той же час компанії вказали на різке зниження у розвідці нафти зокрема, на шельфі.

Проте, в середньостроковій перспективі, як очікується, викопні види палива, як і раніше, домінують в енергопостачанні.

Таким чином, видобуток нафти і газу на шельфі буде основним бенефіціаром триваючого попиту на викопні види палива з точки зору Міжнародного енергетичного агентства (МЕА).

У сценарій нових стратегій, на шельфовий видобуток нафти припадає понад 30 % світового видобутку нафти до 2030 р., що відповідає збільшенню на п'ять процентних пунктів від поточного рівня. У цьому випадку, збільшення частки морських родовищ нафти буде обумовлено очікуваним зростанням видобутку на глибоководних родовищах та досягне 50 % протягом наступних 15 років. На противагу цьому, на мілководних шельфах очікується зменшення обсягів видобутку.

Douglas-Westwood очікує, що частка видобутку нафти і газу на шельфі значно зросте з 8 % в 2014 році до 10 % в 2020 році, (див. рис. 1.4).

Незважаючи на затримки проекту, Douglas-Westwood очікує, що витрати на глибоководний видобуток досягне 210 млрд. дол. США з 2015 по 2019 рік, а це означає збільшення на 69 % в порівнянні з попереднім п'ятиріччям.

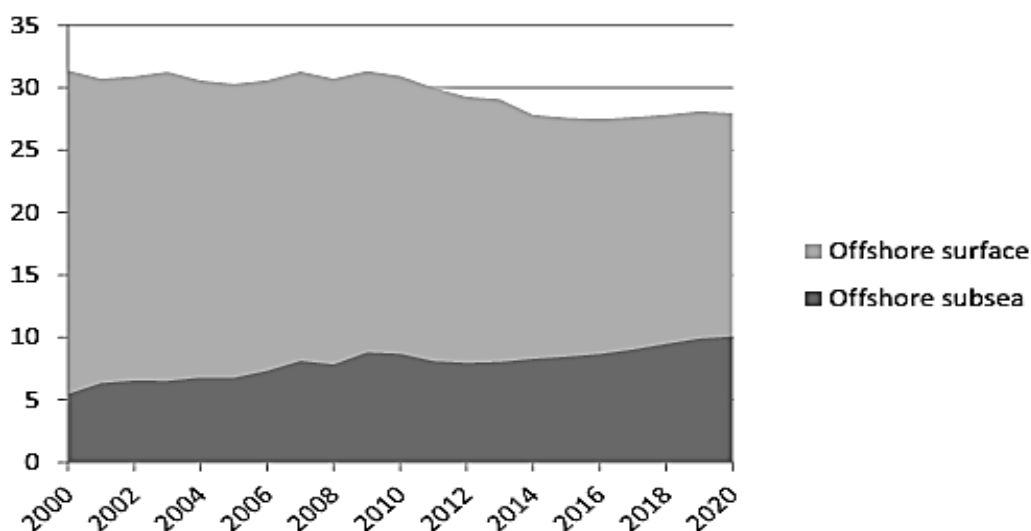


Рисунок 1.4 - Динаміка видобутку нафти офшорними судами 2000 - 2020 рр., млн. барелів на день

Витрати на проведення глибоководного видобутку будуть визначатися великими капіталовкладеннями в основні регіони, багаті нафтовими ресурсами, такими, як в Африці, Латинській Америці і Північній Америці.

Що стосується морського видобутку природного газу, сильне зростання очікується, як в дрібних так і глибоких водах, зокрема, шляхом розвитку східно-африканських природних газових басейнів. Латинська Америка, як і раніше найбільший ринок Північної Америки, буде відчувати повільне зростання. В цілому, виробництво нафти і газу на шельфі, як очікується, зросте на 1,2 % в рік в середньому в найближчі 15 років.

1.3 Аналіз літературних джерел щодо організації експлуатації спеціалізованих суден при транспортуванні видобутих вуглеводнів

Аналіз наукової літератури показав, що у всіх напрямках розробки та експлуатації нафтогазових родовищ відомі фундаментальні праці, які є основою розробки нових технологій видобутку, рішення задач моделювання об'єктів і процесів нафтовидобутку, підбору обладнання для експлуатації свердловин, удосконалення експлуатації обслуговуючих суден, вибір способу транспортування вуглеводнів з місць видобутку до місць реалізації.

Всі публікації з питань організації видобутку та транспортування вуглеводнів в шельфах морів можна згрупувати в декілька категорій.

До першої групи слід віднести публікації, що стосуються питань з розвитку технології та нафтовіддачі. Це роботи по теорії фільтрації найбільшого американського фахівця М. Маскет [47], основам теорії двофазної фільтрації, запропонованим Баклеєм - Левереттом, [48], Теорії фільтрації рідин і газів і розробці родовищ присвячені також роботи, написані Х. Азізом, А Сеттари [49]. Але питання, що стосуються технологічних процесів експлуатації морських бурових платформ з боку організації транспортування вуглеводнів з місць видобутку в морських шельфах до берегової інфраструктури, залежно від типу існує одиниці.

Дослідження вчених присвячені також аналізу можливих варіантів транспортування нафти від місць буріння в шельфах морів до берегової інфраструктури. Однак в роботі [50] автор наводить лише приклад економічного розрахунку одного з можливих варіантів транспортування без порівняння з іншими. Також не розглядає танкерний та трубопровідний спосіб транспортування вуглеводнів з місць видобутку до берегової інфраструктури.

В роботі [51] визначено економічну ефективність обмеженої кількості варіантів транспортування нафти з шельфу. У джерелі [52], наведені дані, отримані в ході розробки техніко-економічного обґрунтування освоєння Прирозломного нафтового родовища. Виконані розрахунки не враховують можливих змін параметрів, які є вихідними для вибору способу транспортування, а саме відстань бурової платформи від берега, тип бурової платформи, тип транспортного засобу, яким здійснюється транспортування. Автором в роботі [53], запропонований спосіб зіставлення схем транспортування нафти на основі аналізу їх економічних показників. Розглянуто можливі варіанти транспортування нафти, включаючи морські і сухопутні, досліджено зміни економічних показників функціонування систем транспортування в залежності від зміни вихідних параметрів. Але не розроблено метод для вибору засобів транспортування від морських бурових платформ до берегової інфраструктури.

Нові роботи сучасних вчених показують, що настає новий етап в розвитку фундаментальних наукових основ нафтової і газової промисловості, обумовлений науково-технічними досягненнями останнього часу, взаємозалежним прогресивним розвитком науки, практики і технологій, що забезпечує перехід до інформаційно-керуючих систем [41, 54]. В роботі [54], автором розроблено математичне моделювання складу танкерів-челноків, барже-буксирного складу, магістрального транспортного трубопроводу, одноточечного рейдового причалу і плавучого сховища. При цьому основним критерієм оптимальності прийняті приведені витрати.

Актуальними стали дослідження, мета яких оптимізація експлуатації суден постачання, що обслуговують морські бурові платформи. Задачі вдосконалення

експлуатації флоту для обслуговування МБП в цілому в науково-дослідницьких роботах не знайшли широкого відображення. В роботах [54], [55] відмічається, що до обслуговуючого МБП флоту повинні входити не тільки судна постачання, а ще й буксири. Але ця ідея не отримала в них розвитку. Оскільки не розглядалася оптимальність якісного і кількісного складу флоту та не проводилась прив'язка до експлуатації родовищ.

Створенню методології проектування комплексу транспортного обслуговування морських нафтогазопромислів присвячені дослідження А.Є. Горігледжана [56]. До складу комплексу транспортного обслуговування автор включає судна постачання і забезпечення, танкери-постачальники, морські пасажирські судна. А.Є. Горігледжаном розроблені математичні моделі проектування технічних засобів обслуговуючого комплексу, а також запропонована модель можливого функціонування комплексу технічних засобів доставки вантажів і пасажирів на МБП. Причому в частині доставки пасажирів в роботі проаналізовано ряд можливих варіантів, простежено зв'язок між кількістю пасажирів і водотоннажністю пасажирських суден, а також розглянута можливість доставки пасажирів вертольотами. Оцінку ефективності комплексу А.Є. Горігледжан рекомендує проводити на підставі мінімальних річних зведених витрат.

Накопичений досвід формування та експлуатації рибпромислового флоту, викладений, зокрема, В.І. Аполлінарієвим [57], С.І. Логачовим [58, 59], а також дослідження по обґрунтуванню моделі роботи криголамно-транспортного флоту В.Г. Бугаєва [60] дають уявлення про підходи до вирішення завдань, пов'язаних з проектуванням флотів того чи іншого призначення.

Забезпечення освоєння морських нафтових і газових родовищ присвячений цілий ряд досліджень, результати яких доповідалися на міжнародних конференціях і видавалися. У роботах [61-66], накопичений досвід будівництва та експлуатації МБП, який необхідно враховувати при вирішенні завдань, пов'язаних з удосконаленням організації та планування експлуатації СПП. Серед таких досліджень необхідно відзначити публікації В.А. Беляшова, Б.А. Віхмана,

А.М. Григор'єва, А.Д. Зіміна [61], А.Б. Карташова, В.Н. Кіреєва, Г.К. Крупнова, В.А. Мацкевіча, Ю.Б. Мастобаєва [41], Н.К. Моїсеєва [62], В.В. Мініна, Ю.Б. Могутіна, О.П. Орлова, А.С. Кравця, Ю.Н. Семенова [63], В.Ф. Сідорченко [64, 65], Г.В. Сіманова [66].

З огляду на те, що при організації обслуговування МБП необхідним є також вивчення методів складання маршрутів обходу об'єктів, що обслуговуються, були вивчені наукові підходи в роботах [69-70]. В роботі [67], автором розглядався процес маршрутизації роботи морських суден в умовах динамічної зміни рейсу судна. Однак, запропонований в роботі метод не враховує особливості експлуатації суден СПП при обслуговуванні МБП. Робота СПП аналогічна роботі автотранспорту, так як виконується на невеликі відстані, бригади працюють позмінно по 8 годин і судна обслуговують відразу кілька МБП, виходячи з порту. Це призвело до необхідності розглянути методи складання маршрутів для автомобільного транспорту [67-70].

В умовах того, що в шельфах морів з МБП здійснюється видобуток як нафти, так і газу, були вивчені підходи до організації доставки газів морським транспортом, розкриті в роботах професора А.А. Вассермана [71-73]. Запропонований в роботах спосіб транспортування газу дозволяє відмовитися від судової установки для реконденсації газу, що дає можливість розглядати організацію доставки газу на барже-буксирних суднах.

Питанням оптимізації рішень завжди приділялася велика увага, подібні завдання в проектуванні суден формулювалися ще в роботах Шибаєва О.Г. [74], Кирилової Є.В. [75], Онищенко С.П. [76], Воєвудського Є.Н. [77]. При цьому не розглядалися питання оптимізації роботи спеціалізованих суден при обслуговуванні МБП.

Проблема вибору критерію ефективності судна досліджувалася також в роботах Захарова І.Г. і Краєва В.І. [78], [79].

Гайковіч А.І в [80] розглядає задачу оптимізації флоту. У книзі їм вперше розглядається приклад оптимізації флоту суден постачання МБП з використанням

апарату теорії масового обслуговування з урахуванням штрафів за простій (метод нетарифних функцій).

Найбільш повно висвітлені питання визначення необхідної і достатньої кількості суден, обслуговуючих морські бурові платформи в роботах Г.А. Макєєва [81, 82]. Однак, при цьому не розглянуто системний підхід до планування системи обслуговування МБП, а так само не приділяється уваги вибору засобів транспорту при доставці видобутих вуглеводнів від місця видобутку до берегової інфраструктури.

Економічному обґрунтуванню проектних рішень, розгляду системи показників економічної ефективності транспортних суден, методикам визначення цих показників, виявлення зв'язків основних техніко-експлуатаційних характеристик і економічних показників суден присвячені також роботи П.Я. Панаріна [83], А.А. Союзова [84]. Найбільший інтерес викликають в цих роботах опис методів вибору судна для напрямку перевезень. Використовувати названі роботи при розрахунку конкретних величин не представляється можливим, оскільки вони відображають специфіку планового господарства СРСР, але після певних коригувань загальний підхід до розгляду питань економічного обґрунтування не втрачає актуальності і в нинішній час.

Методи вибору оптимального варіанта нафтогазопромислових платформ для освоєння шельфу розглянуті в Мірзоева Фуада Дилижан Огли. Зокрема в дисертації була вироблена пріоритетність гідрометеорологічних, інженерно-геологічних, геолого-технологічних, промислово-виробничих і екологічних факторів, що впливають на вибір типу МНГС [85].

Зроблено висновок, що найбільш перспективними для глибоких вод є платформи на натяжних опорах (TLP), тому що вони придатні для широкого діапазону глибин моря, а так само їх вартість значно нижче ніж стаціонарні платформи. Створено методичні основи вибору основного варіанту льодостійких платформ, що мають підвищену функціональну відповідальність.

У дисертації Єрмакова А.І., розроблена багатовимірна модель просторового проектування, при освоєнні морського нафтогазового родовища, що дозволяє зв'язати будь-які інженерні завдання в просторі життєвого циклу родовища, [86].

Розвиток технологій і технічних засобів для видобутку нафти і газу на морських арктичних родовищах розглянуті в дисертації Дворянінова Н.Є. [87]. Встановлено передумови виникнення нових технологій і технічних засобів, що використовуються при бурінні і розробці морських арктичних родовищ, представлені особливості їх експлуатації (клімат, глибина моря, наявність льодів і та ін.).

