

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Кириченко Костянтин Володимирович

УДК 629.5.081.326

ДИСЕРТАЦІЯ

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ
ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПОНТОНА ПЛАВУЧИХ КОМПОЗИТНИХ ДОКІВ**

05.08.03 – Конструювання та будування суден

Технічні науки

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

_____К.В. Кириченко

Науковий керівник Щедролосєв Олександр Вікторович, доктор технічних наук,
професор

Миколаїв – 2021

АНОТАЦІЯ

Кириченко К.В. Удосконалення конструкції та технології побудови залізобетонного понтона плавучих композитних доків. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.08.03 «Конструювання та будування суден». – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, 2021.

В дисертаційному дослідженні розв'язано актуальну науково-прикладну задачу з удосконалення конструкції та технології побудови залізобетонних понтонів плавучих композитних доків. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання роботи, визначено об'єкт і предмет дослідження, представлено наукову новизну і практичну цінність результатів роботи.

У *першому розділі* на основі огляду вітчизняних і закордонних літературних джерел виконано аналіз стану і виявлені основні проблеми побудови плавучих доків. Наведено класифікацію доків за призначенням, формою та матеріалом корпусу. Досліджені переваги та недоліки сталевих, залізобетонних та композитних доків. Розглянуто основні задачі конструювання та розробки технологічних процесів, які необхідно розв'язати для удосконалення конструкції залізобетонних понтонів плавучих доків: визначення методів проектування конструкцій, технологій та побудови понтонів композитних доків. Обрано основні напрямки дослідження та поставлено основні задачі дисертаційної роботи.

Обґрунтовано вибір теми дисертаційного дослідження, показано його важливість і актуальність, а також відповідність спеціальності 05.08.03 – Конструювання та будування суден (п. 3. Теорія і методи будівельної механіки судна, розрахунків та експериментальних досліджень міцності, стійкості,

вібрації і надійності корпусних конструкцій та елементів суден, морських, річкових плавучих споруд, засобів океанотехніки, підводно-технічних систем і комплексів, підводних апаратів, суднових пристроїв та загальносуднових систем; п. 11. Розроблення методів і технологій побудови плавучих композитних споруд). Визначені основні методи дослідження.

У другому розділі визначені шляхи удосконалення конструкції композитних плавучих доків з врахуванням діючих нормативних вимог Класифікаційних Товариств, що пред'являються до корпусу доку та окремих його конструкцій. Розв'язано пошукове завдання визначення взаємозв'язку між основними вимогами до конструкцій доку та їх раціоналізацією. На основі проведених досліджень удосконалено оснащення стапелю для побудови залізобетонного понтона доку, що дало змогу раціоналізувати виготовлення понтона і забезпечити зниження трудомісткості при установці опалубки днища та подальшій розпалубці, скоротити транспортні операції по перевезенню великогабаритних щитів з одночасною значною економією матеріалів, завдяки тому, що для опалубки застосовуються інвентарні каркасні металеві щити.

У третьому розділі, який присвячений дослідженню міцності і жорсткості плит залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору, **отримало подальший розвиток** застосування методики скінченно-елементного розрахунку напружено-деформованого стану плит залізобетонного понтона композитного плавучого доку. Для перевірки міцності залізобетонних конструкцій використовувався програмний комплекс SolidWorks Simulation. При розрахунках згину плит стапель-палуби і днища понтона **удосконалена** та використана раціональна розрахункова схема, яка враховує роботу арматури обох напрямків, що дозволило точно оцінити міцність конструкції і надати рекомендації щодо їх проектування з точки зору матеріалоємності і раціонального розміру. Результати досліджених зведених напружень в плитах стапель-палуби залізобетонного понтона доку підйомної силою показали, що фактичні коефіцієнти запасу при зменшеній кількості набору задовольняють вимогам міцності. При максимальному завантаженні зведені напруження по

Мізесу в арматурі не перевищують 120 МПа при максимумі нормальних напружень ~ 100 МПа в поперечному напрямку, що відповідає коефіцієнту запасу 3,82 для використаної арматури палубних пластин. В повздовжньому напрямку арматура також недовантажена, особливо в стиснутій області. Відношення границі плинності сталеві арматури класу А-III до максимальних зведених напружень плит днища становить не менш ніж 3,25. **Вперше** досліджено розподілення стиснутих та розтягнутих зон при різних значеннях товщини і відносин довжин сторін залізобетонної плити понтона композитного доку на основі числового моделювання, що дало змогу розробити рекомендацій щодо вибору розмірів плит залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору за умови міцності. Виявлено, що розподіл областей стиснутих і розтягнутих зон для пластин не залежить від товщини при відхиленнях в межах 25% від референтного значення 160 мм, і визначені раціональні розміри плити – довжиною 7 м та шириною 3 м.

Четвертий розділ присвячено впровадженню удосконаленої технології побудови композитного плавучого доку на сучасному докобудівному підприємстві. **Удосконалено** конструкцію залізобетонного понтона на основі проведених розрахунків міцності, що дозволило встановлювати поперечні перегородки між внутрішніми бортами на вдвічі більшій відстані ніж за схемою, що використовується на виробництві. На основі розробленої конструкції **удосконалена** технологія побудови композитного плавучого доку. **Удосконалено** конструктивно-технологічні схеми для антикорозійного захисту баластних систем плавучих доків методом «флотації», що дозволило забезпечувати антикорозійний захист без виведення доку з експлуатації.

Практичне значення одержаних результатів:

– розроблені конструкція та технологія побудови композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні дозволили знизити матеріалоємність конструкцій понтонів доків на 12% [106, 117, 118, 120, 122, 141];

– побудована уточнена розрахункова схема стапель-палуби і днища понтона, яка враховує роботу арматури у взаємно перпендикулярних напрямках, що підтверджується розрахунком міцності залізобетонних конструкцій методом скінченних елементів. Побудовані графіки дають змогу визначати залежності між лінійними розмірами пластин понтона доку та силовими факторами [112-114];

– розроблено конструкцію опалубки для побудови залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору на стапелі, що дає змогу знизити трудомісткість на 7% при її установці на днищі і подальшій розпалубці [92, 108];

– технічну новизну отриманих результатів підтверджено патентами України на корисну модель № 126746 «Композитний безнабірний понтон доку» та № 113891 «Стапель для спорудження залізобетонних суден», № 117657 «Танк ізольованого баласту наливного судна» [107, 116, 140].

Результати наукових розробок **впроваджено** в порядку дослідної експлуатації на Херсонському державному заводі «Палада» та Херсонській верфі Smart Maritime Group, використовуються у навчальному процесі, відповідно до навчальних планів освітніх ступенів бакалавра та магістра зі спеціальності 135 «Суднобудування» за освітньо-професійними програмами «Суднокорпусобудування» та «Судноремонт та технічне обслуговування флоту» у Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова.

Ключові слова: плавучі композитні доки, залізобетонний понтон; скінченно-елементний аналіз, конструювання та технологія побудови доків.

ABSTRACT

Kyrychenko K. Improving the design and technology of building of reinforced concrete pontoon floating composite docks. - Manuscript.

Thesis for obtaining the scientific degree of the Candidate of Technical Sciences on specialty 05.08.03 – «Design and building of ships. – Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, 2021.

In the dissertation research the actual **scientific and applied problem** on improving the design and technology of building reinforced concrete pontoons of floating composite docks has been solved. The dissertation consists of Introduction, four Sections, Conclusions, a list of the sources used and appendices.

The Introduction substantiates the relevance of the dissertation topic, formulates the purpose and objectives of the research, defines its object and subject, presents the scientific novelty and practical value of the results.

In the **First section**, based on the review of domestic and foreign sources, the situation and the main problems of the building of floating docks are identified and analyzed. The classification of docks by purpose, shape and material of the case is presented. The advantages and disadvantages of steel, reinforced concrete and composite docks are investigated. The main tasks of design and development of technological processes that need to be solved to improve the design of reinforced concrete pontoons of floating docks are as follows: the definition of methods for designing structures, technologies and building of composite docks pontoons. The main directions of the research are chosen and its main tasks are put forward.

The choice of the dissertation research topic is substantiated, its importance and relevance are shown, as well as the conformity of the specialty 05.08.03 – Design and building of ships (Item 3. Theory and methods of ship building mechanics, calculations and experimental studies of strength, stability, vibration and reliability of hull structures and elements of ships, marine, river floating structures, ocean equipment, underwater technical systems and complexes, submarines, ship devices and general ship systems, Item 11. Development of methods and technologies for the construction of floating composite structures). The main research methods are determined.

The **Second section** identifies the ways to improve the design of composite floating docks, taking into account the current regulatory requirements of the Classification Societies, which are made to the dock body and its individual structures. The search problem of determining the relationship between the basic requirements for dock structures and their implementation is solved. On the basis of

the research conducted, the equipment of a building berth for a reinforced concrete pontoon of a dock was improved by means of using inventory frame metal boards.

In the **Third section**, which deals with to the study of strength and rigidity of reinforced concrete pontoon slabs with a reduced number of sets, the application of the finite element calculation method of stress-strain state of reinforced concrete pontoon slabs of composite floating dock was further developed. SolidWorks Simulation software was used to test the strength of reinforced concrete structures. When calculating the bending of the deck berths and the bottom of the pontoon, a rational calculation scheme was improved and applied, which takes into account the work of reinforcement in both directions, which enabled to accurately assess the strength of the structure and provide recommendations for their design in terms of material consumption and rational size. The results of the combined stresses under analysis in the slabs of the berths-deck of the reinforced concrete pontoon dock with lifting force show that the actual stock coefficients with a reduced number of sets meet the strength requirements. At maximum load, the combined Mises stresses in the reinforcement do not exceed 120 MPa at the maximum of normal stresses of ~ 100 MPa in the transverse direction which corresponds to a margin factor of 3.82 for the deck plate reinforcement. In the longitudinal direction, the reinforcement is also underloaded, especially in the compressed area. The ratio of the yield strength of steel reinforcement class A-III to the maximum consolidated stresses of the bottom plates is not less than 3.25. It is for the first time that the distribution of compressed and stretched zones at different values of thickness and length ratios of reinforced concrete pontoon slab of composite dock based on numerical modeling has been studied and the recommendations for choosing the size of reinforced concrete pontoon slabs with reduced set strength has been completed. It is revealed that the distribution of areas of compressed and stretched zones for plates does not depend on the thickness with deviations within 25% of the reference value of 160 mm, and the rational dimensions of the plate are determined - 7 m long and 3 m wide.

The **Fourth section** is describes to the introduction of advanced technology for the building of a composite floating dock at a modern pre-construction enterprise.

The design of the reinforced concrete pontoon has been improved on the basis of the calculations of strength which allowed to install transverse partitions between the inner sides at the distance twice longer than in the scheme used in production. On the basis of the developed design, the technology of building of a composite floating dock has been improved. Structural and technological schemes for anti-corrosion protection of ballast systems of floating docks by the "flotation" method were have also been improved and anticorrosion protection without decommissioning the dock has been provided.

Practical significance of the obtained results:

- the design and technology of construction of composite floating docks with a reduced number of sets in the pontoon which allowed to reduce the material consumption of pontoon dock structures by 12% have been developed [106, 117, 118, 120, 122, 141];
- the specified calculation scheme of berths-decks and the bottom of the pontoon which considers work of armature in mutually perpendicular directions has been confirmed by calculating durability of reinforced concrete designs using the finite element method. The constructed graphs have made it possible to determine the relationships between the linear dimensions of the plates of the dock pontoon and the force factors [112-114];
- the design of the formwork has been developed for building construction a reinforced concrete pontoon with a reduced number of sets on the berth, for reducing the complexity by 7% during its installation on the bottom and subsequent stripping [92, 108];
- the technical novelty of the results obtained is confirmed by patents of Ukraine for Utility Model № 126746 "Composite gauge pontoon dock" and № 113891 "Building berth for building of reinforced concrete vessels", № 117657 "Insulated ballast tank of bulk carrier" [107, 116, 140].

The results of scientific developments were introduced in the experimental operation at "Palada" Kherson State Plant and the Kherson shipyard Smart Maritime Group and used in the educational process, in accordance with the Curricula of

Bachelor's and Master's degrees in 135 specialty "Shipbuilding" ("Shipbuilding" and "Ship Repair and Fleet Maintenance") at Admiral Makarov National University of Shipbuilding.

Keywords: floating composite docks, reinforced concrete pontoon; finite element analysis, design and technology of dock building.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в іноземних і фахових виданнях

1. Щедролосев, А. В. Анализ состояния строительства плавучих доков / А. В. Щедролосев, **К. В. Кириченко** // Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy. – 2018. – N 1. – P. 45–58 (*іноземне фахове видання*) – *авторський вклад: аналіз стану побудови плавучих доків, класифікація доків за призначенням, формою, матеріалом корпусу та автономністю, постановка завдання для раціоналізації конструкції доків.*
2. Shchedrolosiev, O. Improvement of the Structure of Floating Docks Based on the Study Into the Stressed Deformed State of Pontoon / O. Shchedrolosiev, L. Korostylov, S. Klymenkov, O. Uzlov, **К. Kyrychenko** // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 6, N 7. – P. 26–31 (*фахове видання України, НМБ: Scopus, Index Copernicus, eLIBRARY, EBSCO, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ, WorldCat та ін.*) – *авторський вклад: постановка завдання, розробка рекомендацій щодо вдосконалення конструкції плавучого композитного доку, узагальнення результатів досліджень.*
3. Shchedrolosiev, O. Devices for Maintenance Comfort Working Conditions in Floating Docks Docks / O. Shchedrolosiev, O. Uzlov, H. Konovalova, **К. Kyrychenko** // Shipbuilding and Marine Infrastructure. – 2018. – N 1. – P. 134–143 (*фахове видання України, НМБ eLIBRARY*) – *авторський вклад: класифікація пристроїв, що використовуються для безпечної роботи у плавучих доках.*
4. Kyrychenko, K. Methods of Improvement of the Design and Construction Technology of Composite Docks / **К. Kyrychenko**, Yu. Yahlytskyi, O. Shchedrolosiev // Shipbuilding and Marine Infrastructure. – 2019. – N 2. – P. 36–47 (*фахове видання України, НМБ eLIBRARY*) – *авторський вклад: розроблення технологічних рекомендацій щодо армування днищових плит*

залізобетонного понтона в районі сприйняття максимального гідростатичного тиску.

5. Kyrychenko, K. Use of High-Performance Plasticizers to Provide Design and Operational Requirements for the Concrete Composition for the Construction of Floating Composite / **K. Kyrychenko**, O. Shchedrolosiev, O. Rashkovskiy // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2018. – № 1. – С. 19–27 (*фахове видання України, НМБ: Index Copernicus, eLIBRARY, EBSCO, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ, WorldCat та ін.*) – *авторський вклад: аналіз, систематизація та узагальнення пластифікуючих домішок до суднобудівних бетонів.*

6. Кириченко, К. В. Усовершенствование технологии строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы / **К. В. Кириченко**, А. В. Щедролосев // Science and Education a New Dimension. – 2018. – N 158. – P. 61–68 (*іноземне видання, НБМ: Index Copernicus, Ulrich's Periodicals Directory, Google Scholar та ін.*) – *авторський вклад: розроблення технології побудови плавучих композитних доків зі зменшеною кількістю набору в понтоні.*

7. Кириченко, К. В. Особенности расчета технико-экономических показателей конструкций плавучих композитных доков с уменьшенной кількістю набору у понтоні / К. В. Кириченко // Наук. вісн. Херсон. держ. мор. акад. – 2019. – № 2. – С. 154–164 (*фахове видання України, НМБ eLIBRARY*).

8. Щедролосєв, О. В. Удосконалення конструктивно-технологічних вузлів з'єднання залізобетонного понтона з поперечною діафрагмою та металевою баштою плавучого композитного доку / О. В. Щедролосєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Наук. вісн. Херсон. держ. мор. акад. – 2020. – № 1. – С. 125–134 (*фахове видання України, НМБ eLIBRARY*) – *авторський вклад: розроблення конструкції та технологічних рекомендацій побудови вузлів з'єднання залізобетонного понтона з поперечною діафрагмою та металевою баштою.*

Патенти

9. Пат. 113891 Україна, МПК В63В 9/00 В63С 5/00. Стапель для спорудження залізобетонних суден / О. В. Щедролоєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко**. – № u201605644 ; заявл. 25.05.2016 ; опубл. 27.02.2017, Бюл. № 4. – 4 с. – *авторський вклад: удосконалення технологічного процесу розпалубки.*

10. Пат. 126746 Україна, МПК В63С 1/02. Композитний безнабірний понтон доку / В. Ф. Маломан, В. М. Коннов, О. В. Щедролоєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко**. – № u201710669 ; заявл. 02.11.2017 ; опубл. 10.07.2018, Бюл. № 13. – 4 с. – *авторський вклад: визначення раціональної відстані між поперечними перегородками залізобетонного понтона.*

11. Пат. 117657 Україна, МПК В63В 43/06. Танк ізольованого баласту наливного судна / О. В. Щедролоєв, О. С. Рашковський, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко**. – № u201605367 ; заявл. 25.05.2016 ; опубл. 10.07.2017, Бюл. № 13. – 4 с. – *авторський вклад: розробка конструктивно-технологічних схем баластних систем з використанням плавучих інгібіторів.*

Опубліковані праці апробаційного характеру

12. Коростильов, Л. І. Розрахунок міцності конструкції залізобетонного понтону зі зменшеною кількістю набору методом кінцевих елементів / Л. І. Коростильов, О.В. Щедролоєв, С. Ю. Клименков, **К. В. Кириченко** // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2018. – С. 85–87 (очна участь) – *авторський вклад: дослідження напружено-деформованого стану залізобетонних плит понтона композитного доку.*

13. Щедролоєв, О. В. Удосконалення конструкції композитних плавучих доків шляхом зменшення кількості набору / О. В. Щедролоєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко**, В. Ф. Маломан, В. М. Коннов // Матеріали Всеукраїнської

науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2018. – С. 94–95 (очна участь) – **авторський вклад:** *вибір та обґрунтування раціональної кількості набору конструкції залізобетонного понтона плавучого композитного доку.*

14. Щедролосев, А. В. Технология сращивания железобетонных понтонов композитных плавучих доков большой подъемной силы на плаву / А. В. Щедролосев, А. С. Рашковский, В. Ф. Маломан, А. Н. Узлов, **К. В. Кириченко** // Materials of XIII International Scientific-Technical Conference on «Water Transport Problems». – Baki, 2018. – P. 35–42 (заочна участь) – **авторський вклад:** *розроблення технологічних рішень побудови композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору в понтоні.*

15. Коростильов, Л. І. Скінчено-елементний аналіз міцності плит палуби і днища залізобетонного понтону зі зменшеною кількістю набору / Л. І. Коростильов, О. В. Щедролосєв, С. Ю. Клименков, **К. В. Кириченко** // Матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2018. – С. 95–98 (очна участь) – **авторський вклад:** *визначення фактичних коефіцієнтів запасу на основі розрахунків зведених напружень у плитах стпель-палуби залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору.*

16. Shchedrolosiev, O. Major Ways to Improve the Design and Technology of Composite Dock Building / O. Shchedrolosiev, Yu. Yahlytskyi, **К. Kyrychenko** // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2019. – С. 116–120 (очна участь) – **авторський вклад:** *обґрунтування вибору основних параметрів для раціоналізації конструкції залізобетонного понтона.*

17. Яглицький, Ю. К. Дослідження раціональної конструкції композитного плавучого доку / Ю. К. Яглицький, **К. В. Кириченко** // Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні

енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсон, 2019. – С. 170–171 (очна участь) – **авторський вклад:** встановлення взаємозв'язку між напрямками раціоналізації конструкції та основними вимогами, що пред'являються до конструкції композитного доку.

18. Щедролосєв, О. В. Удосконалення конструкції стапеля для побудови залізобетонних понтонів композитних плавучих доків / О. В. Щедролосєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсон, 2019. – С. 235–237 (очна участь) – **авторський вклад:** розроблення оснащення стапеля для побудови залізобетонних понтонів композитних плавучих доків.

19. Щедролосєв, О. В. Удосконалення конструктивного вузла з'єднання металевої башти із залізобетонним понтоном / О. В. Щедролосєв, В. М. Коннов, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2020. – С. 135–139 (очна участь) – **авторський вклад:** розроблення конструкції і технологічних рекомендацій побудови вузла з'єднання металевої башти із залізобетонним понтоном.

20. Кириченко, К. В. Визначення розрахункових залежностей при обґрунтуванні економічної доцільності побудови композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні / К. В. Кириченко // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2020». – Херсон, 2020. – С. 235 – 237 (очна участь).

21. Щедролосєв, О. В. До питання побудови плавучих композитних доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні / О. В. Щедролосєв, **К. В. Кириченко** // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті

MINTT-2020». – Херсон, 2020. – С. 281–283 (очна участь) – **авторський вклад:** *розробка технологічних рекомендацій виготовлення конструкцій залізобетонного понтона зі збільшеною відстанню між поперечними перегородками.*

22. Щедролосєв, О. В. Удосконалення конструктивного вузла з'єднання днища та зовнішньої поздовжньої стінки понтона композитного плавучого доку / О. В. Щедролосєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсон, 2020. – С. 246–247 (очна участь) – **авторський вклад:** *розроблення конструкції вузла з'єднання днища та зовнішньої поздовжньої стінки понтона.*

23. Щедролосєв, О. В. Удосконалення конструктивного вузла з'єднання поперечної діафрагми з днищем понтона композитного плавучого доку / О. В. Щедролосєв, В. М. Коннов, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2020. – Т. 1. – С. 50–53 (очна участь) – **авторський вклад:** *розроблення технологічних рекомендацій побудови вузла поперечної діафрагми з днищем понтона композитного плавучого доку.*

Публікації, які додатково відображають наукові результати

24. Shchedrolosiev, O. Selection of a Generalized Efficiency Criterion for the Designing and Technology of Composite Dock Building / O. Shchedrolosiev, Yu. Yahlytskyi, **K. Kyrychenko** // Theoretical and Applied Questions of Mathematics, Mechanics and Computer Science : materials of the international scientific conference. – Karaganda, 2019. – P. 165–166 (заочна участь) – **авторський вклад:** *розроблення алгоритму оцінки показників ефективності конструкції та технології побудови композитних доків.*

25. Щедролосєв, О. В. Розробка схем систем для забезпечення ремонтпридатності баластних відсіків транспортних і нафтоналивних суден,

металевих і композитних плавучих ремонтних доків / О. В. Щедролосєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2015. – С. 41–43 (очна участь) – ***авторський вклад:** розроблення конструктивно-технологічних заходів для забезпечення антикорозійного захисту суден і плавучих доків без виведення їх з експлуатації.*

26. Кириченко, К. В. Анализ современного состояния коррозионной защиты цистерн чистого балласта транспортных, нефтеналивных судов и плавучих ремонтных доков / К. В. Кириченко // Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy. – 2016. – N 2. – P. 33–38 (***іноземне фахове видання***).

27. Щедролосєв, О. В. Вплив пластифікуючих добавок на властивості бетону для будівництва композитних доків та гідротехнічних споруд / О. В. Щедролосєв, **К. В. Кириченко** // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Транспорт: механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство». – Херсон, 2017. – С. 135–136 (заочна участь) – ***авторський вклад:** аналіз суперпластифікаторів, що використовуються при побудові композитних доків та гідротехнічних споруд.*

28. Щедролосєв, О. В. Удосконалення властивостей бетону шляхом використання пластифікаторів для побудови високоміцних понтонів залізобетонних доків / О. В. Щедролосєв, **К. В. Кириченко** // Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2018». – Херсон, 2018. – С. 382–384 (очна участь) – ***авторський вклад:** класифікація пластифікаторів за принципом дії, що використовуються для побудови залізобетонних понтонів зі зменшеною кількістю набору.*

29. Щедролосєв, А. В. Усовершенствование технологии строительства понтонов композитных плавучих доков / А. В. Щедролосєв, В. Н. Коннов, А. Н. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасної науки». – Київ, 2018. – Ч. 3. –

С. 38–40 (заочна участь) – *авторський вклад: розроблення рекомендацій щодо зменшення стапельного періоду побудови доків.*

30. Shchedrolosiev, O. Modern Ice-Retaining Devices for the Maintenance of Comfortable Working Conditions in Floating Docks / O. Shchedrolosiev, O. Uzlov, H. Konovalova, **K. Kyrychenko** // Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсон, 2018 – С. 240–243 (очна участь) – *авторський вклад: класифікація льодозатримуючих пристроїв, які дозволяють проводити докування суден при наявності великої кількості льоду в акваторії, для забезпечення комфортних умов праці в плавучих доках.*

31. Щедролосєв, О. В. Технологічні особливості побудови композитних доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні / О. В. Щедролосєв, В. М. Коннов, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали міжнародної наукової конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення». – Тернопіль, 2018. – Вип. 29, ч. 1. – С. 109–111 (заочна участь) – *авторський вклад: розроблення рекомендацій щодо укладання бетону при формуванні залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору.*

32. Shchedrolosiev, O. Modern Dock Scaffoldings for the Maintenance of Safe Working Conditions in Floating Docks / O. Shchedrolosiev, O. Uzlov, H. Konovalova, **K. Kyrychenko** // Матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2018. – С. 28–30 (очна участь) – *авторський вклад: класифікація конструкцій лісів доку та вимог, що до них пред'являються, для безпечної роботи у плавучих доках.*

33. Щедролосєв, О. В. Системна організація технологічних процесів побудови композитних плавучих доків / О. В. Щедролосєв, **К. В. Кириченко** // Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи та технології». – Одеса, 2020. – С. 317–318 (заочна участь) – *авторський вклад: розроблення рекомендацій до системної організації*

управління докобудівним підприємством для забезпечення комплексного вирішення завдань ефективного використання виробничих потужностей.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	21
ВСТУП.....	22
РОЗДІЛ 1	
АНАЛІЗ СТАНУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ	
ПЛАВУЧИХ ДОКІВ.....	30
1.1 Стан і проблеми побудови плавучих доків.....	30
1.2 Задачі, що виникають при побудові композитних плавучих доків.....	52
1.3 Обґрунтування напряму та постановка задачі дисертаційного дослідження.....	53
1.4 Методи дослідження.....	56
Висновки з розділу 1.....	58
РОЗДІЛ 2	
ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ	
ПОНТОНІВ ПЛАВУЧИХ КОМПОЗИТНИХ ДОКІВ.....	59
2.1 Визначення взаємозв'язку між основними вимогами до конструкцій композитного доку та їх раціоналізацією.....	59
2.2 Вимоги Класифікаційних Товариств до композитних плавучих доків.....	67
2.3 Удосконалення оснащення стапелю для побудови залізобетонного понтона плавучих композитних доків.....	70
Висновки з розділу 2.....	72
РОЗДІЛ 3	
ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ І ЖОРСТКОСТІ ПЛИТ	
ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПОНТОНА ЗІ ЗМЕНШЕНОЮ КІЛЬКІСТЮ	
НАБОРУ ПЛАВУЧИХ КОМПОЗИТНИХ ДОКІВ.....	73
3.1 Скінченно-елементний аналіз напружено-деформованого стану плит залізобетонного понтона композитних плавучих доків.....	73

3.2 Розробка рекомендацій щодо вибору розмірів плит залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору за умови міцності.....	83
Висновки з розділу 3.....	91

РОЗДІЛ 4

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПОНТОНА ПЛАВУЧОГО КОМПОЗИТНОГО ДОКУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЙОГО ПОБУДОВИ.....

4.1 Розробка удосконаленої конструкції залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору композитного плавучого доку.....	93
4.2 Розробка удосконаленої технології та системної організації інтегрованого виробничого процесу побудови композитного доку.....	97
4.3 Розробка удосконалених конструктивно-технологічних схем для антикорозійного захисту баластних систем плавучих доків.....	107
4.4 Визначення техніко-економічного ефекту конструкторсько-технологічних рішень удосконалення плавучого композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні.....	117
Висновки з розділу 4.....	121
ВИСНОВКИ.....	123
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	125
Додаток А. Епюри компонентів напружено-деформованого стану плит залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору.....	143
Додаток Б. Патенти, акти впроваджень і схвалень результатів дисертаційного дослідження.....	151
Додаток В. Список публікацій за темою дисертації.....	163

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ТП – технологічний процес;

ДП – діаметральна площа;

ПМШ – площа мідель-шпангоута;

ОП – основна палуба;

ВБ – внутрішній борт;

ЗБ – зовнішній борт;

$\{R\}$ – вектор-стовпець зусиль;

$\{q\}$ – вектор-стовпець вузлових переміщень;

$[K]$ – матриця жорсткості, яка визначає пружні властивості скінченного елемента;

$[B]$ – прямокутна матриця, елементи якої залежать від координат положення точки;

$\{\epsilon\}$ – вектор-стовпець деформацій;

$\{\sigma\}$ – вектор-стовпець напружень;

$[D]$ – прямокутна матриця, елементи якої залежать від координат положення точки;

$[E]$ – прямокутна матриця, елементи якої залежать від координат положення точки і від пружних сталих матеріалу конструкції;

$D]^T$ – транспонована матриця координат в залежності Коші, інтегрування з якої виконується по всьому об'єму скінченного елемента;

$[K']$ – загальна матриця жорсткості;

$\{F\}$ – вектор зовнішніх вузлових сил для всієї дискретної моделі в загальній системі координат.

ВСТУП

Актуальність теми дисертаційної роботи. З кінця минулого століття у світовому суднобудуванні прискорюється процес побудови великотоннажних транспортних суден. Ця тенденція розвитку сучасного суднобудування є досить стійкою, оскільки економічність побудови і експлуатації суден зростає, в міру збільшення їх тоннажу, внаслідок зменшення будівельних та експлуатаційних витрат, віднесених до 1 т дедвейту. У зв'язку з тим, що судноремонт великотоннажних суден постійно збільшується все більше застосовуються плавучі доки великої підйомної сили. Плавучі доки, незважаючи на складний устрій і високу експлуатаційну вартість, в даний час є одним з основних засобів для ремонту, спуску, підйому та утилізації суден. Найбільш поширеним сучасним типом доку є композитний плавучий док великої підйомної сили, що складається із залізобетонного понтона і двох суцільних сталевих башт. Композитні доки економічніше суцільнометалевих: витрата сталі на 1 т підйомної сили композитного доку та, відповідно, вага металу для його будівництва в 2,0...2,5 рази менше, а вартість будівництва на 8...10% менше, чим у аналогічних суцільнометалевих. Постійні потреби світового судноплавства в обстеженні та контролі стану суден, судноремонті, технічному обслуговуванні їх підводної частини обумовлюють підвищений попит на композитні плавучі доки великої підйомної сили, виробництво яких стає предметом вигідного бізнесу і одним з важливих напрямків виходу вітчизняної докобудівної продукції на світовий ринок.

Залізобетонні плавучі понтони практично не піддаються корозії в морській воді, що істотно знижує витрати на їх утримання і ремонт. Застосування залізобетонних понтонів дає змогу використовувати док без виведення з експлуатації, в результаті чого експлуатаційні витрати композитного доку менше приблизно на 70%, ніж у металевих.

Проблемами докобудування займалися Абросімов К.А., Бондурянський З.П., Гофтарш П.С., Єгоров Н.М., Козляков В.В., Меламед Е.Е., Мільто О.О., Мішутін В.А., Пасинський А.М., Рибалов І.І., Рашковський О.С., Щедролосєв

О.В., Коростильов Л.І., Коннов В.М., Сіверцев І.М., Синцов Г.М., Танхельсон Г.В., Wang C.M., Utsunomiya T., Firat Y., Easley R., Zinserling M., Xu-jun Chen, Yuji Miao, Xuefeng Tang, Junyi Liu та інші вчені.

Розрахунок міцності плит залізобетонного понтона плавучих композитних доків та перспективи їх побудови наведені в наукових працях канд.техн.наук, лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки Слущкого М.Г., але питання визначення залежностей між лінійними розмірами пластин понтона доку та силовими факторами залишаються невирішеними на шляху визначення раціональних конструкцій та удосконалення технології виготовлення залізобетонних понтонів для сучасного докобудування. В цьому полягає наукова новизна та практична цінність даного дисертаційного дослідження.

Таким чином, удосконалення існуючих та удосконаленн конструкцій та технології побудови залізобетонних понтонів композитних плавучих доків великої підйомної сили, конкурентоспроможних на світовому ринку є досить актуальним науково-технічним завданням.

В основу дисертаційного дослідження покладено *наукову гіпотезу* про зменшення матеріалоємності конструкції понтона плавучого композитного доку на основі розрахунків напружено-деформованого стану залізобетонних плит.

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

Напрямок дисертаційного дослідження відповідає основним напрямкам досліджень Кораблебудівного навчально-наукового інституту НУК та узгоджується з наступними нормативними актами України: Законом № 3715-VI (редакція від 05.12.2012 р.) «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні»; «Морською доктриною України на період до 2035 року», що затверджена постановою Кабінету Міністрів України № 1307-2009-п (редакція від 28.12.2018 р.); «Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року», що затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України № 430-2018-р (від 30.05.2018 р.).

Дисертація включає результати наукових досліджень, отриманих під час виконання договорів про творче співробітництво: № 2077 між кафедрою суднобудування Херсонської філії НУК та Херсонським державним заводом «Палада» від 03.01.2017 р., № 2134 між кафедрою будівництва та ремонту суден НУК та Херсонським державним заводом «Палада» від 05.02.2018 (номер державної реєстрації 0118U004145) та № 2181 між кафедрою будівництва та ремонту суден НУК та Херсонською верф'ю Smart Maritime Group від 07.05.2018 р. (номер державної реєстрації 0118U001703), де здобувач брав участь як відповідальний виконавець.

Мета дисертаційної роботи полягає в удосконаленні конструкції та технології побудови залізобетонного понтона композитних плавучих доків.

Об'єктом дослідження є конструювання та технологічний процес побудови залізобетонного понтона плавучого композитного доку.

Предметом дослідження є залізобетонний понтон плавучого композитного доку.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі розв'язуються наступні **наукові завдання**:

1) визначити вимоги, що пред'являються до корпусу доку і окремих його конструкцій на основі вимог Регістру та аналізу ряду існуючих вітчизняних та закордонних конструкцій плавучих доків, та розробити удосконалену конструкцію і технологію побудови залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору, яка дає змогу знизити матеріалоємність та трудомісткість побудови доку;

2) провести розрахунок міцності удосконаленої конструкції залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору з урахуванням роботи арматури у взаємно перпендикулярних напрямках;

3) визначити раціональні розміри плит понтона зі зменшеною кількістю набору для зменшення матеріалоємності конструкції;

4) для впровадження результатів проведених досліджень у виробництво розробити робочі конструктивні схеми та технологію виготовлення залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору;

5) впровадити результати дисертаційного дослідження у виробництво та навчальний процес.

Для виконання досліджень використовувались наступні **методи**:

- методи емпіричного дослідження: спостереження та порівняння;
- загальнологічні методи і прийоми дослідження: аналіз, дедукція;
- методи обчислювальної математики.

Методи емпіричного дослідження використовувались при порівнянні конструкцій композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні доку та традиційних конструкцій доку.

Комплексний аналіз використовувався при розробці схем конструкцій понтона зі зменшеною кількістю набору плавучого доку. Для вибору схем конструкції понтона залізобетонного доку використовувався метод аналізу ієрархій, який дав змогу вибрати найбільш прийнятні схеми розташування перегородок у понтоні зі зменшеною кількістю набору за наступними критеріями: стійкість, матеріалоємність, трудомісткість.

Міцність стапель-палуби і днища понтона доку зі зменшеною кількістю набору визначалась за допомогою моделювання конструкцій в програмному комплексі SolidWorks Simulation та розрахунку методом скінчених елементів.

Метод статистичного аналізу використовувався при статистичному аналізі конструкцій понтонів доків з метою вибору найбільш раціональної конструкції.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в удосконаленні конструкції та технології побудови залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору на підставі визначення раціональних параметрів його плит, що дає змогу зменшити матеріалоємність конструкцій понтона та знизити трудомісткість технологічного процесу побудови залізобетонного понтона і є актуальним невирішеним раніше завданням докобудування.

У результаті дослідження:

- **вперше** досліджено розподіл стиснутих та розтягнутих зон залізобетонної плити понтона плавучого композитного доку зі зменшеною кількістю набору при різних значеннях товщини і відносин довжин сторін на основі числового моделювання. В результаті виявлено, що розподіл областей стиснутих і розтягнутих зон пластин не залежить від товщини при відхиленнях в межах 25% від референтного значення 160 мм, і визначено раціональні розміри плити – довжиною 7 м та шириною 3 м;

- **удосконалено** схему розрахунку стапель-палуби і днища залізобетонного понтона плавучого композитного доку для випадків повного занурення понтона на тихій воді без урахування можливих динамічних навантажень, яка враховує роботу арматури у взаємно перпендикулярних напрямках, що дозволило точно оцінити напружено-деформований стан залізобетонних плит понтона зі зменшеною кількістю набору.