Показано можливості комплексного освоєння морських арктичних нафтогазових родовищ (буріння - видобуток - переробка продукції свердловин в одному районі) і досліджена можливість такого підходу в умовах льоду (Штокманівське родовище).

Оцінка економічної ефективності форм залучення інвестицій в пошуки, розвідку і видобуток нафти і газу, [88] виконана за рахунок розробленої технології стратегічного управління розвитком нафтогазової компанії, заснованої на апробованих схемах «дерева мети».

Невід'ємним аспектом експлуатації спеціалізованих суден при нафто-і газовидобутку є забезпечення екологічної безпеки транспортного процесу. В роботі [89] автором відзначається, що основною загрозою навколишньому середовищу при освоєнні вуглеводневих ресурсів шельфу при морських перевезеннях нафти є розливи нафти, хоча в останні 15 років спостерігається значне зниження числа інцидентів і масштабів їх наслідків [90, 91]. Однак і в останні роки досить аварій, що показують, наскільки можуть бути небезпечні нафтові розливи [92, 93, 94]. Методика оцінки ризику виникнення розливів нафти при транспортних операціях розглянута в роботі [95, 96]. В роботі [97] запропоновано методику визначення розрахункової частоти розливів нафти з двох пошкоджених танків на акваторії морського порту. В роботі [98] розглянуто різні аспекти аналізу ризиків для водних екосистем при аварійних розливах нафти і нафтопродуктів, методика прогнозування екологічних ризиків аварійних

нафторозливів на водній поверхні розглянуті в дослідженні [99]. Аналіз техногенних ризиків при проведенні технологічних процесів завантаження, вивантаження і допоміжних операцій при проведенні ремонтних робіт на нафтоналивних резервуарах, виконаний у роботі [100]. Математична модель розтікання нафтової плівки з поверхні моря запропонована в роботі [101]. Однак мало уваги приділяється малим розливам нафти і оцінці збитку навколишнього середовища від них.

В результаті аналізу літературних джерел, можна зробити висновок, що всі наукові роботи не розкривають питання організації процесу експлуатації спеціалізованих суден при обслуговуванні вже встановлених платформ, та питань організації експлуатації суден забезпечення платформ. Тому, розробка методів організації експлуатації офшорних суден забезпечення являється актуальною, та слабо дослідженою.

1.4 Ціль, завдання та структура дисертації

Метою дисертації є підвищення ефективності експлуатації спеціалізованих суден при транспортному обслуговуванні морських бурових платформ шляхом розробки теоретичних та методичних положень щодо експлуатації спеціалізованих суден в шельфах морів.

Досягнення мети обумовило постановку й рішення наступних завдань:

1. Проаналізувати сучасний стан теорії та практики експлуатації спеціалізованих суден при транспортуванні вуглеводнів та обслуговуванні морських бурових платформ.

2. Розробити основні теоретичні та методичні положення щодо організації експлуатації спеціалізованих суден при транспортуванні вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури.

3. Структурувати та формалізувати процес експлуатації спеціалізованих суден постачання при обслуговуванні морських бурових платформ.

Об'єкт дослідження – процес експлуатації спеціалізованих суден при транспортному обслуговуванні морських бурових платформ в шельфах морів.

Предмет дослідження – методи й засоби експлуатації спеціалізованих суден при транспортному обслуговуванні морських бурових платформ в шельфах морів.

Структура та взаємозв'язок завдань, що забезпечують досягнення мети дисертації представлена на рис. 1.5.

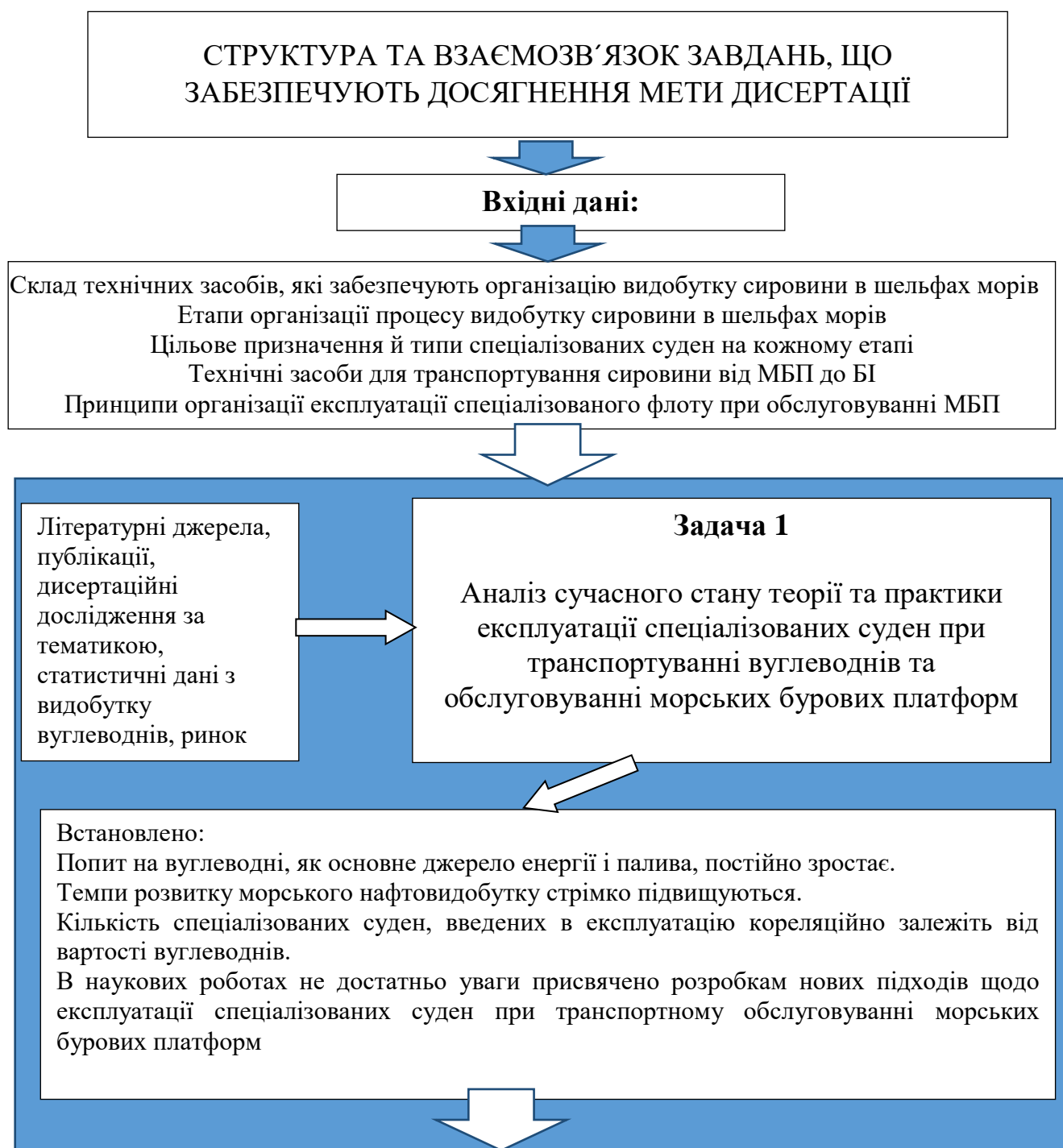
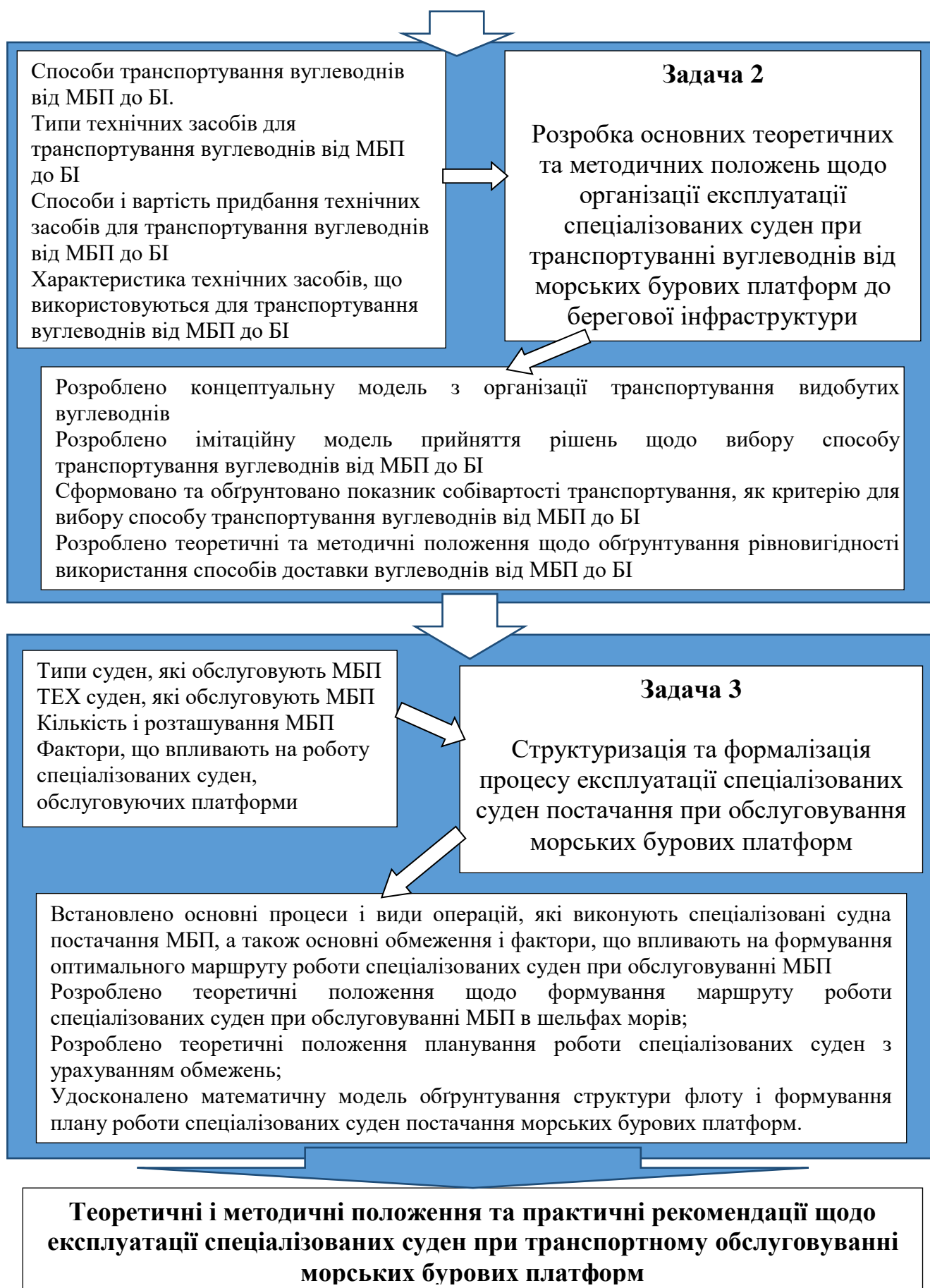


Рисунок 1.5 - Структура та взаємозв'язок завдань, що забезпечують досягнення мети дисертації



Продовження рис. 1.5 - Структура та взаємозв'язок завдань, що забезпечують досягнення мети дисертації

Висновки по розділу 1

Аналіз сучасного стану світового ринку нафти та газу показав, що попит на нафту та газ, як на один з основних джерел енергії та палива продовжує зростати. Оскільки цей ресурс не відновлюється, ведуться постійні пошуки нових родовищ. Це призводить, до того, що, поряд з інтенсивним видобутком нафти в традиційних районах суші, бурхливими темпами продовжує розвиватися морський нафтовидобуток, переміщаючись на значні відстані від берега на великі глибини. Морський видобуток нафти склав 21,5 млн. барелів на добу в 2017 році, що становить близько однієї чверті світового видобутку нафти. Морський видобуток газу склав 90 млрд. кубічних футів на добу (BCFD) в 2017 році, що відповідає приблизно однієї чверті світового видобутку газу. Підтвердженням великих запасів вуглеводнів в Чорноморсько-Азовському регіоні є приклад розробки родовищ не тільки Україною, а й такими країнами як Болгарія, Румунія, Туреччина, Грузія та Росія. В даний час, української акваторії Чорного моря сейсмозвідкою виявлено 109 перспективних структур. Їх загальні запаси оцінюються в більш ніж 1,5 млрд. т умовного палива. І це при тому, що пошуково-розвідувальні роботи проводилися в дуже обмежених обсягах, і ступінь вивченості ресурсів не перевищує 4 %. Нерозвідані запаси вуглеводнів на шельфі оцінюються Українським державним геолого-розвідувальним інститутом в 1852,96 млрд. м³ газу, 157,2 млн. т нафти і 186,2 млн. т конденсату.

Ретроспективний аналіз розвитку організації морського видобутку сировини в шельфах морів показав, що видобуток нафти в шельфах морів відбувається з 1825 року. Розвиток технічних засобів, що використовуються в морському видобутку нафти та газу, відбувався відповідно до потреб нафтогазової промисловості у освоєнні нових родовищ в шельфах морів які відкриваються все віддаленіше від берега.

Аналіз стану ринку офшорних суден показав, що існує кореляційна залежність між ціною нафти та газу, та кількістю введених в експлуатацію нових

офшорних суден. Всі офшорні судна – це складні в технічному аспекті споруди, тому дуже дорогі. Основним способом придбання таких суден для виконання завдань промисловості являється оренда, або будівництво.