- **удосконалено** конструкцію залізобетонного понтона композитного плавучого доку зі зменшеною кількістю набору на основі результатів розрахунку міцності залізобетонних конструкцій, що дозволило встановлювати поперечні перегородки між внутрішніми бортами на вдвічі більшій відстані ніж за схемою, яка використовується на виробництві. В результаті зменшено матеріалоемність конструкцій понтонів на 12%;

- **удосконалено** технологію побудови залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору за рахунок зміни конструкції оснащення стапелю, що дозволило раціоналізувати виготовлення понтона, полегшити умови праці, скоротити транспортні операції з перевезення великогабаритних щитів та забезпечити зниження трудомісткості технологічного процесу побудови понтона на 7 %;

- **удосконалено** конструктивно-технологічні схеми для антикорозійного захисту баластних систем плавучих доків методом «флотації», що дозволило зменшити трудовитратні роботи під час ремонту на 16%, а також виключити

трудомісткі роботи по відновленню захисних покриттів у важкодоступних відсіках та знизити трудомісткість загальноремонтних робіт на 9%.

– **отримало подальший розвиток** застосування методики скінченно-елементного розрахунку залізобетонного понтона композитного плавучого доку, яка забезпечує раціональне конструювання понтона зі зменшеною кількістю набору.

Практичне значення одержаних результатів:

– розроблені конструкція та технологія побудови композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні дозволили знизити матеріалоемність конструкцій понтонів доків на 12% [106, 117, 118, 120, 122, 142];

– побудована уточнена розрахункова схема стапель-палуби і днища понтона, яка враховує роботу арматури у взаємно перпендикулярних напрямках, що підтверджується розрахунком міцності залізобетонних конструкцій методом скінченних елементів. Побудовані графіки дали змогу визначати залежності між лінійними розмірами пластин понтона доку та силовими факторами [112-114];

– розроблено конструкцію опалубки для побудови залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору на стапелі, що дозволило знизити трудомісткість на 7% при її установці на днищі і подальшій розпалубці [92, 108];

– технічну новизну отриманих результатів підтверджено патентами України на корисну модель № 126746 «Композитний безнабірний понтон доку», № 113891 «Стапель для спорудження залізобетонних суден» та № 117657 «Танк ізольованого баласту наливного судна» [107, 116, 140].

Впровадження результатів. Результати наукових розробок впроваджено в порядку дослідної експлуатації на Херсонському державному заводі «Палада» та Херсонській верфі Smart Maritime Group, використовуються у навчальному процесі, відповідно до навчальних планів освітніх ступенів бакалавра та магістра зі спеціальності 135 «Суднобудування» за освітньо-професійними

програмами «Суднокорпусобудування» та «Судноремонт та технічне обслуговування флоту» у Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова.

Особистий внесок здобувача. Основні наукові результати, висновки та рекомендації, які наведені в дисертації та виносяться на захист, отримані автором самостійно або з безпосередньої його участі. З робіт, опублікованих у співавторстві, на захист виносяться тільки ті частини, які розроблені автором самостійно. Певний вклад здобувача у наукових роботах, виконаних у співавторстві, наведено у списку робіт у Додатку В.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи були представлені, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на конференціях:

- VI, IX, XI Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці» (2015 р., 2018 р., 2020 р., Миколаїв, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова);

- Всеукраїнська науково-технічна конференція з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд» (2018 р., 2019р., 2020р Миколаїв, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова);

- Міжнародна науково-технічна конференція «Транспорт: механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство» (2017 р., Херсон, Херсонська державна морська академія).

- X, XII Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT» (2017 р., 2018 р., 2020р. Херсон, Херсонська державна морська академія);

- IX Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні управляючі системи та технології» (2020 р., Одеса, Одеський національний політехнічний університет);

- IX, X, XI Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх

обслуговування СЕУТТОО» (2018 р., 2019 р., 2020р., Херсон, Херсонська державна морська академія);

– XIII Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми водного транспорту» (2018 р., Баку, Азербайджанська Державна Морська Академія).

Публікації. Основні положення дисертації викладені у 33 друкованих наукових працях, а саме: 1 стаття у збірнику, який входить до НМБ Scopus; 5 статей у фахових наукових виданнях, що входять в перелік ДАК МОН України; 2 статті в міжнародних наукових профільних виданнях; 3 патенти України на корисну модель, 12 публікацій апробаційного характеру та 10 робіт, які додатково відображають наукові результати дисертації.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків. Загальний обсяг становить 172 сторінки, обсяг основного тексту – 118 сторінок, додатків – 30 сторінок, в яких наведені епюри компонентів напружено-деформованого стану плит залізобетонного понтона, патенти, акти впровадження результатів досліджень та список опублікованих праць. Дисертація містить 78 рисунків, 4 таблиці і посилання на 142 літературних джерела.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ ПЛАВУЧИХ ДОКІВ

1.1. Стан і проблеми побудови плавучих доків

Плавучий док є технічним засобом для підйому суден, їх транспортування або спуску на воду. У плавучому доку проводять технічний огляд, обслуговування, поточний і аварійний ремонт підводної частини корпусу судна, а також можуть виконувати розробку корпусу на металообробку.

Як плавуча споруда док повинен володіти плавучістю, остійністю, непотоплюваністю, міцністю, здатністю змінювати свою ватерлінію (осадку), а як стапельний майданчик – забезпечувати технологічне місце для розміщення судна, яке докується, доступ до його корпусу для огляду і проведення ремонтних робіт [1].

У дослідженні [2] наведені способи виготовлення простих коробчастих плавучих конструкцій понтонного типу, аналогічні доковим конструкціям, що розглядаються у статті, які відрізняються високою технологічністю, низькими витратами виробництва та простотою обслуговування.

Плавучий док повинен мати достатню остійність в будь-якому положенні при зануренні (спливанні) з судном або без нього. Загальна і місцева міцність доку повинна виключати можливість деформації судна і доку. Пристрої доку повинні забезпечувати самодокування понтонів або секцій, його докування за допомогою інших суднопідіймальних засобів, а також механізацію докових робіт. У доці повинні бути передбачені приміщення для розміщення всіх необхідних механізмів і устаткування, а також членів екіпажа.

Класифікація доків за призначенням

Плавучі доки можна розділити на доки для великого ремонту й ремонту аварійних суден, для малого ремонту суден (профілактичного докування), доки транспортні й спеціального призначення.

Доки для великого ремонту й ремонту аварійних суден мають достатню висоту башт і загальну міцність, що дає змогу сприймати всю або більшу частину навантаження від нерівномірного розподілу ваги й сил підтримки системи «док-судно». Такі доки використовують для ремонту суден, які вимагають заміни значної частини обшивки та набору, а також аварійних суден.

Доки для малого ремонту суден будують із розрахунку, що при докуванні навантаження буде сприйматися корпусом як доку, так і судна, яке докується. Доки цієї групи використовують для огляду, очищення й фарбування підводної частини судна, ремонту гвинто-стернової групи, часткової заміни обшивки та інше.

Транспортні доки служать для транспортування суден по мілководдю й каналам малої глибини. Такий док має форму баржі. Об'єм баластних відсіків у доку через наявність водонепроникних воріт, менше, ніж у звичайних доках такої ж вантажопідйомності. Обмеженість площі стапель-палуби, невелика висота кільблоків, відсутність стисненого повітря «низького» тиску, мала потужність зварювального устаткування обмежують використання транспортних доків для ремонту суден. Транспортні доки мають автономні енергетичні установки.

До спеціальних відносяться доки, призначені для перестановки суден на берег чи з берега (передавальні доки), для докування спеціальних суден, доки-матки та інше [1].

Передавальний док [3] має відмінності від звичайних плавучих доків. Його підйомна сила вище докової ваги судна на вагу судновозних візків, додаткового устаткування і конструкцій, а також на вагу баласту для удиферентування доку із судном. Висоту башт збільшують із урахуванням висоти підрейкових естакад.

Для передачі суден на берег і переміщення на опори док обладнаний спеціальними пристосуваннями – тяговими візками, катучими кранами та іншим. У перервах між передавальними операціями док використовується для малого докового ремонту суден.

Класифікація доків за формою

Форма доку залежить від форми корпусу, методів докування й баластування. Форма спеціальних доків визначається їхнім призначенням. За формою надводної частини доки ділять на одно- і двобаштові.

Однобаштовий (або L-подібний док) складається з понтонів, башти і пристроїв для забезпечення остійності. Башта з'єднується шарнірними тягами з береговою опорою або поплавцем, який встановлений на якорях. Позитивна якість однобаштових доків полягає в тому, що введення суден у них здійснюється збоку.

Двобаштові доки досить остійні в будь-який період докової операції і займають меншу поверхню акваторії. Башти доків будують суцільними, у деяких випадках – з ажурними фермами, у результаті чого поліпшується освітленість робочих місць і скорочується витрата матеріалу. До цієї групи відносяться й док-матки з док-понтонами вантажопідйомністю 200...2500 т. Док-матки будують двох типів: з водотоннажними понтонами й з днищем, виконаним у вигляді ферм. У баштах док-матки розташовують баластні відсіки, водовідливні насоси, устаткування, пульт керування і службові приміщення. На док-понтонах замість башт установлюють бічні ферми з топ-палубами, на які виведені ручні приводи клінкетів баластної системи. Док-матка і док-понтони працюють тільки разом. Док-матка забезпечує занурення і спливання док-понтона для підйому судна, а понтон утримує на собі судно протягом усього ремонту.

Форма плавучого доку також залежить від прийнятого методу його докування. Монолітний док, ремонтне докування якого виконується в інших доках, являє собою нероз'ємне спорудження, що складається з понтонної частини і башт. Понтон ділять на відсіки перегородками, причому набір башт і обшивка є продовженням набору і обшивки понтонної частини доку. Монолітними будують, як правило, залізобетонні і композитні доки.

Доки, які самодокуються, можна розділити на два типи: із понтонами, які самодокуються і секціями, які самодокуються. Доки з понтонами, які

самодокуються, найпоширеніші, складаються з 4...10 понтонів і суцільних башт. Для понтона, який самодокується, баластування розраховують із урахуванням забезпечення поздовжньої й поперечної остійності доку і заданої висоти надводного борту.

Док із секціями, які самодокуються, може складатись із трьох секцій і більше. Понтонну частину і башти кожної секції будують нероз'ємними. Розміри й масу кожної секції призначають із урахуванням забезпечення їх докування в інших секціях. Довжина секції трохи менше ширини доку «у світлі», що забезпечує уведення її в док.

У трисекційному доку кінцеві секції служать для забезпечення докування середньої секції на виступах понтонів за рахунок збільшення ширини кінцевої секції. Довжину кінцевих секцій приймають менше ширини доку «у світлі», що дає змогу здійснювати їх докування. Секції з'єднують між собою твердими або гнучкими зв'язками.

Позитивною якістю секційних доків є можливість експлуатації секцій роздільно, що підвищує пропускну здатність доків. Основний недолік таких доків – більша трудомісткість роз'єднання й з'єднання секцій при їх докуванні. Для виключення цього недоліку сучасні плавучі доки великої вантажопідйомності будують трисекційними з безперервною баштою, що дає змогу значно зменшити підготовчі роботи при докуванні секцій.

Іноді середні й більші доки будують секційно-понтонними. Кількість секцій вибирають із урахуванням забезпечення буксирування доку без додаткових підкріплень корпусу.

Форма доку також визначається способом баластування, розташуванням сухих і баластових відсіків. При визначенні розмірів і виборі відсіків виходять із необхідності забезпечення занурення доку глибини, що вимагається, зручності керування системами й механізмами при зануренні і спливанні [1].

Класифікація доків за матеріалом корпусу

Залежно від матеріалу корпусу плавучі доки підрозділяють на металеві, залізобетонні, дерев'яні і композитні.

У світовому докобудуванні найбільш широко застосовують металеві доки. Високі механічні властивості сталі дозволяють будувати доки для суден будь-яких розмірів. При цьому досягається мінімальна маса доку на 1 т його вантажопідйомності (0,6...1,0 т). З'єднання сталевих конструкцій на сучасних доках зварні, які при ремонті конструкцій легко замінити, забезпечуючи необхідну міцність і водонепроникність.

У зв'язку з використанням більше дешевих матеріалів та впровадженням нових технологій побудови, плавучі доки почали будувати з залізобетону. Рядом Класифікаційних Товариств створені спеціальні «Правила» [4] по проектуванню і побудові плавучих споруд із застосуванням залізобетону. Залізобетонні доки відрізняються високою міцністю, довговічністю, порівняно простою технологією побудови [5].

Композитні доки будують із урахуванням забезпечення тривалої експлуатації підводної частини без ремонту. Сучасні композитні плавучі доки будують із залізобетонним монолітним понтоном і сталевими баштами – це найпоширеніший тип доків [6]. Однопонтонна (нерозривна) схема забезпечує більш раціональне використання матеріалу, тому що при загальному вигині навантаження сприймають не тільки башти, але й понтон [7].

Класифікація доків по автономності

Доки можуть бути автономними й неавтономними. В автономному доку є всі установки, що забезпечують електроенергією, стисненим повітрям, парою й водою як власні потреби, так і потреби судноремонту й судна, що знаходиться в доку.

Неавтономні доки одержують енергію, пар, воду, стиснене повітря від берегових установок або інших джерел. Іноді на таких доках передбачають невеликі електростанції (на випадок аварійного відключення берегового джерела).

До неавтономних доків відносяться доки-матки й більшість плавучих доків вантажопідйомністю до 1000 т. Їх позитивна якість: менша вартість

побудови й більш низькі експлуатаційні витрати внаслідок малої насиченості механізмами, а отже, менша кількість персоналу, який обслуговує.

Світовий досвід будівництва плавучих доків

Останніми роками у зв'язку із зростанням розмірів морських суден плавучі доки великої вантажопідйомності знаходять все більше застосування в зарубіжній суднобудівній і судноремонтній промисловості. Вони можуть бути використані не тільки для проведення традиційного докового ремонту, але і як спускові і передавальні засоби при будівництві або ремонті суден на горизонтальних будівельних місцях.

У зарубіжній практиці для ремонту суден широке застосування знаходять плавучі доки Ц-образної конструкції. В основному, за кордоном будують суцільнометалеві доки. Термін служби сучасних суцільнометалевих доків за наявності антикорозійних покриттів на внутрішніх і зовнішніх металевих поверхнях, а також катодного захисту може досягати 40...50 років.

У розвинених країнах ведеться інтенсивне побудова спускопідйомних засобів, не дивлячись на те, що їх сумарна пропускна спроможність перевищує потреби флоту [1].

Світовий досвід будівництва середніх і крупних плавучих доків

За останні 15...20 років у Німеччині, США, Греції, Нідерландах, Швеції та інших країнах побудовано більше 40 середніх і крупних плавучих доків. Матеріал корпусу доків – сталь. Переважна більшість побудованих плавучих доків мають довжину 150...230 м, ширину стапель-палуби – 21...38 м і велику автономність. Декілька доків мають менші розміри і підйомну силу, а 5...6 доків – великі. Більшість доків – монолітні (за винятком найбільших і деяких для тропічних районів). У табл. 1.1 [1] наведені основні характеристики ряду зарубіжних плавучих доків великої підйомної сили.

Одним з найбільших плавучих доків є плавучий док Laffan підйомною силою 120000 тон компанії N-KOM побудований в Hyundai Samho Heavy Industries в Південній Кореї.

Таблиця 1.1 – Основні характеристики плавучих доків великої підйомної сили

Найменування компанії – власника доку	Максимальна довжина понтона, м	Розміри поперечного перетину понтона, м	Відстань між баштами, м	Підйомна сила, т	Примітка
Sun Shipbuilding & Dry Dock (США)	238,4	52,1 x 4,9	42,7	44000	Односекційний сталевий
Blohm und Voss (Німеччина)	330	–	63,6	50000	–
Götaverken (Швеція)	270,0	–	55,0	55000	Залізобетонний
Litton Industries (США)	292,6	64,6 x 7,3	54,9	57000	Із сталевую зйомною баштою
Bethlehem Steel Co. (США)	243,8	56,7 x 6,1	45,7	60000	Односекційний сталевий
Sun Shipbuilding & Dry Dock Co. (США)	213,4	69,8 x 6,4	60,0	70000	Двухсекційний сталевий
Avondale Shipyards Inc. (США)	274,3	79,2 x 9,8	67,1	81000	Односекційний сталевий із зйомною баштою
Cantieri Navali Riuniti (Італія)	304,8	80,8 x 12,2	65,5	100000	Залізобетонний
Nakilat-keppel Offshore & Marine Ltd. (Катар)	405	–	66	12000	–

Найбільші доки довжиною понад 300 і шириною до 60 м побудовані і будуються в Японії. Головним стимулом побудови подібних великих доків є

супертанкери, довжиною більше 300 м, дедвейтом понад 75 ... 100 тис. т і сучасні контейнеровози, довжина яких досягає 400 м, що перевозять значну кількість контейнерів.

Інтенсивна побудова спускопідйомних засобів ведеться також і в нових районах з потужними вантажопотоками (наприклад, в районі Середземного моря – Іспанія, Греція, ОАР). Ряд суцільнометалевих доків побудовані і будуються в Англії, Японії, Італії, Франції, США, Греції, Бельгії, Португалії та інших країнах.

Для збільшення пропускної здатності доки іноді будують складеними з декількох частин-секцій (рис. 1.1 а). Експлуатація кожної секції окремо збільшує пропускну здатність доку. Судна довжиною $\frac{2}{3}$ і $\frac{4}{5}$ довжини доку поміщають тільки по одному в секцію (рис. 1.1 б). Роз'єднуючи секції та діючи ними одночасно, докують судна, які значно перевищують розміри доку (рис. 1.1 в). Саме такий док належить компанії Sun Shipbuilding & Dry Dock Co [1].

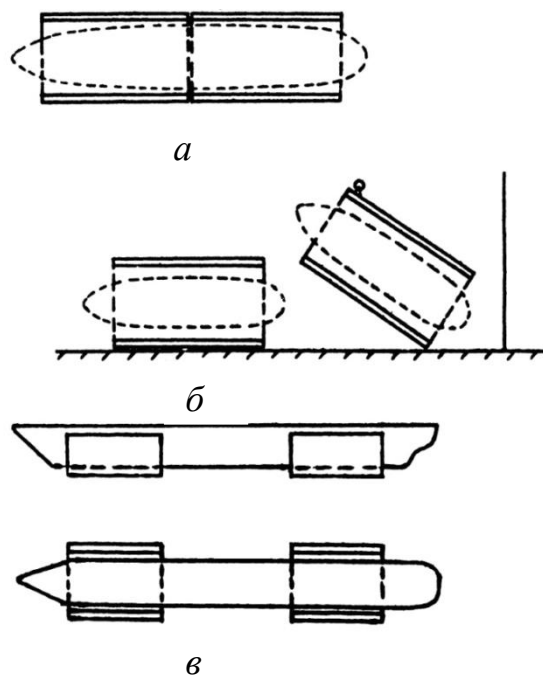


Рисунок 1.1 – Способи збільшення пропускної спроможності доку [1]:

а – докування одного судна максимально допустимої довжини 305 м;

б – докування в окремих частинах доку двох суден довжиною 316 м;

в – докування крупного судна секціями доку.

Слід зазначити, що у наш час фахівці серйозно вивчають і технічно опрацьовують наявність наступних серйозних технічних труднощів при створенні плавучих доків великої підйомної сили [8–10]:

- значна висота споруди;
- необхідність забезпечення інтенсивної вентиляції з метою запобігання небезпеці вибуху парів розчинників фарб і пов'язані з цим питання надійності роботи забезпечуючих механізмів і їх енергопостачання;
- необхідність забезпечення позитивних температур з метою застосування прогресивніших технологічних процесів при виконанні робіт.

Для побудови залізобетонного понтона підібраний склад бетонної суміші з застосуванням наявних матеріалів повинен забезпечити одержання суднобудівного бетону проектної міцності, необхідної водонепроникності і морозостійкості, а також забезпечити одержання бетонної суміші необхідної рухливості для укладання в тонкостінні і густоармовані конструкції корпусу залізобетонного судна [11–13].

Товщини корпусу залізобетонного судна є достатньо малими (місцями до 4...8 см). З метою забезпечення загальної і місцевої міцності корпусу відсоток насичення сталевую арматурою є достатньо великим (250...600 кг/м³). Використовуються жирні склади бетонів (витратою цементу 450...800 кг/м³), рухливістю 2...18 см із дрібним заповнювачем і малими значеннями водоцементного відношенні 0,32...0,45 [14–16]. Суднобудівний бетон повинен мати достатню корозійну стійкість і щільність. Він повинен надійно захищати арматуру від корозії при товщинах захисного шару 0,5 см для внутрішніх сухих і поверхонь, що періодично звожуються, і 1,0...1,15 см для зовнішніх поверхонь корпусу залізобетонного судна [17–19].

У свіжоприготованій бетонній суміші одночасно відбуваються хімічні і фізичні процеси, які пов'язані з гідратацією цементних зерен, водовідділенням, ущільненням і розшаруванням суміші [20–22]. Однак, виходячи з приросту міцності бетону з добавкою, представляється можливим скоротити час теплової обробки бетону або витрати цементу [23–25]. Консистенція бетонної суміші

повинна забезпечувати надійність транспортування і можливість укладання її в опалубку підводної конструкції. Тому консистенцію слід призначати з урахуванням умов бетонування і форми конструкції [26–27].

Пластифікатори є найбільш затребуваними добавками для поліпшення якісних властивостей бетону. В роботі [28] розглянуто питання застосування різних активованих і пластифікуючих добавок в бетонній суміші. Основним недоліком пластифікаторів є збільшення часу застигання бетонної суміші [29], що позначається на термінах, а в подальшому, і вартості будівництва. У сучасному будівництві реалізація складних проектів вимагає розробки ефективних і якісних бетонів, які не можуть бути вирішені без застосування в технології бетону пластифікуючих добавок [30].

Пластифікуючі добавки відрізняються високою ефективністю і відсутністю негативного впливу на бетон і арматуру. Найбільший інтерес представляють пластифікуючі добавки з сімейства супер- і гіперпластифікаторів [31–33]. Відомо [34–36], що добавки-пластифікатори, які дозволяють знизити водопотребу бетонної суміші при робочих концентраціях, що відповідають максимальній функціональній дії (пластифікуванню і водоредуціюванню). Добавки-пластифікатори надають досить тривалу блокуючу дію на кінетику твердіння більшості цементів і набору міцності бетонів.

Як відмічено в низці досліджень [37–39], армування бетонів фіброволокнами призводить до значного підвищення міцності бетону на стискання (120–170 МПа), що в 3–4 рази перевищує показники для поширених у суднобудуванні України важких бетонів Б30-Б50. Крім того, з підвищенням міцності збільшується модуль пружності бетону, що покращує його роботу у зв'язці із сталевією арматурою [40–42]. Для покращення якісних характеристик бетонної суміші та впливу на процеси схоплювання і твердіння необхідно застосовування домішок. У дослідженнях [43–45] відзначається позитивний вплив армуючих домішок на водопоглинання і підвищену стійкість отриманих бетонів з огляду на кількість циклів заморожування. Також в такому бетоні

значно зменшене тріщиноутворення [46–48]. При проведенні порівняльного аналізу використання пластифікаторів на основі ефірів полікарбоксилатів різних виробників, одним з параметрів виступала міцність на стискання, яка для бетонів з однаковою витратою цементу у розчині без добавок склала 24,5 МПа, а з добавками 42,9–43,8 МПа, що демонструє зміцнення майже вдвічі [49]. До того ж, такі бетони відрізняються зменшеним водопоглинанням. Конструкції з бетону піддаються навантаженням, які заподіюють деформацію. По досягненню певного ступеня деформації, бетон починає руйнуватися. Для забезпечення захисту бетонних плит від можливої деформації необхідно застосування арматури в конструкціях з бетону.

Стан будівництва композитних плавучих споруд в Україні

Розвиток вітчизняного залізобетонного суднобудування обумовлений наступними перевагами залізобетонних плавучих споруд в порівнянні з металевими:

1. Економія металу за рахунок використання бетону і раціональнішого розміщення сталі в конструкції корпусу: на споруду залізобетонного корпусу потрібно в 1,5...3 рази менше металу, ніж для аналогічного сталевого. Для залізобетонних корпусів потрібна менш дорога сталь в порівнянні з листовим і профільним прокатом для сталевих корпусу [50–52].
2. Витрати на вміст корпусу зменшуються в 6...8 разів. Суднобудівельний бетон з часом не руйнується під впливом корозії як сталь і не знижує своєї міцності .
3. Велика довговічність корпусу. Унаслідок вказаних вище особливостей залізобетонні плавучі споруди при нормальній експлуатації можуть служити до 70...80 років, що в 1,5...2 рази більше, ніж сталеві [53].
4. Простота ремонту пошкодженого корпусу, який в більшості випадків здійснюється силами команди, без виведення споруди з експлуатації, що не завжди можливо при ремонті сталевих.
5. Значне зниження вартості будівництва, при менших капітальних вкладеннях на організацію виробництва

В той же час залізобетонні плавучі споруди в порівнянні з металевими мають ряд недоліків:

1. Більша вага корпусу (у 1,5...2 рази), внаслідок чого плавучі споруди мають велику осадку.
2. Знижена опірність тонкостінних залізобетонних конструкцій динамічним, особливо зосередженим навантаженням. Ці навантаження можуть викликати утворення тріщин, місцеві руйнування, наскрізні пробоїни, що порушують водонепроникність корпусу.
3. Вищі вимоги до забезпечення непотоплюваності у зв'язку з тим, що міцність зовнішньої обшивки корпусу нижча, ніж у сталевих [54–56].
4. Залежність будівництва від кліматичних умов. При негативній температурі ускладнюється, а іноді виявляється взагалі неможливим виконання бетонних робіт.

Плавучі доки використовуються не тільки для проведення традиційного ремонту суден, але і як транспортні споруди, спускового і передавального засобу при будівництві або ремонті суден на горизонтальних будівельних місцях. У плавучих доках можлива постановка суден із звисаючими краями, вони можуть бути порівняно легко подовжені, а також мобільно використані при необхідності переміщення в будь-яке відповідне для експлуатації місце [60, 61].

Порівняльний аналіз металевих і аналогічних залізобетонних річкових плавучих споруд показав наступні відповідні показники залізобетонних споруд (показники сталевих річкових плавучих споруд прийняті за 100%), %: вага всієї плавучої споруди 170...250, вага корпусу 280...350, витрати сталі на корпус 30...40, трудомісткість побудови всієї плавучої споруди 110...125, трудомісткість побудови корпусу 140...160, вартість всієї плавучої споруди 75...90, вартість корпусу 60...75, витрати на амортизацію 45...60, витрати на поточний ремонт 6...9 [57-59].

У табл. 1.2 наведені основні характеристики доків побудованих на ХДЗ «Палада».

Таблиця 1.2 – Основні характеристики доків побудованих на ХДЗ «Палада»

Найменування характеристик	Композитний док проекту 1760	Композитний док проекту 1777 (док-елінг)	Композитний док проекту 19371 («Торос»)	Композитний док проекту 19540
Підйомна сила, т	8500	9100	13500	17000
Довжина, м	139,5	145,5	144,0	180,0
Ширина, м	32,4	32,4	50,0	44,0
Висота доку, м	14,8	19,9	26,85	18,0
Висота понтона, м	4,8	7,5	7,5	6,0
Ширина топ-палуби, м	3,4	5,47	5,5	4,5

Проведені дослідження показали, що композитні доки економічніші суцільнометалевих:

- вартість 1 т підйомної сили композитного доку нижча, ніж у металевого;
- вага металу, необхідного для будівництва композитного плавучого доку, в 2...2,5 рази менше, ніж для суцільнометалевого корпусу подібного доку;
- вартість будівництва композитних доків на 15...20% нижча, ніж аналогічних суцільнометалевих;
- залізобетонні плавучі споруди практично не піддаються корозії в морській воді, що істотно знижує витрати на їх утримання і ремонт;
- застосування залізобетонних понтонів дає змогу виключити виведення доку з експлуатації для ремонту корпусу.
- експлуатаційні витрати композитного доку менше металевого приблизно на 70%, тому що ремонт залізобетонних споруд простий і, як правило, проводиться силами команди [62-64].

Вітчизняне будівництво плавучих доків здійснювалося по наступних напрямках:

- будівництво серійних залізобетонних плавучих доків підйомною силою 4000 і 6000 т для морських транспортних суден;
- будівництво серійних малих сталевих плавучих доків підйомною силою 400, 600 і 2500 т для промислових суден;
- будівництво доків-маток з док-понтонами;
- будівництво доків-елінгів або доків-підйомників з береговими горизонтальними будівельними місцями для суден з доковою вагою 5000...6000 т і більш.;
- будівництво сталевих плавучих доків підйомною силою 4500...5000 т і більш.

У свій час набули поширення передавальні доки, які служили для спуску суден з горизонтальних стапелів. Ці доки знайшли застосування як в судноремонті, так і в суднобудуванні для підйому суден і їх спуску з горизонтальних берегових будівельних місць. Передавальні доки мають вельми обмежене устаткування, яке служить тільки для забезпечення занурення і спливання доку [65-67].

Останніми роками країни Персидської затоки виявляють велику зацікавленість в композитних плавучих доках різної вантажопідйомності завдяки інтенсивному розвитку судноремонту в даному регіоні. У зв'язку з необхідністю оновлення своїх застарілих виробничих потужностей активний інтерес до продукції ХДЗ «Палада» проявляють країни Балтії і Єгипет. У зв'язку з потребами ринку завод приступив до будівництва композитних плавучих доків нового покоління, які забезпечують докування і ремонт суден типу «Панамакс» з $B_{\max} = 32,2$ м. Вивчається можливість будівництва композитних доків для суден типу «Афромакс» з $B_{\max} \sim 50$ м.

Для забезпечення потреб суднобудування і судноремонту відповідні заводи різних країн вимушені будувати плавучі доки на власних стапельних місцях в непристосованих для цих цілей умовах. Конструкція корпусу

плавучого доку істотно відрізняється від конструкції корпусу сучасного судна. Будь-який плавучий док значно ширший за судно, яке розміщується усередині нього, має плоске днище і низький понтон [68-70]. Для нормального будівництва плавучого доку потрібні спеціальні стапеля, док-камери або сухі доки. Технологія і організація будівництва плавучого доку значно відрізняється від технології будівництва судна. Плавучі доки на підприємствах будуються нерегулярно. Тому економічні показники їх будівництва на неспеціалізованих підприємствах гірші, ніж показники будівництва судна. Спеціалізовані заводи по будівництву доків були тільки в Україні (м. Херсон), в Росії (м. Городець) і в Литві (м. Клайпеда).

У світовій практиці докобудування склалася певна стала ціна плавучого доку, яка визначається залежно від його підйомної сили. Тому, якщо розробити економічно вигідний спосіб будівництва плавучого доку і раціоналізувати його конструкцію, організацію виробництва і технологію, можна значно понизити ціну цієї продукції на ринку і збільшити власний прибуток за рахунок зниження собівартості при збереженні постійної ціни [71-73]. Застосування плавучих доків впливає на якість судноремонту, його собівартість і терміни.

При створенні нового плавучого доку необхідно вирішити два завдання.

Вирішення першого завдання повинне бути направлене на максимальне задоволення інтересів Покупця, тобто зниження ціни доку. При цьому повинні бути покращані його організаційні, виробничі, технологічні і енергетичні показники. Плавучий док повинен забезпечувати підйом з води і зручне розміщення на своїй стапель-палубі всієї номенклатури суден, які по своїх вагових характеристиках відповідають показнику його підйомної сили [74-76]. Конструкція доку повинна бути раціональною, дозволяти виконання докових операцій при використанні мінімальної кількості водяного баласту, оскільки відкатка зайвого баласту приводить до додаткових енергетичних витрат, вимагає потужнішого устаткування і більшого часу на виконання операції занурення-спливання. Підготовка доку до прийому судна (установка і підгонка кильблоків, занурення доку на граничну осадку, заведення судна, спливання

доку) є необхідним технологічним процесом, без якого неможливо обійтися. Ця робота входить в загальний цикл ремонту судна, але є його витратною частиною. Скорочення цього циклу і його енергоємності дозволить прискорити процес ремонту судна і скоротити час чергової докової операції, а, отже, збільшити пропускну спроможність доку і понизити собівартість ремонтних робіт, що принесе додатковий прибуток власникові доку.

Зменшення глибини занурення доку при збереженні можливості докування всієї номенклатури суден дозволить Покупцеві нести менші витрати на організацію робіт (зменшити глибину ями, понизити витрати на розкріплювання доку та ін.), а, отже, понизити собівартість судноремонту, оскільки капітальні витрати значною частиною входять до складу ціни судноремонту і впливають на термін окупності доку.

Зменшення витрат на виведення доку з експлуатації для огляду і ремонту може також зробити його економічнішим в експлуатації, більш прибутковим, отже, престижнішим і привабливішим на ринку. Кількісне зменшення чисельності команди плавучого доку і зменшення споживання енергетичних ресурсів також позначаються на його економічних показниках [77, 78].

Вирішення другого завдання повинне бути направлене на отримання максимального економічного ефекту від будівництва плавучого доку для заводу-будівельника. Цього можна досягти шляхом застосування прогресивної організації виробництва і технології, використання технологічних матеріалів, зменшенням матеріаломісткості і трудомісткості виготовлення конструкцій, раціональним розташуванням функціональних приміщень, застосуванням ефективного устаткування, зменшенням кількості опалювальних та ізольованих приміщень, які зашиваються, при поліпшенні експлуатаційних характеристик доку.

Відомо, що в світовій практиці суднобудівні заводи будують тільки металеві доки. Враховуючи, що метал кородує в солоній морській воді, для забезпечення повного терміну служби доку до розрахункової товщини елементів його корпусу (зовнішня обшивка, внутрішні в'язі в понтонах, де

приймається водяний баласт) додається додаткова товщина металу на корозійне руйнування протягом всього терміну експлуатації. Таким чином, розрахункова товщина металу корпусу збільшується на 30...50%. Так, при необхідності застосування обшивки палуби завтовшки 6 мм її товщину збільшують до 8 мм, а бортів і днища – до 12 мм. Це приводить до підвищеної витрати металу і трудомісткості виготовлення металевих корпусу приблизно на 40-50% [1]. Для захисту від корозії металевий корпус плавучого доку покривають антикорозійною фарбою. Для виконання цієї роботи на підводній частині сталеві доки необхідно докувати з певною регулярністю, оскільки покриття мають обмежений термін служби. Як вже згадувалося раніше, під час власного докування док не може використовуватися для ремонту суден.

З метою усунення негативних особливостей сталевих доків для виготовлення корпусу його понтона був застосований залізобетон. Перевага залізобетону полягає в тому, що бетон сам добре працює на стиснення, а робота на розтягування забезпечується арматурною сталлю, яка захищена від дії агресивної морської води бетоном. В цьому випадку витрачається значно менше сталі, чим на сталевий корпус, оскільки виключається збільшення товщини конструкцій на корозію. Арматурний прокат дешевше профільного і листового. Оскільки залізобетон не кородує у воді, корпус понтона не вимагає фарбування і докування, а металеві башти можна пофарбувати і відремонтувати без докування і виведень доку з експлуатації, паралельно з проведенням в ньому ремонту судна [79-81].

Враховуючи багатий досвід проектування, будівництва і продажу доків на світовому ринку і наведені вище міркування, на ХДЗ «Палада» було спроектовано і в подальшому здійснена побудова композитних доків підйомною силою 8500 т для суден середнього класу і підйомною силою 25000 т для великих суден. Для остаточного ухвалення такого рішення технічними службами заводу було проведено порівняння характеристик доків різної конструкції, але з однією і тією ж підйомною силою, однакової довжини, ширини і оснащених однаковим устаткуванням. Деякі порівняльні результати

наведені в табл. 1.3, в якій розглянуто чотири варіанти доку підйомною силою 8500 т:

перший варіант – композитний док, який мав раніше найбільший попит на світовому ринку; побудовано і реалізовано близько сорока таких доків;

другий варіант – док з повністю залізобетонним корпусом;

третій варіант – док з суцільнометалевим корпусом;

четвертий варіант – новий композитний док, розроблений і побудований по вітчизняній конструкції і технології.

З наведених в табл. 1.3 даних видно, що при близькій трудомісткості будівництва, самим найдорожчим в будівництві і самим витратним в експлуатації, є повністю сталевий док. Наведені в табл. 1.3. дані старого і нового композитного доків відрізняються тим, що новий проект доку є розробкою, в якій враховані тенденції зниження величини матеріаломісткості на одиницю підйомної сили.

У цьому проекті збережені всі виробничі і експлуатаційно-економічні рішення, а також вимоги до доку як до можливого об'єкту для докування глибоко занурених підводних човнів і забезпечення їх спеціальними видами енергії.

Таблиця 1.3 – Порівняльні характеристики доків підйомною силою 8500т

Найменування характеристик	Старий композитний док	Повністю з/б док	Повністю сталевий док	Новий композитний док
Підйомна сила, т	8500	8500	8500	8500
Довжина, м	139, 5	139, 5	139, 5	139, 5
Ширина, м	32, 4	32, 4	32, 4	32, 4
Висота понтона, м	4, 6	5, 2	3, 8	4, 6
Висота башти, м	10, 2	8, 2	8, 2	8, 2
Висота доку, м	14, 8	13, 4	12	12, 8

Продовження таблиці 1.3

Найменування характеристик	Старий композитний док	Повністю з/б док	Повністю сталевий док	Новий композитний док
Глибина занурення, м	13	12	11	11,8
Глибина ями занурення, м	14	13	12	12,8
Водотоннажність, т	9796	11053	9747	9253
Витрата металу на корпус, в т.ч. арматура понтона, т	2555	1760	3047	2115
Кількість водяного баласту, т	18963	12445	21206	18500
Кількість бетону, т	6541	8593	—	6438
Трудомісткість споруди, тис. н/год	798	763	724	720

Економічні показники доку нового проекту уточнювалися на основі комерційного аналізу характеристик цивільних суден заданої тоннажності і габаритів. Це привело до зменшення витрати сталі на побудову доку, зменшенню необхідної кількості водяного баласту і глибини занурення, а, отже, зменшенню експлуатаційних витрат, пов'язаних з риттям ями [82].

У дослідженні [83] обговорюється вплив розташування поперечної перегородки і ущільнювальної пластини в нижній частині сполучного мосту на міцність конструкції. В роботі [84] досліджено істотні особливості проектування та будівництва бетонних понтонів. В дослідженні [85] представлена нова конструкція плавучого понтона. Теоретичні розробки і тестові випробування при зіткненні показують, що плавучий понтон може знизити сили зіткнення більш ніж на 50% і зменшити площу пошкодження

судна і понтона більш ніж на 30%, за рахунок розсіювання енергії і принципу гнучкого захисту від зіткнень. В роботі [86] проведені чисельні і натурні випробування моделі для дослідження гідродинамічних характеристик пришвартованого понтона у воді з обмеженою глибиною. Показано, що числові результати у більшості випадків узгоджуються з модельними тестами.

Для мінімізації матеріальних і трудових ресурсів і тривалості будівництва різних плавучих споруд в докобудуванні необхідно раціоналізувати виробничий процес побудови конструкцій. У дослідженні [87] представлено модель складних виробничих процесів, яка дає змогу досягти доцільної технології виробництва. Представлена модель може бути застосована при оптимізації будь-якого складного виробничого процесу. У роботі [88] представлено математичну модель процесу планування обладнання суднового комплексу, який розробляється на верфі. Наведено якісний опис обмежень і цілей, що лежать в основі представленої математичної моделі планування розробки обладнання суднового комплексу.

Для будівництва сталевих доків потрібна найбільша кількість металопрокату, він має надмірний надводний борт, найбільшу кількість баласту, який необхідно приймати і відкачувати, його потрібно регулярно виводити з експлуатації для власного докування і ремонту.

Всіх цих недоліків позбавлений повністю залізобетонний док, але він має дуже велику вагу корпусу, що обумовлює необхідність мати вищий понтон, а з ним глибшу акваторію або котлован для занурення і великі енергетичні витрати для спливання. Є проблеми і з герметизацією функціональних приміщень доку під час експлуатації, тому що при роботі залізобетону на розтягання відбувається макроскопічне розкриття тріщин в бетонних конструкціях башт.

В порівнянні з повністю залізобетонним композитний док став легший, його понтон став нижчий, а підйомна сила при тих же розмірах збільшилася. На ХДЗ «Палада» по проектах ДП ЦКБ «Ізумруд» було побудовано 56 композитних доків підйомною силою від 6000 до 28000 т. Всі побудовані доки

знаходяться в експлуатації, причому деякі з них вже більше 50 років. На експорт було побудовано більше 30 композитних плавучих доків. Вони поставлені до Алжиру, Анголи, Болгарії, В'єтнаму, Єгипту, Йемену, Катару, Туреччини, Фінляндії, Південної Кореї, Японії. Решта доків експлуатується в європейських регіонах і в широкому діапазоні різних кліматичних умов. Доки морально не старіють, тому забезпечення їх роботи без виводу з експлуатації протягом всього тривалого терміну служби приносить велику економічну вигоду для власників.

На заводі будувалися доки різних призначень: ремонтні, передавальні, транспортні, доки-елінги з мікрокліматом і доки-бази. Побудовані доки міцні, надійні, прості в експлуатації і обладнані всіма необхідними засобами для забезпечення суден, які докуються, різними енергоносіями (електроенергія, пар, стисле повітря, вода, пожежна система та ін.), технологічним і крановим устаткуванням для судноремонту в об'ємі від профілактичного до капітального.

Всі доки проектуються і будуються на ХДЗ «Палада» за Правилами [4] і при спостереженні представника American bureau of shipping. Міцність доків і їх морехідні якості дають змогу здійснювати буксирування доків по морях і океанах від місця будівництва до місця експлуатації.

Побудовані на ХДЗ «Палада» доки мають великий попит на світовому ринку, постійно конструктивно і екологічно поліпшуються. Над проблемами вдосконалення залізобетонних конструкцій, технології і організації виробництва композитних доків і інших плавучих споруд, забезпечення їх конкурентоспроможності на світовому ринку, окрім ХДЗ «Палада» і ЦКБ «Ізумруд», постійно працювали українські підприємства – Український науково-дослідний інститут технології суднобудування (УкрНДІТС, м. Миколаїв) і Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (НУК, м. Миколаїв).

Проведений аналіз характеристик діючих доків, здатних обслуговувати і ремонтувати середні судна (з доковою масою до 8500 т), показав, що їх глибина занурення завищена. Це пояснюється тим, що для створення доків

використовувався не вказаний аналіз, а характеристики заданого судна, що приймається в док. Збільшення глибини занурення доку приводило до збільшення висоти його башт, а, отже, і до збільшення товщини всіх елементів корпусу через необхідність сприймати великі навантаження. Виключення з класу середніх суден одиничних нестандартних дає змогу значно поліпшити економічні показники плавучого доку, як при будівництві, так і при його експлуатації, оскільки зменшується висота башт, понтона, товщина вживаних конструкцій, кількість необхідного водяного баласту, необхідна глибина акваторії – ями, полегшується система розкріплювання доку. Все це знижує собівартість доку, його продажну ціну і витрати Покупця на розкріплювання і експлуатацію. Док стає привабливим на ринку і приносить заводу-будівельникові і Покупцеві додатковий прибуток.

Оптимальною виявилася композитна конструкція доку, яка об'єднує переваги сталевого і залізобетонного корпусів при виключенні їх недоліків. Понтон доку виготовляється із залізобетону, який не схильний до корозії. Підводна частина доку, що постійно знаходиться в морській воді, за весь термін його експлуатації не руйнується, не вимагає докування, ремонту і фарбування. На виготовлення підводної частини корпусу, яка по вазі складає половину ваги конструкцій корпусу, використовується рівно стільки металу, скільки необхідно для забезпечення міцності без яких-небудь запасів на корозію. При цьому не погіршуються експлуатаційні характеристики понтона і самого доку через те, що додаткову вагу корпусу зменшує кількість необхідного баласту за рахунок ліквідації зайвого поздовжнього борту.

Башти доку виготовляються з металу. Це знижує загальну вагу доку, зменшує необхідну висоту понтона до оптимального розміру, скорочує енергетичні витрати і усуває вищезгадані недоліки залізобетонних башт. Металевий корпус башт доку практично постійно знаходиться над водою і тому може бути пофарбований і відремонтований без виведення доку з експлуатації. Цей ремонт може бути об'єднаний з виконанням доком експлуатаційних робіт по прямому призначенню.

Для удосконалення конструкції композитного доку необхідно зменшити металоємність залізобетонного понтона, за допомогою розробки конструкції понтона в якій поперечні перегородки між внутрішніми бортами встановлюються на вдвічі більшій відстані ніж за традиційною схемою.

1.2 Задачі, що виникають при конструюванні та розробці технологічних процесів побудови композитних доків

Основними задачами в дослідженні процесів конструювання та побудови залізобетонного понтона композитних доків є визначення методів раціоналізації конструкцій та технологій побудови композитних доків.

Для вирішення цих задач необхідно розробити удосконалені конструктивно-технологічні схеми залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору на основі міцності плит, удосконалити технології побудови композитних плавучих доків.

Вирішення цих задач у повному обсязі утруднено у зв'язку зі складністю процесів конструювання та побудови композитних доків.

У зв'язку з цим для дослідження процесів конструювання та побудови композитних доків, які виходять з практичних вимог працюючого виробництва, можливо навести такі напрямки досліджень:

1. Зниження матеріалоємності залізобетонних конструкцій понтона шляхом обґрунтованого зменшення кількості перегородок за умови забезпечення міцності.
2. Використання більш уточненої розрахункової схеми, що враховує роботу арматури конструкцій в обох напрямках при розрахунках міцності залізобетонних конструкцій стапель-палуби і днища понтона.
3. Дослідження розподілу стиснутих та розтягнутих зон при різних значеннях товщини і відносин довжин сторін залізобетонної плити понтона композитного доку на основі числового моделювання для розробки рекомендацій щодо вибору розмірів плит залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору за умови міцності.

4. Розробка принципів вказівок для системного удосконалення виробничого процесу побудови плавучого доку, до яких повинні входити:

- технологічний аналіз виробничих умов побудови плавучого доку,
- оцінка технологічності форми корпусу, деталей та секцій,
- розробка технологічної концепції, до якої базовими елементами входять принципова технологія побудови корпусу плавучого доку та робоча технологія виготовлення залізобетонної секції.

5. Удосконалення технологічних вказівок щодо застосування припусків, розробку принципів вказівок з технології виготовлення деталей, вузлів і секцій корпусу доку.

6. Розробка принципової технології побудови корпусу плавучого доку, яка включає: розбивку корпусу плавучого доку на секції, прийняття раціональної технології й організації будівництва плавучого доку, врахування виробничих умов верфі, розробку тех.

7. Удосконалення робочої технології виготовлення залізобетонного понтона за основними положеннями з технології побудови композитного плавучого доку та інструкції з виготовленню залізобетонних секцій композитних плавучих доків і враховує використання удосконалених напрямків розвитку докобудівного підприємства.

1.3 Обґрунтування напрямку та постановка задачі дисертаційного дослідження

Проведений аналіз світового і вітчизняного досвіду будівництва плавучих доків, а також вивчення літературних джерел показали, що в зв'язку з ростом дедвейту і розміром морських суден у закордонному судноремонті все більше застосування знаходять плавучі доки великої підйомної сили.

За техніко-експлуатаційними та економічними характеристиками композитні плавучі доки перевершують суцільнометалеві, які широко застосовуються за кордоном. Однак для створення і будівництва конкурентоспроможних на світовому ринку вітчизняних композитних доків

великої підйомної сили і безпечного їх транспортування до місця базування необхідно вирішити ряд нагальних складних науково-технічних завдань, які пов'язані з удосконаленням конструкції та технології побудови композитних доків, і застосуванням технологічних і довговічних матеріалів.

Все це дозволило сформулювати мету і завдання наступного дослідження.

Мета дисертаційної роботи полягає в удосконаленні конструкції та технології побудови залізобетонного понтона композитних плавучих доків.

Для досягнення зазначеної мети дослідження необхідно вирішити наступні завдання:

- 1) визначити вимоги, що пред'являються до корпусу доку і окремих його конструкцій на основі вимог Регістру та аналізу ряду існуючих вітчизняних та закордонних конструкцій плавучих доків, та розробити удосконалену конструкцію і технологію побудови залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору, яка дає змогу знизити матеріалоємність побудови доку;
- 2) провести розрахунок міцності удосконаленої конструкції залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору з урахуванням роботи арматури у взаємно перпендикулярних напрямках;
- 3) визначити раціональні розміри плит понтона зі зменшеною кількістю набору для зменшення матеріалоємності конструкції;
- 4) розробити робочі конструктивні схеми та технологію виготовлення залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору для впровадження результатів проведених досліджень у виробництво;
- 5) впровадити результати дисертаційного дослідження у виробництво та навчальний процес.

Тема дисертації повинна включати в себе наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного потенціалу України. Обрана тема повинна бути актуальною, економічно ефективною, науково значущою, вирішувати нову науково-прикладну задачу, відповідати профілю наукового колективу, бути здійсненою [89, 90].

Плавучі доки є найбільш використовуваними засобами для підйому суден на ремонт. В конструкціях композитних плавучих доків, що використовуються на виробництві, поперечні перегородки між внутрішніми бортами встановлюються досить часто, тобто через 1,5 метри, а конструкція бетонної частини башт доку включає завищену кількість шпангоутів, флорів і бімсів. Також, традиційна технологія побудови композитних доків потребує більших витрат матеріалів та часу.

Обрана тема дисертаційного дослідження відповідає паспорту спеціальності 05.08.03 – Конструювання та будування суден. *Формула спеціальності*: Галузь науки і техніки, яка займається розробленням та вдосконаленням методів проектування, конструювання, будування суден, інших плавучих споруд, засобів океанотехніки, підводно-технічних систем і комплексів, підводних апаратів, суднових конструкцій, загальносуднових систем, суднових пристроїв та їх елементів, забезпеченням їх ефективності, надійності і безпеки на протязі усього життєвого періоду.

За напрямом:

3. Теорія і методи будівельної механіки судна, розрахунків та експериментальних досліджень міцності, стійкості, вібрації і надійності корпусних конструкцій та елементів суден, морських, річкових плавучих споруд, засобів океанотехніки, підводно-технічних систем і комплексів, підводних апаратів, суднових пристроїв та загальносуднових систем.

11. Розроблення методів і технологій побудови плавучих композитних споруд.

Галузь науки, з якої присуджуються наукові ступені: технічні науки.

Розв'язок завдання удосконалення конструкції і технології побудови композитних плавучих доків доцільно проводити відповідно до загальноприйнятої методології наукових досліджень [91]. На рисунку 1.2 представлена структурно-логічна схема наукового дослідження [Складено автором].

1.4 Методи дослідження

Для виконання досліджень використовувались наступні методи:

- методи емпіричного дослідження: спостереження та порівняння;
- загальнологічні методи і прийоми дослідження: аналіз, дедукція;
- методи обчислювальної математики.

Методи емпіричного дослідження використовувались при порівнянні конструкцій композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні доку та традиційних конструкцій доку.

Комплексний аналіз використовувався при розробці схем конструкцій понтона зі зменшеною кількістю набору плавучого доку. Для вибору схем конструкції понтона залізобетонного доку використовувався метод аналізу ієрархій, який дав змогу вибрати найбільш прийнятні схеми розташування перегородок у понтоні зі зменшеною кількістю набору за наступними критеріями: стійкість, матеріалоємність, трудомісткість.

Міцність стапель-палуби і днища понтона доку зі зменшеною кількістю набору визначалась за допомогою моделювання конструкцій в програмному комплексі SolidWorks Simulation та розрахунку методом скінчених елементів.

Метод статистичного аналізу використовувався при статистичному аналізі конструкцій понтонів доків з метою вибору найбільш раціональної конструкції.

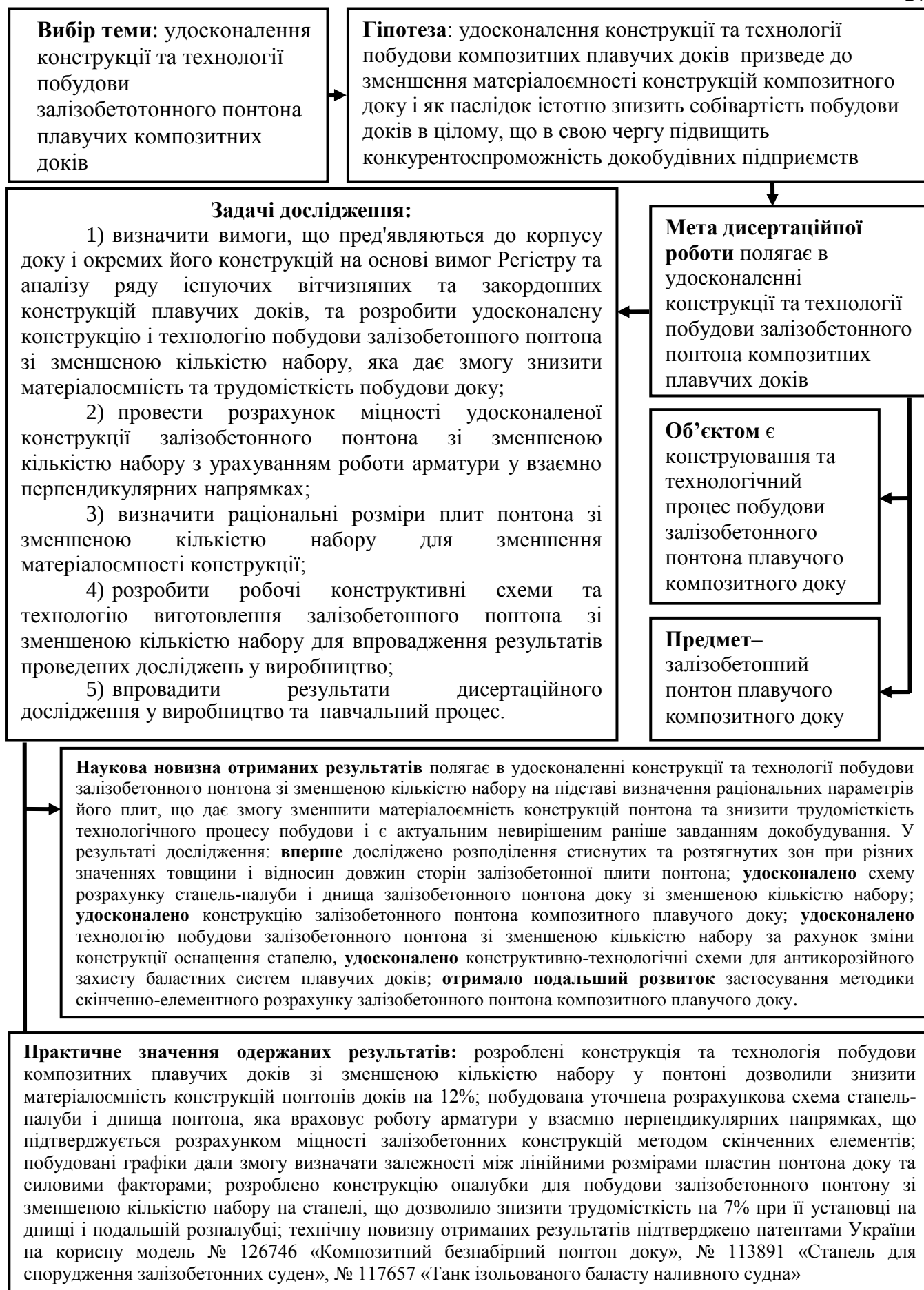


Рисунок 1.2– Структурно-логічна схема проведеного наукового дослідження

Висновки з розділу 1

1. На підставі огляду вітчизняної та закордонної технічної літератури проведено аналіз конструкцій та технології побудови понтонів композитних плавучих доків та методів їх вдосконалення.

2. Сформульовано мету, та основні завдання дослідження, які актуальні для докобудування.

3. Обґрунтовано вибір теми дисертаційного дослідження, основні методи та методики проведення дослідження.

Основні наукові результати опубліковані у працях автора [3, 8, 10].

РОЗДІЛ 2

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПОНТОНІВ ПЛАВУЧИХ КОМПОЗИТНИХ ДОКІВ

2.1 Визначення взаємозв'язку між основними вимогами до конструкцій композитного доку та їх раціоналізацією

При конструюванні корпусу доку в цілому і окремих його вузлів та деталей значні труднощі обумовлюються складними умовами роботи конструкцій і різноманіттям функцій, які виконуються окремими елементами корпусу. Бажання спроектувати конструкцію так, щоб кожен її елемент найкращим чином виконував своє функціональне призначення при експлуатації і був раціональним при будівництві і ремонті викликає необхідність узгодження суперечливих вимог з урахуванням економічних показників. Завданням конструктора є проектування такого корпусу, щоб він при найменших вартості споруди і масі в якомога більшій мірі задовольняв експлуатаційним вимогам та був досить надійним протягом всього встановленого для нього терміну служби при мінімальних обсягах періодичного ремонту і експлуатаційних витрат. Таким чином, мінімум витрат на будівництво та експлуатацію є основним узагальненим економічним показником, що об'єктивно враховує якість конструкції з позицій інтересів докобудівного підприємства.

Для вирішення комплексної проблеми проектування конструкцій корпусу доку необхідно мати певну систему критеріїв, що дозволяють виконувати порівняльну об'єктивну оцінку різних варіантів можливих рішень. Раніше доцільні конструкції вибирали виходячи з вимог, які містили певні рекомендації, отримані на підставі досвіду експлуатації раніше побудованих доків. Вважалося, що таке проектування забезпечувало отримання надійних в роботі конструкцій. В сучасних умовах виконання рекомендацій, що містяться в Правилах [4], виявляється недостатнім через швидку зміну кількісних і якісних характеристик доків, що будуються.

Однак розробити таку систему критеріїв непросто: необхідно враховувати велику кількість факторів, вплив яких не завжди може бути встановлено з достатньою достовірністю. Тому на даний момент можливе одночасне урахування тільки обмеженої кількості вимог. Деякі ж вимоги залишаються без уваги і приймаються за другорядні. В результаті такого спрощення спотворюється фізична суть питань, що розглядаються, достовірність отриманих результатів може виявитися недостатньою, а отримані таким шляхом наближені критерії можуть рекомендуватися тільки як деякі умовні вимірювачі.

Всі конструкції на доках повинні бути надійними, що призводить до необхідності створювати певний запас міцності і тим більший, чим більше може бути помилка при визначенні зовнішніх зусиль, що діють на корпус доку. Це робиться на випадок можливого перевищення діючих зусиль у порівнянні з допустимими з метою врахування впливу зменшення товщини в'язів від корозії і стирання, а також внаслідок наявності прихованих дефектів матеріалу і недоліків виготовлення конструкцій.

Ухвалення надлишкового запасу міцності з метою збільшення надійності конструкцій в експлуатації неминуче викличе збільшення маси конструкцій і вартості їх виготовлення. Тому визначення доцільного запасу міцності є відповідальною роботою, особливо якщо врахувати, що конструктор, приймаючи рішення, бере на себе відповідальність за життя членів екіпажу доку. Призначення запасу міцності має узгоджуватися з можливостями поліпшення технології виготовлення конструкцій.

Прагнення зменшити масу корпусу, тобто знизити витрати матеріалів і трудові витрати, а також збільшити корисну вантажопідйомність доку, завжди є важливим завданням конструктора, так як дає змогу отримати великий економічний ефект, однак раціональне проектування передбачає спільний розгляд питань мінімізації маси і вартості, а також ряду інших функціональних параметрів (рис. 2.1 [92]).

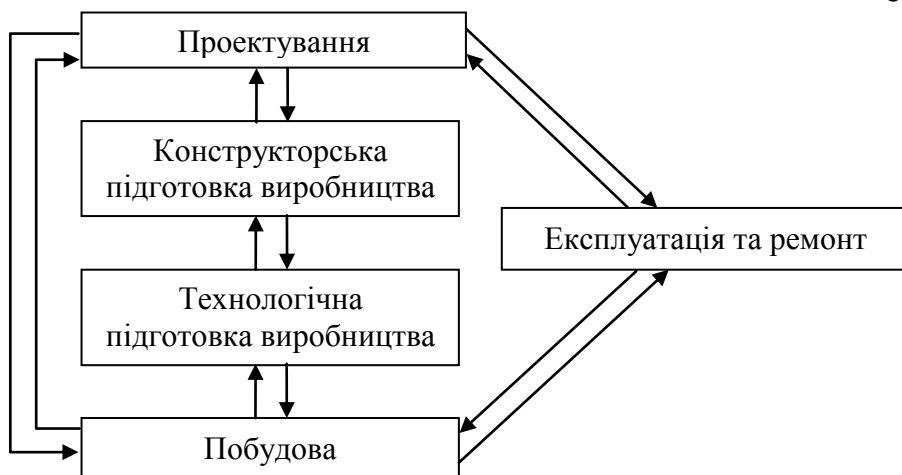


Рисунок 2.1 – Схема комплексного розгляду питань раціональності конструкції та технології

Раціоналізація проводиться за сумарними витратами, які включають витрати, пов'язані зі збільшенням маси конструкцій, і витрати, пов'язані зі зниженням ймовірності її руйнування. При цьому передбачається, що ймовірність руйнування залежить від якості матеріалу.

Збільшення границі плинності матеріалу, досягнення якого приймають за небезпечний стан, дає змогу зменшувати розрахункові розміри конструкцій. У конструкціях допускають напруження як деяку частину від границі плинності.

В останні роки з метою зменшення маси корпусу доку для виготовлення конструкцій широко використовують сучасні модифікації основних матеріалів – бетону і сталі, в результаті чого досягається суттєвий економічний ефект, незважаючи на більш високу їх вартість. При побудові конструкцій доку з використанням звичайної вуглецевої сталі частка металевих елементів в загальній масі побудованого доку помітно збільшується в міру зростання розмірів доків. З метою збереження цієї частки металевих елементів на колишньому рівні при збільшенні розмірів доків потрібно застосовувати армовану сталь підвищеної міцності і високоміцний бетон при побудові понтона, а при формуванні конструкції башт застосовувати сталь підвищеної міцності [93, 94].

Отже, входячи з наведеного аналізу, можна стверджувати, що зменшення маси корпусу, тобто зниження витрат матеріалів і трудових витрат за рахунок

застосування армованої сталі підвищеної міцності і високоміцного бетону при побудові понтона, а також застосування сталі підвищеної міцності при формуванні конструкції башт, збільшення корисної вантажопідйомності доку і мінімізація вартості є одними з основних факторів, що забезпечують надійність і оптимальність конструкцій доку.

При складному взаємозв'язку між сучасними вимогами, що пред'являються, до конструкцій мінімізація маси з технічної та економічної точок зору не завжди веде до раціонального рішення задачі. Прямий пропорційності між масою конструкцій, трудомісткістю виготовлення, експлуатаційною та техніко-економічною ефективністю не спостерігається [95, 96].

При розгляді надійності і довговічності конструкцій цілковито необхідно враховувати технологічні чинники, пов'язані з побудовою і ремонтом доків, під час яких в корпусних конструкціях виникають зварювальні напруги і деформації, створюється концентрація напружень в різних технологічних вирізах. Також в результаті помилок при складанні і під час виконання технологічних операцій отримуються дефектні сполуки, змінюються механічні якості і хімічний склад матеріалів, виникає об'ємний напружений стан і т. п.

Погоджування різноманітних і суперечливих вимог й отримання вдалого рішення є складним завданням, оскільки поки не існує взаємопов'язаних показників, які відповідають різним вимогам. Особливо це стосується конструювання і технології виготовлення конструкцій. З огляду на те, що в більшості практичних завдань, оцінювання рішень відбувається за кількома якісно різними критеріями (табл. 2.1), то гіпотетично одне з рішень може бути кращім за всіма критеріями, воно і буде найбільш раціональним.

У зв'язку з цим останнім часом особливого значення надають розробці галузевих стандартів з альбомами креслень для вибору форми і розмірів конструкцій, що виключають помилки конструкторів. При цьому необхідно прагнути, щоб уніфікація і стандартизація не перешкождали удосконаленню

конструкцій. Для цього необхідно регулярно переглядати вміст і рекомендації стандартів, з тим щоб враховувати нові дослідження в області конструювання.

Таблиця 2.1 – Взаємозв'язок між основними вимогами до конструкцій доку та їх раціоналізацією

Елементи раціоналізації конструкції	Основні вимоги, що пред'являються до конструкції								
	Скорочення номенклатури деталей	Типізація та збирання, автоматизація	Зменшення матеріалів і заготовок	Економія матеріалів	Скорочення трудомісткості виробів	Скорочення виробничого циклу	Скорочення витрат на підготовку виробництва	Зменшення робіт, що вимагають високої кваліфікації	Повне використання виробничих потужностей і зменшення транспортувань
Нормалізація, уніфікація, типізація	+	+	+	+	+	+	+	+	—
Відповідність матеріалу заготовок остаточній формі	—	+	+	+	+	+	—	—	+
Раціональність типорозмірів і конфігурації	+	+	—	+	+	+	+	+	+
Зручність обробки, складання, зварювання та обмірів	—	+	—	—	+	+	—	+	—
Врахування особливостей підприємств і врахування їх виробничих можливостей	—	+	—	—	+	+	—	—	+
Технологічність розмірів і допусків	—	+	—	—	+	+	+	+	+

Використання уніфікації та стандартизації завжди дає великий економічний ефект і забезпечує високу якість спроектованих конструкцій, особливо якщо при цьому враховані й технологічні питання.

Практика побудови та ремонту доків з використанням сучасних передових методів виробила деякі цілком певні вимоги (рис. 2.2) до докових

конструкцій, які все більшою мірою уніфікують і стандартизують з метою скорочення тривалості циклу робіт, підвищення якості та зниження вартості виготовлення [97]. Тому широкого поширення набуває типізація вузлів і деталей для доків різного призначення.

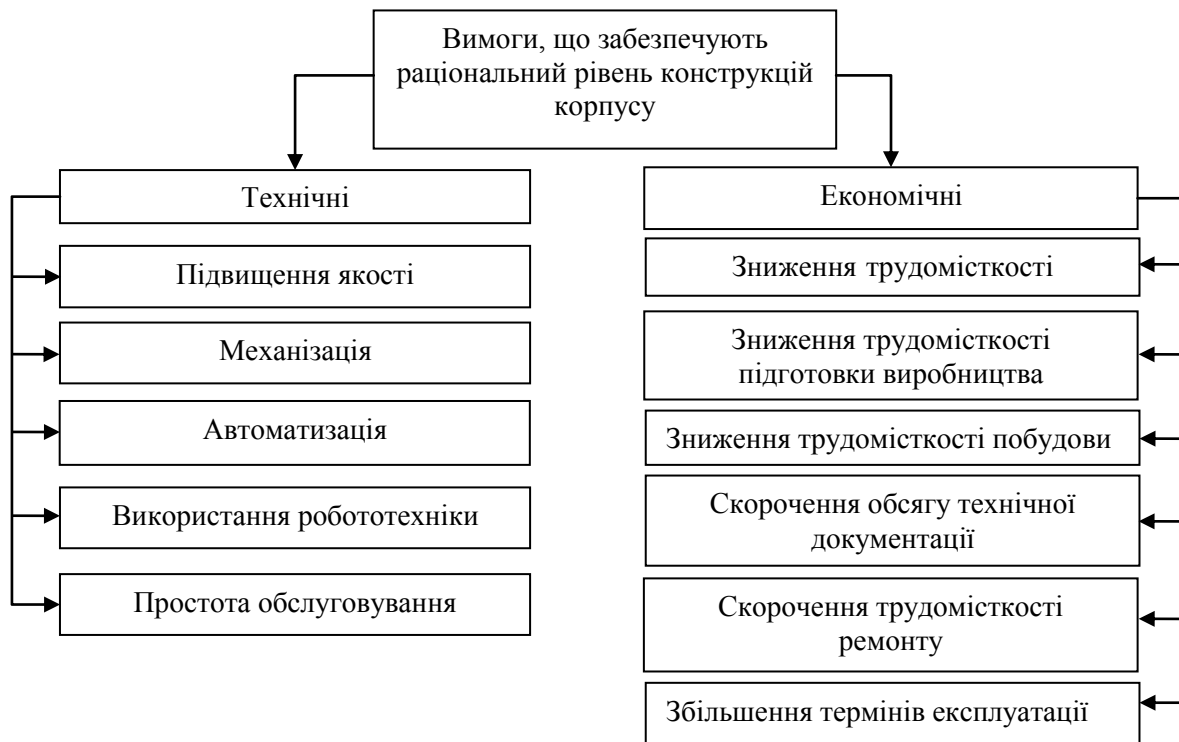


Рисунок 2.2 – Вимоги, що забезпечують раціональний рівень конструкцій корпусу

У зв'язку з цим останнім часом особливого значення надають розробці галузевих стандартів з альбомами креслень для вибору форми і розмірів конструкцій, що виключають помилки конструкторів. При цьому необхідно прагнути, щоб уніфікація і стандартизація не перешкоджали удосконаленню конструкцій. Для цього необхідно регулярно переглядати вміст і рекомендації стандартів, з тим щоб враховувати нові дослідження в області конструювання. Використання ж уніфікації та стандартизації завжди дає великий економічний ефект і забезпечує високу якість спроектованих конструкцій, особливо якщо при цьому враховані й технологічні питання [98-100].

Проектування нових конструкцій повинно супроводжуватися оцінкою окремих недоліків, які з'являються як результат прийняття компромісних

рішень. Однак, намагаючись знайти раціональне рішення, іноді доводиться повністю відволіктися від звичайних конструктивних прийомів і зробити спробу запропонувати абсолютно нові конструкції, так як на доках, побудованих в різний час, часто зустрічаються конструкції, форма і розміри яких були викликані причинами, які перестали існувати [101, 102]. Можна запропонувати наступний алгоритм оцінки конструкції та технології побудови композитних доків (рис. 2.3 [103]).



Рисунок 2.3 – Алгоритм оцінки показників ефективності конструкції та технології побудови композитних доків

Окремі конструкції, з'явилися випадково і не проявили себе в експлуатації негативно, іноді стають стандартними і рекомендуються вже за традицією. Деякі ж конструкції на однотипних доках, побудованих в різних країнах, за умовами роботи істотно, а іноді і принципово відрізняються одна від одної.

В даний час в результаті переходу до науково обґрунтованого проектування конструкцій з використанням системи критеріїв став можливим

контроль не тільки маси і міцності конструкцій, але цілого комплексу питань техніко-економічного характеру, надійності та зручності експлуатації.

Вибір раціональних конструкцій повинен ґрунтуватися на обов'язковому врахуванні складних взаємозалежностей економічного характеру для знаходження найбільш раціонального рішення. Ця робота представляє великі труднощі, і її слід виконувати одночасно з пошуком теоретичних і практичних рішень на основі врахування досвіду будівництва та експлуатації доків, а також результатів експериментів в найбільш важких умовах докування [104].

Підсумовуючи все вищевикладене, можна класифікувати основні вимоги, які надають можливість побудувати узагальнений критерій для вибору раціональних конструкцій доку [105, 106]:

- 1) конструкції доку повинні зберігати первісні якості протягом встановленого терміну експлуатації;
- 2) маса конструкції при достатньому запасі міцності і економічності при будівництві та експлуатації повинна бути мінімальною;
- 3) конструкції повинні бути доступні при ремонті і обслуговуванні під час експлуатації;
- 4) конструктивні рішення повинні відповідати чинним галузевим стандартам, враховувати вимоги «Правил» [4] і альбоми типових конструкцій і рекомендації по уніфікації;
- 5) якість робіт повинна забезпечувати достатню надійність конструкцій в екстремальних умовах експлуатації доку;
- 6) технологія виготовлення і ремонту конструкцій з метою зменшення їх вартості повинна забезпечувати наступне:
 - застосування максимально можливих розмірів блоків і секцій при повному насиченні їх на майданчиках попереднього складання;
 - використання найсучасніших прогресивних технологічних процесів;
 - можливість широкого застосування автоматичного зварювання та різання;
 - скорочення обсягу робіт з підготовки при складанні і зварюванні.

2.2 Вимоги Класифікаційних товариств до композитних плавучих доків

Відповідно до вимог Регістру будівництво і застосування композитних плавучих доків має проводитися, виходячи з умов техніко-економічної доцільності їх використання в конкретних умовах, з урахуванням максимального зниження матеріаломісткості, енергоємності, трудомісткості і вартості.

Правила [4] встановлюють основні вимоги до матеріалів, конструкції, міцності і технології побудови корпусу доку, що виготовляється із застосуванням залізобетону. В цьому випадку при проектуванні плавучих доків повинні прийматися конструктивні схеми, що забезпечують необхідну міцність, стійкість і просторову незмінюваність споруди в цілому, а також окремих конструкцій на всіх стадіях побудови і експлуатації.

Пристрої, обладнання і забезпечення, остійність, розподіл на відсіки, протипожежний захист, механічні установки, системи і трубопроводи, котли, теплообмінні апарати, електричне обладнання, рятувальні та сигнальні засоби, радіоустаткування, вантажопідйомні пристрої, повинні відповідати всім вимогам, що застосовуються до них, відповідно правил Регістру та інших нормативних документів.

При проектуванні плавучих доків Правила [4] рекомендують наступну послідовність:

- виконання конструктивного компонування понтона і башт;
- визначення розрахункових навантажень, що викликають місцеві та загальні деформації корпусних конструкцій;
- проектування конструкцій доку з умови забезпечення місцевої міцності і стійкості з урахуванням обмежень по мінімальній товщині;
- проектування конструкцій, що забезпечують загальну поперечну і поздовжню міцність понтона;
- проектування елементів конструкцій корпусу, що забезпечують його загальну поздовжню міцність при експлуатації (при докових операціях);

– перевірочні розрахунки загальної та місцевої міцності конструкцій в умовах перегону від місця побудови до місця експлуатації доку.