Аналіз сучасної наукової думки показав, що більшість публікацій, які стосуються нафтовидобутку присвячені удосконаленню технології та автоматизації видобутку нафти та газу на суші. Кількість наукових робіт, що присвячені розробці нових підходів щодо удосконалення організації експлуатації офшорних суден в шельфах морів дуже обмежена.

Виявлено, що недостатньо уваги вченими приділялось розробці методів та методичних підходів для удосконалення організації процесу доставки вуглеводнів від морських видобувних платформ до берегової інфраструктури, та формалізації процесу експлуатації спеціалізованих суден при обслуговуванні морських бурових платформ в шельфах морів.

В роботах вчених також багато уваги приділяється розробці наукових підходів щодо забезпечення безпеки навколишнього середовища при транспортуванні вуглеводнів. При цьому не достатньо уваги приділяється розробці методів оцінки можливості виникнення розливів та запобігання забруднення навколишнього середовища при розливах нафти і нафтопродуктів.

Матеріали даного розділу:

- знайшли застосування в держбюджетній і кафедральній науково-дослідницьких темах ОНМУ (К 33-12 «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на міжнародному ринку транспортних послуг в умовах глобалізації міжнародного судноплавства», реєстраційний номер 0112U001850, К 05-15 «Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства», реєстраційний номер 0115U003601; К 04-17 «Проблеми розвитку морського транспорту і туризму», реєстраційний номер 0118U0034692);
- опубліковані в роботах [13, 14, 18-20, 22-24, 26, 29, 30, 31].

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ОБГРУНТУВАННЯ РІШЕНЬ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ВУГЛЕВОДНІВ ВІД МОРСЬКИХ БУРОВИХ ПЛАТФОРМ ДО БЕРЕГОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

2.1 Класифікація та характеристика технічних засобів, що задіяні в процесі транспортування видобутих вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури в шельфах морів

2.1.1 Класифікація спеціалізованого флоту, що забезпечує видобуток та транспортування вуглеводнів в шельфах морів

До складу виробничої інфраструктури для розвідки та видобутку вуглеводнів в шельфах морів входить: база буравлення та її облаштування, технологічний флот.

База буравлення та її облаштування — призначена для базування суден, обслуговування й забезпечення морських стаціонарних платформ (МСП) і самопідіймальних плавучих бурових установок (СПБУ).

Оснащення бази буравлення та її облаштування: кранове встаткування для вантажно-розвантажувальних робіт, плавучі крани вантажопідйомністю від 100 т та більше, плавучий док, плавуча майстерня.

База призначена для перевалки, зберігання експортно-імпортних вантажів, виконання судноремонтних робіт (включаючи докування), ангари для вантажів, зберігання яких на відкритих майданчиках неможливо.

Технологічний флот – це спеціалізовані судна, що задіяні в розвідці, облаштуванні, видобутку, зберіганні та транспортуванні вуглеводнів в шельфах морів. Всі судна, що задіяні в розвідці та видобутку нафти й газу великі і унікальні: транспортні й транспортно-буксирні судна (ТБС); рятувальні,

протипожежні й водолазні судна; кранові судна й плавучі крани; портовий і допоміжний флот; бурові установки.

Для розробки методичних основ з організації роботи спеціалізованих суден при видобутку та транспортуванні вуглеводнів необхідно надати визначення та класифікацію спеціалізованого флоту.

Міжнародна конвенція МАРПОЛ-73/78 визначає судно, як споруду, яка експлуатується у морському середовищі, судно будь-якого типу і включає підводні судна, плавучі засоби, а також стаціонарні або плавучі платформи [102, ст.2].

В Кодексу Торгівельного Мореплавання України [103], торговельне судно визначається як самохідна або несамохідна плавуча споруда, що використовується за призначенням:

1) для перевезення вантажів, пасажирів, багажу і пошти, для рибного чи іншого морського промислу, розвідки і видобутку корисних копалин, рятування людей і суден, що зазнають лиха на морі, буксирування інших суден та плавучих об'єктів, здійснення гідротехнічних робіт чи піднімання майна, що затонуло в морі;

2) для несення спеціальної державної служби (охорона промислів, санітарна і карантинна служби, захист моря від забруднення та ін.);

3) для наукових, навчальних і культурних цілей; для спорту; для інших цілей;

4) рибальські судна і бази, які здійснюють промисел.

У підручнику «Експлуатація морського флоту» В.Г. Бакаєв надає традиційну класифікацію торговельних суден за призначенням, яка представлена на рис. 2.1.

Однак сучасна класифікація суден докорінно відрізняється від традиційної через величезне різноманіття їх типів. Так всі судна розподіляються на шість груп:

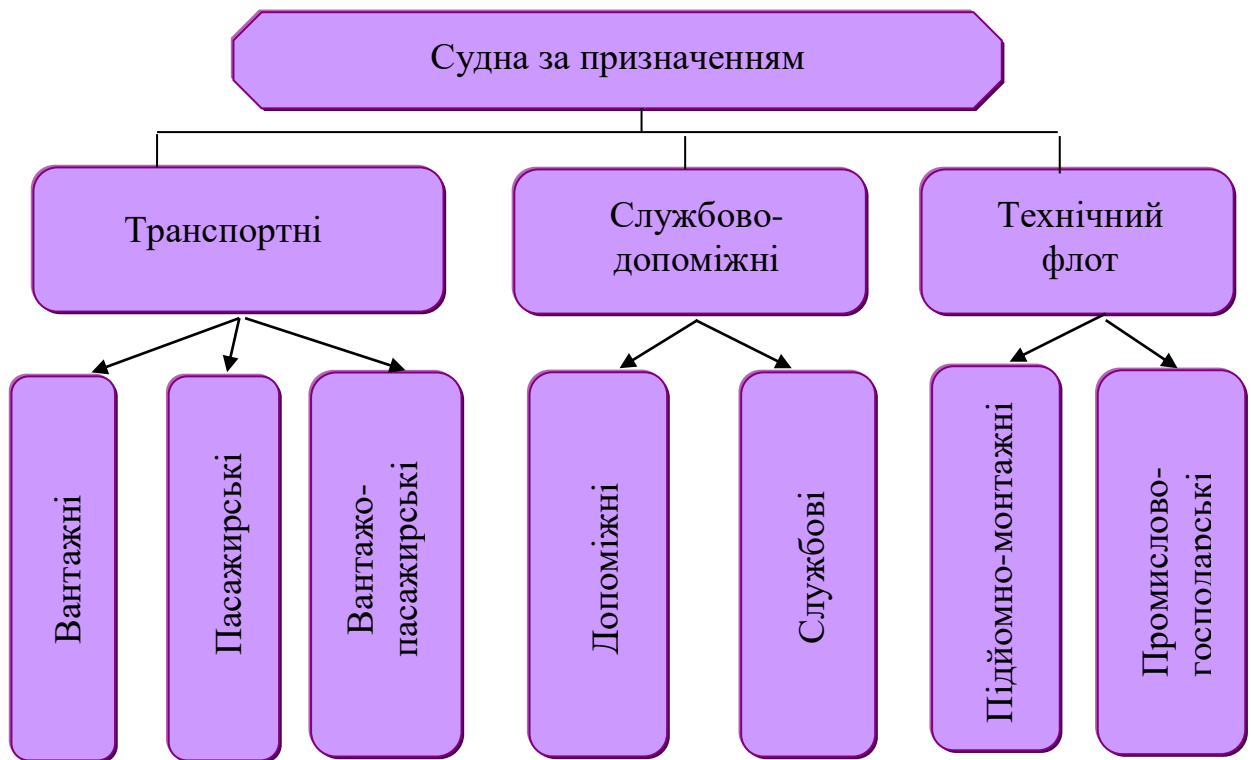


Рисунок 2.1 – Класифікація суден за призначенням

- 1) судна державного значення: науково-дослідні; некомерційні; судна національної адміністрації по океану та атмосфері; пожежні; відомчі кораблі;
- 2) комерційні судна або судна необмеженого морського плавання: контейнеровози та ліхтеровози; танкери; балкери; спеціальні судна;
- 3) пасажирські судна: круїзні; пароми;
- 4) риболовні судна: комерційно-промислові; любительські;
- 5) судна прибережної зони: баржі; буксири;
- 6) судна офшорної промисловості: розвідувальні; судна постачання; видобувні; будівельно-монтажні.

Судна офшорної промисловості – це спеціалізовані морські судна, що забезпечують процес видобутку та постачання вуглеводнів в шельфі морів, працюють недалеко від берега, та, згідно світовій практиці, мають назву «офшорні судна» (від англ. offshore - «поза берегом»).

Офшорні судна - це самохідні або несамохідні споруди, стаціонарні або плавучі платформи, спеціального призначення, які виконують роботи в прибережній зоні або шельфі морів прибережних держав.

До самохідних споруд відносяться судна, що мають спеціальну систему дистанційного позиціонування, яка дозволяє виконувати вантажні операції в шельфах морів біля МБП.

Сумарне постачання офшорних морських суден збільшилося з 179 одиниць у 2004 році до 616 в 2016 році.

Офшорні судна класифікують відповідно до виду завдань індустрії для виконання яких вони спроектовані, а саме: для нафтогазової промисловості (див. рис. 2.2); для вітроенергетичної промисловості та інш.

Під транспортним процесом прийнято розуміти сукупність операцій з вантажами (пасажирями) і транспортними засобами, в результаті виконання яких вантажі (пасажирі) змінюють своє положення в просторі. Однак не всі судна нафтогазової промисловості займаються перевезенням вантажів чи пасажирів. Наприклад, морські бурові платформи (відповідно до класифікації) – це офшорні судна, призначені для буріння свердловин і видобутку вуглеводневої сировини, що залягає під дном моря, океану або іншого водного простору та не займається перевезенням видобутої сировини.

Таким чином, всі судна нафтогазової промисловості можна розділити на судна, що приймають участь у транспортному процесі, та судна, що не приймають в ньому участі, але виконують завдання галузі промисловості.

2.1.2 Характеристика та класифікація морських бурових платформ

Перші бурові установки в морі встановлювалися на металевих палях або на бетонних підвалинах великого діаметра зі сталеву оболонкою, поглиблених в морське дно до твердого ґрунту. Бурові вишки з'єдналися з берегом естакадою також на металевих палях.

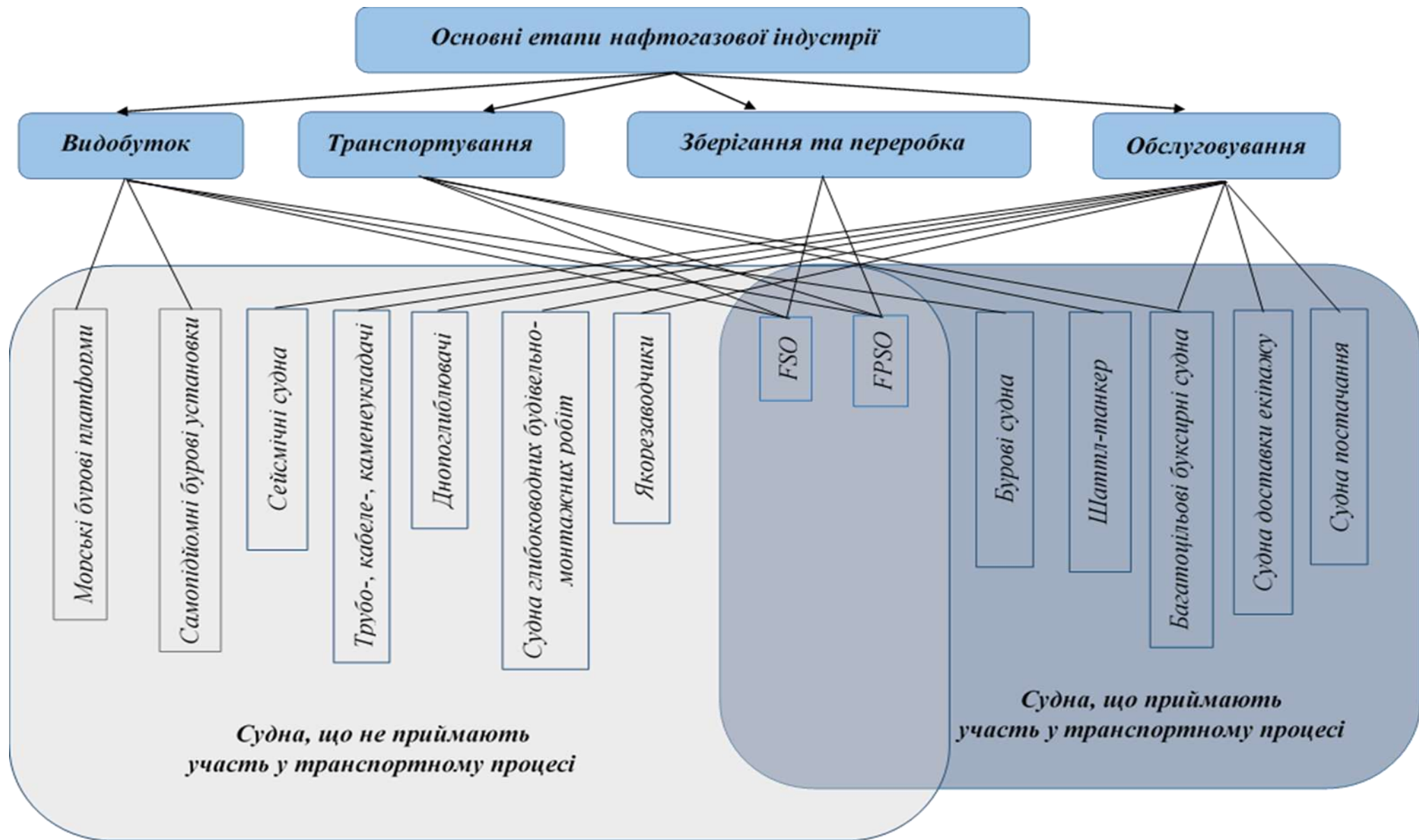


Рисунок 2.2 – Класифікація суден відповідно до основних етапів нафтогазової індустрії

Для поверхневих вод в 30-і роки ХХ століття були розроблені і застосовувалися в США підстави острівного типу. Перша основа була закладена на відстані 270 м від східної огорожі засипки бухти на глибину моря близько 6 м. У подальшому була встановлена бурова вишка висотою 37,4 м. Для спорудження підстав під вишки були використані набивні залізобетонні палі, що встановлюються на дно моря за допомогою бурильної установки. У 1946 р. були впроваджені збірно-розбірні основи морських бурових, розроблені інженером Л.А. Межлумовим (ЛАМ). У 1949 р. Л.А. Межлумов, С.А. Оруджев, Ю.А. Сафаров розробили нову конструкцію крупноблочної основи МОС і його вдосконалені варіанти МОС-1, МОС-2 і МОС-3, які можуть використовуватися при глибинах моря 22 м і більше.