Металеві башти композитного плавучого доку доцільно набирати по поздовжній системі набору. При цьому поперечні рамні зв'язки (рамні бімси і шпангоути) стінок і палуб башт повинні розташовуватися в площині головних поперечних в'язей понтона. Рамні зв'язки зовнішніх і внутрішніх бортів башт нижче палуби безпеки повинні бути з'єднані між собою розпірними бімсами, які необхідно встановлювати в площині кожної головної поперечної в'язі понтона.

Правила [4] дають визначення матеріалів, конструкцій і відстаней між ними, оснащення та ін., які застосовуються при будівництві плавучих доків і, крім того, регламентують застосування бетону і його складових для понтона композитного плавучого доку. Бетон повинен мати необхідну міцність, водонепроникність, морозостійкість, хімічну стійкість в агресивному водному середовищі, мати мале водопоглинання і захисний шар, що надійно оберігає арматуру від корозії.

Для забезпечення необхідної надійності і довговічності корпусів плавучих доків, що виготовляються із застосуванням залізобетону, необхідно використовувати бетони відповідних класів по міцності і марок по водонепроникності і морозостійкості, особливо в зонах змінного рівня води і впливу льоду. Для поліпшення основних властивостей бетону (міцності, непроникності, морозостійкості і корозійної стійкості), зменшення водопотреби, поліпшення легкоукладальності, зниження витрати цементу, а також виконання бетонних робіт при негативних температурах навколишнього середовища, рекомендується вводити в бетонну суміш спеціальні (повітрівтягувальні і пластифікуючі) добавки.

Для армування корпусних залізобетонних конструкцій повинні застосовуватися гарячекатані стрижні арматури відповідних класів. Листова сталь для корпусних конструкцій композитних плавучих доків також повинна

задовольняти вимогам Класифікаційного Товариства [4] та узгоджено з представником American bureau of shipping.

Частина корпусу композитних плавучих доків – залізобетонний понтон і його елементи є набірними, що складаються з плитних конструкцій, підкріплених ребрами або перегородками, які утворюють поперечну, поздовжню або змішану систему перехресних в'язів. Армування елементів корпусу повинно здійснюватися стрижневою арматурою у вигляді зварних арматурних сіток і каркасів. З'єднання арматурних стрижнів між собою і з елементами деталей повинні бути зварними.

Частини залізобетонного корпусу, які в процесі експлуатації піддаються ударам і навалам, повинні бути посилені або захищені привальними брусами, що мають достатню міцність, зносостійкість і надійність при дії цих навантажень і забезпечують передачу зусиль на жорсткі в'язі корпусу. Захисний шар бетону для робочої арматури повинен забезпечувати її спільну роботу з бетоном на всіх стадіях роботи конструкції, а також захист від агресивних зовнішніх впливів навколишнього середовища.

Товщина захисного шару бетону для стрижневої арматури зовнішніх поверхонь елементів залізобетонного корпусу повинна бути не менше 15 мм, для стапель-палуби – не менше 20 мм, для внутрішніх змочуваних елементів корпусу – не менше 10 мм і для внутрішніх елементів корпусу, що не піддаються впливу агресивних чинників, – не менше 5 мм.

Кріплення фундаментів механізмів, устаткування, суднових пристроїв та інших елементів насичення до залізобетонних конструкцій корпусу слід проводити за допомогою приварювання до закладних деталей або анкерних болтів.

При конструюванні залізобетонних конструкцій їх розміри повинні призначатися з умови забезпечення достатньої міцності і надійності як самих елементів, так і вузлів з'єднання. Сталеві перегородки, рами, балки набору та інші елементи металевих конструкцій повинні розташовуватися в одній площині з відповідними залізобетонними елементами. Сталеві елементи

композитних конструкцій повинні приєднуватися до залізобетонних за допомогою спеціальних закладних деталей або анкерів, здатних передати на залізобетон всі зусилля, що діють в з'єднанні. Сталеві башті композитних доків слід приварювати суцільним двостороннім швом встик або під кутом до суцільних закладних деталей, які встановлені в залізобетонному корпусі понтона.

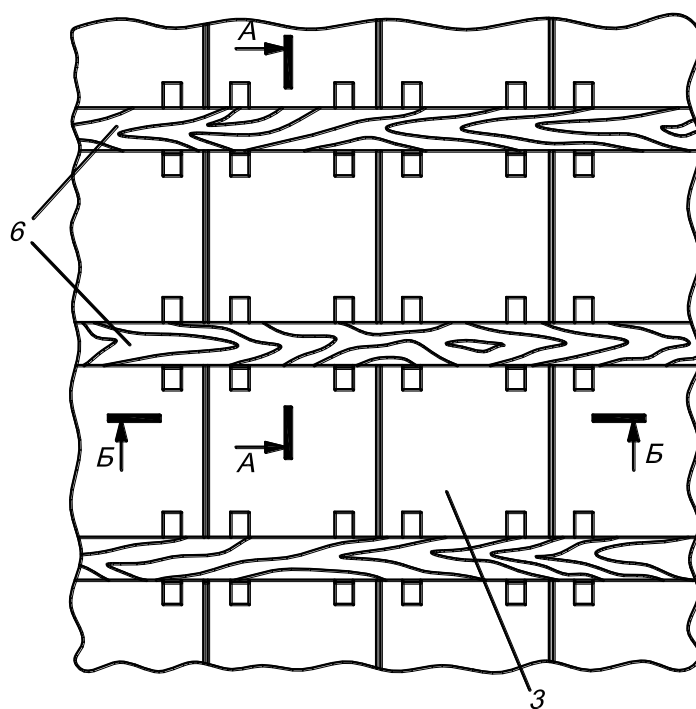
Основними методами побудови залізобетонної частини композитного плавучого доку є складальний, при якому понтон складається із заздалегідь виготовлених плоских секцій, і блоковий, коли він складається з об'ємних блоків, кожен з яких складається з плоских секцій. Вимоги до виготовлення і монтажу залізобетонних корпусних конструкцій повинні відповідати Правилам [4].

Технологія виготовлення елементів металевих корпусних конструкцій, а також металевих частин башт композитного плавучого доку повинна бути аналогічною технології виготовлення конструкцій сталевих суден. Допускається проводити зрощування частин корпусу на плаву з окремо побудованих плавучих блоків за умови, що прийняті конструкція і технологія виконання з'єднання блоків в єдине ціле забезпечують міцність і водонепроникність омоноліченого корпусу.

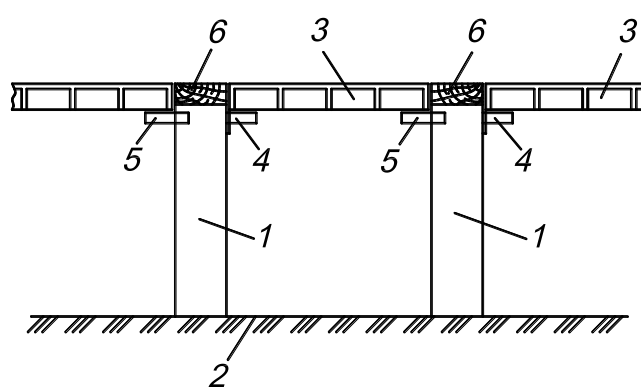
2.3 Удосконалення оснащення стапелю для побудови залізобетонного понтона плавучих композитних доків

Для зменшення загальної величини згинального моменту системи «док-судно» на опорній поверхні стапеля встановлюються конструктивні опорні кільблоки (рис. 2.4 а). Металеві жорсткі каркасні щити конструктивно пов'язані з кільблоками шарнірами і упорами (рис 2.4 б). На верхній частині кожного кільблока встановлена подушка (рис. 2.4 в) [107].

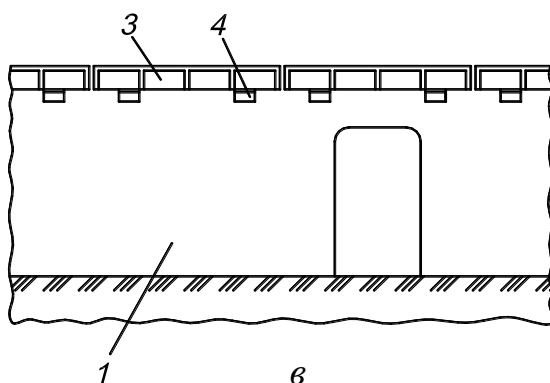
Розмітка на стапелі наноситься один раз і при подальших закладках тільки підновляється в окремих місцях. Встановлюються арматурні сітки і бетонується плита днища.



a

A - A

б

Б - Б

в

Рисунок 2.4 – Конструкція ділянки стапеля: а – вигляд зверху, б – розріз А-А, в – розріз Б-Б, де 1 – опорні кільблоки, 2 – опорна поверхня, 3 – каркасні щити, 4 – шарніри, 5 – упори, 6 – подушка

Розпалубка розпочинається з ряду, який розташовується з краю, шляхом прибирання упору і вичавлення щита за допомогою гвинтових штовхальників. Щит відривається від плити і обертається навколо шарніра, повисаючи на ньому. Уся конструкція корпусу, що будується, залишається лежати на подушці для побудови залізобетонних понтонів.

Наведений пристрій дає змогу забезпечити зниження трудомісткості при установці опалубки днища і подальшій розпалубці, а також полегшити умови праці, скоротити транспортні операції по перевезенню великогабаритних щитів з одночасною значною економією матеріалів, завдяки тому, що для опалубки застосовуються інвентарні каркасні металеві щити, які не вимагають ремонту після розпалубки (тобто можливе багатократне використання щитів). Завдяки тому, що каркасні щити прикріплюються до опорних кільблків шарнірами і упорами, забезпечується точне встановлення опалубки в робоче положення і її розпалубка з найменшими витратами ручної важкої праці [108].

Висновки з розділу 2

1. У результаті проведеного аналітичного дослідження визначені шляхи удосконалення конструкції композитних плавучих доків з врахуванням діючих нормативних вимог Класифікаційних Товариств, що пред'являються до корпусу доку та окремих його конструкцій.

2. Розв'язано пошукове завдання визначення взаємозв'язку між основними вимогами до конструкцій доку та їх раціоналізацією.

3. На основі проведених досліджень удосконалено оснащення стапелю для побудови залізобетонного понтона доку, що дає змогу раціоналізувати виготовлення понтона і забезпечити зниження трудомісткості при установці опалубки днища та подальшій розпалубці, з одночасною значною економією матеріалів, завдяки тому, що для опалубки застосовуються інвентарні каркасні металеві щити.

У розділі наведено результати розв'язку 1 завдання дисертаційного дослідження. Основні наукові результати опубліковані у працях автора [92, 103, 105-108].

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ І ЖОРСТКОСТІ ПЛИТ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПОНТОНА ЗІ ЗМЕНШЕНОЮ КІЛЬКІСТЮ НАБОРУ ПЛАВУЧИХ КОМПОЗИТНИХ ДОКІВ

3.1 Скінченно-елементний аналіз напружено-деформованого стану плит залізобетонного понтона композитних плавучих доків

При проектуванні композитних плавучих доків розрахунок міцності залізобетонних конструкцій понтонів виконується по емпіричним формулами відповідно до [109] і в повному обсязі відображає напружено деформований стан тонкостінних плит понтона. Проведені дослідження [110, 111] показали, що існують резерви по зниженню металоємності залізобетонних конструкцій понтона шляхом обґрунтованого зменшення діаметра арматури за умови забезпечення необхідної його поздовжньої міцності. Для цього в розрахунках міцності залізобетонних конструкцій стапель-палуби і днища понтона повинна бути використана більш уточнена, в порівнянні з раніше застосовуваними, розрахункова схема, що враховує роботу арматури обох напрямків.

Дослідження міцності залізобетонних плит понтона при рівномірному тиску являє собою складну задачу. Для дослідження міцності залізобетонних плит понтона при рівномірному тиску використаний програмний комплекс SolidWorks Simulation, орієнтований на розрахунок конструктивно-однорідних тіл. Комплекс дає можливість виконати об'ємний аналіз напружено-деформованого стану, так і є інтегрований в систему тривимірного моделювання SolidWorks, який, дає змогу вигідно використовувати графічний інтерфейс при моделюванні досліджуваного об'єкта [112, 113].

У програмному комплексі SolidWorks Simulation розрахунковий аналіз виконується на основі методу скінченних елементів. Цей метод є універсальним інструментом для дослідження складних інженерних споруд при різних умовах їх навантаження. Геометрична модель тіла умовно розділяється на певну кількість маленьких частин простої форми, які називаються скінченими

елементами, що взаємодіють між собою в загальних точках – вузлах. Поведінка кожного вузла скінченного елемента описується заданою кількістю параметрів, визначення яких дає змогу оцінити напружено-деформований стан, як самих елементів, так і досліджуваної конструкції в цілому.

В розрахунковому комплексі прийнята одна з різновидів методу скінчених елементів – метод переміщень. Основними невідомими, обумовленими в першу чергу, є переміщення вузлів, в яких скінчені елементи взаємодіють між собою. У цих же вузлах прикладаються відповідні переміщенням фіктивні зусилля, що характеризують дію напружень уздовж кордонів стикування суміжних елементів.

Оскільки в якості основних невідомих прийняті вузлові переміщення, їх визначення можливе після побудови матриці жорсткості дискретної моделі конструкції [114]. Ця матриця утворюється з матриць жорсткості окремих скінчених елементів і встановлює зв'язок між вузовими переміщеннями дискретної моделі і зовнішнім навантаженням вихідної конструкції. Фактично вона є результатом складання рівнянь рівноваги в вузових точках, які представляють собою систему лінійних неоднорідних рівнянь алгебри з невідомими вузовими переміщеннями. Матриця жорсткості окремого елемента встановлює зв'язок між його вузовими переміщеннями і вузовими зусиллями, який в матричному вигляді записується як

$$\{R\}=[K]\{q\}, \quad (3.1)$$

де $\{R\}=\{R_{1x}, R_{1y}, R_{1z}, \dots, R_{nx}, R_{ny}, R_{nz}\}$, – вектор-стовпець зусиль в n вузлах елемента;

$\{q\}=\{u_1, v_1, w_1, \dots, u_n, v_n, w_n\}$, – вектор-стовпець вузових переміщень, що відповідають вузовим зусиллям; $[K]$ – матриця жорсткості, яка, по суті, визначає пружні властивості розглянутого скінченного елемента.

Визначення матриці жорсткості, можливе на підставі припущення про характер зміни за обсягом елемента компонентів переміщень або напружень. Для тетраедричного скінченного елемента з десятима вузовими точками (рис. 3.1), широко використовуваного при розрахунках масивних тіл, вираз,

наприклад, для переміщення i (x, y, z) вздовж осі x представлено у вигляді точки.

$$u = a_1 + a_1x + a_2y + a_3z + a_4xy + a_5xz + a_6yz + a_8x^2 + a_9y^2 + a_{10}z^2. \quad (3.2)$$

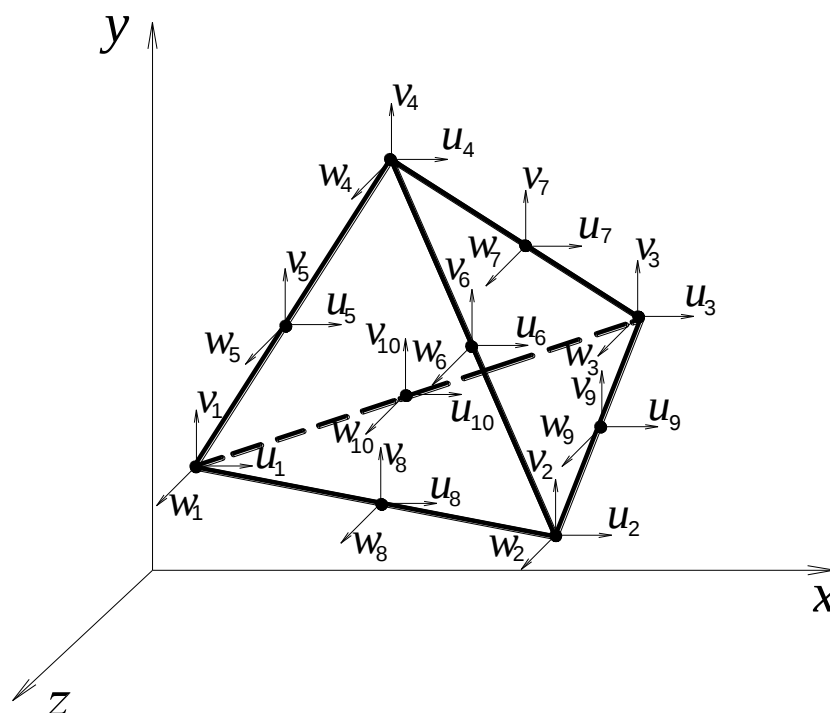


Рисунок 3.1 – Вузлові переміщення у тетраедричному скінченному елементі

За аналогією з (3.2) можна записати вирази для переміщень v (x, y, z) і w (x, y, z) відповідно уздовж осей y і z . Тридцять довільних параметрів a_i в залежностях для u, v, w можуть бути виражені через вектор вузлових переміщень, що дає змогу представити цей вектор $\{U\} = \{u, v, w\}$ в наступному вигляді:

$$\{U\} = [B]\{q\}, \quad (3.3)$$

де $\{q\}$ – вектор вузлових переміщень скінченного елемента; $[B]$ – прямокутна матриця, елементи якої залежать від координат положення даної точки.

Використовуючи залежності Коші і закон Гука, можна з урахуванням (3.3) можна отримати зв'язок компонентів деформацій і напружень з вузловими переміщеннями кінцевого елемента:

$$\{\epsilon\} = [D]\{q\}, \quad (3.4)$$

$$\{\sigma\}=[E]\{q\}, \quad (3.5)$$

де $\{\varepsilon\}=\{\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}\}$ – вектор-стовпець деформацій;

$\{\sigma\}=\{\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}\}$ – вектор-стовпець напружень;

$[D]$ – прямокутна матриця, елементи якої залежать від координат положення даної точки; $[E]$ – прямокутна матриця, елементи якої залежать від координат положення даної точки і від пружних сталих матеріалу конструкції.

Розглядаючи вузлові зусилля $\{R\}$ як деяких зовнішніх сил, дія яких всередині скінченного елемента викликає напружено-деформований стан, що описується залежностями (3.4) і (3.5), на підставі принципу можливих переміщень можна отримати

$$\{R\}=[\int_V [D]^T [E] dV] \{q\}; \quad (3.6)$$

$$[K]=\int_V [D]^T [E] dV, \quad (3.7)$$

де $[D]^T$ – транспонована матриця координат в залежності Коші, інтегрування з якої виконується по всьому об'єму V скінченного елемента, а матриця $[K]$ є квадратною, з порядком, що дорівнює кількості ступенів свободи тетраедричного скінченного елемента – тридцяти. Ця матриця повністю визначає жорсткісні властивості розглянутого елемента.

Формули (3.6), (3.7) розкривають зміст складових в залежності (3.1) для пружного тіла.

Для визначення невідомих вузових переміщень дискретної моделі $\{q'\}$, які представлені в загальній системі координат, складаються рівняння рівноваги для кожного вузла дискретної моделі з урахуванням параметрів зовнішнього навантаження, умов закріплення даного вузла і виключення переміщень конструкції як жорсткого цілого. При цьому зовнішнє навантаження повинне бути приведенне до вузового вигляду.

Після виключення вузових зусиль скінчених елементів з рівнянь рівноваги за допомогою матриць жорсткості окремих елементів утворюється система неоднорідних алгебраїчних рівнянь з невідомими вузовими переміщеннями. Цю систему в матричному вигляді можна записати як

$$[K']\{q'\}=\{F'\}, \quad (3.8)$$

де $[K]$ і $\{F\}$ – загальна матриця жорсткості і вектор зовнішніх вузлових сил для всієї дискретної моделі в загальній системі координат відповідно.

Загальна матриця жорсткості $[K]$ рівняння (3.8) є виродженою і має стрічкову структуру. Ширина стрічки залежить від порядку обходу вузлів, для яких складаються рівняння рівноваги. Рішення системи рівнянь (3.8) для досліджуваної дискретної моделі виконується за стандартною програмою пакета SolidWorks Simulation .

Після визначення переміщень вузлів деформації і напруження можуть бути обчислені відповідно до залежностей (3.4) і (3.5). Тоді наведені (еквівалентні) напруження можна знайти за будь-яким критерієм, наприклад за енергетичною теорією Мізеса.

З огляду на подвійну симетрію плит, розрахунок напруженого стану виконано для 1/4 частини плити, позначеної штрихуванням на рис. 3.2. При цьому в моделях відображені арматура (марки сталі 09Г2С) двох взаємно перпендикулярних напрямків, а також бетон М700, категорії морозостійкості F300, категорії водонепроникності W10, який працює окремо на стиск і окремо на розтяг. Важливо, що особливістю роботи бетону є зменшений опір при роботі на розтягування за рахунок менших міцнісних характеристик і завдяки утворенню мікро- і макро- тріщин, тому стиснутий і розтягнутий бетон були змодельовані окремими геометричними тілами з різними показниками міцності і жорсткості. Модуль пружності арматури прийнятий рівним $2,0 \times 10^{11}$ Па, для бетону при стисканні – $0,38 \times 10^{11}$ Па, для бетону при розтяганні – $0,11 \times 10^{11}$ Па.

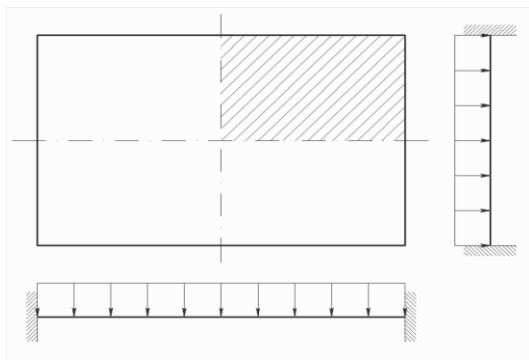


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема плит понтона доку

Переріз залізобетонних плит стапель-палуби товщиною 140 мм і максимальним розміром в плані 6700х3000 з арматурою діаметром від 12 до 20 мм показано на рис. 3.3 а. Схему армування днищових плит товщиною 160 мм в районі сприйняття максимального гідростатичного тиску наведено на рис. 3.3 б [115].

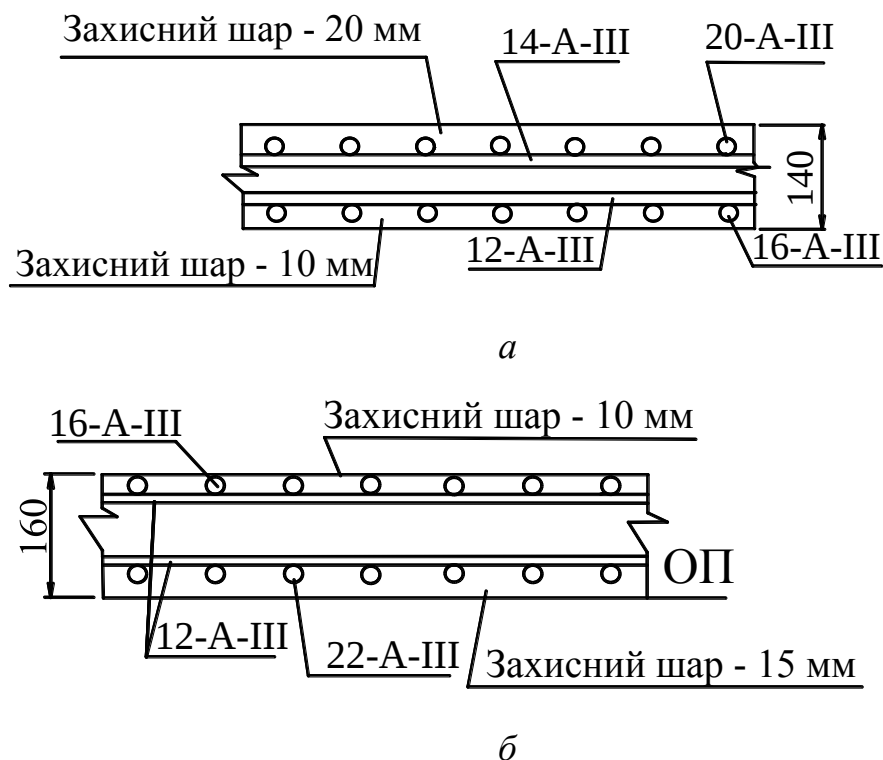


Рисунок 3.3 – Схема армування залізобетонних плит:

а – стапель палуби; б – днища

На рис. 3.4 представлений фрагмент розділення залізобетонної плити понтона доку на скінчені елементи. Розрахункова конструкція залізобетонної плити палуби розділена на 5001360 скінчених елементів тетраедричної форми і 6765687 вузлових точок, для чверті плити днища 3915831 і 5310498 відповідно.

Для моделей застосована адаптивна скінчено-елементна сітка з крупним розміром елементів в центрі і згущена до циліндричних поверхонь арматурних елементів для підвищення точності визначення напружено-деформованого стану в досліджуваному районі.

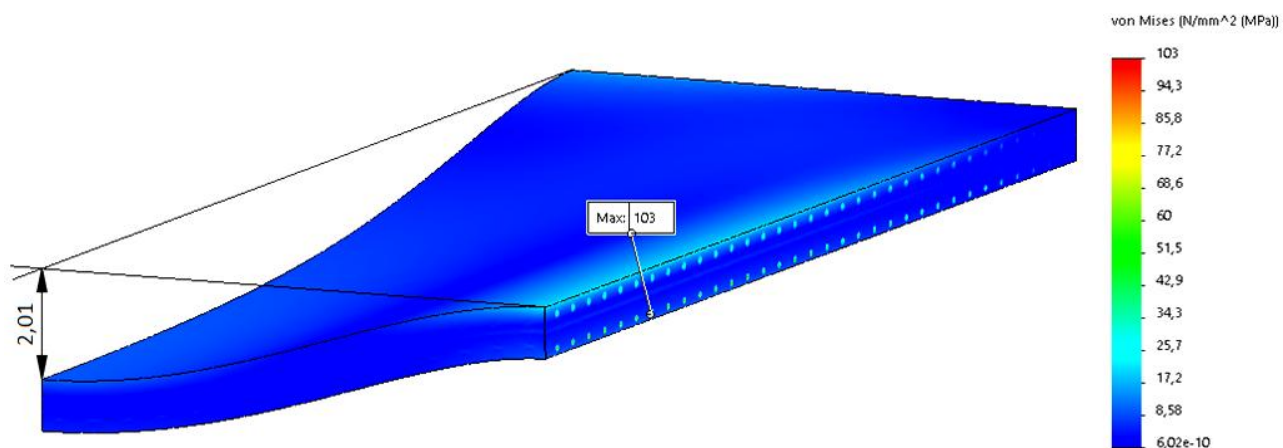
*a**б*

Рисунок 3.4 – Фрагмент розділення на скінченні елементи:

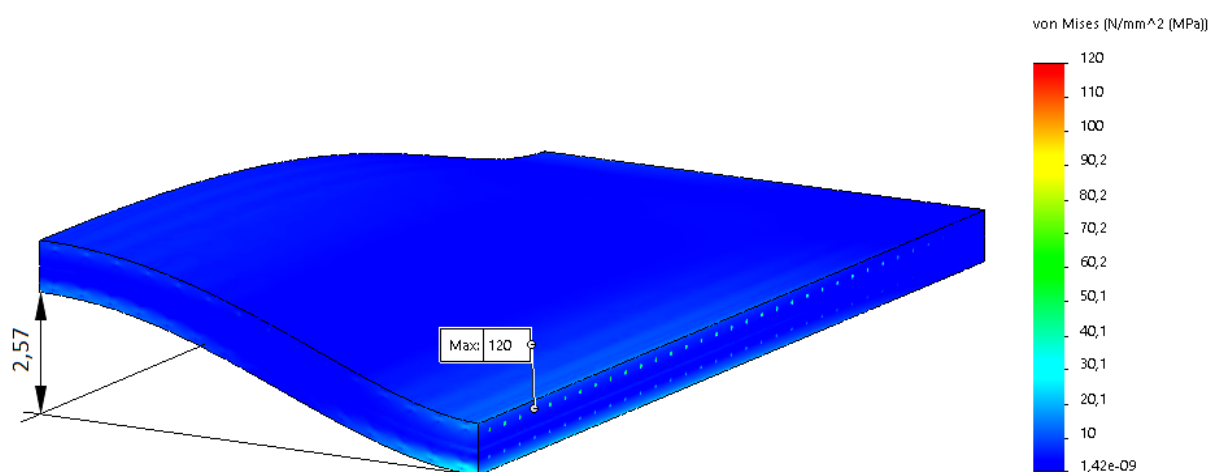
a – залізобетонної плити стапель-палуби понтона, *б* – наближений фрагмент

Плити стапель-палуби розраховувались на поперечне рівномірне гідростатичне навантаження при повному зануренні, що складає 60 кПа на рівні стапель-палуби при сухому відсіку. Днищові плити розраховувались на поперечне рівномірне гідростатичне навантаження при повному зануренні, що складає 92 кПа на рівні ОП при сухому відсіку. Розрахунки показали, що максимуми зведених напружень за критерієм Мізеса (енергетичною теорією) виникають в арматурі, розташованій з протилежної сторони від прикладення навантаження, в затисненнях в середині довгих сторін. Напруження сягають 120 МПа для днищових (рис. 3.5, *б*) і 102 МПа для палубних пластин (рис. 3.5, *a*), з коефіцієнтами запасу 3,25 і 3,82 відповідно, що перевищують необхідний коефіцієнт в 2,3 і в 2,7 рази. При цьому номінальні напруження в бетонній

основі в 7-10 раз нижче максимальних напружень арматури відповідного напрямку (рис. 3.6, 3.7).



a



б

Рисунок 3.5. – Зведені напруження і стрілки прогину в плитах:

a – стапель–палуби; *б* – днища

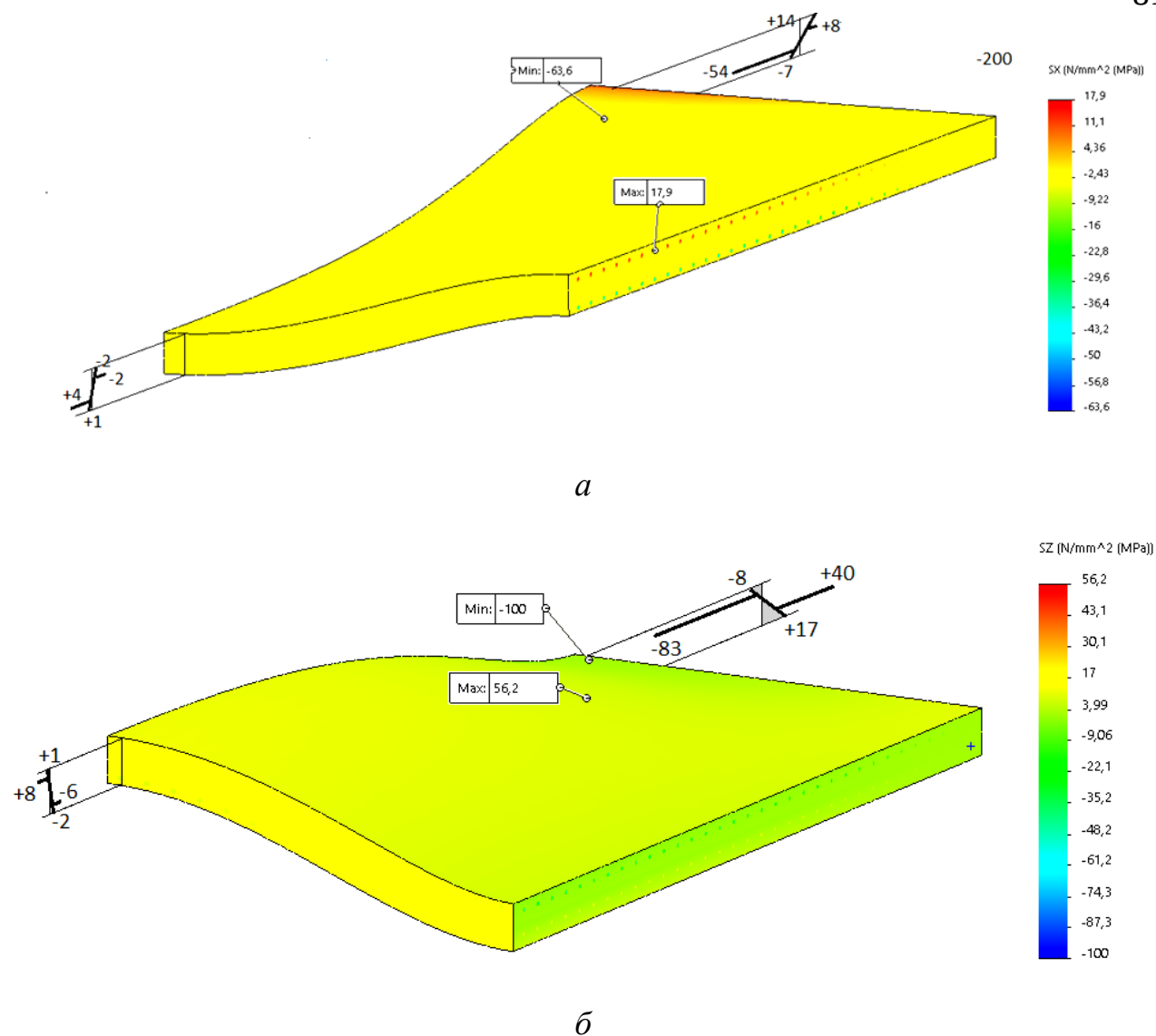


Рисунок 3.6. – Нормальні напруження вздовж довгих сторін:

a – стапель-палуби; *б* – днища

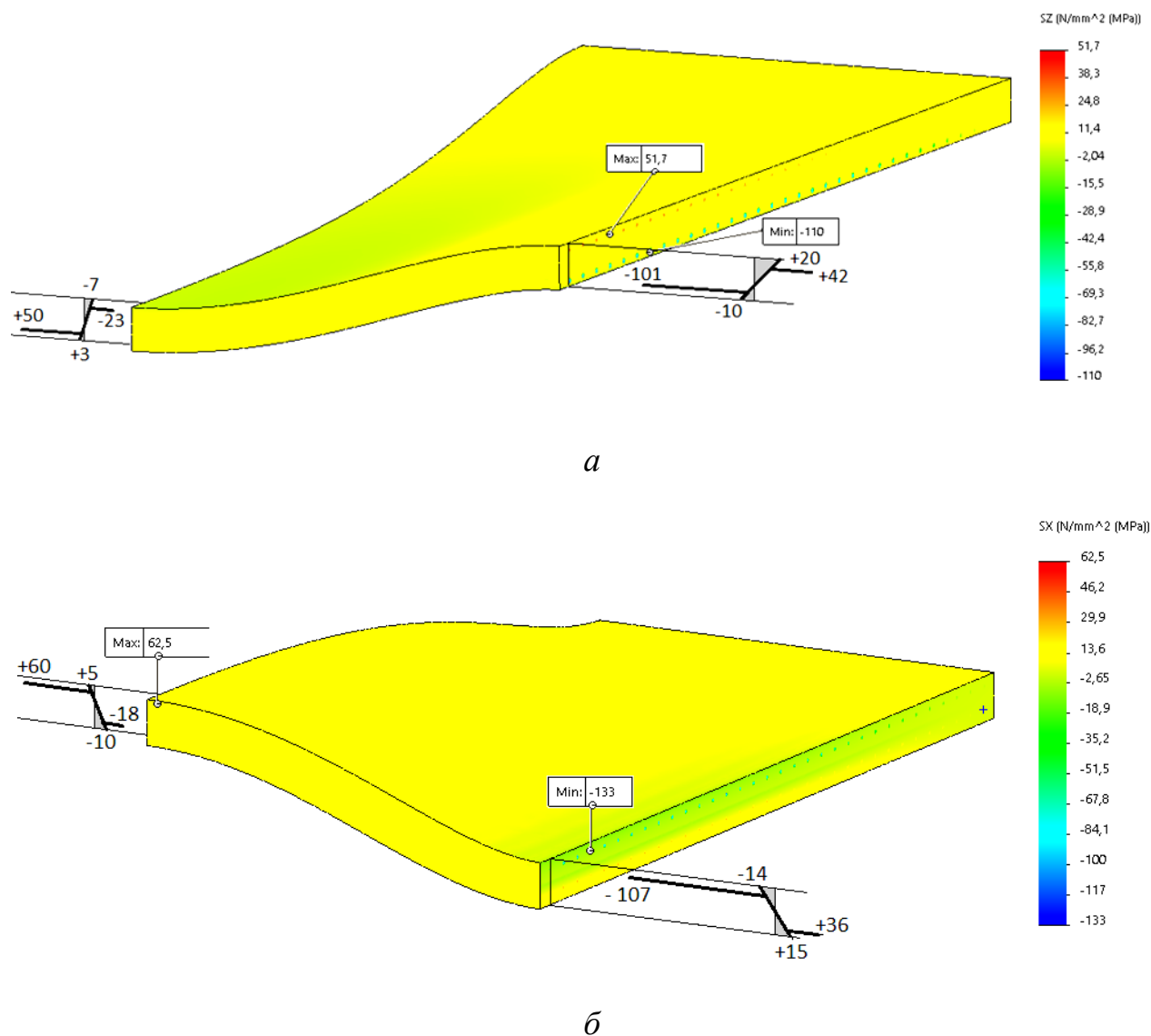


Рисунок 3.7 – Нормальні напруження вздовж коротких сторін:

a – стапель-палуби; *б* – днища

Найбільш напруженою виявилася арматура, що знаходиться якнайдалі від завантаженої тиском поверхні, а також та, яку розташовано вздовж коротких кромek пластини, що відповідає теорії згину суцільних жорстких пластин.

Скінченно-елементна модель розраховувалася для випадків повного занурення понтона на тихій воді, без врахування можливих динамічних навантажень. Це пов'язане з умовами експлуатації понтона в акваторіях портів і

заводів, де таке навантаження практично відсутнє. Для інших умов і випадків навантаження модель потребує уточнення.

Відмінною особливістю моделі також є інтерпретація стиснутої і розтягнутої частини бетону двома окремими тілами, що дає змогу врахувати крім відмінності границь міцності на стискання і розтягання відмінність пружних характеристик моделі пов'язане зі зменшенням жорсткості у напрямку розтягнутих елементів за рахунок утворення мікро і макротріщин.

Отримані величини зведених напружень в плитах стапель-палуби понтона доку підйомної силою 5000 т показали, що фактичні коефіцієнти запасу при зменшеній кількості набору задовольняють вимогам міцності. При максимальному завантаженні зведені напруження по Мізесу в арматурі не перевищують 120 МПа при максимумі нормальних напружень ~ 100 МПа в поперечному напрямку, що відповідає коефіцієнту запасу 3,82 для використаної арматури палубних пластин. В повздовжньому напрямку арматура також недовантажена, особливо в стиснутій області. Відношення границі плинності сталеві арматури класу А-III до максимальних зведених напружень плит днища становить не менш ніж 3,25.

Такі запаси в разі застосування навіть важкого бетону класу В-50 забезпечують міцність стапель-палуби та днища з все ж таки надлишковим запасом. Це може бути пояснено використанням надмірної кількості бетону у зв'язку з дотриманням мінімальної товщини захисного покриття бетоном арматури та ефективної відстані між арматурою у шарі. Це дає можливість подальшої раціоналізації з точки зору матеріалоемності шляхом зменшення товщин залізобетонних плит і діаметру використаної арматури.

3.2 Розробка рекомендацій щодо вибору розмірів плит залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору за умови міцності

З метою уточнення розрахункової схеми бетонних пластин стапель-палуби і днища проведено попередній розрахунок плит з некомпозитного однорідного матеріалу з метою визначення меж розтягнутих і стиснутих зон

при різних значеннях товщини і відносин довжин сторін для випадку жорсткого затиснення на опорному контурі.

На рисунках 3.8, 3.9 наведено приклад розрахункових епюр для пластин з різним відношенням сторін. Синім кольором виділено стиснуті зони (напруження від'ємного знаку), червоним – розтягнені (напруження додатного знаку).

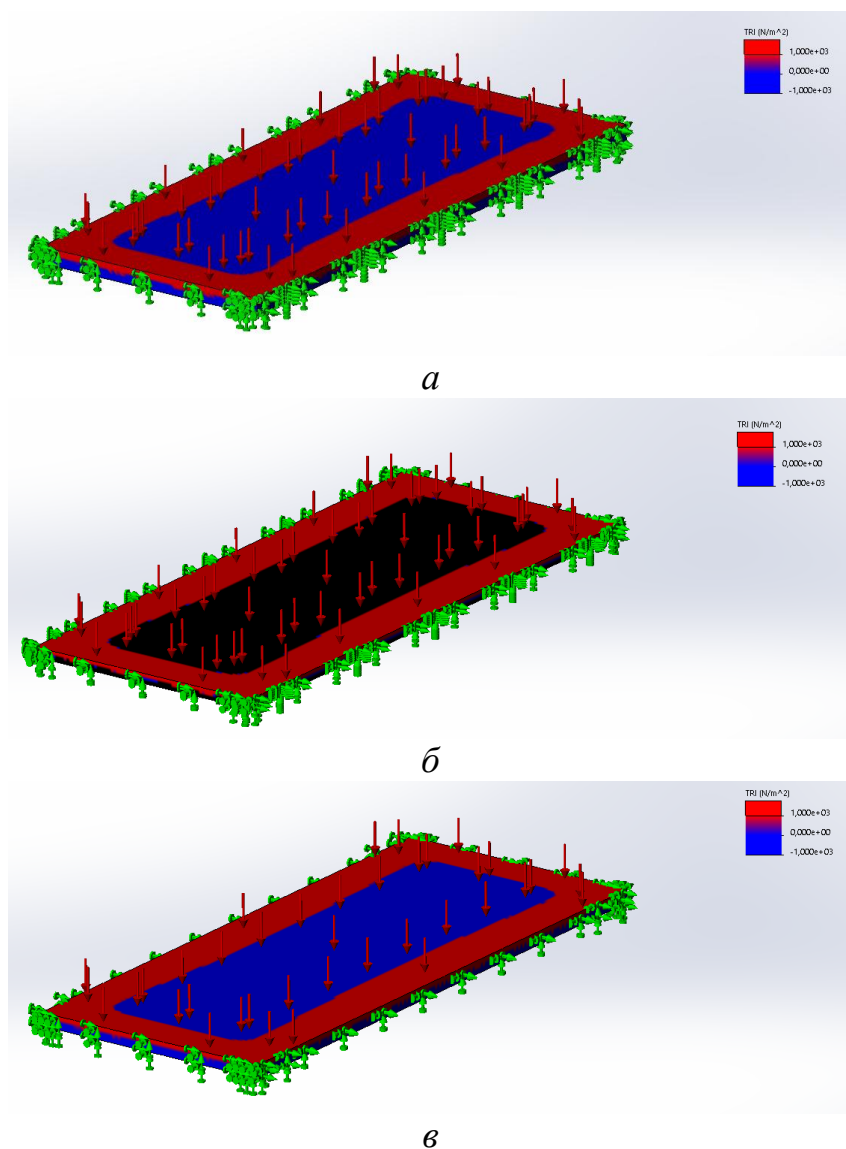


Рисунок 3.8 –. Епюри розподілення напружень: *a* – пластини розміром $200 \times 3000 \times 7000$; *б* – пластини розміром $120 \times 3000 \times 7000$,
в – пластини розміром $160 \times 3000 \times 7000$

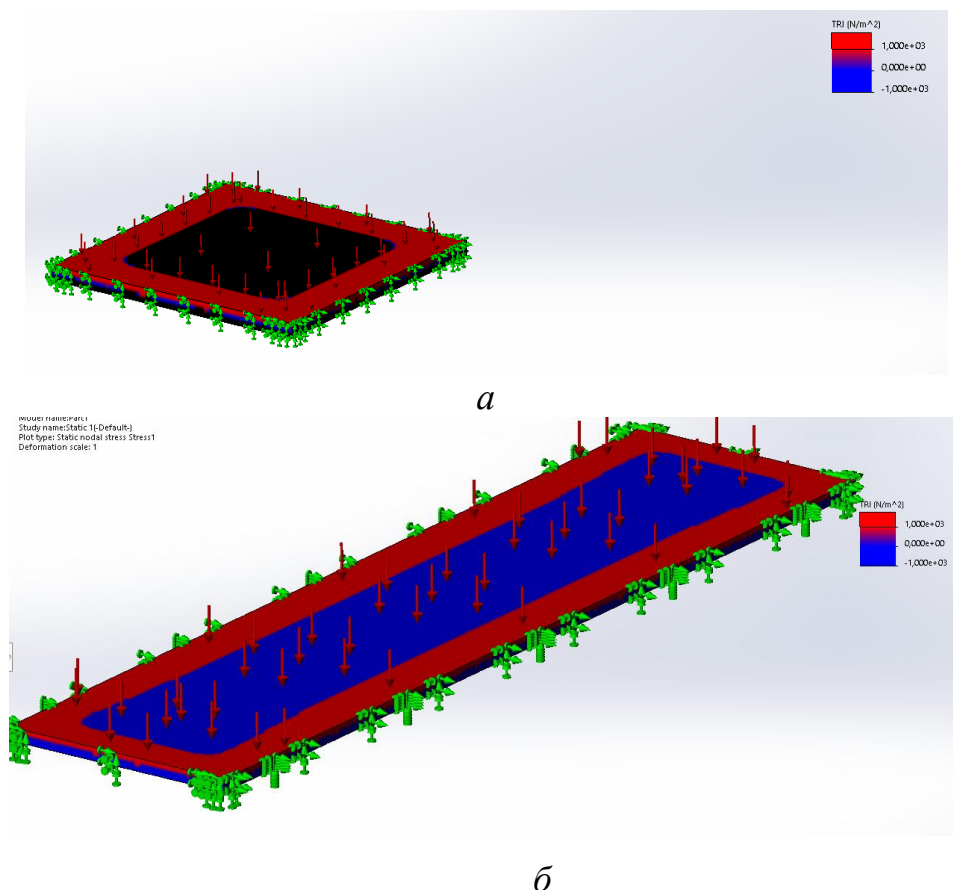


Рисунок 3.9 – Епюри розподілення напружень: *a* – пластини розміром 160×3000×3000, відношення довжин сторін 1:1, *б* – пластини розміром 160×3000×12000, відношення довжин сторін 1:4

Як видно з наведених епюр, розподіл областей стиснутих і розтягнутих зон для пластин не залежить від товщини при відхиленнях в межах 25% від референтного значення 160 мм, що перекиває практично весь діапазон товщини, що застосовуються на практиці.

Отримані результати, дають змогу стверджувати, що ширина зони розтягування верхніх і стиснення нижніх шарів пластини поблизу опорного контуру також не залежить від ставлення довжин сторін в розглянутому діапазоні від 1 до 1: 4, і становить близько 22% довжини короткої сторони пластини. Отримана величина збігається з величиною приєднаного паска пластини, що працює спільно з ребром жорсткості при втраті стійкості обшивки, рекомендованої П.Ф. Папковичем в результаті обробки числових рішень рівнянь Кармана для пластин в складі перекриттів, отриманих П.А. Соколовим.

Внаслідок отриманих висновків, при моделюванні композитних залізобетонних пластин можна вважати їх розтягнутими з боку прикладеного навантаження на відстані приблизно 0,22 довжини короткої сторони опорного контуру і стиснутими в середній частині пластини, і навпаки, стиснутими на такій же відстані з боку протилежної площині прикладання навантаження. Таким чином буде враховуватися відмінність механічних характеристик бетону та його опору в розтягнутих і стиснутих зонах. Пластину при цьому можна вважати жорстко закріпленої по чотирьох сторонах опорного контуру, враховуючи її велику товщину, а так само симетрію кріплень і навантаження.

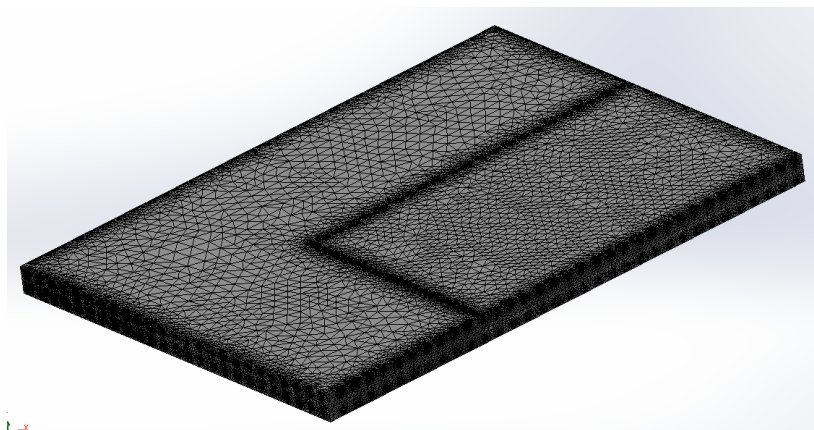
Розрахунок композитних плит днища під дією гідростатичного тиску при повному зануренні доку при різних співвідношеннях довжин сторін.

При моделюванні пластин днища довжина більшої сторони опорного контуру прийнята рівною відстані між поздовжніми стінками 6700 мм, виходячи з конструктивних розмірів доку. Довжина короткої сторони варіювалася кратно поздовжньої шпациї 500 мм, і становила 2000, 3000, 4000, 5000 і 6000 мм. Також була побудована модель квадратної плити розміром 6700×6700 мм як граничний випадок відносини довжин сторін 1:1. Діаметр арматури поздовжнього напрямку вздовж коротких сторін: у верхній частині плити 16 мм; в нижній частині плити 22 мм, діаметр арматури поперечного напрямку прийнято 12 мм. Рівномірний гідростатичний тиск на плиту відповідає повному зануренню доку при порожньому відсіку і відповідає 92 кПа. Опорний контур плити, включаючи арматуру, жорстко закріплений.

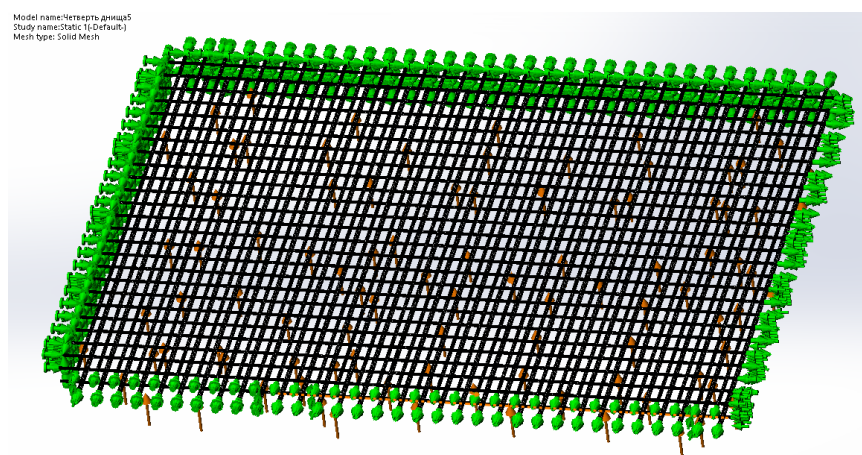
В якості матеріалів були використані найбільш поширені при виготовленні композитних доків: сталь класу А-III з границею плинності $\sigma_T=390$ і модулем пружності $E=2,0 \times 10^5$ МПа; важкий бетон категорії В50, з границею міцності при стисканні $\sigma_B=36$ МПа, границею міцності при розтяганні $\sigma_B=2,3$ МПа і модулем пружності при стисканні $E=0,38 \times 10^5$ МПа. Модуль пружності при розтяганні було прийнято $E=0,11 \times 10^5$ МПа, враховуючи зменшений опір бетону при розтяганні і можливість утворення мікротріщин. Коефіцієнт запасу міцності для бетону і арматури при згині прийняті $k=1,4$

відповідно до [4]. Таким чином, допустимі напруження склали: при стисканні – сталь $[\sigma]=245$ МПа, бетон $[\sigma]=26$ МПа; при розтяганні – сталь $[\sigma]=245$ МПа, бетон $[\sigma]=1,6$ МПа.

Арматура була змодельована такими ж просторовими тетраедричними елементами, схема армування і приклад розділення наведені на рис.3.10, 3.11. Умовою контакту арматури з бетоном а також самого бетону при переході від стиснутих до розтягнених зон є однаковість переміщень вузлів.



a



б

Рисунок 3.10 – Розділення на скінченні елементи:

a – моделі; *б* – плити

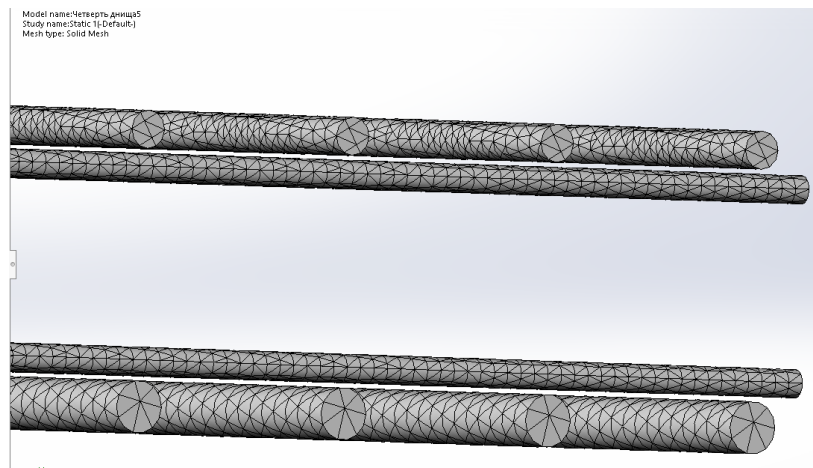


Рисунок 3.11 – Розділення арматури на скінченні елементи

При моделюванні використана адаптивна скінченно-елементна сітка з великим розміром елементів у центрі і згущена до циліндричних поверхонь арматурних елементів і ліній переходу від розтягнутих до стиснутих зон.

У програмному комплексі SolidWorks були розраховані напруження в моделях армованих плит з різною шириною коротких сторін. Отримані дані імпортовані в програму Microsoft Excel, в якій побудовані графіки (рис. 3.12 – 3.17) максимальних напружень в бетоні і арматурі в залежності від ширини короткої сторони пластини. З графіків, за допомогою штрихових ліній, відповідних рівню допустимих напружень, можливо визначити раціональну ширину плити понтона. Епюри компонентів напружено-деформованого стану плит залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору в Додатку А.

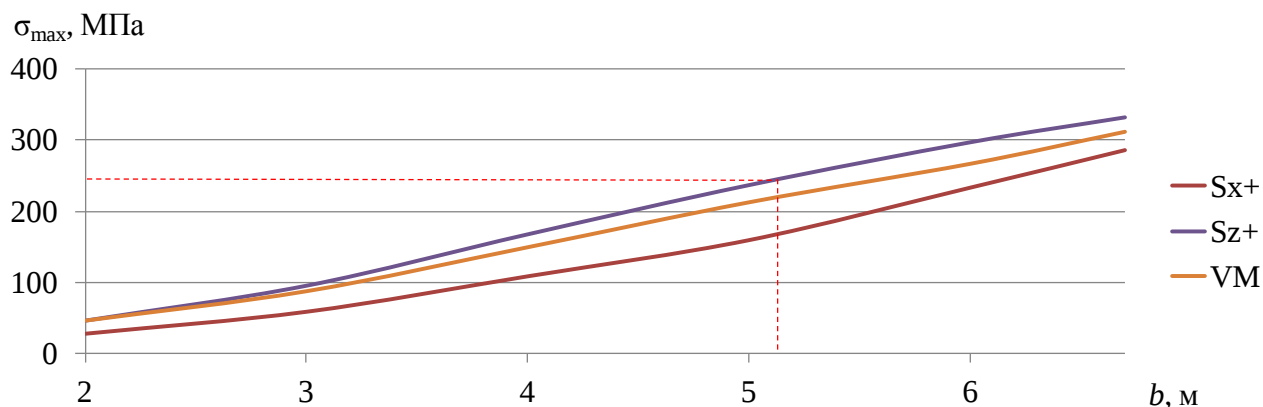


Рисунок 3.12 – Максимальні напруження у верхній арматурі (МПа) в залежності від довжини короткої сторони пластини (м)

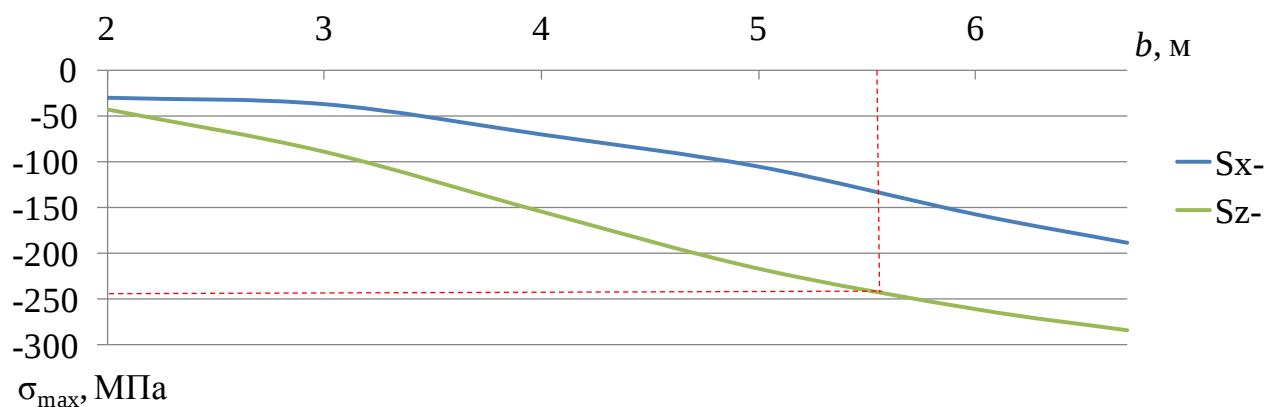


Рисунок 3.13 – Максимальні напруження у нижній арматурі (МПа) в залежності від довжини короткої сторони пластини (м)

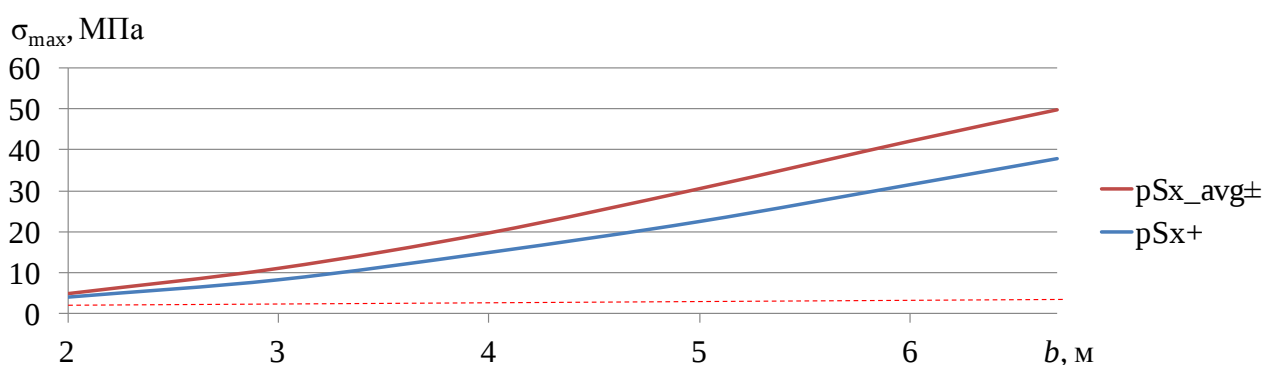


Рисунок 3.14 – Максимальні напруження у верхніх шарах бетону на коротких краях (МПа) в залежності від довжини короткої сторони пластини (м)

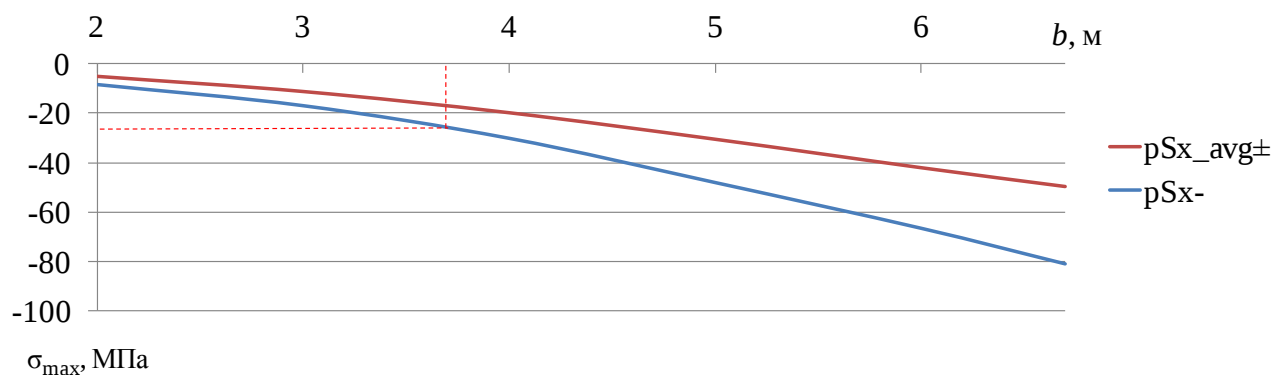


Рисунок 3.15 – Максимальні напруження у нижніх шарах бетону на коротких краях (МПа) в залежності від довжини короткої сторони пластини (м)

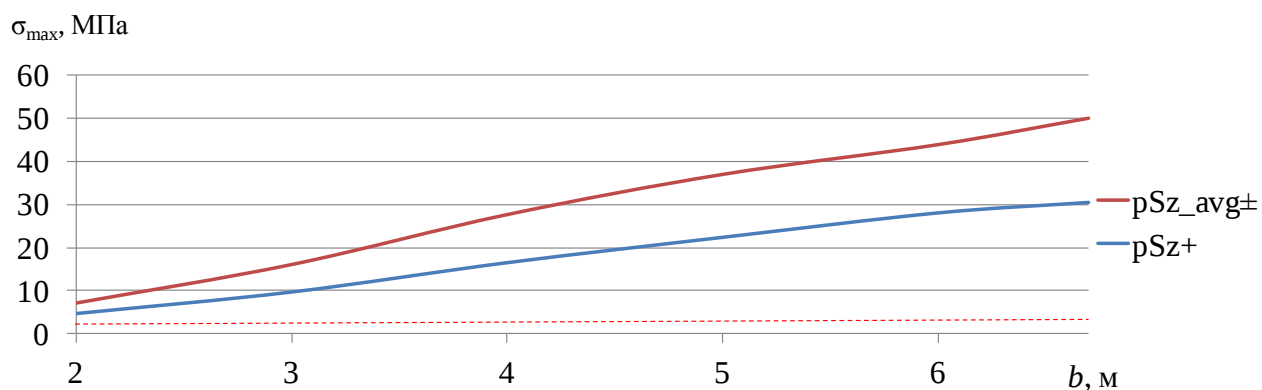


Рисунок 3.16 – Максимальні напруження (МПа) у верхніх шарах бетону на довгих крайках в залежності від довжини короткої сторони пластини (м)

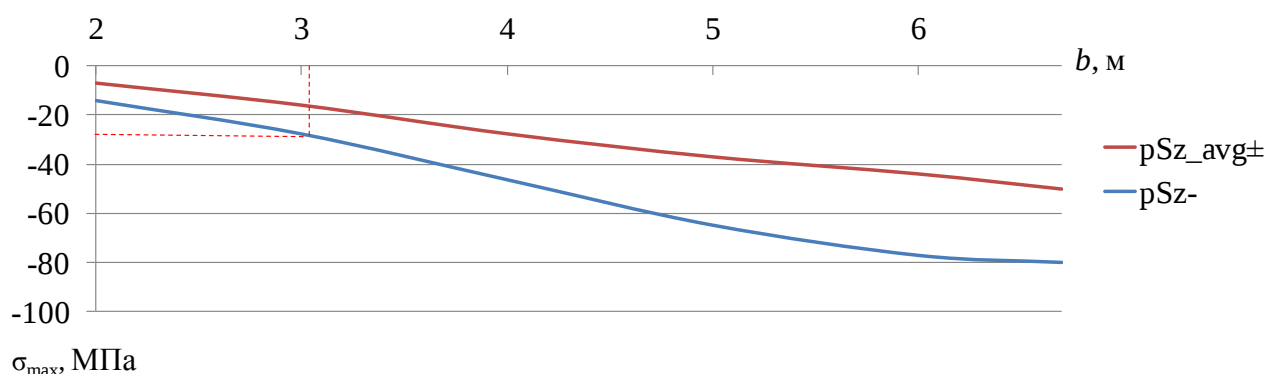


Рисунок 3.17 – Максимальні напруження (МПа) нижніх шарах бетону на довгих крайках в залежності від довжини короткої сторони пластини (м)

На рис. 3.12-3.17 використані наступні позначення: Sx – нормальні напруження вздовж довгих країв пластини; Sz – нормальні напруження вздовж коротких країв пластини; VM – зведені напруження за теорією Мізеса; $pSz_avg\pm$ – середнє напруження в бетоні вздовж коротких країв; $pSz+$ – найбільші напруження в розтягнутому бетоні вздовж коротких країв; $pSz-$ – найбільші напруження в стиснутому бетоні вздовж коротких країв; $pSx_avg\pm$ – середнє напруження в бетоні вздовж довгих країв; $pSx+$ – найбільші напруження в розтягнутому бетоні вздовж довгих країв; $pSx-$ – найбільші напруження в стиснутому бетоні вздовж довгих країв.

Розміри короткої сторони очевидно не повинні перевищувати мінімальне значення, яке відповідає максимальним напруженням у нижніх стиснутих шарах бетону посередині довгих сторін. Таке ж положення небезпечних точок відповідає визначенням при розрахунках сталевих

прямокутних плит. Таким чином, при заданому рівні навантаження розмір короткої сторони залізобетонної плити не повинен перевищувати 3 м.

Арматура обох напрямків є вочевидь недовантаженою, що дає підставу рекомендувати зменшити її діаметр або використати арматуру меншого класу міцності. Як і було передбачено, в розтягнутих зонах бетону напруження перевищують допустимі, що має призвести до появи мікротріщин і зменшенню опору бетону в розтягнутих областях. Модель раціоналізована за мінімальною кількістю арматури з метою зменшення металоємності.

Висновки з розділу 3

1. Проведено дослідження напружено-деформованого стану залізобетонних плит понтона композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні із застосуванням комплексу SolidWorks Simulation, орієнтованого на виконання розрахункового аналізу конструктивно-однорідних тіл. Проведена оцінка міцності просторових залізобетонних тонкостінних конструкцій понтона на основі розрахункових даних, отриманих методом скінчених елементів.

2. **Вперше** досліджено розподіл стиснутих та розтягнутих зон залізобетонної плити понтона плавучого композитного доку зі зменшеною кількістю набору при різних значеннях товщини і відносин довжин сторін на основі числового моделювання. В результаті виявлено, що розподіл областей стиснутих і розтягнутих зон пластин не залежить від товщини при відхиленнях в межах 25% від референтного значення 160 мм, і визначені раціональні розміри плити – довжиною 7 м та шириною 3 м.

3. **Удосконалено** схему розрахунку стапель-палуби і днища залізобетонного понтона доку зі зменшеною кількістю набору плавучого композитного для випадків повного занурення понтона на тихій воді без урахування можливих динамічних навантажень, яка враховує роботу арматури у взаємно перпендикулярних напрямках, що дозволило точно оцінити напружено-деформований стан залізобетонних плит понтона зі зменшеною

кількістю набору. Результати досліджених зведених напружень в плитах стапель-палуби залізобетонного понтона доку підйомної силою показали, що фактичні коефіцієнти запасу при зменшеній кількості набору задовольняють вимогам міцності. При максимальному завантаженні зведені напруження по Мізесу в арматурі не перевищують 120 МПа при максимумі нормальних напружень ~ 100 МПа в поперечному напрямку, що відповідає коефіцієнту запасу 3,82 для використаної арматури палубних пластин. В повздовжньому напрямку арматура також недовантажена, особливо в стиснутій області. Відношення границі плинності сталевих арматур класу А-III до максимальних зведених напружень плит днища становить не менш ніж 3,25.

4. Отримало подальший розвиток застосування методики скінченно-елементного розрахунку залізобетонного понтона композитного плавучого доку, яка забезпечує раціональне конструювання конструкцій понтона зі зменшеною кількістю набору.

У розділі наведено результати розв'язку задач 2, 3 дисертаційного дослідження. Основні наукові результати опубліковані у працях автора [112-114].

РОЗДІЛ 4

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПОНТОНА ПЛАВУЧОГО КОМПОЗИТНОГО ДОКУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЙОГО ПОБУДОВИ

4.1 Розробка удосконаленої конструкції залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору композитного плавучого доку

В конструкції композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні доку арматура, що працює на місцеву міцність, встановлюється зовні в напрямку найменшого прольоту, а арматура, що працює на загальну міцність, встановлюється всередині елементу конструкції понтона. Поперечні перегородки між внутрішніми бортами встановлюються через 4 шпації, тобто через 3 метри [116].

При постановці судна в док кільблоки ставляться на поздовжню перегородку доку, навантаження від якої передаються на розставлені поперечні перегородки доку, завдяки чому забезпечується загальна поперечна міцність. Конструкція бетонних перекриттів сприймає в декілька разів більший момент опору ніж сталеві конструкції, що дає змогу збільшити прогон перекриття і рідше розставляти опори-перегородки. Внаслідок цього знижуються витрати, що пов'язані з вартістю матеріалів, а також зменшується трудомісткість робіт при побудові доку.

Залізобетонний понтон композитного доку набирають по поперечній системі. Понтон доку ділять поздовжніми водонепроникними перегородками на кілька самостійних відсіків, які потрібні для забезпечення необхідної остійності при спливанні або зануренні доку без крену і число яких залежить від вантажопідйомності доку.

Вони є основними в'язями, що сприймають навантаження від центральної і бокових кільових доріжок. Центральну кільову доріжку розміщують над діаметральною перегородкою. Рамні шпангоути башт є продовженням поперечного набору понтонів. В кінцівках понтона для збільшення робочої

довжини стапель-палуби, яка зазвичай становить 0,8...0,9 довжини судна, встановлюють майданчики (криноліни) з дерев'яним або металевим настилом.

Поперечний переріз композитного плавучого доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні наведено на рис. 4.1, де 1 – топ-палуба, 2 – палуба безпеки, 3 – стапель палуба, 4 – конструкція вузла з'єднання днища та зовнішньої поздовжньої стінки понтона, 5 – вузол стапель-палуби в районі установки кільблоків в ДП, 6 – вузол з'єднання башти та внутрішньої поздовжньої стінки понтона, 7 – вузол з'єднання зовнішньої стінки понтона зі стапель-палубою, 8 – поздовжні ребра жорсткості в баштах, які забезпечують загальну поздовжню міцність дока, 9 – вирізи в поперечних діафрагмах для перетікання рідини при зануренні-спливанні [117].

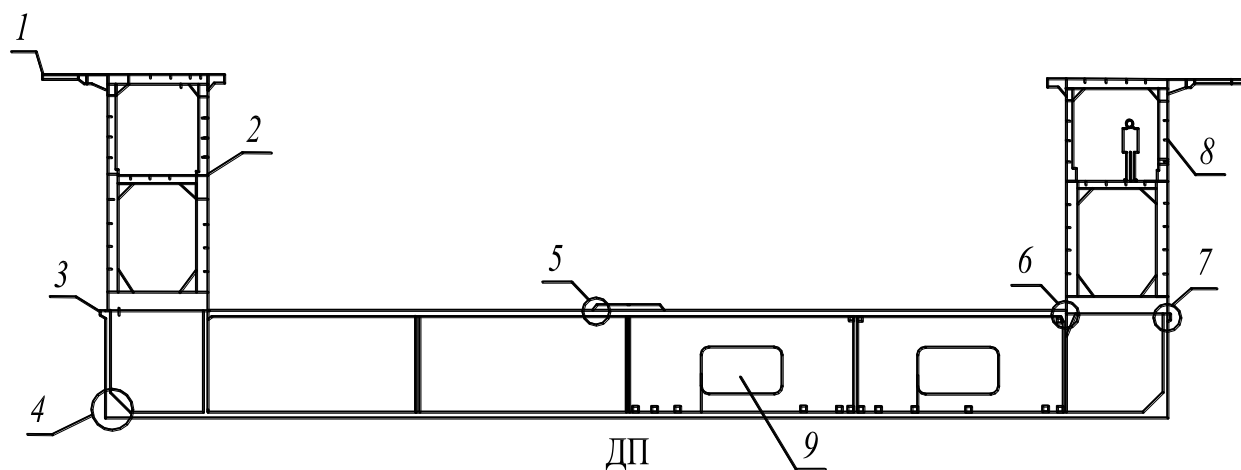


Рисунок 4.1 – Поперечний переріз композитного плавучого доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні

Настил топ-палуби в районі машинного відділення і головних водовідливних насосів виконують знімним, що дає змогу вивантажувати обладнання для ремонту. Палуба безпеки, яка відокремлює баластні відсіки від житлових і службових приміщень, підкріплюється бімсами, які з'єднуються з бортовим поперечним набором. Рівень води в баштових баластних відсіках і, відповідно, глибина занурення стапель-палуби під воду, конструктивно обмежується висотою повітряних труб, що розміщуються нижче палуби безпеки.

При конструюванні металевих башт доку враховують вплив корозійного руйнування на товщину елементів. Ця вказівка базується на нормуванні міцності до кінця терміну служби доку, який для композитних доків приймають рівним 50...60 років. Корозійні добавки гарантують експлуатацію доку протягом всього заданого терміну служби при середній швидкості корозійного руйнування елементів конструкцій.