Таким чином, до початку 50-х років ХХ століття світова нафтова практика мала наступні методи освоєння морських родовищ:

- 1) метод суцільної засипки з огорожувальних молів;
- 2) розробка свердловинами, пробуреними з спеціальних морських основ, пов'язаних між собою і берегом естакадами;
- 3) розбурювання морської ділянки з берега або морських основ похилими свердловинами;
- 4) розбурювання за допомогою плавучих барж і понтонів, що пересуваються у міру закінчення свердловини на інші точки;
- 5) розбурювання морської ділянки з невеликих морських підстав з використанням тендерних суден.

Багато нафтових компаній направили свої зусилля на вдосконалювання плавучих експлуатаційних систем на базі танкерів (FPSO).

FPSO ((див. Додаток А, рис. А.9).) - судна, що добувають сиру нафту з глибоководних свердловин і зберігають її в своїх танках до тих пір, поки вона не буде перекачана на танкери-човники або океанські нафтоналивні баржі для подальшого транспортування на берег. Також перекачування нафти на континент може здійснюється через спеціальну систему трубопроводів, проте цей варіант

прийнятний, коли освоєння родовищ відбувається в безпосередній близькості від берега.

Крім суден FPSO використовуються також спеціалізовані судна (без виробничого обладнання) FSO (Floating Storage and Offloading), працюють вони в тих же районах для забезпечення нафтових і газових розробок.

Величезною перевагою експлуатації суден FPSO є виключення витрат на прокладку кілометрів трубопроводів від родовища до берегового терміналу. Виробниче обладнання суден FPSO дозволяє проводити освоєння невеликих родовищ нафти або глибоководних родовищ в даліні від вже існуючої підводної інфраструктури. Причому при виробництві на невеликих родовищах, запаси яких можуть бути вичерпані вже через 1,5-2 роки, відпадає необхідність установки дорогих нафтових платформ. Коли родовище відпрацьовано, судно переходить до розробки наступного.

На плавучій базі FPSO може відбуватися сепарація нафти. Однак, краще здійснювати первинну сепарацію на нафтопромисловій платформі для економії місця в танках судна.

Судна типу FPSO використовуються для розробки нафтових полів по всьому світу з кінця 70-х років. Здебільшого вони працюють в районах Північного моря, Бразилії, Південно-Китайського моря, Середземного моря, Австралії і західного узбережжя Африки.

На сьогоднішній день найбільшим судном цього типу є Kizomba A - 2004 р. споруди, місткістю 2,2 млн. барелів. Ціна судна перевищує 800 млн. дол. США, побудовано воно на верфях Hyundai Heavy Industries в Ульсані, Корея. Характеристики судна: 340 000 т, довжина 285 м, ширина 63 м.

Новим напрямком розвитку плавучих засобів для розробки морських родовищ явилось створення в 1996 р. першої плавучої платформи на стовбовидному буї, що відрізняється малими переміщеннями та має фонтанну арматуру «сухого» типу (SPAR). Прототип SPAR використовувався як термінал і сховище нафти в 1972 р. на родовищі «Брент» у Північному морі. У розробці

SPAR брали участь конструктори, що створили платформу TLP, яка стала базисом для виникнення SPAR.

Плавуча платформа SPAR створювалася для малодобітних родовищ, поєднуючи в собі невеликі розміри, наявність необхідного встаткування й сховища для збору продукції, забезпечуючи роботу в глибоких водах. Перша SPAR «Нептун» була виготовлена компанією «Текніп» на верфі у Фінляндії, доставлена в Мексиканську затоку й експлуатувалася компанією «Керр-Макджи» у районі, де глибина води становила 588 м. В 2004 р. в експлуатації перебувало 14 платформ SPAR. Усі вони були встановлені в Мексиканській затоці. Існуючі до початку XXI століття плавучі експлуатаційні системи для глибоких вод можна згрупувати по конструкційних ознаках і по проведених на них операціях. Така класифікація, враховуючи зазначені ознаки, припускає 6 типів плавучих експлуатаційних систем:

- 1) FPSO – плавуча система нафтовидобутку, зберігання й відвантаження продукції на базі танкера;
- 2) FPSS – плавуча система нафтовидобутку на базі напівзаглиблених платформ (SEMI);
- 3) TLP – плавуча система нафтовидобутку на базі напівзаглибної платформи з надлишковою плавучістю з натяжними опорами;
- 4) SPAR – плавуча система на стовбовидному буї;
- 5) FPDSO – плавуча система буровлення, нафтовидобутку, зберігання й відвантаження на базі танкера;
- 6) DD SEMI – двох'ярусна напівзаглиблена платформа.

Зовнішній вигляд усіх шести видів плавучих систем представлено на рис. 2.3. В 2002 р. парк плавучих експлуатаційних систем становив 119 одиниць, більш половини з яких були FPSO. Застосування всіх типів плавучих 15 засобів для освоєння нафтогазових родовищ із початку їх впровадження забезпечило освоєння значних глибин. На рис. 2.4 приводяться відомості по динаміці виходу на більші глибини.

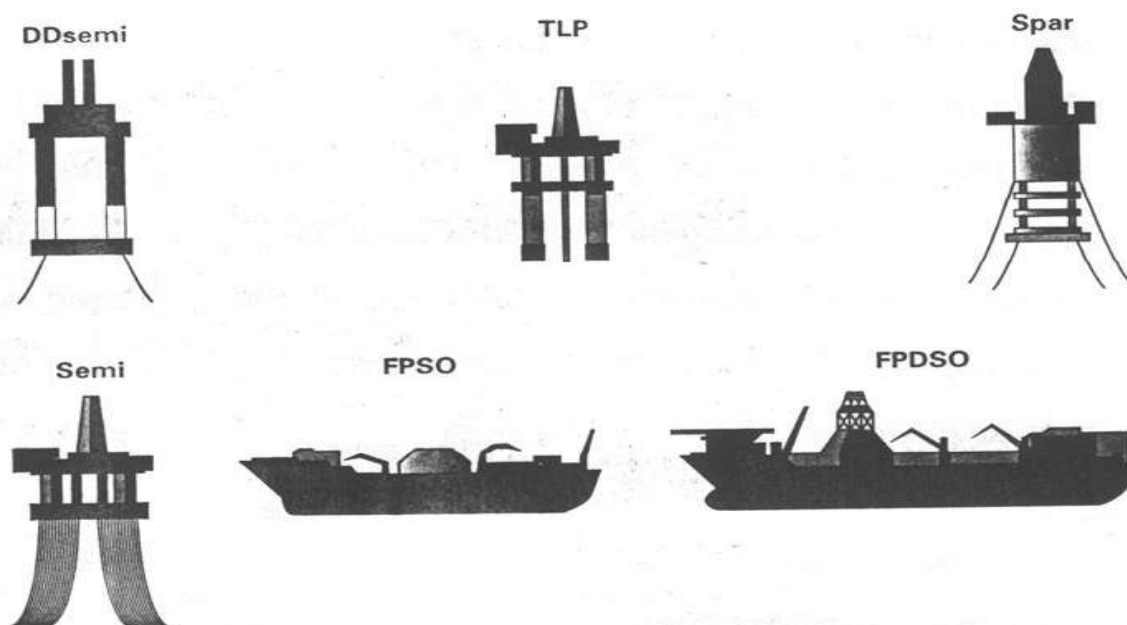


Рисунок 2.3 - Основні типи плавучих експлуатаційних систем [41]

На початку 80-х років XXI сторіччя Арктика була одним із самих перспективних районів для відкриття великих родовищ вуглеводнів.

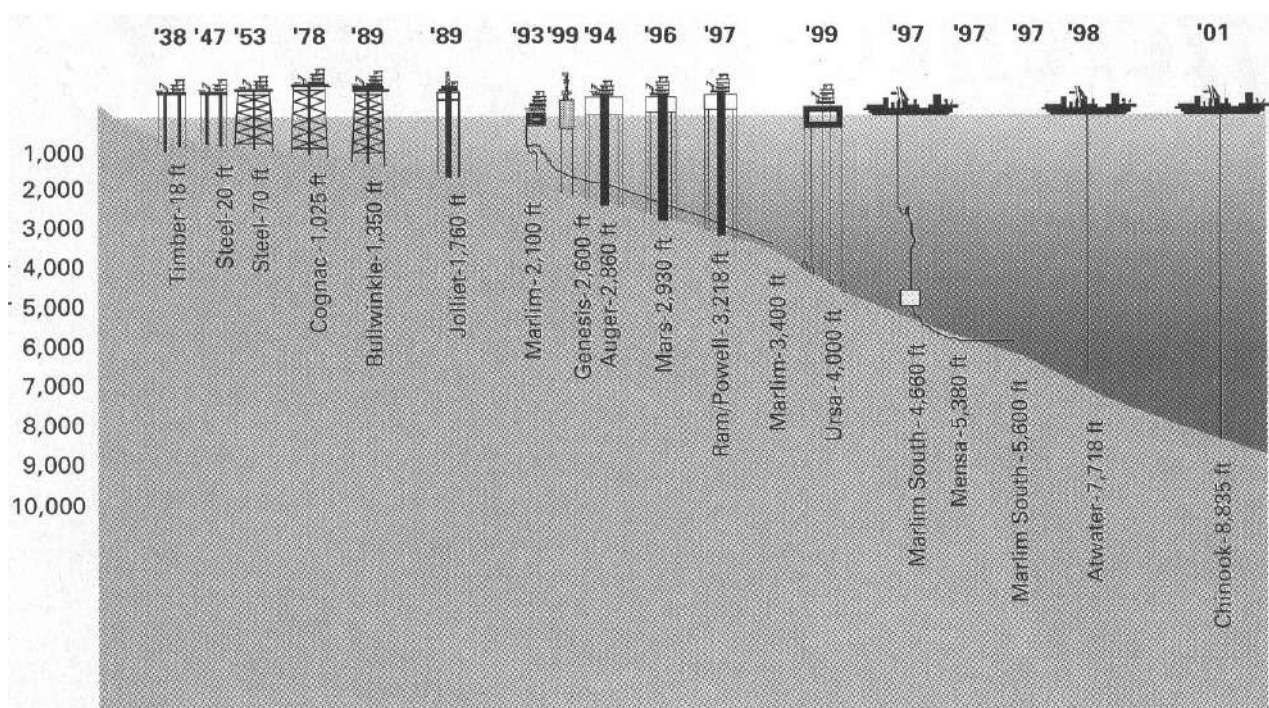
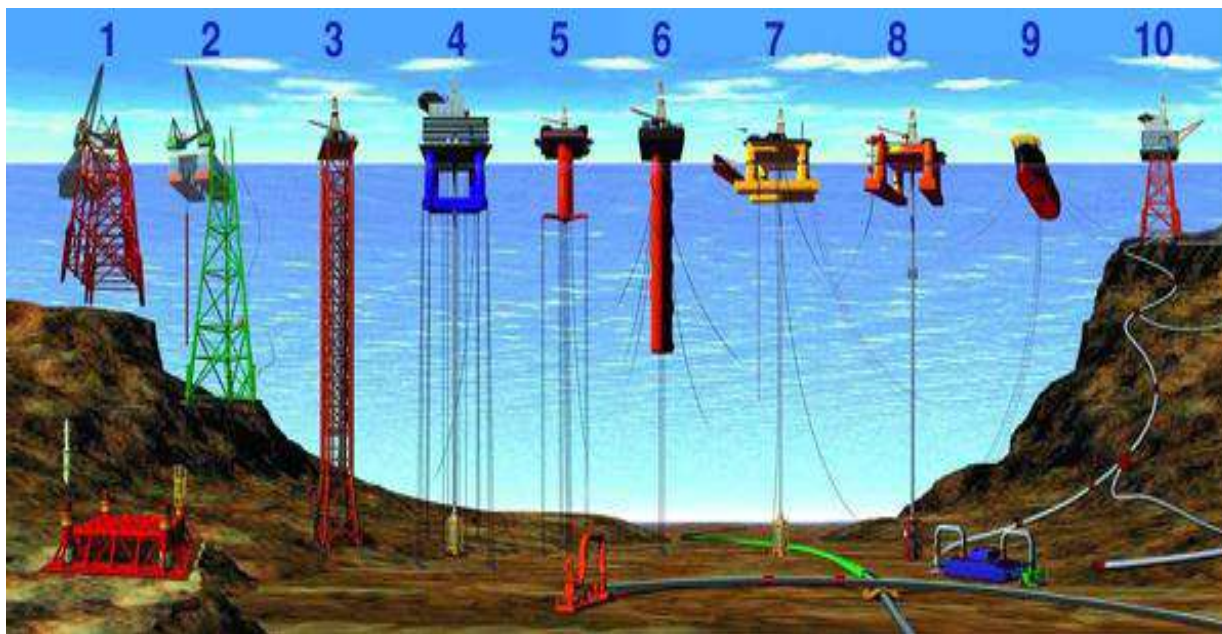


Рисунок 2.4 - Освоєння морських родовищ нафти й газу з використанням стаціонарних і плавучих установок [41]

Таким чином нафтодобувні платформи можна класифікувати:

- за відстанню буріння – в шельфах морів, у відкритому морі;
- за способом установки – стаціонарні, плавучі;
- за конструктивними особливостями - самопідйомні бурові платформи (СПБП); напівзаглиблені бурові платформи (НЗБП), бурові платформи гравітаційного типу (БПГТ), бурові судна (FPSO), рис. 2.5.