Горизонтальні смуги хрестоподібної деталі з'єднані звареним швом: зовнішня - з арматурним каркасом стапель-палуби, внутрішня - з бімсом і поперечним набором поздовжнього перебирання понтона [118]. Шпангоут борта, бімс і закладні деталі об'єднані у вертикальній площині в загальний рамний контур з поперечним набором башти (рис. 4.2).

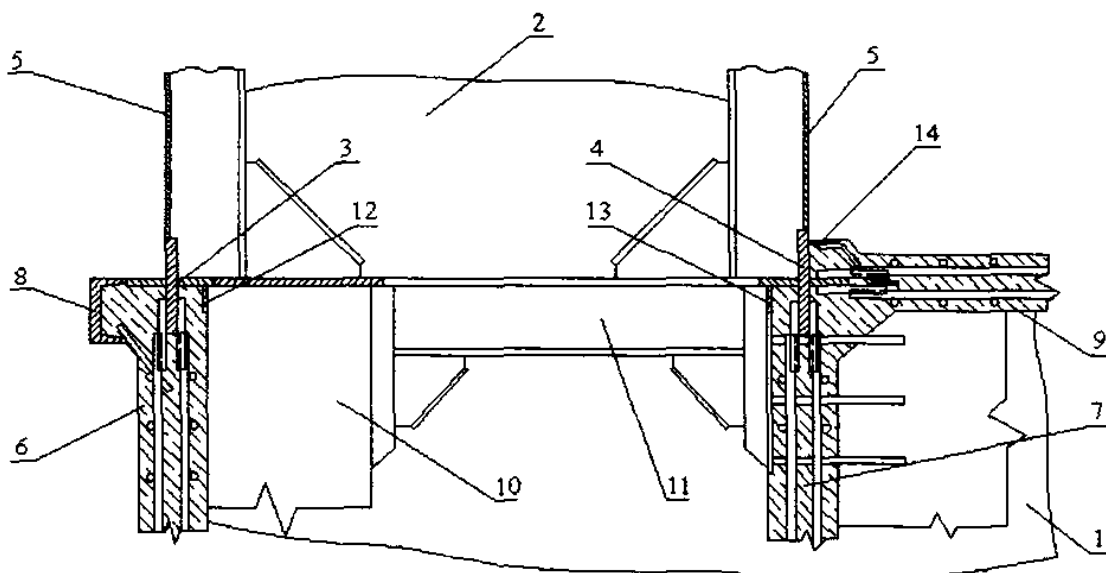


Рисунок 4.2 – Конструктивний вузол з'єднання металевої башти із залізобетонним понтоном [1], де 1- залізобетонний понтон; 2- металева башта; 3, 4 - хрестоподібна заставна деталь для кріплення зовнішнього і внутрішнього борту башти відповідно; 5 - зовнішній і внутрішній борт башти; 6 - зовнішній борт понтона; 7 - внутрішнє поздовжнє перебирання; 8 - привальний брус; 9 - стапель-палуба; 10 - шпангоут; 11 - сталевий бімс; 12 13, 14 - металеві ребра, які встановлені для збільшення зчеплення бетону хрестоподібними заставними деталями

При побудові понтона - очищення арматури від жирних плям і слідів фарби проводиться за допомогою хімічних розчинників, потім ці місця витираються насухо. Згинання арматурної сталі виконується на згинальних верстатах або вручну. Виготовлення арматурних сіток проводиться на автоматичній зварювальній машині або зварюванням перетинів в шаховому порядку в середовищі CO_2 . Перед установкою на стенди арматурних сіток для збірки в об'єм, стенди повинні бути очищені від бетону і бруду. Стенди для формування залізобетонних секцій повинні забезпечувати виготовлення секцій з гладкими поверхнями рівномірної товщини і забезпечувати швидке знімання відформованих секцій. Монтаж секцій башт на понтон допускається тільки після бетонування і досягнення міцності стиків заставних вузлів з'єднання башт з понтоном, а також всіх стиків зовнішнього і внутрішнього борту не менше 21 МПа (210 кг/см^2) на відстані не менше 6 шпаций в ніс і корму від кінців встановлюваних секцій [119].

Формування башт виконується від міделя у ніс і корму. Послідовність формування башт є наступною:

- навантаження секцій,
- прикреслення і прирізка по стиках і пазах,
- кріплення на гребінках по пазах і прихватках по стиках секцій.

Для збільшення місцевого зчеплення бетону із хрестоподібними деталями і запобігання його відшаровування від них у результаті знакозмінного вигину корпусу доку на смугах хрестоподібних деталей встановлені ребра (металеві смуги) у рівень із бетонною поверхнею борта, поздовжнього перебирання і стапель-палуби понтона. Встановлення і приварку металевих бімсів проводять у міру монтажу блоків-секцій башт, що дає змогу виключити появу зварювальних деформацій від приварки бімсів. Таким чином, конструкція з'єднання металевої башти із залізобетонним понтоном композитного доку дає змогу виконувати цей вузол у складі залізобетонних секцій понтона на стендах, проводити бетонування секцій у зручному положенні з використанням відпрацьованої технології укладання бетону, при цьому

знижуючи трудомісткість і спрощуючи технологію робіт у стапельний період побудови доку.

На рисунку 4.3 представлений удосконалений вузол з'єднання башти та понтона, де 1 – стапель-палуба, 2 – понтон, 3 – зовнішня стінка понтона, 4 – полотно башти, 5 – бімс, 6 – книця, 7 – заставна деталь для кріплення зовнішнього та внутрішнього борту башти, 8 – виріз для води [120].

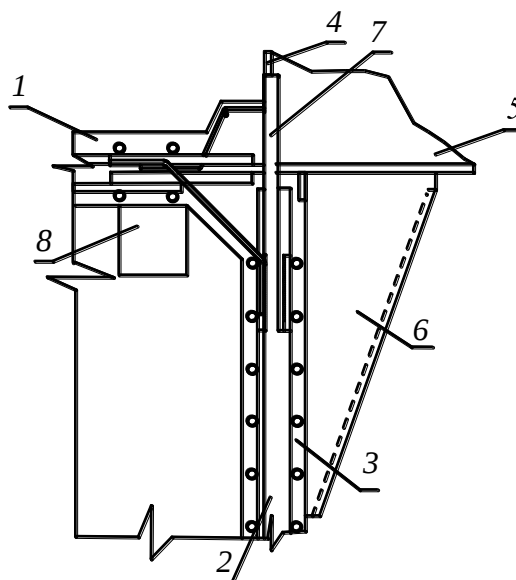


Рисунок 4.3 – Удосконалений конструктивний вузол з'єднання металевої башти із залізобетонним понтоном

4.2 Розробка удосконаленої технології та системної організації інтегрованого виробничого процесу побудови композитного доку

У сучасних умовах технологія будівництва композитних плавучих доків орієнтована на застосування механізованих і автоматизованих процесів при виконанні більшості робіт. На деяких заводах використовують власні автоматизовані бетонні заводи з виробництва модифікованого бетону класу В 50 на стиск марки F 300 по морозостійкості на основі сульфатостойкого портландцементу з вітчизняними добавками.

Правку, очищення, різання арматурної сталі виконують на автоматичній лінії безвідходного розкрою. Збірку арматурних сіток і каркасів виконують на спеціальних стендах. Зварювання арматурних сіток і каркасів виконують на

багатоконтактних зварювальних машинах, а зварювання сіток - на спеціальній контактено-зварювальній машині. Формування плоских залізобетонних секцій виконують в універсальних металевих формах-матрицях.

У зв'язку з такими багатофакторним умовами експлуатації композитних плавучих доків необхідно було розробити технологію виробництва нового виду високоміцного суднобудівного бетону з підвищеними характеристиками міцності, високу водонепроникність і морозостійкість [121].

Корпус композитного доку складається з залізобетонного понтона (днище, зовнішня обшивка, внутрішні поздовжні і поперечні конструкції) і двох сталевих башт (зовнішня і внутрішня обшивка, палуби, платформи, перегородки і підпори їх набору). Під час експлуатації доку на його корпус діє маса самого доку, сили підтримки, маса баласту, тиск судна, що докується, вітрове навантаження, а під час перегону морем док отримує додаткові зусилля від вигину і крутіння, хвильових ударних навантажень. При розрахунку основних в'язів, що сприймають навантаження від судна, яке докується, вважають, що зовнішні сили, які діють на систему «док-судно», сприймаються корпусом доку і судна. Загальний згинальний момент на міделі системи «док-судно» розподіляється між корпусом доку і судном пропорційно їх міцності [122].

Основні положення щодо удосконалення технології та організації побудови плавучого композитного доку підйомної силою до 5000 т розроблені відповідно до виробничих умов заводу-будівельника з урахуванням крупноблочного виготовлення корпусу доку і подальшого формування корпусу доку в великий док-камері.

Проектна технологія розроблена на підставі вимог [4].

Форма корпусу доку: башти прямостінні, днище понтона без кілеватості, стапель-палуба має ухил до бортів, інші палуби горизонтальні. Матеріал понтона – залізобетон, бетон М700, категорії морозостійкості F300, категорії водонепроникності W10.

Для армування елементів понтона застосовується арматурна сталь гладкого і періодичного профілю діаметрів 10, 12, 14, 16, 18, 20 і 22 мм категорії класу AI, AII і AIII.

Для побудови всього залізобетонного корпусу понтона із залізобетонних секцій, башти доку, включаючи зовнішній борт понтона і днище понтона, набираються по поздовжній системі, а понтон між внутрішніми бортами по поперечній системі. Шпація приймається рівною 750 мм. Відстань між перегородками приймається рівною 3000 мм, на відміну від класичної технології побудови доку в якій відстань між перегородками приймається рівною 1500 мм [123].

В процесі виготовлення плоских секцій понтона арматурну сталь захищають від агресивного впливу морського середовища захисними шарами бетону товщиною 10, 15 і 20 мм. Теплова ізоляція виконується негорючими плитами ROCKWOOL. Для зашивання приміщень застосовані матеріали типу «Версіл» і оцинкована сталь. Кількість ізольованих і зашивають приміщень зведено до мінімуму. Всі ізольовані приміщення винесені в рубки і сухі відсіки. Це дає змогу не ізолювати та не опалювати приміщення твіндека [124].

Проектований док поділяється на три будівельних району: залізобетонний понтон – I будівельний район; ліва башта – II будівельний район; права башта – III будівельний район.

Корпус доку передбачається формувати секційним методом – понтон з плоских і ребристих залізобетонних секцій на стапельні підставі великої док-камери. Металевий корпус (башти) доку передбачається формувати з об'ємних секцій.

Розбивка на секції башт виконується виходячи з умов раціонального використання листового прокату розміром 8×2 м. Кожна башта розбита на 18 об'ємних секцій. Максимальний розмір об'ємних секцій $7,5 \times 5,55 \times 7,068$ м, маса секції не більше 27 т. Габарити і маса об'ємних секцій раціональні для існуючих корпусних цехів. Монтаж трубопроводів, механізмів, устаткування,

пристроїв, ізоляції та захиття допускається проводити на доці до виведення з котловану.

Бетон, його складові, арматурна сталь повинні задовольняти вимогам [4]. Заготівля арматурної сталі, складання і зварювання сіток і каркасів проводиться на арматурному ділянці цеху. Виготовлення секцій понтона проводиться в цеху залізобетонних конструкцій.

Виготовлення арматурних сіток, закладних деталей і деталей машинобудівної частини.

Арматурна сталь поставляється без будь-яких відхилень від ГОСТ5781–82. Різання арматури проводиться на правильно-різальних верстатах або газовим різак. Очищення арматури від жирних плям і слідів фарби проводиться за допомогою хімічних розчинників, потім ці місця насухо витираються ганчіркою. Згинання арматурної сталі виконується на згинальних верстатах або вручну. Виготовлення арматурних сіток проводиться на автоматичній зварювальній машині або зварюванням перехрещень в шаховому порядку в середовищі CO₂.

Складання арматурних секцій

Арматурні каркаси складаються на плоских стендах в наступній послідовності:

- розмітка стенду з нанесенням контуру і положення закладних з внутрішньої сторони;
- установка прокладок межсіточної відстані;
- укладання сіток;
- вирізка вікон для закладних деталей з зовнішньої (зворотної) сторони;
- установка опалубки по вирізам і штраба;
- установка виступаючих вгору випусків і закладних деталей;
- закладні деталі в каркаси ребер встановлюються перед установкою каркасів в бетоноформовочні стенди.

Готові сітки і каркаси маркуються і подаються на формувальну ділянку [125, 126].

Підготовка арматурних секцій до бетонування і бетонування

Координати розташування арматурних секцій визначаються по контрольних і базових ліній, нанесеним на стенд. Секції формуються зовнішнім контуром до стенду.

При підготовці під бетонування секцій проводиться очищення та продування повітрям поверхні стенду. Потім на стенді розмічаються базові та контурні лінії. Робоча частина стенду і опалубка змащуються універсальним мастилом підігрітим до 45-50° в будь-який час року для зменшення зчеплення зі стендом. Після цього встановлюються фіксатори захисного шару, контурна опалубка, укладається об'ємна секція на стенд в контурну опалубку.

Бетонна суміш до формувальних стендів подається в віброємностях, проводиться укладання та загладжування бетону під рейку, ущільнення виконується глибинними і плоскими вібраторами. Потім проводиться термічна обробка бетону (в холодну пору року при температурі повітря нижче + 8° С). Міцність бетону повинна бути не менше 75% від марочної. Після виконання демонтажу опалубки знімання секцій зі стенду здійснюється краном відповідної вантажопідйомності з використанням траверс, що забезпечують рівномірний підйом з усього майданчика. Зачеплення тросів повинно виконуватись за всі рими на секції. Відрив секцій від стенду, бетонованих ребрами вниз, здійснюється за допомогою пневмовиштовхувачів.

Після зняття контурної опалубки секція подається на майданчик для складування. Перед подачею секцій на стапельні складання всі торці секцій, які стикаються, піддаються механічній обробці (насічці) відповідно до вимог галузевої документації. Складування плоских і об'ємних секцій проводиться на інвентарних прокладках з кроком 1 м. Товщина прокладок повинна бути більше висоти виступаючих частин, але не менше 25 мм.

Формування понтона

Перед формуванням понтона необхідно перевірити стан стапельної основи щодо горизонтальній площини з нанесенням базових і контрольних ліній на корінних лісах. Спочатку на стапелі виставляються і омоноличуються секції

днищової плити, а потім виконується укладання, установка та розкріплення секцій. При необхідності виконується повторна обробка кромek секцій шляхом насічки бетону механічним способом (пневмоінструментом). Виконується армування і зварювання арматури стиків та монтаж опалубки стиків омоноличування. Після цього бетонуються стики та проводиться ущільнення бетону глибинними вібраторами і вібрацією опалубки. Монтаж вертикальних збірних елементів (борта і перебірки) на днище виконується після набору міцності бетону монтажних стиків днища 21 МПа (210 кг/см²) або ж до бетонування стиків з метою запобігання утворенню тріщин або порушення контакту арматури з бетоном. Монтаж секцій при формуванні понтона проводиться від міделя в ніс і корму, від зовнішніх бортів до ДП. Насамперед на днищову плиту виставляються і розкріплюються секції поперечних і поздовжніх перебірок, секції внутрішнього борту та зовнішнього борту. До установки секцій стапель-палуби проводиться завантаження устаткування і монтаж трубопроводів баластної системи.

В удосконаленій конструкції поперечні перебірки між внутрішніми бортами встановлюються через 4 шпациї, тобто через 3 метри, у порівнянні з традиційною конструкцією, в якій перегородки встановлюються через 1,5 метри Конструкція композитного безнаборного понтона доку показана на рис. 4.4, 4.5.

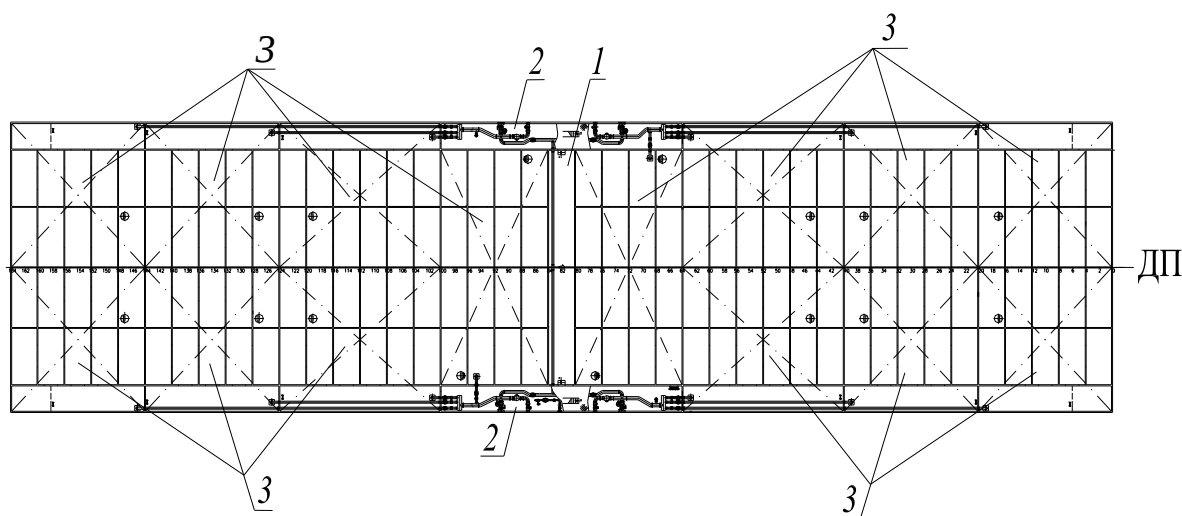


Рисунок 4.4 – Конструкція залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору, де 1 – тунель, 2 – сухі відсіки, 3 – баластні відсіки.

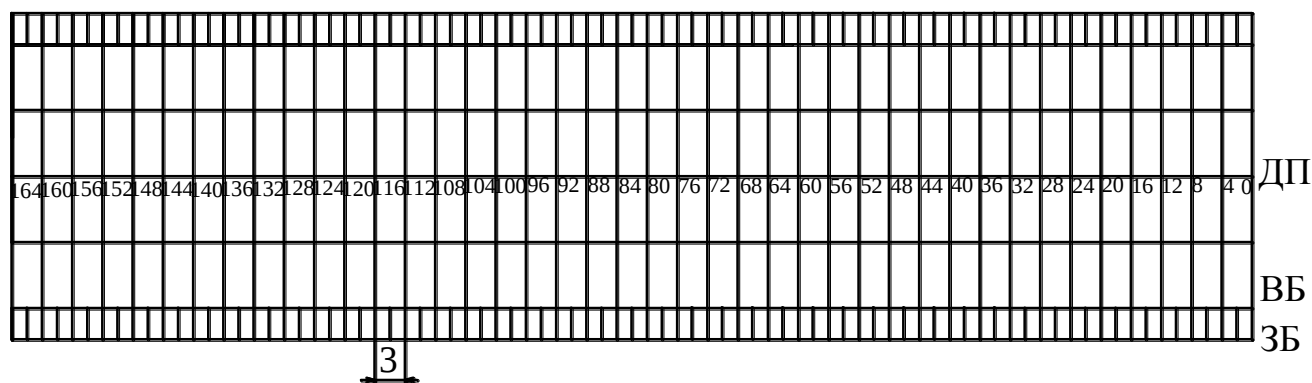


Рисунок 4.5 Конструкція залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору (розташування набору)

Монтаж трубопроводів і механізмів виконується відповідно до ОСТ5.9810-80 «Системи суднові і системи суднових енергетичних установок. Основні положення технології виготовлення і монтажу трубопроводів. Технічні вимоги». Після цього проводиться армування і бетонування стиків палуби понтона [127, 128].

Виготовлення та монтаж секцій металевих башт доку

Правку, очищення та первинну ґрунтовку проходить листовий прокат завтовшки більше 3 мм і профільна сталь довжиною понад 8 м. Плоскі секції палуб, перегородок, платформ, вигоронок башт виготовляються в цеху металоконструкцій.

Складання і зварювання об'ємних секцій проводиться на складально-зварювальних стендах, розташованих на заводі. Доставка плоских секцій на ділянку складання об'ємних секцій здійснюється внутрішньозаводським транспортом на трейлері або комплексним перевезенням.

Складання секцій в обсяг виконується на внутрішньому борту (допускається збирання на топ-палубі). Складання секцій проводиться відповідно до технічних вимог ОСТ5.9324-89 «Комплексна система контролю якості. Корпуси металевих суден. Точність виготовлення вузлів і секцій. Технічні вимоги». До монтажу на штатне місце в об'ємних секціях встановлюється корпусне насичення, фундаменти, платформи, підкріплення під

обладнання і проводиться випробування на непроникність внутрішньосекційних з'єднань і зварних швів.

Монтаж секцій башт на понтон, допускається тільки після бетонування і досягнення міцності стиків заставних вузлів з'єднання башт з понтоном, а також всіх стиків зовнішнього і внутрішнього борту не менше 21 МПа (210 кг/см^2) на відстані не менше 6 шпаціями в ніс і корму від решт встановлюються секцій. Формування башт виконується в наступній послідовності: завантаження секцій, прикреслювання і прирізка по стиках і пазах, а також кріплення на гребінках по пазах і прихватках по стиках секцій.

Великогабаритні механізми, цистерни і т. п. завантажуються на штатні місця в міру формування корпусу доку через технологічні вирізи або з торців об'ємних секцій. Складання монтажних стиків під зварювання між об'ємними секціями башт виконується на гребінках з прихватками, а пазів тільки на гребінках, що сприяють вільному зміщенню секцій при зварюванні стику. Першим зварюється (з повним проваром) вертикальний стик і тільки після цього горизонтальний.

При установці і стикування секцій між собою повинна бути забезпечена система контролю за точністю стикування по висоті і горизонталі. Після монтажу башт на топ-палубі правої і лівої башт встановлюються тамбура і рубки. Остаточний монтаж механізмів, пристроїв і трубопроводів виконується після закінчення складально-зварювальних робіт по корпусу доку, фундаментів і підкріпленням в районі їх штатної установки.

Ізоляцію поверхонь доку і зашиття поверхонь службових приміщень, фарбування поверхонь передбачається виконувати до виведення доку з док-камери. Добудовні роботи можуть проводитися на плаву. Перехідний місток встановлюється в кормовій частині доку (80шп) на рівні топ-палуби правої і лівої башт, роботи проводяться в док-камері. На топ-палубах обох башт передбачені колії для можливості встановлення докового порталного крана. До початку виробництва монтажу на топ-палубі башт рейкових шляхів,

необхідно здати ВТК конструктивність топ-палуби доку. Обсяг випробувань визначається програмою приймально-здавальних випробувань.

Підготовка конструкцій до укладання бетону в стиках омоноличування та їх бетонування

Перед установкою опалубки арматура стику очищується від бруду, масел, фарби, іржі, що відпадає при ударі. Кромки секцій всіх елементів понтона і весь бетон конструкцій, що потрапляють в стик, повинні бути звільнені від цементної плівки шляхом насічки пневмоінструментом.

Після очищення стиків та установки всіх закладних конструкцій проводиться установка деревометалевої опалубки, яка повинна відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати правильність форми та розмірів бетонованого стику;
- мати достатню міцність і твердість;
- не допускати витікання цементного молока при ущільненні бетонної суміші;
- вільно розбиратися з мінімальними пошкодженнями.

При установці опалубки нещільність прилягання щитів до бетону, а також в місцях сполучення щитів не повинна перевищувати 2 мм. Нещільності необхідно законопатити, для забезпечення непроникності «цементного молока» по кромках опалубки. У всіх випадках бетон міжсекційних з'єднань повинен мати міцність, водонепроникність і морозостійкість не менше необхідної для бетону сполучних елементів понтона. Укладання бетону в форми проводити не пізніше 45 хвилин після його виготовлення (в літній період). Укладання бетону в вертикальні стики повинна проводитися на всю висоту стику.

Після укладання бетону виробляють його ущільнення шляхом вібрації з допомоги пневмовібраторів. Перерви при укладанні бетону в одну конструкцію не повинні перевищувати 1 годину при температурі зовнішнього повітря 25°C, в інших випадках не більше 2-х годин. При більш тривалих перервах бетонування повинно бути припинено і відновлено після закінчення твердіння бетону і насічки (поновлення) штраби. Розпакування стиків виробляти після

досягнення бетоном вертикальних стиків 35% і горизонтальних 50% проектної міцності.

Усунення дефектів має здійснюватись за допомогою повного видалення всього нетривкого бетону і наступним закладенням дефектного місця бетоном такої ж якості, який вживається для бетонування міжсекційних з'єднань. Дефекти у вигляді тріщин або невеликих отворів повинні бути попередньо оброблені по кромках на всю величину, достатню для якісного заповнення їх бетоном на всю глибину.

Послідовність операцій ТП побудови залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору наведено на рис. 4.5.

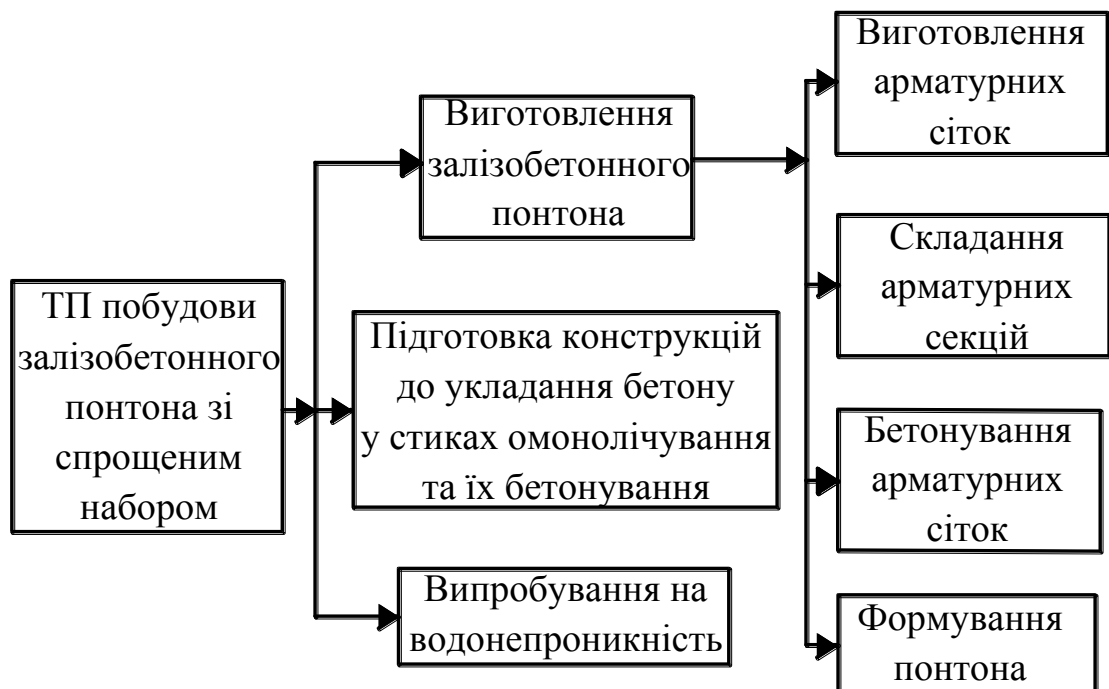


Рисунок 4.5 – Послідовність операцій технологічного процесу побудови залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору

В результаті впровадження удосконаленої технології побудови залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору, витрати бетону скорочуються на 8 %, електроенергія на 4 %, вода на 4 % і персонал на 6 %. Тривалість виробничого процесу скорочується за рахунок скорочення етапів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

4.3 Розробка удосконалених конструктивно-технологічних схем для антикорозійного захисту баластних систем плавучих доків

Баластні відсіки плавучих споруд мають великі поверхні металоконструкцій, що вимагають значних трудовитрат на відновлення їх працездатності протягом всього періоду експлуатації. Застосування антикорозійних лакофарбових покриттів потребує великої трудомісткості, через важкодоступність баластних відсіків. Протекторний захист в баластних відсіках неефективний в період, коли танк не заповнений баластом, в танках, де час баластування менше 20% і в тих випадках, коли баластні води мають солоність нижче 12%. Під час баластування танка морською водою протектори починають працювати тільки після руйнування пасивуючих шарів [129, 130]. У зв'язку з цим, проблема захисту поверхонь баластних відсіків в комплексі заходів щодо захисту корпусу від корозії займає особливе місце.

Рішення проблеми захисту металоконструкцій баластних відсіків від корозії може бути досягнуто шляхом застосування плаваючих шарів водонерозчинних інгібіторів [131, 132]. Відомо, що плівка продуктів корозії, яка починає формуватися на поверхні металу безпосередньо в момент його контакту з корозійно-агресивним середовищем, часто має певні захисні властивості і призводить до помітного зниження швидкості корозії, особливо на початковому етапі експонування. У разі пригнічення корозії сповільнювач адсорбується на плівці продуктів корозії, формуючи при цьому бар'єрний шар [133, 134]. В даний час для отримання інгібіторів все частіше використовують напівпродукти і відходи різних виробництв. У зв'язку з цим перспективним є використання продуктів нафтохімії, включаючи напівпродукти і відходи нафтохімічних виробництв для створення нових високоефективних і відносно недорогих інгібіторів корозії [135, 136].

Основною проблемою для плаваючих доків при застосуванні плавучих інгібіторів, а також мастик, що наносяться «флотаційним» способом, є неприпустимість викиду розчинів за борт [137, 138]. При розробці конструкції відсіку передбачається поділ (рис. 4.6) платформою з відсічним пристроєм на

дві зони: верхню зону металоконструкцій і нижню зону залізобетонних конструкцій, які пов'язані між собою відсічним пристроєм, а також з атмосферою – повітряними трубами.

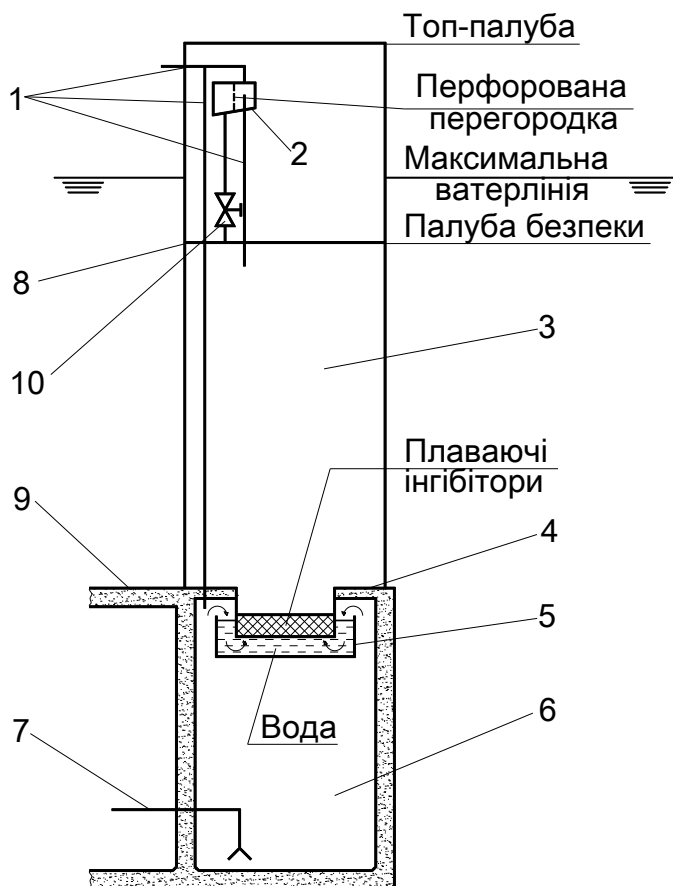


Рисунок 4.6 – Схема баластного відсіку з відсічним пристроєм,

де 1 – повітряна труба, 2 – розширювальна цистерна $V = 1,5 \text{ м}^3$,
 3 – верхня зона металоконструкцій баластного відсіку, 4 – платформа,
 5 – відсікач, 6 – нижня зона залізобетонних конструкцій баластного відсіку,
 7 – приймач баластної системи. 8 – палуба безпеки, 9 – стапель палуби,
 10 – клапан прохідний запірний

Вимоги до конструкції баластного відсіку [139]:

1. Баластний відсік повинен бути розділений на дві зони платформою з відсічним пристроєм:

- зона залізобетонних конструкцій відсіку – 6;
- зона металоконструкцій відсіку – 3.

2. При нанесенні захисних покриттів повинен бути забезпечений дифферент доку в межах 2...3 градуса.

3. При нанесенні покриттів необхідно виключити утворення повітряних подушок як у верхній так і в нижній зонах.

4. Повинне бути забезпечене виключення викиду покриттів через повітряні труби (рис. 4.7).

5. Повинне бути виключене попадання покриттів у зону залізобетонних конструкцій.

6. У верхній зоні під палубою безпеки повинне бути передбачена достатня кількість голубниць, що виключають утворення повітряних «подушок».

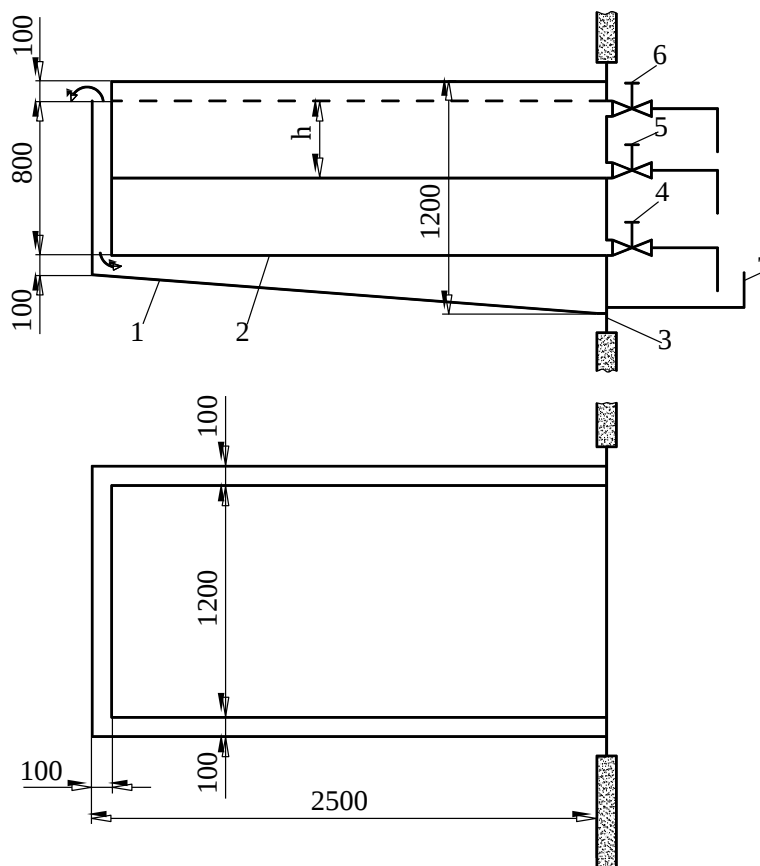


Рисунок 4.7 – Конструкція відсічного пристрою,

де 1– піддон; 2 – ємність пристрою; 3 – заставний лист 1400×1400×20;
4 – клапан прохідний запірний Ду 50; 5 – клапан прохідний запірний Ду 40;
6 – клапан прохідний запірний Ду 40–контрольний; 7 – піддон.

Клапан 5 служить для подачі покриттів у відсічний пристрій, а також для контролю залишку інгібітору. Клапан 4 призначений для попередньої подачі води у відсічний пристрій, а також для її видалення після нанесення покриттів і в зимову пору року, коли можливе обмерзання відсічного пристрою. Клапан 6 служить для контролю верхнього граничного рівня покриттів.

Схема розташування баластних відсіків, що мають металеві конструкції покана на рис. 4.8.

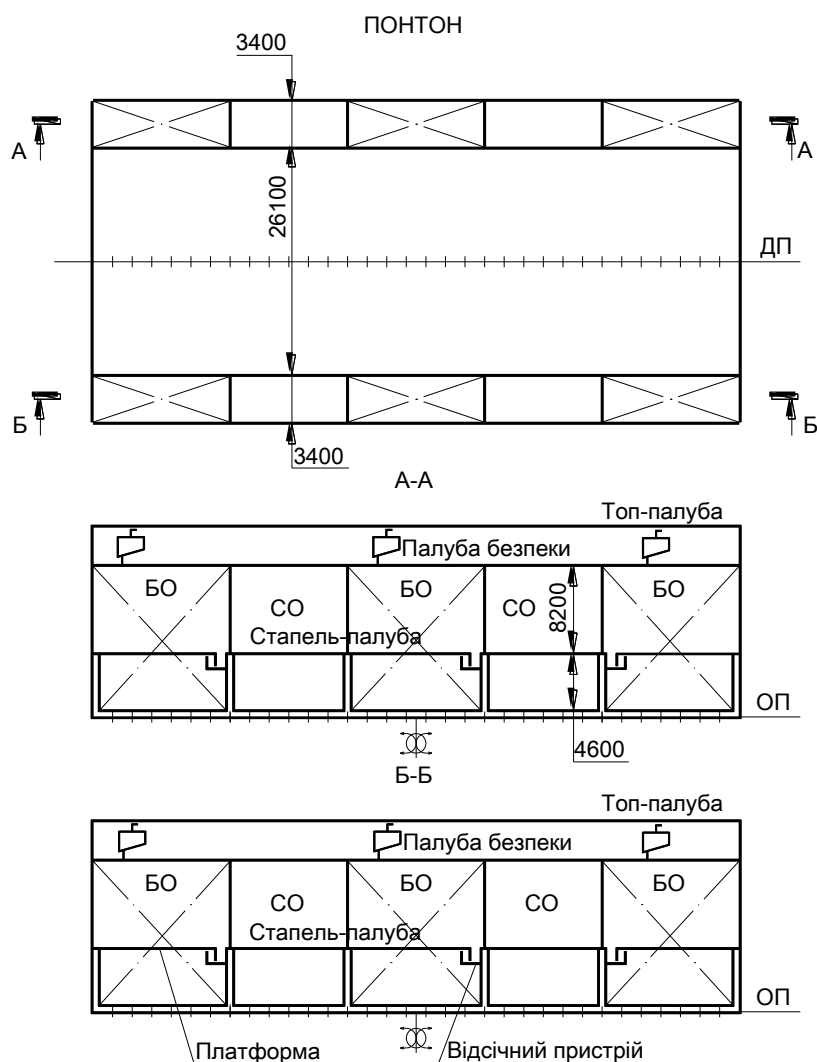


Рисунок 4.8 – Схема розташування баластних відсіків на доку

На повітряній трубі верхньої зони металоконструкцій слід розмістити розширювальну цистерну з перфорованим листом для запобігання викиду покриттів в акваторію доку через повітряну трубу.

При зануренні доку через баластну систему проводиться заповнення нижньої зони залізобетонних конструкцій. У момент досягнення верхньої

крайки піддона відсікача починається заповнення баластом верхньої зони металоконструкцій і плаваючий шар інгібірованого мастила піднімається разом з рівнем баласту (рис. 4.9).

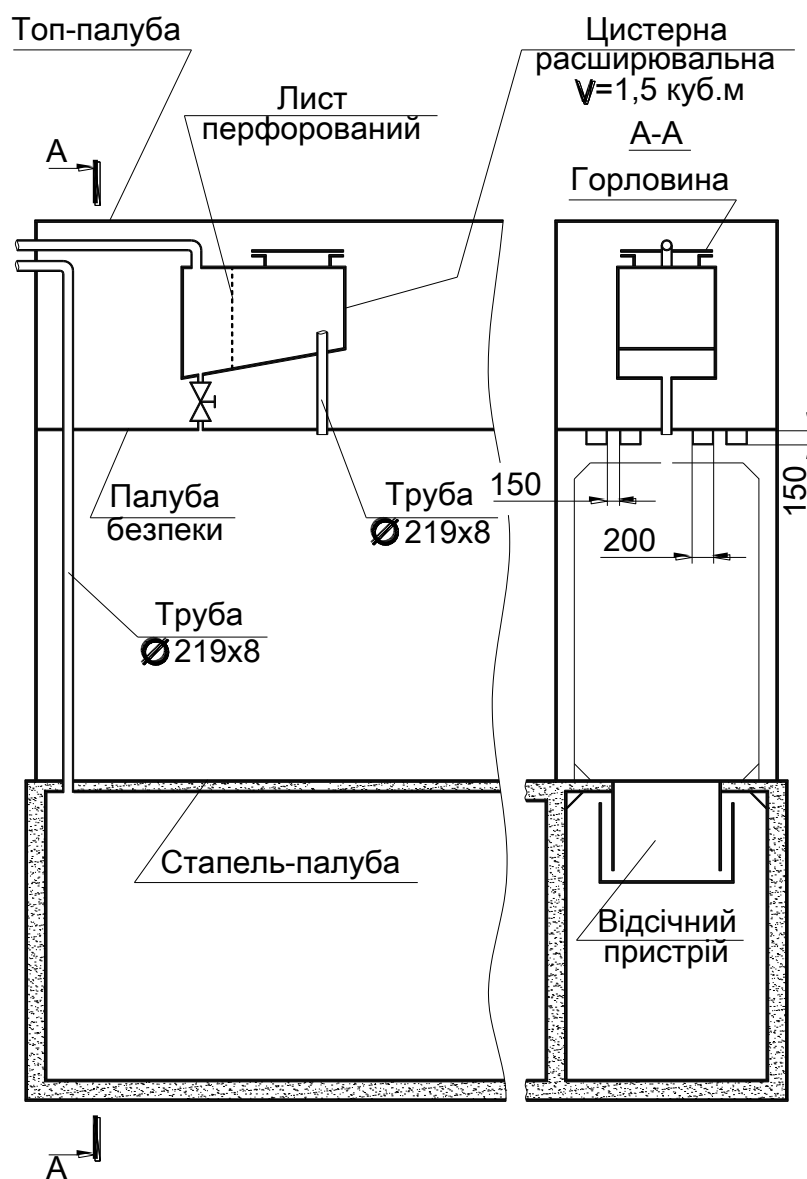


Рисунок 4.9 – Баластний відсік доку, пристосований для нанесення водонерозчинних інгібіторів

Покриття методом «флотації» необхідно проводити при температурі води не нижче 15°C. В'язкість покриття повинна забезпечити плавне його розтікання по всій поверхні. З метою запобігання появлі емульсії швидкість підйому води повинна бути мінімальною. При спливанні доку проводиться відкачка баласту через баластну систему. У міру видалення баласт самопливом перетікає з верхньої зони в нижню через відсікач. При цьому плаваючий шар

інгібірованого мастила, частково відкладаючись на металевих поверхнях відсіку, утворює суцільну захисну плівку.

Для готування, завантаження й видалення покриттів, що залишилися, доцільно виготовити спеціальний переносний стенд (рис. 4.10).

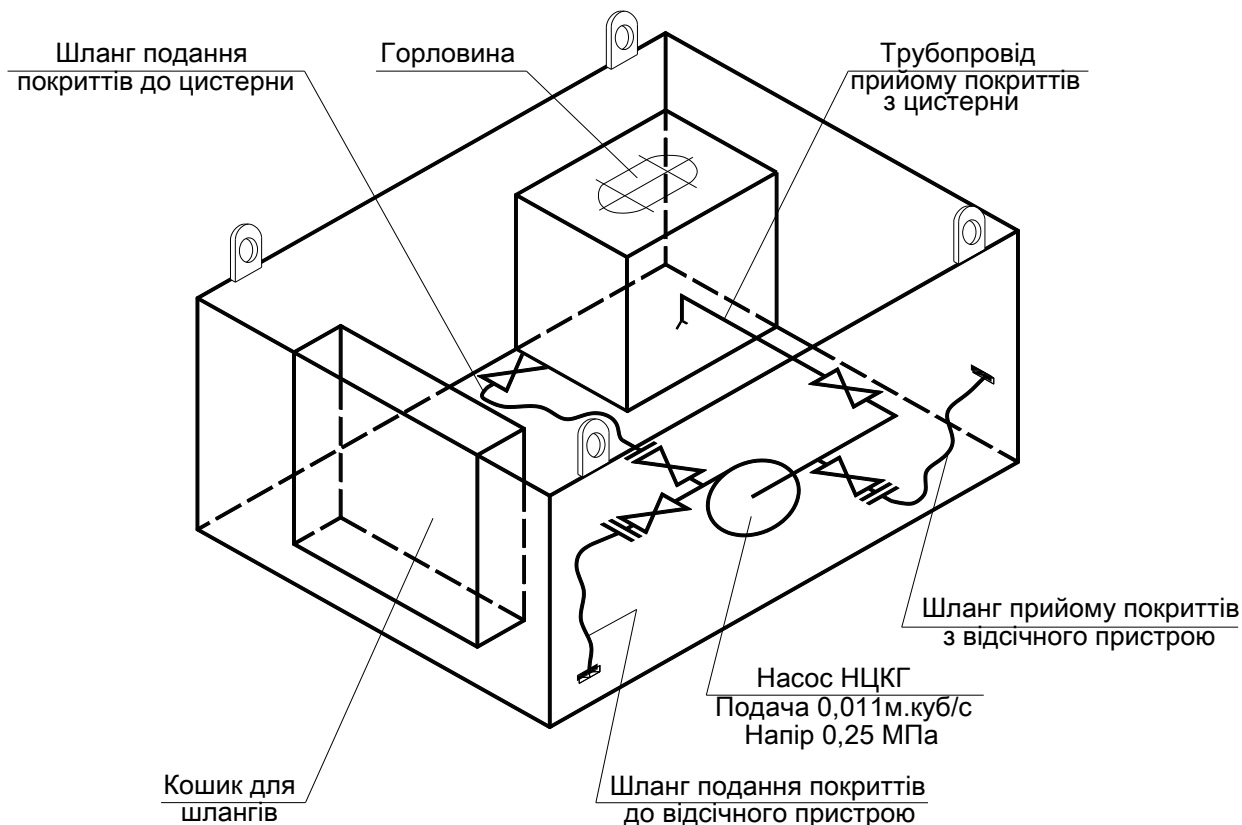


Рисунок 4.10 – Переносний стенд

На переносному стенді встановлені:

- цистерна ємністю $V = 2,0 \text{ м}^3$;
- насос;
- обухи для стропування й переміщення стенда за допомогою крана;
- трубопроводи для приймання й подачі покриттів насосом;
- шланги для приєднання стенда до трубопроводів відсічного пристрою;
- на цистерні горловина для огляду внутрішніх поверхонь цистерни;
- щиток манометровий для контролю роботи насоса;
- комінгс висотою 150 мм від протоки покриттів;
- днище стенда (з комінгсом піддона) від протоки покриттів.

Система приймання й видалення залишків покриттів відсічного пристрою показана на рис. 4.11.

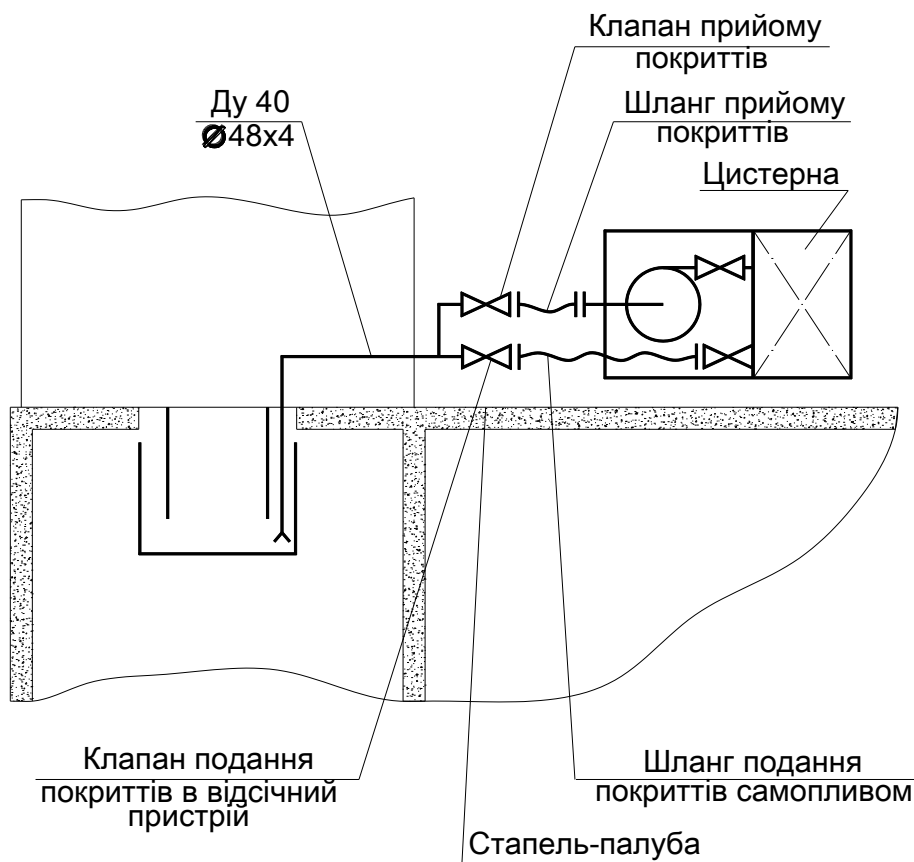


Рисунок 4.11 – Схема установки переносного станда

При завантаженні покриттів у відсічний пристрій необхідно:

- попередньо відсічний пристрій залити водою, щоб виключити попадання захисних покриттів у нижню зону;
- приєднати шланг подачі покриттів самопливом;
- відкрити клапан подачі покриттів самопливом;
- після завантаження покриттів клапан закрити й зняти шланг.

При видаленні залишків покриттів з відсічного пристрою необхідно:

- приєднати шланг приймання покриттів;
- відкрити клапан приймання покриттів;
- включити насос;
- після видалення покриттів насос виключити, клапан закрити й зняти шланг.

Система підігріву відсічного пристрою

При проведенні докових операцій у зимовий час при температурі повітря нижче 0°C , вода, що перебуває у відсічному пристрої, може замерзнути й пристрій виявиться непрацездатним. Для виключення замерзання баласту у відсічному пристрої необхідно передбачити обігрів від господарського паропроводу доку (рис. 4.12).

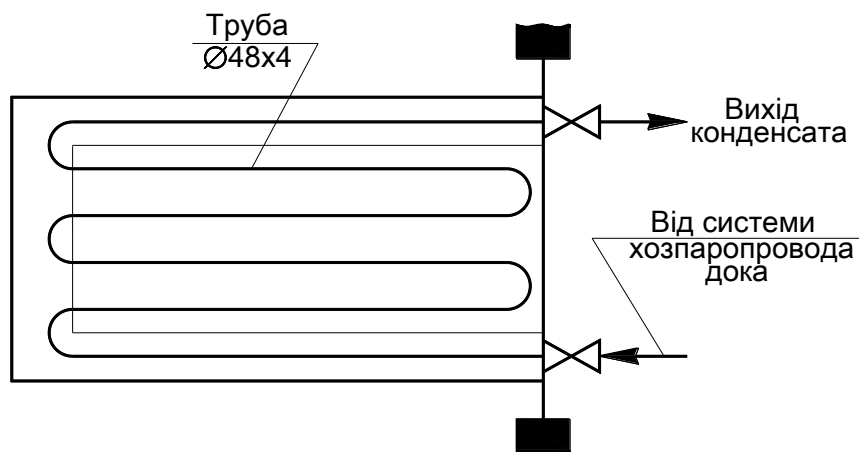


Рисунок 4.12 – Система підігріву відсічного пристрою

Вимоги техніки безпеки при нанесенні захисних покриттів методом «флотації» на доку

Необхідно строго дотримувати правила техніки безпеки й пожежної безпеки:

- при готуванні состава покриттів;
- при завантаженні покриттів у переносний пристрій;
- при завантаженні покриттів у відсічний пристрій баластного відсіку;
- при видаленні залишків покриттів з відсічного пристрою баластного відсіку;
- при переміщенні переносних пристроїв.

Слід також строго дотримуватися правил техніки безпеки й пожежної безпеки при:

- огляді баластних відсіків перед нанесенням покриттів методом «флотації»;
- огляді баластних відсіків після нанесення покриттів;

– чергових оглядах баластних відсіків для визначення стану металевих конструкцій.

Для усунення викиду інгібіторів при зануренні і спливанні доку вдаються до різних конструктивних рішень. Наприклад, повітряні труби центральних баластних відсіків виводять в бортові баластні відсіки башт.

Для досягнення повного очищення від залишків покриття, перед завантаженням покриття проводять очищення внутрішніх поверхонь цистерни чистого баласту від залишків баластної води, бруду і продуктів корозії, які обсіпалися. Після очищення, судну надають дифферент в корму на 1-2° і в цистерну подають необхідну кількість приготованого покриття.

Конструкція містить переносну цистерну приготування і подачі плаваючих інгібіторів 1, яка за допомогою переносного шланга 2 підключається до трубопроводу 3. В кінці трубопроводу встановлений колектор 4 з патрубком 5, через який покриття надходить в цистерну чистого баласту наливного судна 12. Системи для застосування плавучих інгібіторів «флотаційним» методом суден показані на рис. 4.13.

Відведення залишків покриттів проводиться по повітряній трубі 6 і по переносному шлангу 10 в переносну цистерну збору залишків покриттів 7. Виведення забрудненої води з баластної цистерни наливної судна виконується у відстійну цистерну 9 через трубопровід 8.

Для цього цистерна чистого баласту забезпечується:

- переносною цистерною 1 для приготування та подачі потрібної кількості покриттів, яка приєднується за допомогою переносного шланга 2 до трубопроводу прийому покриттів 3;
- в кінці трубопроводу 3 встановлений колектор прямокутного перетину 4 з патрубком 5, через які покриття рівномірно надходить в цистерну чистого баласту;
- на повітряній трубі 6 встановлені переносна цистерна 7 збору залишків покриттів, а також трубопровід 8 відводу води з цистерни чистого баласту в відстійну цистерну 9.

Цистерна 7 з'єднується з повітряною трубою 6 переносним шлангом 10.

У міру заповнення цистерни чистого баласту, доцільно чистою прісною водою, вона подається в нижню частину цистерни при мінімальній швидкості підйому плаваючого шару інгібованого покриття, яке піднімається разом з баластом. Викид інгібованого масла за борт через повітряну трубу, викликаний гідравлічним ударом, який утворюється в момент заповнення баластом всього обсягу, запобігається цистерною збору залишків покриттів і захисним перфорованим листом 11.

Відкачування баласту проводиться з нижньої частини цистерни чистого баласту. У міру підйому баласту плавучий шар інгібованого покриття частково відкладається на металевих поверхнях цистерни, утворюючи суцільну захисну плівку, запобігаючи доступ до металу.

4.4 Визначення техніко-економічного ефекту конструкторсько-технологічних рішень удосконалення плавучого композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні

З метою уніфікації насичення доків системами і обладнанням прийнято ідентичним, при цьому розглядаються тільки ті показники, які в значній мірі впливають на собівартість їх будівництва і експлуатації. До таких показників відносяться: при побудові – витрати на сировину і матеріали; трудомісткість побудови; капітальні вкладення в виробничі фонди [141].

При розрахунку матеріальних витрат на побудову корпусів композитного доку традиційної конструкції та композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні прийняті середньостатистичні витрати на виготовлення 1 тонни суднової металоконструкції [142]:

- зварювальні матеріали: для сталевого прокату – 5%, для арматурної сталі – 2%;
- технологічні гази: вуглекислота – 10% (для сталевого прокату), – 2% (для арматури);
- кисень: – 3,6% (для сталевого прокату), – 1,75% (для арматури);

– пропан-бутан: – 0,9% (для сталевих прокатів), – 0,67% (для арматури).

Порівняльний розрахунок техніко-економічної ефективності побудови композитного плавучого доку «традиційної конструкції» та композитного плавучого доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні доку виконується за методикою [1].

Економічний ефект $E_{\text{п}}$, що одержується при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні визначається за формулою

$$E_{\text{п}} = C_u^{\text{к}} - (C_j^{\text{зм}} \Delta K),$$

де $C_u^{\text{к}}$ – собівартість побудови традиційної конструкції композитного доку, тис. грн.;

$C_j^{\text{зм}}$ – собівартість побудови композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, тис. грн.;

ΔK – приріст капіталовкладень у виробничі фонди при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні.

Собівартість побудови композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $C_j^{\text{зк}}$ визначається за формулою

$$C_j^{\text{зк}} = \Sigma Z_u + \Sigma Z_j,$$

де ΣZ_u – статті калькуляції, що залишилися незмінними при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, тис. грн.;

ΣZ_j – статті калькуляції, що змінюються при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, тис. грн.;

Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту

Показники	Позначення	Всього
Трудомісткість побудови композитного доку, тис. нормо-год.	T_u	710
Трудомісткість побудови композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні доку, тис. нормо-год.	T_j	640

Продовження таблиці 4.1

Показники	Позначення	Всього
Вартість 1 нормо-години, грн.	N	6,5
Відсоток відношення затрат на додаткову заробітну плату до основної заробітної плати, %	$Q_{доzn}$	30,0
Відсоток відношення витрат за статтею «Нарахування на заробітну плату» до витрат на основну та додаткову заробітну плату, %	$Q_{соц}$	39,5
Відсоток відношення загально-виробничих витрат до основної заробітної плати, %	$Q_{зо}$	120,0
Відсоток відношення адміністративних витрат і витрат на збут, %	$Q_{ад.сб.}$	150,0

Розрахунок окремих статей витрат що змінюються:

Витрати на матеріали при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $Z_j^{зк}$ визначаються за формулою

$$Z_j^{зк} = \sum Z_k^{зк},$$

де $Z_k^{зк}$ – матеріальні витрати на побудову композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, тис. грн.

Співвідношення листового і профільного прокату прийнято на основі даних про матеріальні витрати на існуючих доках – 55% і 45% відповідно.

Витрати на основну заробітну плату при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $Z_j^{озп}$ визначаються за формулою

$$Z_j^{озп} = T_j \cdot N,$$

де T_j – трудомісткість побудови композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, нормо-година; N – вартість 1 нормо-години, грн.

Витрати на додаткову заробітну плату при будівництві композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $Z_j^{доzn}$ визначаються за формулою

$$Z_j^{доzn} = Z_j^{озп} \cdot Q_{доzn},$$

де $Q_{доzn}$ – відношення витрат на додаткову заробітну плату до основної заробітної плати, %.

Витрати за статтею «Нарахування на заробітну плату» при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $3_j^{coц}$ визначаються за формулою

$$3_j^{coц} = (3_j^{ozn} + 3_j^{доzn}) \cdot Q_{coц},$$

де $Q_{coц}$ – відношення витрат за статтею «Нарахування на заробітну плату» до основної та додаткової заробітної плати, %.

Загальновиробничі витрати при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні 3_j^{36} визначаються за формулою

$$3_j^{36} = 3_j^{ozn} \cdot Q_{36},$$

де Q_{36} – відношення загальновиробничих витрат до основної заробітної плати, %.

Адміністративні витрати і витрати на збут $3_j^{ад.зб.}$ при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні визначаються за формулою

$$3_{jad.зб.} = 3_j^{ozn} \cdot Q_{ад.зб.},$$

де $Q_{ад.зб.}$ – відношення адміністративних витрат і витрат на збут до основної заробітної плати, %.

При розрахунку матеріальних витрат на будівництво корпусів композитного доку і композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні доку прийняті середньостатистичні витрати на виготовлення 1 тонни суднової металоконструкції:

– зварювальні матеріали: для сталевого прокату – 5%, для арматурної сталі – 2%;

– технологічні гази: вуглекислота – 10% (для сталевого прокату), – 2% (для арматури); кисень – 3,6% (для сталевого прокату), – 1,75% (для арматури); пропан-бутан – 0,9% (для сталевого прокату), – 0,67% (для арматури).

В результаті впровадження удосконаленої технології побудови залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору, витрати бетону

скорочуються на 8 %, електроенергія на 4 %, вода на 4 % і персонал на 6 %. Тривалість виробничого процесу скорочується за рахунок скорочення етапів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, матеріалоємність побудови понтона знижується на 12 %, собівартість його побудови до 4% та трудомісткість на 7%.

Висновки з розділу 4

1. Виконано **удосконалення** конструкції залізобетонного понтона композитного плавучого доку зі зменшеною кількістю набору на основі результатів розрахунку міцності залізобетонних конструкцій, що дало змогу встановлювати поперечні перегородки між внутрішніми бортами на вдвічі більшій відстані ніж за схемою, яка використовується на виробництві. В результаті зменшено матеріалоємність конструкцій понтонів на 12%.

2. На основі запропонованої конструкції залізобетонного понтона плавучого композитного доку **удосконалена** технологія його побудови за рахунок зміни конструкції оснащення стапелю, що дає змогу раціоналізувати виготовлення понтона і забезпечити зниження трудомісткості технологічного процесу його формування, а також полегшити умови праці, скоротити транспортні операції з перевезення великогабаритних щитів і одночасно значно скоротити витрати матеріалів, що дає змогу знизити трудомісткість його побудови на 7 %.

3. **Удосконалено** конструктивно-технологічні схеми для антикорозійного захисту баластних систем плавучих доків методом «флотації», що дає змогу зменшити трудовитратні роботи під час ремонту на 16%, а також виключити трудомісткі роботи по відновленню захисних покриттів у важкодоступних відсіках, що також дає змогу знизити трудомісткість загальноремонтних робіт на 9%.

4. Виконано визначення техніко-економічного ефекту конструкторсько-технологічних рішень удосконалення плавучого композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні. В результаті впровадження

удосконаленої технології побудови залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору, витрати бетону скорочуються на 8 %, електроенергія на 4 %, вода на 4 % і персонал на 6 %. Тривалість виробничого процесу скорочується за рахунок скорочення етапів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

У розділі представлені результати розв'язку задачі 4 та 5 дисертаційного дослідження. Основні наукові результати розділу опубліковані у працях автора [115, 116, 118, 122, 138, 141].

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі розв'язано актуальне науково-прикладне завдання удосконалення конструкції та технології побудови залізобетонного понтона плавучих композитних доків. На підставі отриманих результатів основні висновки полягають у наступному:

1. **Вперше** досліджено розподіл стиснутих та розтягнутих зон залізобетонної плити понтона плавучого композитного доку зі зменшеною кількістю набору при різних значеннях товщини і відносин довжин сторін на основі числового моделювання. В результаті виявлено, що розподіл областей стиснутих і розтягнутих зон для пластин не залежить від товщини при відхиленнях в межах 25% від референтного значення 160 мм, і визначені раціональні розміри плити – довжиною 7 м та шириною 3 м.

2. **Удосконалено** схему розрахунку стапель-палуби і днища залізобетонного понтона доку зі зменшеною кількістю набору плавучого композитного для випадків повного занурення понтона на тихій воді без урахування можливих динамічних навантажень, яка враховує роботу арматури у взаємно перпендикулярних напрямках, що дало змогу точно оцінити напружено-деформований стан залізобетонних плит понтона зі зменшеною кількістю набору. Результати досліджених зведених напружень в плитах стапель-палуби залізобетонного понтона доку підйомної силою показали, що фактичні коефіцієнти запасу при зменшеній кількості набору задовольняють вимогам міцності. При максимальному завантаженні зведені напруження по Мізесу в арматурі не перевищують 120 МПа при максимумі нормальних напружень ~ 100 МПа в поперечному напрямку, що відповідає коефіцієнту запасу 3,82 для використаної арматури палубних пластин. В повздовжньому напрямку арматура також недовантажена, особливо в стиснутій області. Відношення границі плинності сталеві арматури класу А-III до максимальних зведених напружень плит днища становить не менш ніж 3,25.

3. **Удосконалено** конструкцію залізобетонного понтона композитного плавучого доку зі зменшеною кількістю набору на основі результатів

розрахунку міцності залізобетонних конструкцій, що дало змогу встановлювати поперечні перегородки між внутрішніми бортами на вдвічі більшій відстані ніж за схемою, яка використовується на виробництві. В результаті зменшено матеріалоемність конструкцій понтонів на 12%.

4. **Удосконалено** технологію побудови залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору за рахунок зміни конструкції оснащення стапелю, що дає змогу раціоналізувати виготовлення понтона і забезпечити зниження трудомісткості технологічного процесу його формування, а також полегшити умови праці, скоротити транспортні операції з перевезення великогабаритних щитів і одночасно значно скоротити витрати матеріалів, що дає змогу знизити трудомісткість його побудови на 7 %.

5. **Удосконалено** конструктивно-технологічні схеми для антикорозійного захисту баластних систем плавучих доків методом «флотації», що дає змогу зменшити трудовитратні роботи під час ремонту на 16%, а також виключити трудомісткі роботи по відновленню захисних покриттів у важкодоступних відсіках, що також дає змогу знизити трудомісткість загальноремонтних робіт на 9%.

6. **Отримало подальший розвиток** застосування методики скінченно-елементного розрахунку залізобетонного понтона композитного плавучого доку, яка забезпечує раціональне проектування конструкцій понтона зі зменшеною кількістю набору.

7. Результати проведених у роботі досліджень **впроваджені** в порядку дослідної експлуатації на Херсонському державному заводі «Палада» та Херсонській верфі Smart Maritime Group, використовуються в навчальному процесі, відповідно до навчальних планів освітніх ступенів бакалавра та магістра зі спеціальності 135 «Суднобудування» за освітньо-професійними програмами «Суднокорпусобудування» та «Судноремонт та технічне обслуговування флоту» у Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков : монография / А. С. Рашковский, Н. Г. Слуцкий, В. Н. Коннов и др. – Николаев : НУК, 2008. – 612 с.
2. Wang, C. M. Pontoon-Type Very Large Floating Structures / C. M. Wang, T. Utsunomiya // *Structural Engineer*. – 2007. – N 85. – P. 15–17.
3. Щедролосев, А. В. Анализ состояния строительства плавучих доков / А. В. Щедролосев, К. В. Кириченко // *Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy*. – 2018. – N 1. – P. 45–58.
4. Правила постройки корпусов судов и плавучих сооружений с применением железобетона. – К. : РСУ, 2007. – 120 с.
5. Мишутин, А. В. Железобетонные плавучие сооружения и перспективы их использования / А. В. Мишутин // *Вісн. ОДАБА*. – 2002. – № 6. – С. 181–187.
6. Слуцкий, Н. Г. Состояние и перспективы строительства композитных плавучих сооружений / Н. Г. Слуцкий // *Материалы международной научно-технической конференции «Безопасность мореплавания и ее обеспечение при проектировании и постройке судов»*. – Николаев, 2004. – С. 85–87.
7. Рашковский, А. С. Строительство композитных плавучих сооружений в Украине / А. С. Рашковский // *Успехи современного естествознания*. – 2007. – № 10. – С. 97–100.
8. Shchedrolosiev, O. Modern Ice-Retaining Devices for the Maintenance of Comfortable Working Conditions in Floating Docks / O. Shchedrolosiev, O. Uzlov, H. Konovalova, K. Kyrychenko // *Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування»*. – Херсон, 2018 – С. 240–243.
9. Заводовская, А. И. Ветрозащитные закрытия с гибкими фрагментами для плавучих доков / А. И. Заводовская, И. Б. Друзь, Л. В. Захарина. – Владивосток, Мор. гос. ун-т, 2012. – 87 с.
10. Shchedrolosiev, O. Devices for Maintenance Comfort Working Conditions in Floating Docks / O. Shchedrolosiev, O. Uzlov, H. Konovalova,

К. Kyrychenko // Shipbuilding and Marine Infrastructure. – 2018. – N 1. – P. 134–143.

11. Мишутин, А. В. Вплив комплексних добавок на водонепроникнення дрібнозернистих бетонів / А. В. Мишутин // Вісн. ОДАБА. – 2005. – № 20. – С. 273–278.

12. Щедролосоєв, О. В. Вплив пластифікуючих добавок на властивості бетону для будівництва композитних доків та гідротехнічних споруд / О. В. Щедролосоєв, К. В. Кириченко // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Транспорт: механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство». – Херсон, 2017. – С. 135–136.

13. Механизм изменения структуры строительных композитов в условиях переменной влажности / [В. Н. Выровой, В. С. Дорофеев, А. В. Мишутин и др.] // Вісн. ОДАБА. – 2008. – № 29, Ч. 2. – С. 54–63.

14. Roberts, M. B. A Proposed Empirical Corrosion Model for Reinforced Concrete / M. B. Roberts, C. Atkins, V. Hogg // Structural Building. I.C.E. – 2000. – N 140. – P. 1–11.

15. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С. Алексеев, Ф. Иванов, С. Модры, П. Шисль. – М. : Стройиздат, 1990. – 320 с.

16. Бондаренко, В. М. О влиянии коррозионных повреждений на диссипацию энергии при силовом деформировании бетона / В. М. Бондаренко // Бетон и железобетон. – 2009. – № 6. – С. 24–27.

17. Kyrychenko, K. Use of High-Performance Plasticizers to Provide Design and Operational Requirements for the Concrete Composition for the Construction of Floating Composite / К. Kyrychenko, О. Shchedrolosiev, О. Rashkovskyi // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2018. – № 1. – С. 19–27.

18. Рашковський, О. С. Оптимізація складу суднобудівного бетону із заданими експлуатаційними і технологічними властивостями / О. С. Рашковський, О. В. Щедролосоєв, К. В. Кириченко // Вісн. Нац. техн. ун-ту «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – 2017. – № 44. – С. 20–27.

19. Дворкін, Л. Й. Проектування складів бетонів : монографія / Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін. – Рівне : НУВГП, 2015. – 353 с.
20. Tian, X. Modeling Reinforcement Concrete Cracking Due to Corrosion with a Fracture Mechanics Approach / X. Tian, B. Martin-Perez. – Canada : University of Ottawa, 2006. – 127 p.
21. Cairns, J. Mechanical Properties of Corrosion-Damaged Reinforcemen / J. Cairns [et al.] // ACI Materials Journal. – 2005. – Vol. 102, N 4. – P. 256–264.
22. Ягупов, Б. К вопросу оценки несущей способности эксплуатируемых железобетонных конструкций, поврежденных коррозией / Б. А. Ягупов, Р. Е. Мигаль // Бетон и железобетон. – 2007. – №3. – С. 28–30.
23. Шехоркина, С. Е. Исследование долговечности железобетонных понтонов, эксплуатируемых на водных объектах Украины / С. Е. Шехоркина, И. Н. Матюшенко, Н. В. Савицкий // Вісн. ПДАБА. – 2013. – № 1–2. – С. 64–99.
24. Мишутин, А. В. Повышение надежности и долговечности бетона тонкостенных железобетонных конструкций, эксплуатируемых в морской среде / А. В. Мишутин // Сб. междунар. инженер. акад. – Одесса, 2003. – С. 76–79.
25. Щедролоєв, О. В. Впровадження у виробництво нових модифікованих суднобудівних бетонів при будівництві композитних доків та інших плавучих споруд / О. В. Щедролоєв, К. В. Кириченко, О. С. Воробйов, В. Ф. Маломан, В. М. Коннов, Г. П. Клебанов // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2017. – С. 35–37.
26. Maaddawy, T. E. Lond-Term Performance of Corrosion-Damaged Reinforced Concrete Beams / T. E. Maaddawy, K. Soudki, T. Topper // ACI Structural Journal. – 2005. – Vol. 102, N 5. – P. 649–656.
27. Кулеш, В. А. Разработка норм износа для плавучего дока с учетом эксплуатационных ограничений / В. А. Кулеш, Д. В. Немкин // Вестн. гос. ун-та мор. и реч. флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2016. – № 3. – С. 128–136.

28. Леонович, С. Н. Коррозия арматуры: общие подходы к расчету долговечности железобетонных конструкций / С. Н. Леонович // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Строительство и архитектура. – 2002. – № 1. – С. 38–43.
29. Голышев, А. Б. Сопротивление железобетона / А. Б. Голышев, В. И. Колчунов. – К. : Основа, 2009. – 432 с.
30. Линник, Е. В. Исследование напряженно-деформированного состояния постановки судна в стальной трехсекционный плавучий док / Е. В. Линник, С. В. Антоненко // Вологд. чтения. – 2008. – № 71. – С. 123–125.
31. Экспертиза прочности плавучего дока ПД-83М / [В. А. Кулеш, С. В. Каленчук, О. Э. Суров и др.] // Вологд. чтения. – 2008. – № 71. – С. 139–146.
32. Schlune, H. Bond of Corroded Reinforcement. Analytical Description of the Bond-Slip Response : masteris thesis : 2006:107 / H. Schlune ; Chalmers University of Technology. – Göteborg, Sweden, 2006. – 85 p.
33. Rots, J. G. Saw-Tooth Softening Model for Concrete Structures / J. G. Rots, S. Invernizzi, B. Belletti // ACI Material Journal. – 2006. – N 237. – P. 277–294.
34. Castellani, A. Steel-Concrete Bond Deterioration Due to Corrosion: FE Analysis for Different Confinement Levels / A. Castellani [et al.] // Magazine of Concrete Research. – 2003. – N 55. – P. 237–247.
35. Щедролосєв О. В. Удосконалення властивостей бетону шляхом використання пластифікаторів для побудови високоміцних понтонів залізобетонних доків / О. В. Щедролосєв, К. В. Кириченко // Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2018». – Херсон, 2018. – С. 382–384.
36. Coronelli, D. Corrosion Cracking and Bond Strength Modeling for Corroded Bars in Reinforced Concrete / D. Coronelli // ACI Structural Journal. – 2002. – N 99. – P. 267–276.