- 1, 2 – стаціонарні платформи; 3 - compliant tower;
 4, 5 – TLP; 6 - SPAR; 7, 8 – DD SEMI; 9 – FPSO;
 10 - sub-sea completion and tie-back to host facility.

Рисунок 2.5 – Типи морських бурових платформ [104]

При бурінні нафтових і газових свердловин у шельфах морів використовують стаціонарні нафтодобувні платформи.

На глибоководних районах морів і океанів використовують плавучі бурові установки, здатні самостійно або за допомогою буксирів міняти райони буріння.

2.1.3 Характеристика спеціалізованих суден, що задіяні в транспортуванні вуглеводнів від морських бурових платформ

На практиці транспортування вуглеводнів від місця видобутку в шельфах морів до місця переробки на базі - берегової інфраструктури здійснюється двома способами: трубопровідним транспортом і морськими суднами.

Для доставки вуглеводнів від місця видобутку від морських бурових платформ до берегової інфраструктури використовуються такі технічні засоби:

- трубопровідні;
- барже-буксирні судна;
- шаттл-такери.

Можливі способи доставки вуглеводнів з морських бурових платформ представлені на рис. 2.6.



Рисунок 2.6 – Способи доставки вуглеводнів з морських бурових платформ

Трубопровідний спосіб доставки. В даний час широко використовується система трубопроводів при освоєнні морських нафтогазових родовищ діаметром до 1220 мм на глибинах до 130 м.

Підводні трубопроводи поділяються наступним чином:

- по глибині занурення H :

а) $H > 400$ м - особливо глибоководні;

б) $40 < H \leq 400$ м - глибоководні;

в) $10 < H \leq 40$ м - середньої глибини;

г) $H \leq 10$ м - мілководні;

- по внутрішньому тиску Р:

а) $P \geq 12$ кгс / см² - високого тиску;

б) $P < 12$ кгс / см² - низького тиску;

- по внутрішньому діаметру труб D_{вн}:

а) $D_{вн} > 1000$ мм - особливо великого діаметра;

б) $800 < D_{вн} \leq 1000$ мм - великого діаметра;

в) $600 < D_{вн} \leq 800$ мм - середнього діаметра;

г) $400 < D_{вн} \leq 600$ мм - малого діаметра;

д) $D_{вн} \leq 400$ мм - дуже малого діаметра;

- по виду продукту, що транспортується:

а) для рідкого продукту;

б) газоподібного продукту;

в) дво- або багатофазного продукту;

- по виду укладання на дні водойми:

а) по дну без заглиблення;

б) по дну із заглибленням;

в) по дну без заглиблення з ґрунтовим обвалюванням;

г) вище дна з закріпленням на опорах або поплавцях.

Головними перевагами застосування трубопровідного способу виступають наступні:

- низька собівартість;

- низькі ризики в екологічному аспекті;

- всесезонність застосування даного способу транспортування.

Однак у даного способу є і свої недоліки:

- необхідність одноразових крупних капітальних вкладень в будівництво;

- високі витрати на ремонт і неможливість зміни напрямку і обсягів

поставок [105].

Спроектовані трубоукладальники прокладають труби для глибин до 600 м. Для цього використовується трубоукладальне судно - (pipelay vessels – PV) (див. Додаток А, рис. А.12).

Трубоукладальне судно - спеціалізоване судно, призначене для прокладки підводних трубопроводів. Корпус трубоукладача має спрощену форму. Іноді в трубоукладальники переобладнують баржі або судна іншого типу. Перспективні корпуси катамаранного типу або з стабілізуючими колонами, особливо для експлуатації в районах з суворими погодними умовами [106].

Технологія укладання підводного трубопроводу з трубоукладальника полягає в нарощуванні його шляхом послідовної приварки секцій труб, що знаходяться на палубі. При невеликих глибинах для переміщення трубопроводу з палуби до морського дна використовують криволінійний спусковий пристрій, за яким нарощуваний трубопровід переміщують від корми судна на дно в міру приварювання нових секцій труб. Зі збільшенням глибини моря на кормі судна встановлюють додаткову шарнірну опору-стрінгер для підтримки трубопроводу при русі вниз і запобігання великих вигинів його при виході з судна. Для цього ж на судні є натягач. Інший спосіб укладання трубопроводів - барабанний. В цьому випадку трубоукладач обладнаний барабаном, на який намотується виготовлений на березі сталевий гнучкий трубопровід.

Барже-буксирний спосіб доставки. Для доставки вуглеводнів від МБП до БІ можна використовувати ББС (див. Додаток А, рис. А.14) морського призначення, що використовує інноваційний напівтвердий «морський» зчеп, який зберігає працездатність при хвилі до 7 м. При цьому необхідний перехід на якісно новий рівень організації перевезень водним транспортом, який може бути, по досвіду високорозвиненого річкового транспорту США, досягнутий за рахунок більш широкого використання штовхача барже-буксирних складів як класичного річкового типу, так і морського типу з зчепами японського, фінського або американського типу. При використанні ББС необхідно застосовувати якісно новий рівень організації роботи, при перевезенні вуглеводнів в шельфах морів, а

саме, коли один буксир-штовхач обслуговує дві - три баржі. Такий підхід називається «drop-and-swap» [107].

Шаттл-танкер, танкер-човник, також званий «плавучим трубопроводом», служить для навантаження сирової нафти з нафтових платформ, або суден типу FPSO, які проводять видобуток на глибоководних родовищах, і подальшого її транспортування до нафтосховища і нафтопереробним заводам на суші.

Як правило, шаттл-танкери обладнані складною спеціалізованою вантажною системою, розташованою в носовій частині судна, що дозволяє приймати нафту з офшорних об'єктів навіть у важких погодних умовах. Також ці судна забезпечені системою динамічного позиціонування класу DP-I / DP-II. На нових суднах можуть бути встановлені системи класу DP-3.

Перші човникові танкери експлуатувалися в Північному морі ще в 70-х роках, вони були спроектовані в якості альтернативи підводним трубопроводам. В даний час вони вже широко поширені в офшорному секторі.

Човникові танкери значно відрізняються від звичайних нафтоналивних танкерів. Вони використовуються в основному в регіонах з більш жорсткими кліматичними умовами, і повинні бути здатні проводити вантажні операції і маневрувати самостійно без підтримки буксирів в будь-яких погодних умовах.

Тільки в регіонах з відносно «спокійними водами», таких, як Західна Африка або деякі райони Південно-Східної Азії, для операцій із завантаження сирової нафти з офшорних об'єктів можуть використовуватися звичайні танкера. Часто такі операції проводяться за підтримки допоміжних буксирів.

Шаттл-танкери відрізняються наявністю двох або трьох носових підрулюючих пристроїв, а також кормових, забезпечуються гвинтами регулюючого кроку. Конструкція корпусу значно посилена. Довжина може складати близько 230-270 м. До цих танкерів пред'являються більш жорсткі вимоги і стандарти, відповідні офшорній індустрії (див. Додаток А, рис. А.8).

Кожен спосіб транспортування вуглеводнів від МБП до Бі має свої переваги, табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Переваги і недоліки кожного способу транспортування вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури

Спосіб транспортування вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури	Технічні засоби, що задіяні при транспортуванні	Переваги способу транспортування	Недоліки способу транспортування
1	2	3	4
Трубопровідний	Судно-трубоукладальник Труби для транспортування	Не потребує виплат по оренді труби. Орендується лише трубоукладальник. Не залежить від погодних умов	Використовується при глибинах до 600 м. Обмеження по максимальній відстані транспортування. Великі одноразові капіталовкладення в придбання труби та її устаткування. Неможливість використання після закриття родовища
Барже-буксирні судна	Спеціалізовані баржі: баржі-газовози, баржі-бункери. Буксири	Баржі та буксири можуть бути взяті в оренду, або придбанні. Низькі експлуатаційні витрати, Маленька чисельність екіпажу (2–3). Короткий час стоянки на заміну барж в порту. Можливість роботи при висоті хвиль до 2 м	Залежність від погодних умов. Обмежена відстань роботи від берега. Обмежена вантажопідйомність однією баржою в одній ходці (5 тис. т)

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Шаттл-танкери	Шаттл-танкери	Можуть бути орендовані або придбанні. Вантажопідйомність обмежується характеристиками ділянки. Не мають обмежень по максимальній відстані транспортування. Зниження питомих експлуатаційних витрат при збільшенні дальності транспортування	Висока вартість орендної ставки. Висока вартість капіталовкладень при будівництві. Висока вартість експлуатаційних витрат

При організації видобутку вуглеводнів в шельфах морів, після установки морських бурових платформ (МБП), однією з основних завдань для суб'єкта експлуатації є вибір способу транспортування видобутої сировини від МБП до берегової інфраструктури [5, 108].

2.2 Розробка теоретичних та методичних положень щодо організації транспортування видобутих вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури

2.2.1 Концептуальна модель з організації транспортування видобутих вуглеводнів

Питання, пов'язані з вибором транспортування нафти з місць видобутку в шельфах морів до місць переробки розглядалися в роботах [107, 109-112]. В роботі [109] розглянуто метод вибору виду транспорту для транспортування нафти на експорт. При цьому критерії, враховують капітальні витрати на придбання або будівництво засобів транспортування нафти на експорт при наземному її видобутку. Автором зазначено, що розгляд декількох або цілого ряду

варіантів способів доставки, пронумерувавши їх по зростанню капітальних або експлуатаційних витрат, слід розглянути варіанти, при яких зростання капітальних витрат компенсується зниженням експлуатаційних. При цьому, в роботі не враховується, що вибір технічних засобів повинен виконуватися не за абсолютними, а за відносними показниками, таким, як собівартість, або зведені витрати. В роботі [110], автором розроблено математичне моделювання складу човникових танкерів, барже-буксирного складу, магістрального транспортного трубопроводу, одноточечного рейдового причалу і плавучого сховища. При цьому основним критерієм оптимальності прийняті зведені витрати, але без урахування віддалення МБП від берегової інфраструктури.

Критерії вибору варіантів на морському транспорті формуються системою економічних показників [107]. У літературі підкреслюється, що вибір виду транспорту проводиться за відносними економічними показниками. При цьому, в теоретичному аспекті, для досягнення оптимального результату, критерії або максимізуються, або мінімізуються.

Для розробки методу слід враховувати фактори, що впливають на вибір способу транспортування.

Основні напрямки розвитку технології видобутку нафти і газу в шельфах морів розглянуті в роботі [111]. При цьому недостатньо уваги приділяється вибору способу транспортування вуглеводів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури.

Циклічна робота барже-буксирних суден, розглянута в джерелі [112]. При цьому в джерелі відсутні методики розрахунку показників роботи ББС по циклічному принципу. В роботі [113] розглянуті показники зведених витрат, і метод доставки нафти від місць видобутку трубопровідним, залізничним і водним транспортом. При цьому не враховуються особливості способу придбання технічних засобів для реалізації доставки.

Загальна теорія запасів в офшорній індустрії розглянута в роботі [114]. Однак належної уваги визначення критеріїв для вибору способу транспортування видобутої сировини не приділено.

Методи вибору оптимального варіанта нафтогазопромислових платформ для освоєння шельфу розглянуті в роботі [85]. Зокрема, в цій роботі була вироблена пріоритетність гідрометеорологічних, інженерно-геологічних, геолого-технологічних, промислово-виробничих і екологічних факторів, що впливають на вибір типу морської нафтогазопромислової гідротехнічної споруди. Проте, не розглянуто спосіб транспортування, як фактор, який впливає на вибір платформ. А у роботі [86] показано, що проектування морської нафтогазопромислової гідротехнічної споруди має багатоцільовий характер, яке повинно здійснюватися як багатокритеріальний процес оптимізації з використанням таких основних критеріїв, як «функціональність», «економічність», «міцність», «безпека», «екологічність». Але не розкрито, якими показниками вимірюються ці критерії.

Розвиток технологій і технічних засобів для видобутку нафти і газу на морських арктичних родовищах розглянуті в роботі [87]. В цій роботі представлені основні трубопровідні системи для доставки вуглеводневої сировини з морських арктичних родовищ та виявлено основні проблеми їх проектування і спорудження. Але в роботі не приділяється увага іншим способам доставки сировини від МБП до берегової інфраструктури.