37. Кулеш, В. А. Разработка норм износа для плавучего дока с учетом эксплуатационных ограничений / В. А. Кулеш, Д. В. Немкин // Вестн. гос. ун-та мор. и реч. флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2016. – № 3. – С. 128–136.
38. Bai, J. Strength Development in Concrete Incorporating PFA and Metakaolin / J. Bai, B. B. Sabir, S. Wild, J. M. Kinuthia // Magazine of Concrete Research. – 2000. – Vol. 52, N 3. – P. 153–162.
39. Graybeal, B. Durability of an Ultrahigh-Performance Concrete / B. Graybeal, J. Tanesi // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2007. – Vol. 19, N. 10. – P. 848–854.
40. Hung, C. C. Cyclic Behavior of UHPFRC Flexural Members Reinforced With High-Strength Steel Rebar / C. C. Hung, C. Y. Chueh // Engineering Structures. – 2016. – Vol. 122, N 9. – P. 108–120.
41. Kim, J. Influence Parameters for the Joint Shear Behaviour of Reinforced Concrete (RC) Beam-Column Connections / J. Kim, J. M. Lafave // Steel Construction. – 2007. – Vol. 29, N 10. – P. 2523–2539.
42. Melo, J. Cyclic Behaviour of Interior Beam-Column Joints Reinforced with Plain Bars / J. Melo, H. Varum, T. Rossetto // Earthquake Engineering & Structural Dynamics. – 2014. – Vol. 44, iss. 9. – P. 1351–1371.
43. Perez Fernandez, R. Offshore Concrete Structures / R. Perez Fernandez, M. Lamas Pardo // Ocean Engineering. – 2013. – Vol. 58. – P. 304–316.
44. Wang, D. H. Strength of Reactive Powder Concrete Beam-Column Joints Reinforced with High-Strength (HRB600) Bars Under Seismic Loading / D. H. Wang, Y. Z. Ju, W. Z. Zheng // Strength of Materials. – 2017. – Vol. 49, N 1. – P. 139–151.
45. Zhou, W. Bearing Capacity of Reactive Powder Concrete Reinforced by Steel Fibers / W. Zhou, H. Hu, W. Zheng // Construction & Building Materials. – 2013. – Vol. 48, N 19. – P. 1179–1186.
46. Rabczuk, T. Application of Particle Methods to Static Fracture of Reinforced Concrete Structures / T. Rabczuk, T. Belytschko // International Journal of Fracture. – 2006. – N 137. – P. 19–49.

47. Fernández, R. Analytical Modeling of the pre- and Postyield Behavior of Bond in Reinforced Concrete / R. Fernández, M. A. Muttoni, P. G. Gambarova // *Journal of Structural Engineering*. – 2007. – Oct. – P. 1364–1372.
48. Alexander, M. *Marine Concrete Structures: Design, Durability and Performance* / M. Alexander. – [S. l.] : Woodhead Publishing, 2016. – 504 p.
49. Ефективність бетонів на вітчизняному пластифікаторі / Л. Й. Дворкін, В. В. Житковський, М. М. Скрипник, Т. В. Ковальчук // *Будівництво України*. – 2017. – № 4. – С. 10–12.
50. Слуцкий, Н. Г. Особенности технологии строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы / Н. Г. Слуцкий, А. С. Рашковский // *Зб. наук. пр. НУК*. – Миколаїв, 2009. – № 2. – С. 28–35.
51. Слуцкий, Н. Г. Оптимизация конструкции железобетонного понтона композитного плавучего дока / Н. Г. Слуцкий // *Зб. наук. пр. НУК*. – Миколаїв, 2009. – № 1. – С. 3–12.
52. Рашковский, А. С. Инновационные технологии в докостроении / А. С. Рашковский, Н. Г. Слуцкий // *Вісн. НУК*. – 2010. – № 1. – С. 40–46.
53. Справочник по железобетонному судостроению. (Суда внутреннего плавания) / Н. М. Егоров, А. А. Мильто, В. И. Миронов и др. – Л. : Судостроение, 1969. – 179 с.
54. Port of Long Beach Marine Maintenance Dock Facilities at Pier D, Berth 48 : project / [J. Aguilar, C. Lai, P. Tuladhar et al]. // *Ports 2019: Port Engineering : papers from sessions of the 15th triennial international conference*. – 2019. – P. 380–390.
55. Replacement of a Floating Dock for Passenger Ferries / [C. Walter, M. Wernli, J. Linke et al.] // *Ports 2019: Port Engineering : papers from sessions of the 15th triennial international conference*. – 2019. – P. 478–486.
56. Ramli, R. Design the Monohull by Using Inventor Software / R. Ramli, N. M. Sabri // *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*. – 2019. – N 8. – P. 613–618.

57. Johnson, N. T. M. The Floating Harbour Transhipper: Hydrodynamic Considerations for Well Docks / N. T. M. Johnson, G. J. Macfarlane, J. T. Duffy, R. J. Ballantyne // Australasian Coasts and Ports 2019 Conference. – 2019. – P. 672– 678.
58. Domala, V. An Experimental Study on Vortex-Induced Motion Responses of a Moored Semi-Submersible with and Without Riser / V. Domala, R. Sharma // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment. – 2020. – N 234. – P. 346–373.
59. Wang, J. Lifting Technology Research and Engineering Application of the Anti-collision Floating Pontoon for Double Thin-Walled Piers. Wuhan Ligong Daxue Xuebao (Jiaotong Kexue Yu Gongcheng Ban) /J. Wang, J. Zhou // Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science and Engineering). – 2020. – N 44. – P. 17–21.
60. Ohl, C. Floating Shipyard Design: Concept and Application / C. Ohl, A. Arnold, H. Uys, M. Andrade // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2020. – N 41. – P. 67–80.
61. Sha, Y. Numerical Investigations of a Prestressed Pontoon Wall Subjected to Ship Collision Loads / Y. Sha, J. Amdahl // Ocean Engineering. – Vol. 172. – P. 234– 244.
62. Armoo, A. K. The Fourth Industrial Revolution: a Game-Changer for the Tourism and Maritime Industries / A. K. Armoo, L.-G. Franklyn-Green, A. J. Braham // Worldwide Hospitality and Tourism Themes. – 2020. – N 12. – P. 13–23.
63. Jung, K. Design and Construction of the Floating Concrete Pier in Golden Harbor, Incheon / K. Jung, S. Lee, H. Kim, Y. Choi, S. Kang // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2020. – N 41. – P. 283–297.
64. Phuong, H. A. Optical-Electronic System for Measuring Spatial Coordinates of an Object by Reference Marks / H. A. Phuong, A. A. Gorbachev, I. A. Konyakhin, T. Minh Hoa // Studies in Systems, Decision and Control. – 2020. – N 261. – P. 217–227.

65. Crupi, V. Design of Honeycomb Structures for Naval Applications / V. Crupi, G. Palomba // Sustainable Development and Innovations in Marine Technologies : proceedings of the 18th international congress of the international maritime association of the mediterranean, IMAM 2019. – 2020. – P. 395–402.
66. Ballasting plan optimization for operation of a 2D floating dry dock / [K. Yoon, Yeo Kim Hyo-Jin, Y. Hong et al]. // Structural Engineering and Mechanics. – Vol. 74, N 4. – P. 521–532.
67. Experimental Verification of Functionality of Fibre-Reinforced Concrete Submersible Piers / [J. Buchlák, J. Matějka, P. Ryjáček et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – N 596. – is. № 012029.
68. Burlacu, E. On a Small Size Floating Dock Structural Analysis in Oblique Design Waves by 3D-FEM Approach / E. Burlacu, L. Domnisoru // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – N 591. – is. № 012103.
69. Hydrodynamic Performance of a Novel WEC-Breakwater Integrated System Consisting of Triple Dual-Freedom Pontoon / [B. Guo, R. Wang, D. Ning et al.] // Energy. – 2020. – N 209. – is. № 118463.
70. Nguyen, H. P. Heaving Wave Energy Converter-Type Attachments to a Pontoon-Type Very Large Floating Structure / H. P. Nguyen, C. M. Wang // Engineering Structures. – 2020. – N 219. – is. № 110964.
71. Lotfy, M. N. Dynamic Behavior of Steel and Composite Ferry Subjected to Transverse Eccentric Moving Load Using Finite Element Analysis / M. N. Lotfy, Y. A. Khalifa, A. K. Dessouki, E. Fathallah // Applied Sciences (Switzerland). – 2020. – N 10. – is. № 5367.
72. Wan, L. Numerical Modelling and Dynamic Response Analysis of Curved Floating Bridges with a Small Rise-span Ratio / L. Wan, D. Jiang, J. Dai // Journal of Marine Science and Engineering. – 2020. – N 8. – is. № 467.
73. Burlacu, E. The Structural Evaluation of a Large Floating Dock in Head Design Waves by Strength Criteria / E. Burlacu, L. Domnisoru // Modern Technologies in Industrial Engineering vii (Modtech2019). IOP Conference Series-Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 591 – is. 012104.

74. Jiang, Z. Design, Modelling, and Analysis of a Large Floating Dock for Spar Floating Wind Turbine installation / Z. Jiang, R. Yttervik, Z. Gao, P. C. Sandvik // *Marine Structures*. – 2020. – N 72. – is. № 102781.
75. Рашковский, А. С. Совершенствование конструкции ремонтных плавучих доков / А. С. Рашковский, А. В. Щедролов, В. Н. Перов // *Зб. наук. пр. НУК. – Миколаїв, 2016. – № 1. – С. 11–18.*
76. Рашковский, А. С. Совершенствование подготовки производства для строительства композитных плавучих сооружений / А. С. Рашковский, В. М. Нейман // *Наук. вісн. Херсон. держ. мор. акад. – 2017. – № 1. – С. 192–201.*
77. Нейман, В. М. Обеспечение качества строительства композитных плавучих доков / В. М. Нейман // *Зб. наук. пр. НУК. – Миколаїв, 2017. – № 1. – С. 3–9.*
78. Слуцкий, Н. Г. Сравнительный технико-экономический анализ строительства цельнометаллических и композитных плавучих доков / Н. Г. Слуцкий // *Зб. наук. пр. НУК. – Миколаїв, 2007. – № 2. – С. 34–41.*
79. Shchedrolosiev, O. Modern Dock Scaffoldings for the Maintenance of Safe Working Conditions in Floating Docks / O. Shchedrolosiev, O. Uzlov, H. Konovalova, K. Kurychenko // *Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці».* – Миколаїв, 2018. – С. 28–30.
80. Friedrichs, K. O. The Dock Problem / K. O. Friedrichs, H. Lewy // *Comm. Pure Appl. Math.* – 1998. – Vol. 1. – P. 135–148.
81. Слуцкий, Н. Г. Экономическая эффективность строительства и эксплуатации композитных плавучих доков большой подъемной силы / Н. Г. Слуцкий, А. С. Рашковский, Д. В. Ермаков // *Зб. наук. пр. «Економіка: проблеми теорії та практики».* – 2007. – № 232, т. 3. – С. 614–621.
82. Рашковский, А. С. Комплексная подготовка производства при строительстве композитных плавучих доков на ХГЗ "Паллада" / А. С. Рашковский, Н. Г. Слуцкий // *Прогрессивные технологии и системы машиностроения : междунар. сб. науч. тр. – 2007. – № 33. – С. 276–282.*

83. Zheng, P. Research on Structural Strength Direct Calculation of Pontoon Bridge Wuhan Ligong Daxue Xuebao (Jiaotong Kexue Yu Gongcheng Ban) / P. Zheng, Z. Pei, W. Liu, Q. Zhao // Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science and Engineering). – 2017. – N 41. – P. 517–522.
84. Firat, Y. Design and Construction of Two Concrete Pontoons to Serve as Berths at the Port of Juneau Cruise Ship Terminal Ports 2016: Port Planning and Development / Y. Firat, R. Easley, M. Zinserling // Papers from Sessions of the 14th Triennial International Conference. – 2016. – P. 193–203.
85. Zhang, X. X. Safety Protective Effect of a Novel FRP Floating Pontoon for Piers Against Ship-Collision / X. X. Zhang, B. S. Du, Z. L. Wu // Bridge Maintenance, Safety, Management and Life Extension : proceedings of the 7th international conference of bridge maintenance, safety and management, IABMAS. – 2014. – P. 2070–2078.
86. Xujun, Chen. Numerical and Experimental Analysis of a Moored Pontoon Under Regular Wave in Water of Finite Depth / Chen Xujun, Miao Yuji, Tang Xuefeng, Liu Junyi // Ships and Offshore Structures. – 2016. – Vol. 12, iss. 3. – P. 412–423.
87. Iwańkiewicz, R. Object-Matrix Model of Complex Manufacturing Technology / R. Iwańkiewicz // Industrial Management and Data Systems. – 2008. – N 108. – P. 1131–1148.
88. Rose, C. Definition of Ship Outfitting Scheduling as a Resource Availability Cost Problem and Development of a Heuristic Solution Technique / C. Rose, J. Coenen, H. Hopman // Journal of Ship Production and Design. – 2016. – N 32. – P. 139–153.
89. Голіков, В. А. Методологія наукових досліджень / В. А. Голіков, М. А. Козьмініх, О. А. Онищенко. – Одеса : ОНМА, 2014. – 163 с.
90. Антонец, И. В. История и методология научного исследования / И. В. Антонец, Н. А. Циркин. – Ульяновск : УЛГТУ, 2010. – 90 с.
91. Новиков, А. М. Методология научного исследования / А. М. Новиков, Д. А. Новиков – М. : Либроком. – 2010. – 280с.
92. Kyrychenko, K. Methods of Improvement of the Design and Construction Technology of Composite Docks / K. Kyrychenko, Yu. Yahlytskyi,

- O. Shchedrolosiev // Shipbuilding and Marine Infrastructure. – 2019. – N 2. – P. 36–47.
93. Gregory, P. Tsinker. Port Engineering: Planning, Construction, Maintenance, and Security / P. Tsinker Gregory. – [S. l. : s. n.], 2004. – 896 p.
94. Wang, C. M. Large Floating Structures: Technological Advances (Ocean Engineering & Oceanography Book 3) / C. M. Wang, B. T. Wang. – [S. l. : s. n.], 2015. – 327 p.
95. Gerwick, Ben C. Construction of Marine and Offshore Structures / Ben C. Gerwick. – CRC Press, 2007. – 840 p.
96. Edward, G. Nawy. Concrete Construction Engineering Handbook / G. Nawy. Edward. – CRC Press, 2008. – 1584 p.
97. Neese, J. Floating Trail Bridges and Docks : Missoula, MT: USDA Forest Service, Technology and Development Program / J. Neese, M. Eriksson, B. Vachowski. – [S. l. : s. n.], 2002. – 26 p.
98. Wheaton, F. Build the Ultimate Floating Dock: Reduce Guesswork to Zero : CreateSpace Independent Publishing Platform / F. Wheaton. –[S. l. : s. n.], 2016. – 50 p.
99. Nichol, J. Review of Selected Standards for Floating Dock Designs / J. Nichol. – Belgium : PIANC, 1997. – 20 p.
100. House, D. J. Dry Docking and Shipboard Maintenance / D. J. House. – London ; New York : Routledge, Taylor & Francis Group, 2016. – 277 p.
101. Safe Operation and Maintenance of Dry Dock Facilities / ed. P. A. Harren. – Reston, Virginia : American Society of Civil Engineers, 2010. – 223 p.
102. Topalov, A. Control Processes of Floating Docks Based on SCADA Systems with Wireless Data Transmission / A. Topalov, O. Kozlov, Y. Kondratenko // Perspective Technologies and Methods in MEMS Design: proceedings of the international conference MEMSTECH 2016. – 2016. – P. 57–61.
103. Shchedrolosiev, O. Selection of a Generalized Efficiency Criterion for the Designing and Technology of Composite Dock Building / O. Shchedrolosiev, Yu. Yahlytskyi, K. Kyrychenko // Theoretical and Applied Questions of

Mathematics, Mechanics and Computer Science : materials of the international scientific conference. – Karaganda, 2019. – P. 165–166.

104. Гордеев, Б. Н. Оперативный контроль параметров прочности плавсредств / Б. Н. Гордеев, А. В. Кузьменко // Сб. науч. тр. «Портовые технологии и техника мореплавания». – Одесса, 2007. – Спец. вып. – С. 99–100.

105. Яглицький, Ю. К. Дослідження раціональної конструкції композитного плавучого доку / Ю. К. Яглицький, К. В. Кириченко // Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсон, 2019. – С. 170–171.

106. Shchedrolosiev, O. Major Ways to Improve the Design and Technology of Composite Dock Building / O. Shchedrolosiev, Yu. Yahlytskyi, K. Kyrychenko // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2019. – С. 116–120.

107. Пат. 113891 Україна, МПК В63В 9/00 В63С 5/00. Стапель для спорудження залізобетонних суден / О. В. Щедролосоєв, О. М. Узлов, К. В. Кириченко. – № u201605644 ; заявл. 25.05.2016 ; опубл. 27.02.2017, Бюл. № 4. – 4 с.

108. Щедролосоєв, О. В. Удосконалення конструкції стапеля для побудови залізобетонних понтонів композитних плавучих доків / О. В. Щедролосоєв, О. М. Узлов, К. В. Кириченко // Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсон, 2019. – С. 235–237.

109. Метод конечных элементов / под ред. П. М. Варвака. – К.: Вища шк., 1981. – 176 с.

110. Коростылев, Л. И. Расчет прочности железобетонных конструкций понтона композитного плавучего дока методом конечных элементов /

Л. И. Коростылев, С. Ю. Клименков, Н. Г. Слуцкий // Зб. наук. пр. НУК. – Миколаїв, 2009. – № 5. – С. 19–25.

111. Рашковский, А. С. Совершенствование расчета прочности железобетонного понтона композитного плавучего дока / А. С. Рашковский, Л. И. Коростылев, Д. В. Ермаков // Зб. наук. пр. НУК. – Миколаїв, 2014. – № 5. – С. 27–36.

112. Алямовский, А. А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи / А. А. Алямовский. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 488 с.

113. Коростильов, Л. І. Розрахунок міцності конструкції залізобетонного понтону зі зменшеною кількістю набору методом кінцевих елементів / Л. І. Коростильов, О.В. Щедролоєв, С. Ю. Клименков, К. В. Кириченко // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2018. – С. 85–87.

114. Коростильов Л. І. Скінчено-елементний аналіз міцності плит палуби і днища залізобетонного понтону зі зменшеною кількістю набору / Л. І. Коростильов, О. В. Щедролоєв, С. Ю. Клименков, К. В. Кириченко // Матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2018. – С. 95–98.

115. Shchedrolosiev, O. Improvement of the Structure of Floating Docks Based on the Study Into the Stressed Deformed State of Pontoon / O. Shchedrolosiev, L. Korostylov, S. Klymenkov, O. Uzlov, K. Kyrychenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 6, N 7. – P. 26–31.

116. Щедролоєв, О. В. Удосконалення конструкції композитних плавучих доків шляхом зменшення кількості набору / О. В. Щедролоєв, О. М. Узлов, К. В. Кириченко, В. Ф. Маломан, В. М. Коннов // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2018. – С. 94–95.

117. Пат. 126746 Україна, МПК В63С 1/02. Композитний безнабірний понтон доку / В. Ф. Маломан, В. М. Коннов, О. В. Щедролосєв, О. М. Узлов, К. В. Кириченко. – № u201710669 ; заявл. 02.11.2017 ; опубл. 10.07.2018, Бюл. № 13. – 4 с.
118. Щедролосєв, О. В. До питання побудови плавучих композитних доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні / О. В. Щедролосєв, К. В. Кириченко // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2020». – Херсон, 2020. – С. 281–283.
119. Щедролосєв, О. В. Удосконалення конструктивно-технологічних вузлів з'єднання залізобетонного понтона з поперечною діафрагмою та металевою баштою плавучого композитного доку / О. В. Щедролосєв, О. М. Узлов, К. В. Кириченко // Наук. вісн. Херсон. держ. мор. акад. – 2020. – № 1. – С. 125–134.
120. Щедролосєв, О. В. Удосконалення конструктивного вузла з'єднання металевої башти із залізобетонним понтоном / О. В. Щедролосєв, В. М. Коннов, О. М. Узлов, К. В. Кириченко // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2020. – С. 135–139.
121. Щедролосєв, О. В. Технологічні особливості побудови композитних доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні / О. В. Щедролосєв, В. М. Коннов, О. М. Узлов, К. В. Кириченко // Матеріали міжнародної наукової конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення». – Тернопіль, 2018. – Вип. 29, ч. 1. – С. 109–111.
122. Кириченко К. В. Усовершенствование технологии строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы / К. В. Кириченко, А. В. Щедролосєв // Science and Education a New Dimension. – 2018. – N 158. – P. 61–68.

123. Щедролосев, А. В. Усовершенствование технологии строительства понтонов композитных плавучих доков / А. В. Щедролосев, В. Н. Коннов, А. Н. Узлов, К. В. Кириченко // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасної науки». – Київ, 2018. – Ч. 3. – С. 38–40.
124. Щедролосев, О. В. Системна організація технологічних процесів побудови композитних плавучих доків / О. В. Щедролосев, К. В. Кириченко // Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи та технології». – Одеса, 2020. – С. 317–318.
125. Rashkovskiy, A. S. Innovative Technologies in Composite Floating docks Construction / A. S. Rashkovskiy, D. V. Ermakov, Dong Zhao // Shipbuilding and Marine Infrastructure. – 2014. – № 2 – С. 93–102.
126. Щедролосев, А. В. Технология сращивания железобетонных понтонов композитных плавучих доков большой подъемной силы на плаву / А. В. Щедролосев, А. С. Рашковский, В. Ф. Маломан, А. Н. Узлов, К. В. Кириченко // Materials of XIII International Scientific-Technical Conference on «Water Transport Problems». – Baki, 2018. – P. 35–42.
127. Щедролосев, О. В. Удосконалення конструктивного вузла з'єднання днища та зовнішньої поздовжньої стінки понтона композитного плавучого доку / О. В. Щедролосев, О. М. Узлов, К. В. Кириченко // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсон, 2020. – С. 246–247.
128. Щедролосев, О. В. Удосконалення конструктивного вузла з'єднання поперечної діафрагми з днищем понтона композитного плавучого доку / О. В. Щедролосев, В. М. Коннов, О. М. Узлов, К. В. Кириченко // Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2020. – Т. 1. – С. 50–53.
129. Щедролосев, О. В. Аналіз методів захисту від корозії цистерн чистого баласту транспортних, нафтоналивних суден та плавучих ремонтних доків /

О. В. Щедролосєв, К. В. Кириченко // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2016. – С. 128–131.

130. Кириченко, К. В. Анализ современного состояния коррозионной защиты цистерн чистого балласта транспортных, нефтеналивных судов и плавучих ремонтных доков / К. В. Кириченко // Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy. – 2016. – N 2. – P. 33–38.

131. Степанов, Г. А. Обеспечение ремонтпригодности балластных отсеков композитных ремонтных плавучих доков / Г. А. Степанов, А. Н. Узлов // Рибне госп-во України. – 2011. – № 1. – С. 28–33.

132. Щедролосєв, О. В. Розробка схем систем для забезпечення ремонтпридатності баластних відсіків транспортних і нафтоналивних суден, металевих і композитних плавучих ремонтних доків / О. В. Щедролосєв, О. М. Узлов, К. В. Кириченко // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2015. – С. 41–43.

133. Щедролосєв, О. В. Розробка нових конструктивно-технологічних схем для антикорозійного захисту баластних цистерн з використанням плавучих інгібіторів / О. В. Щедролосєв, О. М. Узлов, К. В. Кириченко // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2016». – Херсон, 2016. – С. 153–154.

134. Щедролосєв, О. В. Забезпечення ремонтпридатності цистерн чистого баласту транспортних і нафтоналивних суден та плавучих ремонтних доків в процесі проектування / О. В. Щедролосєв, О. М. Узлов, К. В. Кириченко // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2015. – С. 102–104.

135. Щедролоєв, О. В. Удосконалення схем баластних систем із застосуванням плаваючих інгібіторів / О. В. Щедролоєв, О. М. Узлов, К. В. Кириченко // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2016. – С. 35–37.
136. Щедролоєв, О. В. Використання інгібіторів для ремонту пошкоджених тріщинами залізобетонних конструкції / О. В. Щедролоєв, К. В. Кириченко, О. С. Воробйов // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2017. – С. 152–154.
137. Щедролоєв, О. В. Аналіз методів очищення баластних вод суден та плавучих споруд / О. В. Щедролоєв, К. В. Кириченко // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2016. – С. 279–281.
138. Щедролоєв, О. В. Способи використання сучасних інгібіторів корозії для захисту баластних відсіків суден та плавучих споруд / О. В. Щедролоєв, К. В. Кириченко, О. С. Воробйов // Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2017». – Херсон, 2017. – С. 378–379.
139. Щедролоєв, А. В. Усовершенствование конструктивно-технологических схем балластных систем для антикоррозионной защиты с использованием плавающих ингибиторов / А. В. Щедролоєв, А. Н. Узлов, К. В. Кириченко // Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy. – 2017. – N 2. – P. 85–90.
140. Пат. 117657 Україна, МПК В63В 43/06. Танк ізольованого баласту наливного судна / О. В. Щедролоєв, О. С. Рашковський, О. М. Узлов, К. В. Кириченко. – № u201605367 ; заявл. 25.05.2016 ; опубл. 10.07.2017, Бюл. № 13. – 4 с.
141. Кириченко, К. В. Визначення розрахункових залежностей при обґрунтуванні економічної доцільності побудови композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні / К. В. Кириченко // Матеріали XII

Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2020». – Херсон, 2020. – С. 235 – 237.

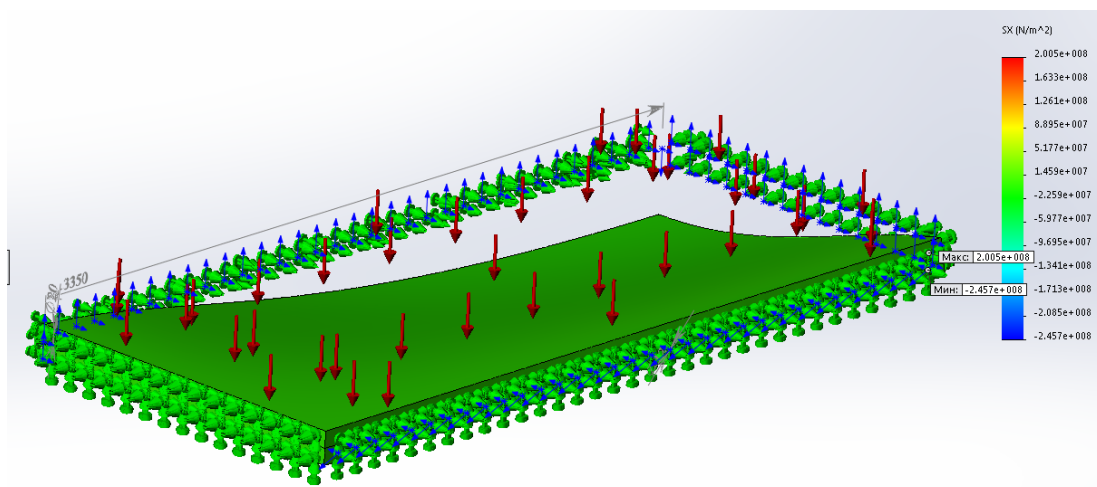
142. Кириченко, К. В. Особливості розрахунку техніко-економічних показників конструкцій плавучих композитних доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні / К. В. Кириченко // Наук. вісн. Херсон. держ. мор. акад. – 2019. – № 2. – С. 154–164.

ДОДАТОК А

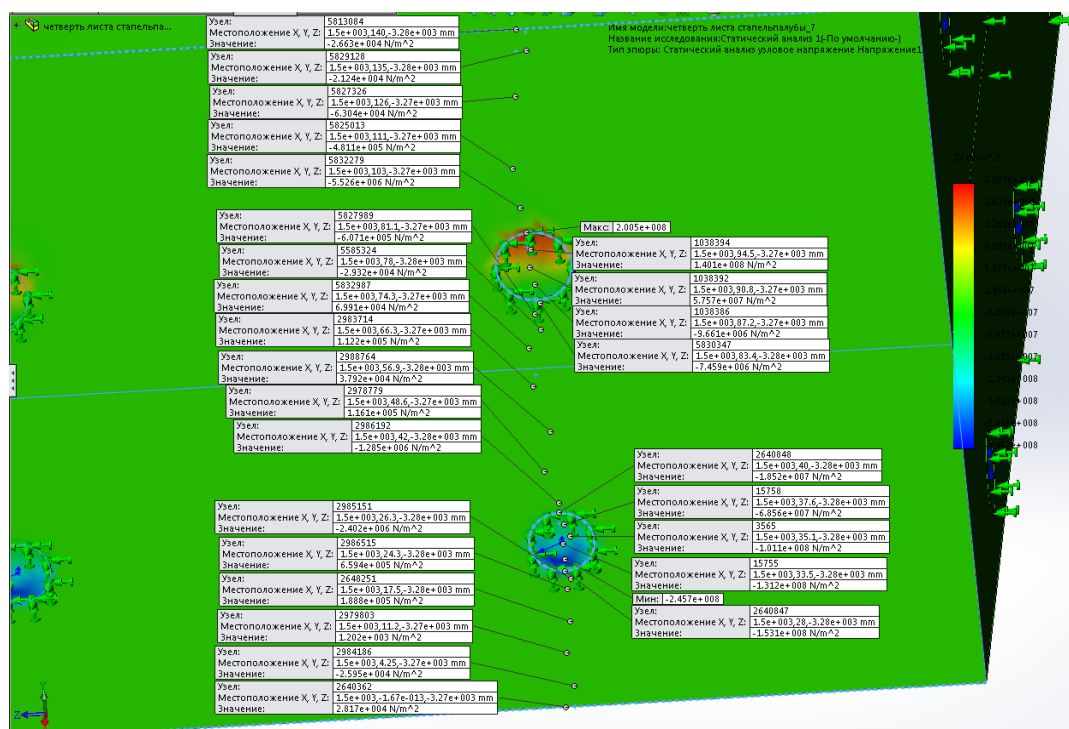
ЕПЮРИ КОМПОНЕНТІВ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПЛИТ
ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПОНТОНА ЗІ ЗМЕНШЕНОЮ КІЛЬКІСТЮ НАБОРУ

Додаток А

Розрахунок проводився в програмному комплексі Solid Works



а



б

Рисунок А.1 – Напряжения (S_x): а – загальний вигляд для чверті пластини;
б – в середині опорного перерізу стапель-палуби, паралельному ПМШ

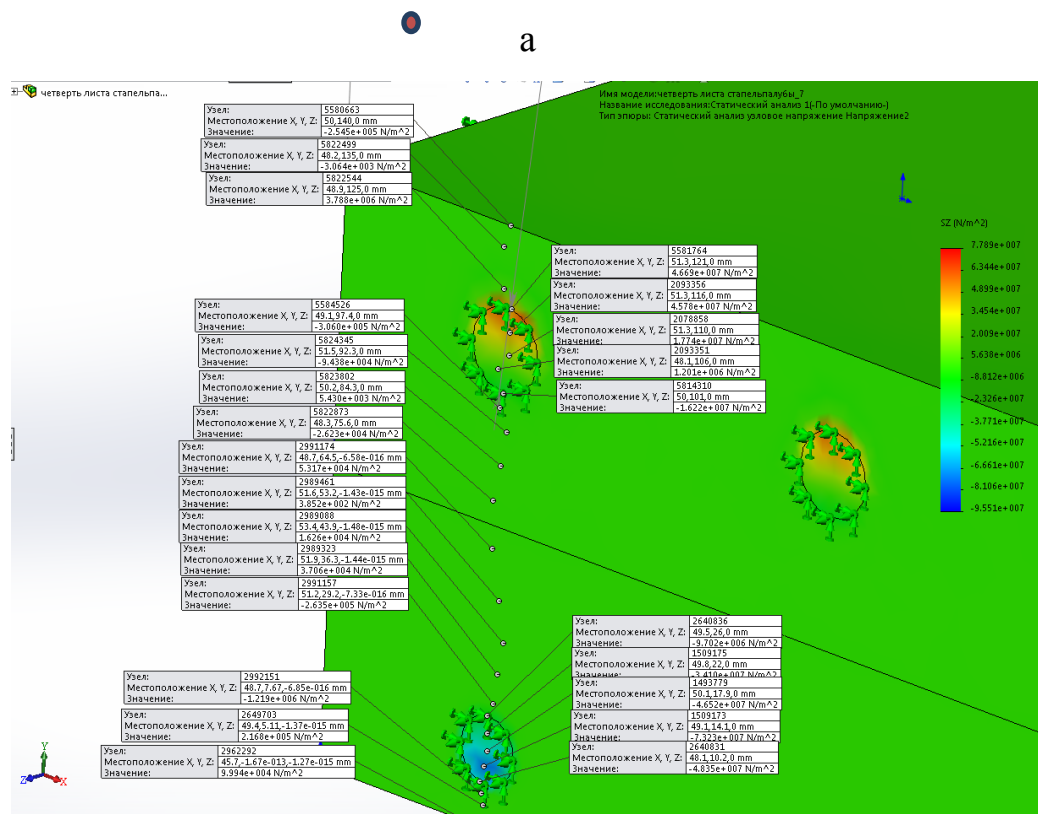
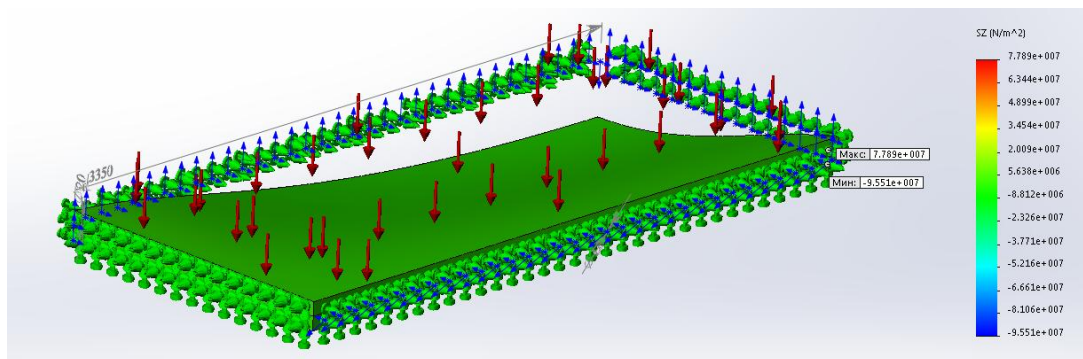


Рисунок А.2 – Напряжения (S_z): а – загальний вигляд для чверті пластини;
б – в середині опорного перерізу сталевої палуби, паралельному ДП

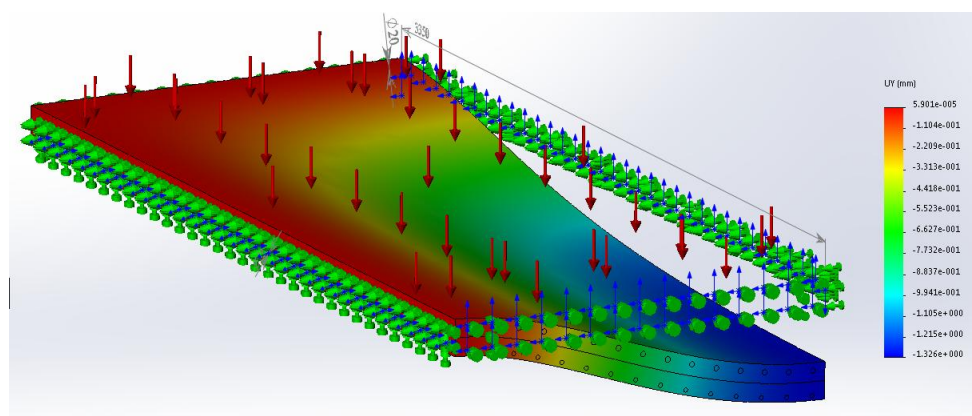


Рисунок А.3 – Розрахунок вертикальних переміщень (U_y)
чверті плити днища 160×2000×6700

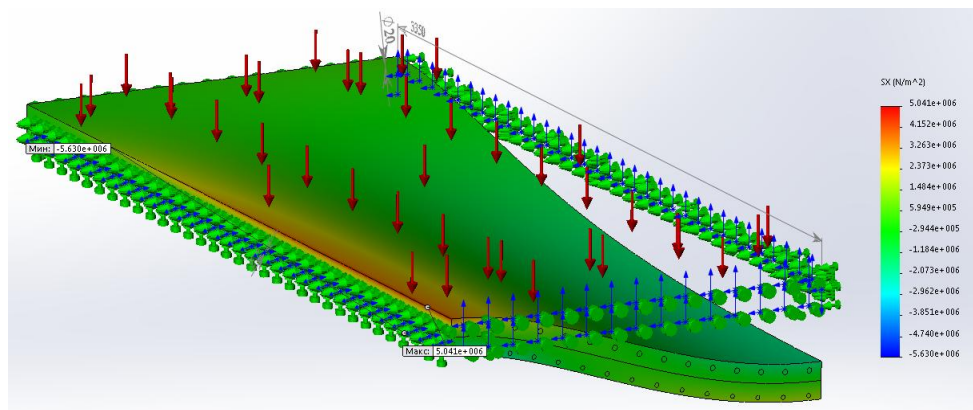


Рисунок А.4 – Розрахунок нормальних напружень (S_x)
чверті плити днища 160×2000×6700