Оцінка економічної ефективності форм залучення інвестицій в пошуки, розвідку і видобуток нафти і газу виконана за рахунок розробленої технології стратегічного управління розвитком нафтогазової компанії, заснованої на апробованих схемах «дерева мети» [88]. Однак, в роботі [88] розглядається інвестування в технічні засоби без попереднього обґрунтування типу засобу.

В умовах того, що в шельфах морів з МБП здійснюється видобуток як нафти, так і газу, були вивчені підходи до організації перевезення газів морським транспортом, розкриті в дослідженнях [72-73]. Запропонований в цих дослідженнях спосіб транспортування газу дозволяє відмовитися від судової установки для реконденсації газу, що дає можливість розглядати організацію доставки газу на баржі-буксирних суднах. Але в цих дослідженнях відсутнє обґрунтування доставки газу залежно від відстані морської бурильної платформи.

Таким чином, на ґрунті вищесказаного можна зробити висновок про те, що дослідження щодо обґрунтування способу транспортування нафти від морських буриньних платформ в шельфах морів до берегових споруд є перспективним та потребує подальшого вивчення.

Концептуальна модель з організації видобутку і транспортування вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури включає декілька етапів: аналіз зовнішнього середовища, що впливає на процес видобутку і транспортування; виявлення основних етапів та задач системи доставки вуглеводнів; визначення технічних засобів, що забезпечують кожний етап процесу видобутку і транспортування вуглеводнів.

Зовнішнє середовище процесу видобутку і транспортування вуглеводнів складається з зовнішніх та внутрішніх факторів, які впливають на спосіб доставки вуглеводнів. Всі фактори можна згрупувати наступним чином: природні, транспортні, технічні, ресурсні, економічні (див. рис. 2.7.).

Природні фактори пов'язані

- з кліматичними умовами: наявність та кількість штормів за рік, наявність льоду, потужність та напрямлення вітру;
- з природними умовами: тиск води на глибині, глибини біля берега та біля МБП.

Транспортні фактори пов'язані з відстанню від МБП до Бі, щільністю розташування МБП в шельфі морів.

Технічні фактори пов'язані з:

- типом та техніко-експлуатаційними характеристиками МБП;
- типом та техніко-експлуатаційними характеристиками засобів доставки;
- обмеженнями розміру та провізної спроможності транспортних засобів доставки вуглеводнів від МБП до Бі;
- розвиненістю берегової інфраструктури для зберігання сировини.

Ресурсні фактори пов'язані з:

- типом сировини, що добувається;
- потужністю та обсягом видобутку вуглеводнів.



Рисунок 2.7 – Концептуальна модель з організації транспортування видобутих вуглеводнів

Економічні фактори пов'язані з:

- станом фрахтового ринку МБП;
- станом фрахтового ринку FPSO;
- станом фрахтового ринку танкерів та барже-буксирних суден (ББС);
- вартістю робіт по устаткуванню обладнання в шельфі морів, (рис. 2.8).

Всі фактори впливають на вибір типу МБП, труби, танкера та ББС;

визначення оптимальних техніко-експлуатаційних характеристик МБП, труби, танкера та ББС, що в кінцевому етапі впливають на вибір способу транспортування вуглеводнів.

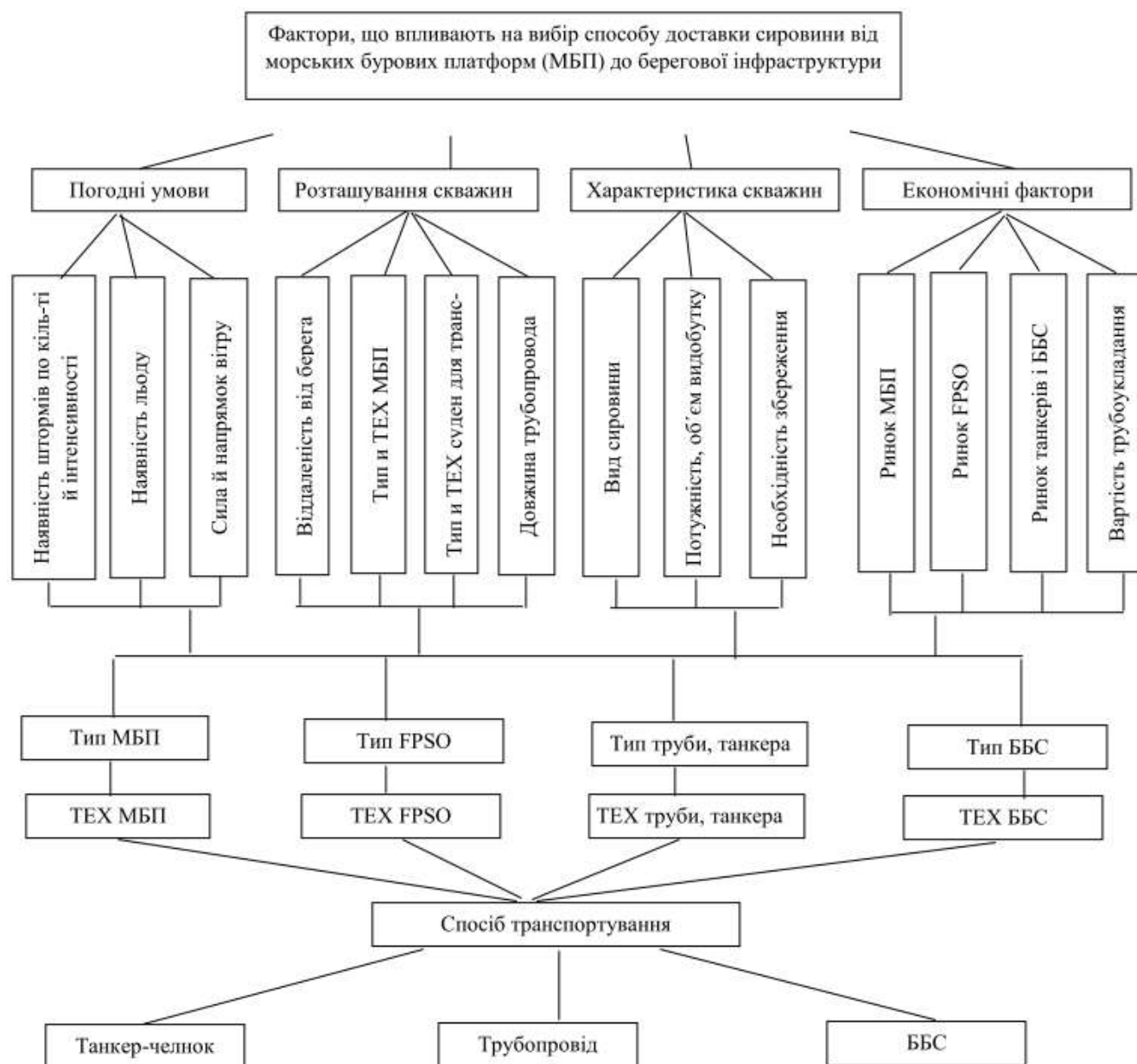


Рисунок 2.8 – Система факторів, що впливає на вибір способу транспортування вуглеводнів від МБП до БІ

Завдання нафтогазової індустрії можна розділити на чотири основних етапи (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 – Основні етапи нафтогазової індустрії

Розглядаючи етапи нафтогазової індустрії можна виділити наступні основні завдання:

- наукове обґрунтування технології проведення сейсмо-геолого-розвідувальних робіт;
- вдосконалення методики підготовки і обґрунтування розвіданих геологічних резервуарів для забезпечення подальшого видобутку вуглеводнів, а також розгляд можливості використання виявлених порожнеч в якості підземних резервуарів для зберігання нафти;
- розробка проекту встановлення комплексних споруд для забезпечення процесу видобутку вуглеводнів;
- розробка проекту організації транспортування вуглеводнів для наступної переробки або кінцевому споживачеві різними видами транспорту.

Кожний етап проекту видобутку вуглеводнів має своє технічне забезпечення, представлене на рис. 2.10.

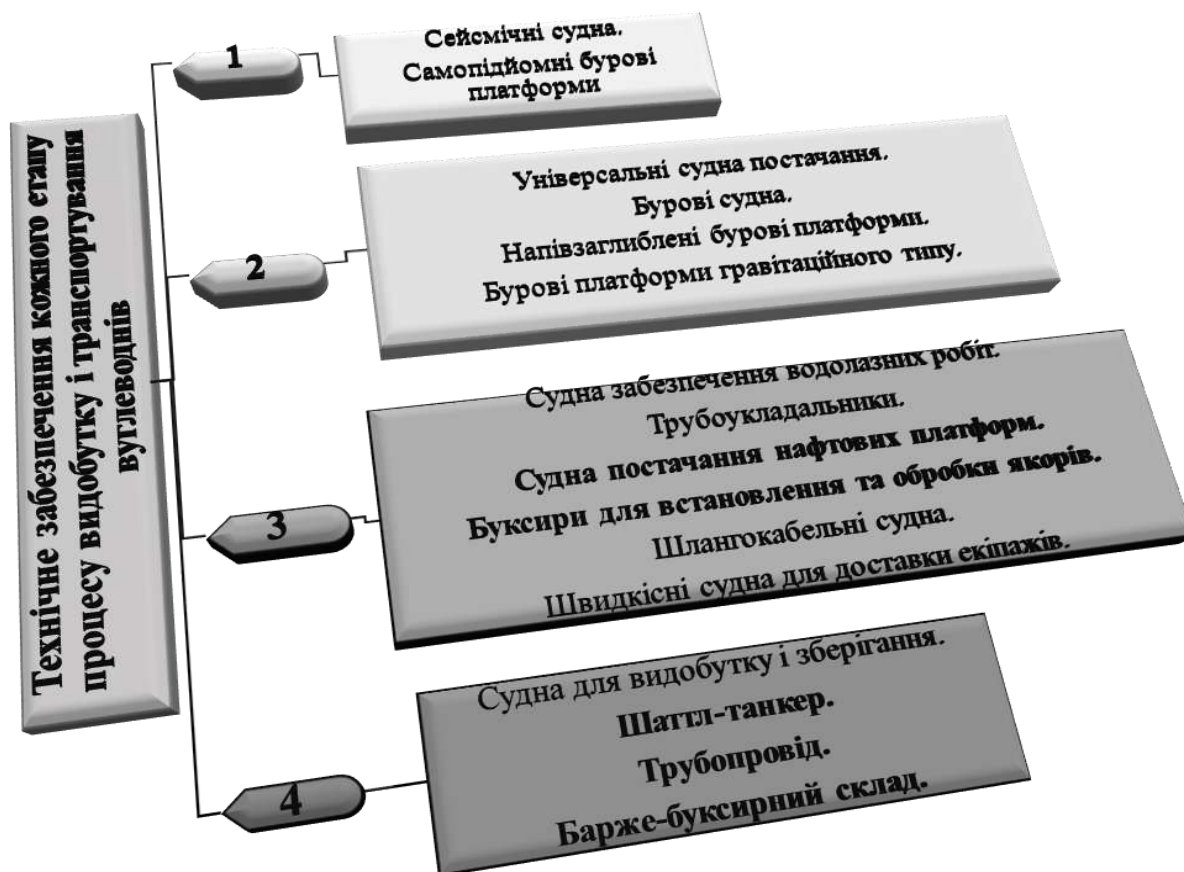


Рисунок 2.10 - Технічне забезпечення по кожному етапу нафтогазової індустрії

Таким чином представлену на рис. 2.2 класифікацію офшорних суден можна доповнити класифікацією за видами діяльності відповідно до виду завдань нафтогазової індустрії, табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Класифікація офшорних суден за видами діяльності відповідно до етапів нафтогазової індустрії

Етап	Види діяльності
Видобуток	<ul style="list-style-type: none"> - розвідка і оцінка родовищ; - буріння свердловин; - установка платформ; - створення підводної інфраструктури; - прокладка трубопроводів;

Продовження табл. 2.2

Етап	Види діяльності
Транспортування	<ul style="list-style-type: none"> - підготовка видобутої сировини до транспортування; - транспортування за допомогою трубопроводів; - транспортування за допомогою шаттл-танкерів; - транспортування за допомогою суден FPSO та FSO;
Зберігання та переробка	<ul style="list-style-type: none"> - переробка видобутої сировини на суднах FPSO або облаштованих об'єктах для переробки; - зберігання обробленої сировини на суднах FPSO та FSO; - зберігання у спеціально облаштованих.
Обслуговування	<ul style="list-style-type: none"> - забезпечення функціонування платформ; - постачання платформ; - обслуговування екіпажу платформ.

Наведена в п. 2.1 цього розділу класифікація та техніко-експлуатаційні характеристики технічних засобів, що задіяні в процесі транспортування видобутих вуглеводнів, а також визначення основних етапів і задач процесу дають можливість розробити теоретичні і методичні положення щодо імітаційної моделі прийняття рішень щодо вибору способу транспортування вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури.

2.2.2 Імітаційна модель прийняття рішень щодо вибору способу транспортування вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури

Імітаційна модель прийняття рішень щодо вибору способу транспортування вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури включає декілька етапів: аналіз факторів, що впливає на вибір способу транспортування; формування алгоритму прийняття рішень; формування критерію вибору способу транспортування (див. рис. 2.11).

Завдання вибору способу транспортування вуглеводнів розглядається на етапі розробки свердловини після проведення пробного буріння та для визначення доцільності прокладки трубопровода, оренди ББС та шаттл-танкера. При цьому вибір способу транспортування розглядається з урахуванням факторів наведених на рис. 2.7.

Аналіз факторів, що впливають на процес транспортування вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури наведений в п. 2.2.1.

Алгоритм визначення способу транспортування вуглеводнів від МБП до БІ складається з наступних етапів:

1 - Вхідні дані

2 - Перевіряємо відстань від берега до МБП.

якщо $L < 400$ км, то розглядаємо лише трубопровідний транспорт;

якщо $L \geq 400$ км, то розглядаємо 2 варіанти (ББС, шаттл-танкер).

3 - Перевіряємо тиск на глибині біля МБП.

якщо $H \leq H_{\text{доп}}$, то розглядаємо 3 варіанти (трубопровід, ББС, шаттл-танкер);

якщо $H > H_{\text{доп}}$, то розглядаємо 2 варіанти (ББС, шаттл-танкер).

4 - Перевіряємо погодні умови за критерієм висоти хвилі:

Якщо $h \leq h_{\text{доп}}$ для ББС, то розглядаємо 2 варіанти (ББС, шаттл-танкер), та перевіряємо допустимі глибини.

Якщо $h > h_{\text{доп}}$ для ББС, то розглядаємо шаттл-танкер та перевіряємо допустимі глибини.

5. Перевіряємо допустимі глибини біля БІ:

Якщо $T \leq T_{\text{доп}}$, то розглядаємо шаттл-танкер або комбінований варіант транспортування через морські перевантажувальні споруди: одноякорні, плавучі нафтоховища, стаціонарні гравітаційні спорудження башенного типу, стаціонарні гравітаційні спорудження на базі використання переобладнаних корпусів крупнотоннажних морських суден, монобуї, підводні револьверні буї [105].

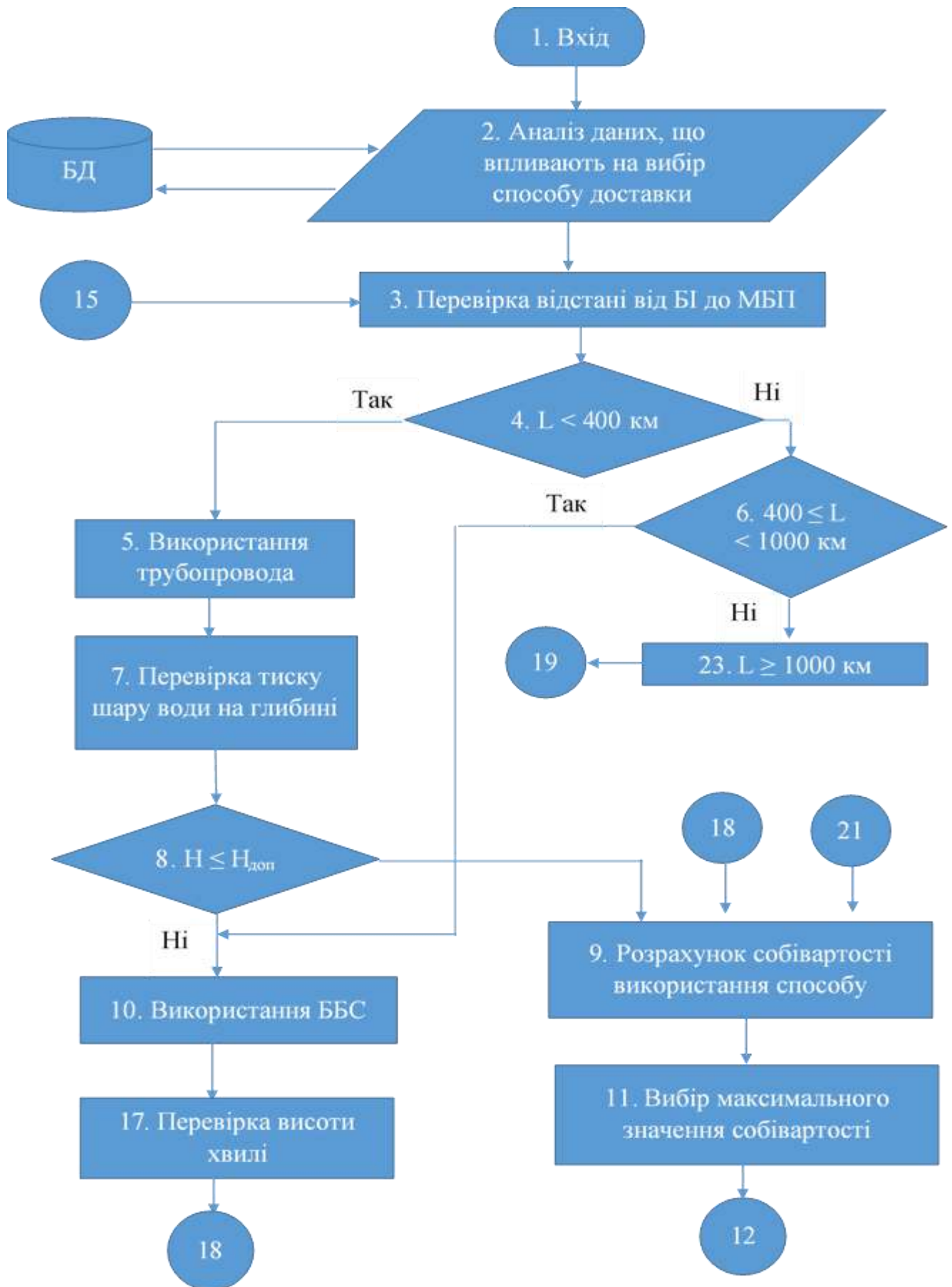
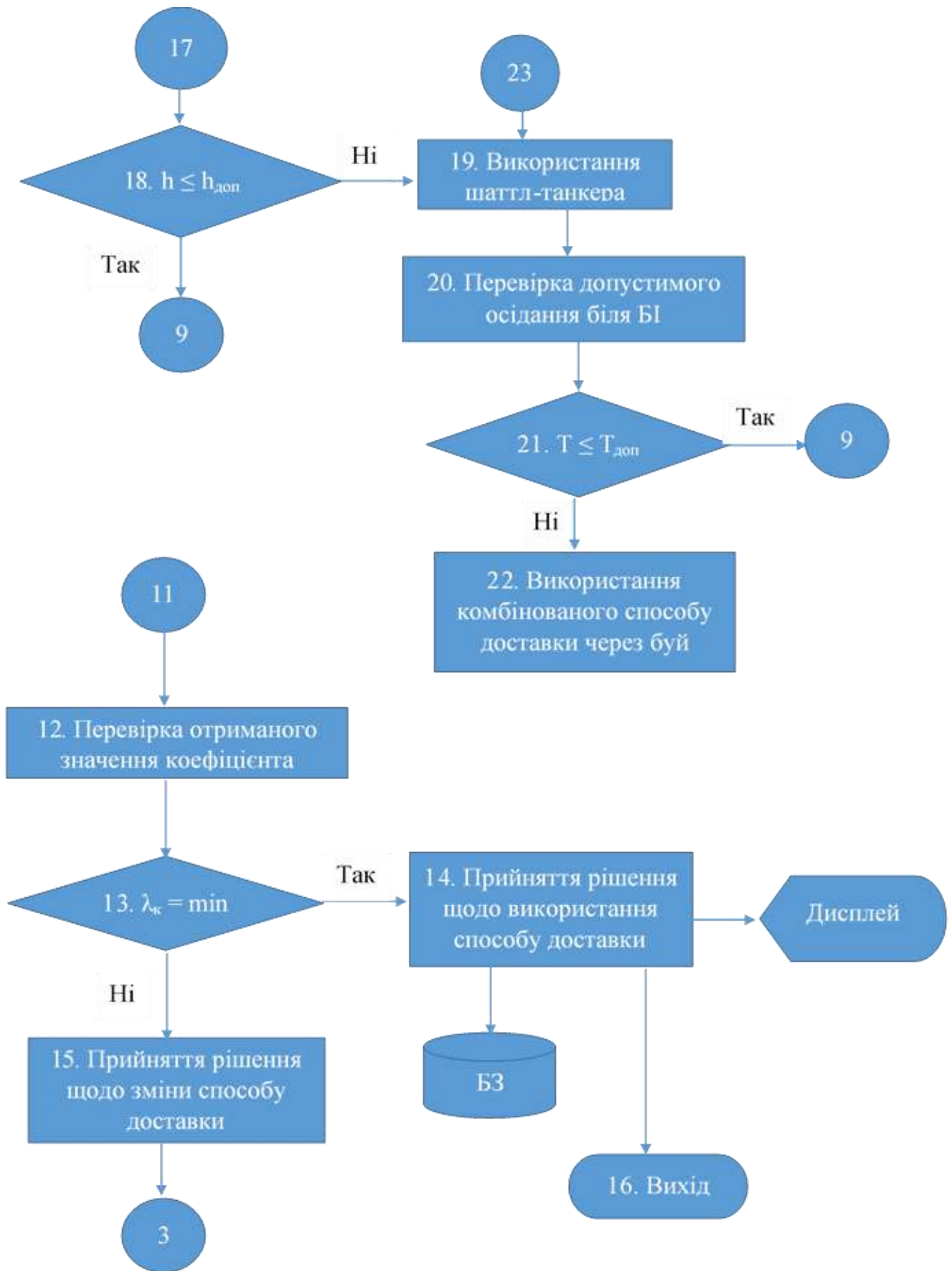


Рисунок 2.11 - Імітаційна модель прийняття рішень щодо вибору способу транспортування вуглеводнів від МБП до БІ



Продовження рис. 2.11 - Імітаційна модель прийняття рішень щодо вибору способу транспортування вуглеводнів від МБП до БІ

6 - Визначаємо критерій вибору способу транспортування або показник, за яким слід обирати той чи інший спосіб доставки, залежно від відстані розташування МБП до Бі.

Для прийняття рішень щодо вибору способу транспортування вуглеводнів від МБП до Бі користуються методами варіантів або математичними методами оптимізації.

На ґрунті аналізу факторів, що впливають на спосіб доставки вуглеводнів від МБП до Бі, сформуємо можливі варіанти транспортування вуглеводнів від МБП до Бі, табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Варіанти транспортування вуглеводнів, з урахуванням зовнішніх факторів середовища

№	Умови формування варіанту, залежно від відстані та зовнішніх факторів	Спосіб транспортування
1	Відстань від Бі до МБП $L < 400$ м	
Фактори	Тиск на глибині $H \leq H_{\text{доп}}$	Трубопровідний, ББС, шаттл-танкер
	Висота хвилі $h \leq h_{\text{доп}}$	
	Осідання біля Бі $T \leq T_{\text{доп}}$	
	Тиск на глибині $H > H_{\text{доп}}$	ББС, шаттл-танкер
	Висота хвилі $h \leq h_{\text{доп}}$	
	Осідання біля Бі $T \leq T_{\text{доп}}$	
	Тиск на глибині $H > H_{\text{доп}}$	Шаттл-танкер
	Висота хвилі $h > h_{\text{доп}}$	
	Осідання біля Бі $T \leq T_{\text{доп}}$	
	Тиск на глибині $H > H_{\text{доп}}$	Комбінований через буй
	Висота хвилі $h > h_{\text{доп}}$	
	Осідання біля Бі $T > T_{\text{доп}}$	

Продовження табл. 2.3

№	Умови формування варіанту, залежно від відстані та зовнішніх факторів	Спосіб транспортування
2	Відстань від Бі до МБП $400 \leq L < 1000$ м	
Фактори	Висота хвилі $h \leq h_{\text{доп}}$	ББС, шаттл-танкер
	Осідання біля Бі $T \leq T_{\text{доп}}$	
	Висота хвилі $h > h_{\text{доп}}$	Шаттл-танкер
	Осідання біля Бі $T \leq T_{\text{доп}}$	
	Висота хвилі $h > h_{\text{доп}}$	Комбінований через буй
	Осідання біля Бі $T > T_{\text{доп}}$	
3	Відстань від Бі до МБП $L \geq 1000$ м	
	Осідання біля Бі $T \leq T_{\text{доп}}$	Шаттл-танкер
	Осідання біля Бі $T > T_{\text{доп}}$	Комбінований через буй

Управління морським транспортом описується системою моделей окремих процесів, що описані в [115, 116, 117, 118]. При цьому в даних роботах не розглядаються особливості процесів управління при організації видобутку і транспортування вуглеводнів в шельфах морів. Вибір способу транспортування вуглеводнів від місця видобутку до морської берегової інфраструктури відноситься, як правило до багатокритеріальної задачі [119, 120].

Для визначення критерію вибору способу доставки в роботі використовується метод рівнозначних величин [121-123], який дозволяє визначити межі ефективного використання різних способів доставки вуглеводнів від морських бурових платформ до берегової інфраструктури. А також дозволив визначити граничне значення зведених витрат для використання шаттл-танкера, ББС та трубопроводу в залежності від віддалення МБП від Бі [10].

До складу експлуатаційних витрат входять: відрахування на амортизацію та поточний ремонт, заробітна плата, плата за електроенергію, паливо, воду і т.д. [113]

Можна виділити два способи придбання технічних засобів для

транспортування вуглеводнів – це оренда та купівля. При трубопровідному способі транспортування два види капіталовкладень – оренда судно-трубоукладальника та купівля труби. При використанні барже-буксирного складу та шаттл-танкера розглядається один з можливих способів – оренда або купівля (рис. 2.12).

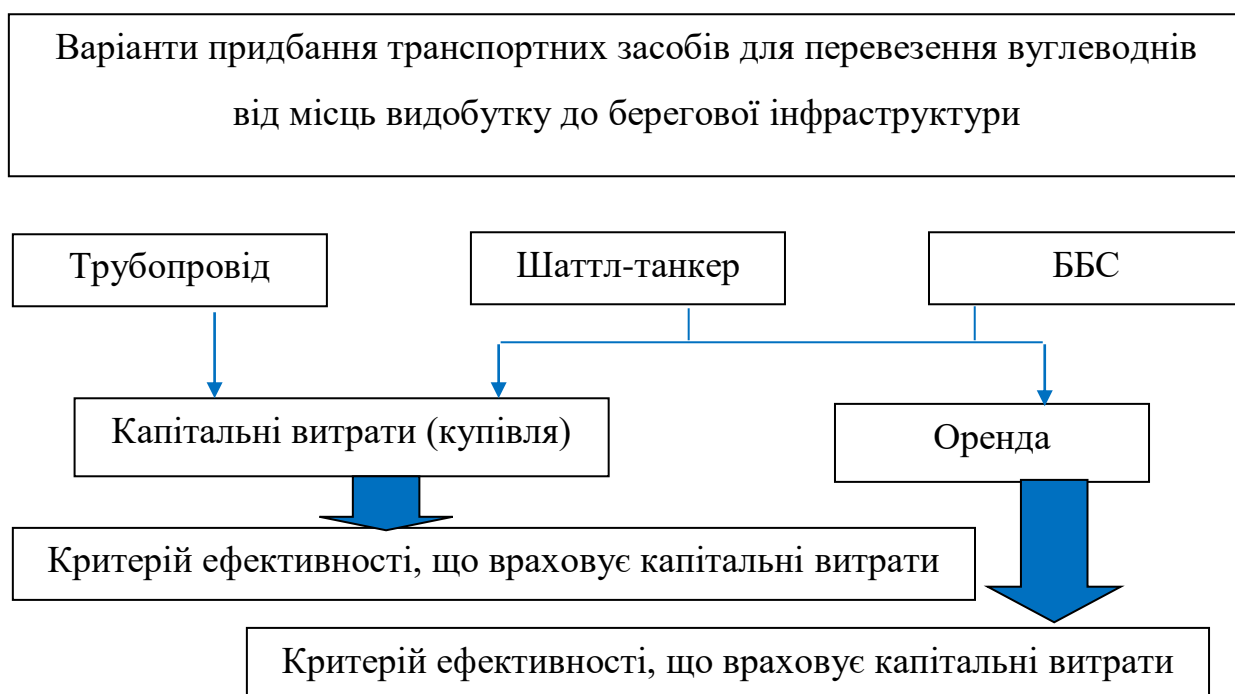


Рисунок 2.12 –Етапи формування критерію для вибору способу транспортування:
ББС – барже-буксирний склад

Відповідно, при купівлі всіх трьох засобів транспортування, в якості критерію для вибору способу транспортування доцільно використовувати показник зведених витрат, який складається з питомих експлуатаційних витрат та питомих капітальних вкладень.

Виходячи з результатів робіт, наведених в наукових роботах [106,114] з урахуванням специфіки об’єкту дослідження, пропонуються наступні залежності показників.

Загальна формула для визначення витрат при транспортуванні вантажів має вигляд:

$$R_{заг} = C_x \cdot t_x + C_{ст} \cdot t_{ст}, \quad (2.1)$$

де $C_x, C_{ст}$ – добові витрати по транспортному засобу на ходу та на стоянці, відповідно, дол. США/добу;

$t_x, t_{ст}$ – час рейсу транспортного засобу, доба.

Розглянемо зведені витрати для випадку придбання транспортних засобів двома способами: при умові купівлі та при умові оренди.

Добові витрати на ходу складаються з наступних елементів:

$$C_x = C_{пост} + C_x^{змінні} + C_x^{адм}, \quad (2.2)$$

де $C_{пост}$ – добові постійні витрати, дол. США/добу;

$C_x^{змінні}$ – добові змінні на ходу, дол. США/добу;

$C_x^{адм}$ – добові змінні адміністративні, дол. США/добу.

Добові витрати на стоянці:

$$C_{ст} = C_{пост} + C_{ст}^{змінні} + C_{ст}^{адм}, \quad (2.3)$$

де $C_{ст}^{змінні}$ – добові змінні витрати на стоянці, дол. США/добу.

Прямі постійні витрати $C_{пост}$ визначаються як сума статей:

– при купівлі транспортних засобів:

$$C_{пост} = K_{страх} \cdot C_a + C_p + C_n + C_c, \quad (2.4)$$

де $K_{страх}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на страхування судна;

C_a, C_p, C_n – добові витрати на амортизацію, ремонт, постачання, дол.

США/добу;

C_c – середньодобові витрати на утримання екіпажу, дол. США/добу;

– при оренді транспортних засобів:

$$C'_{пост} = f_o + C_n + C_c + C_{порт}, \quad (2.5)$$

де f_o – ставка оренди, дол. США/добу.

Змінні витрати однакові при обох способах придбання:

– на ходу:

$$C_x^{змінні} = q_n^x \cdot \Pi_n^x \cdot k_{зм}, \quad (2.6)$$

де q_n^x – витрати палива на ходу, т/добу;

Π_n^x – ціна палива, дол. США/т;

$k_{зм}$ – коефіцієнт змащування;

– на стоянці:

$$C_{ст}^{змінні} = q_n^{ст} \cdot \Pi_n^{ст} \cdot k_{зм}, \quad (2.7)$$

де $q_n^{ст}$ – витрати палива на стоянці, т/добу;

$\Pi_n^{ст}$ – ціна палива, дол. США/т;

$k_{зм}$ – коефіцієнт змащування.

Загальні витрати при оренді суден:

$$R'_{заг} = C'_x \cdot t_x + C'_{cm} \cdot t_{cm} \cdot \quad (2.8)$$

де C'_x, C'_{cm} - добові витрати по транспортному засобу на ходу та на стоянці з урахуванням ставки оренди, відповідно, дол. США/добу.

В якості критерію вибору транспортного засобу для транспортування сировини від морської бурової платформи (МБП) до берегової інфраструктури (БІ) використаємо показник зведених витрат S' , у доларах за тонно-кілометр.

Розглянемо формування показника зведених витрат для кожного способу доставки сировини: трубопровідного, барже-буксирного та шаттл-танкерами.

Для трубопровідного способу доставки використовуються судно-трубоукладальник, який придбається на умовах тайм-чартеру, та безпосередньо капітальні вкладення для придбання труби.

До капітальних витрат по прокладці трубопроводу по дну шельфу відносяться: вартість обладнання, матеріалів, робіт зі спорудження об'єкта.

Попередньо, для розрахунку витрат потрібно визначити діаметр труби, який залежить від запланованої пропускної спроможності родовища. Визначаються капітальні витрати на лінійну частину для даного діаметра трубопроводу і капітальні витрати на насосні станції, а також експлуатаційні витрати на ремонт. Потім формується показник зведених витрат.

Питомі капітальні витрати при трубопровідному транспорті [111]:

$$K_{mp} = C_m \cdot L_m \cdot \quad (2.9)$$

де C_m – питома вартість трубопроводу, дол. США/м;

L_m – довжина трубопроводу, м;

Таким чином, в якості критерію вибору для трубопровідного способу транспортування приймається показник зведених витрат в тонно-кілометрах, який визначається за формулою:

$$S_{QL} = \frac{R'_{заг\ m} + E \cdot 1000 \cdot K_{mp}}{QL}, \quad (2.10)$$

де Q – кількість вуглеводнів, що планується видобувати за рік, т;

L – загальний пробіг тоннажу від МБП до берегової інфраструктури та у зворотному напрямку, км;

E – коефіцієнт питомих капіталовкладень.

Або, якщо підставити у формулу вираз (2.9) та виконати перетворення, то отримаємо наступний вид критерію:

$$S'_{QL\ m} = \frac{R'_{заг\ m}}{QL} + \frac{E \cdot 1000 \cdot C\ m}{2Q}. \quad (2.11)$$

При транспортуванні шаттл-танкером, та барже-буксирними суднами будемо розглядати лише придбання суден в оренду.

Показних зведених витрат:

– для шаттл-танкерів:

$$S'_{QL\ ш-т} = \frac{R'_{заг\ ш-т}}{QL}, \quad (2.12)$$

де $R'_{заг\ ш-т}$ – загальні витрати по шаттл-танкеру, що експлуатується на умовах оренди;

– для барже-буксирних суден загальні витрати визначаються не за час рейсу, а за цикл роботи з однією баржою [111], тому формула буде мати наступний вигляд:

$$R'_{заг\ ББС} = R'_{заг\ Б} + R'_{заг\ БЦ}, \quad (2.13)$$

де $R'_{заг\ B}$ – загальні витрати по буксиру, дол. США;

$R'_{заг\ БЦ}$ – загальні витрати по баржі-цистерні, дол. США:

$$R'_{заг\ ББС} = n_x \cdot n_B \cdot \left(C'_x{}^B \cdot t_x^B + C'_{cm}{}^B \cdot t_{cm}^B \right) + C'^{БЦ} \cdot T_{Ц} \cdot n_{БЦ}, \quad (2.14)$$

де $C'_x{}^B, C'_{cm}{}^B$ – собівартість утримання буксирів на ходу та на стоянці, дол. США/добу, розраховується за формулами (2.2), (2.3);

$C'^{БЦ}$ – собівартість утримання баржі-цистерни, дол. США/добу;

$n_B, n_{БЦ}$ – кількість буксирів та барж-цистерн, що необхідні для роботи по циклу;

n_x – кількість ходок буксира та баржі-цистерни за цикл;

$T_{Ц}$ – час циклу роботи барже-буксирної пари, доба.

Собівартість утримання баржі-цистерни:

$$C'^{БЦ} = C'_{пост} + C^{змінні} + C^{адм}. \quad (2.15)$$

Кількість барж-цистерн та буксирів, що необхідні для роботи по циклу визначається при роботі барже-буксирних складів по принципу «drop&swop» [111]. Робота організовується таким чином, щоб всі судна і вантажно-розвантажувальне обладнання на причалах могли працювати без перерв, і дотримується співвідношення:

$$\left[n_B \right] + \left[N_{МБП} \right] = \left[n_{БЦ} \right]. \quad (2.16)$$

Кількість барж-цистерн можна розрахувати за формулою:

$$n_{БЦ} = \frac{Q_m}{q \cdot \rho \cdot r_{Ц}}, \quad (2.17)$$

де Q_m – кількість вуглеводнів, що підлягають транспортуванню протягом року, т;

q – місткість однієї цистерни, м³;

ρ – щільність продукту, т/м³;

$r_{Ц}$ – цикл (число обертів за рік) баржі-цистерни;

$N_{МБП}$ – кількість морських бурових платформ.

Кількість циклів визначається за формулою:

$$r_{Ц} = \frac{365}{T_{Ц}}, \quad (2.18)$$

де $T_{Ц}$ – повний час обороту однієї баржі-цистерни за добу.

Період циклу визначається варіантом роботи барже-буксирного складу. При варіанті роботи «2 буксири + 3 баржі-цистерни» час циклу розраховується за формулою:

$$T_{Ц} = n_x \cdot \left(T_{x_{БзБЦпор}} + T_{x_{БзБЦзав}} \right) + \Delta T, \quad (2.19)$$

де $T_{x_{БзБЦпор}}$, $T_{x_{БзБЦзав}}$ – час переходу буксира з порожньою і завантаженою

баржею-цистерною, відповідно;

3 – означає, що за цикл баржа виконує три ходки в кожен бік;

ΔT – час очікування буксиром баржу-цистерну;

$$\Delta T = n_x \cdot \left(\left(T_{cm_{зав.БЦ}} - T_{x_{БзБЦпор}} \right) + \left(T_{cm_{розв.БЦ}} - T_{x_{БзБЦзав}} \right) \right), \quad (2.20)$$

де $T_{cm_{зав.БЦ}}$, $T_{cm_{розв.БЦ}}$ – час стоянки баржі-цистерни під навантаженням і розвантаженням, доба.

Якщо підставити (2.20) в (2.19) та виконати перетворення, отримаємо наступний вид часу циклу:

$$T_{Ц} = n_x \cdot \left(T_{cm_{зав.БЦ}} + T_{cm_{розв.БЦ}} \right) = n_x \cdot \frac{2 \cdot Q}{\overline{M}_e}, \quad (2.21)$$

де \overline{M}_e – середньозважені норми обробки барж-цистерн в портах, т/добу.

Таким чином, критерій визначення ефективності транспортування барже-буксирним складом має наступний вигляд:

$$S'_{ББС} = \frac{R'_{заг_{ББС}}}{QL} = \frac{n_x \cdot n_B \cdot \left(C'_x{}^B \cdot t_x^B + C'_{cm}{}^B \cdot t_{cm}^B \right) + C'^{БЦ} \cdot T_{Ц} \cdot n_{БЦ}}{QL}. \quad (2.22)$$

У формулу (2.22) підставимо значення часу на ходу:

$$t_x^B = \frac{l_{зв}}{V_e}, \quad (2.23)$$

де $l_{зв}$ – дальність перевезень з вантажем, км;

V_e – експлуатаційна швидкість буксирів, км/год.

Стоянковий час буксиру прагне до нуля.

Таким чином: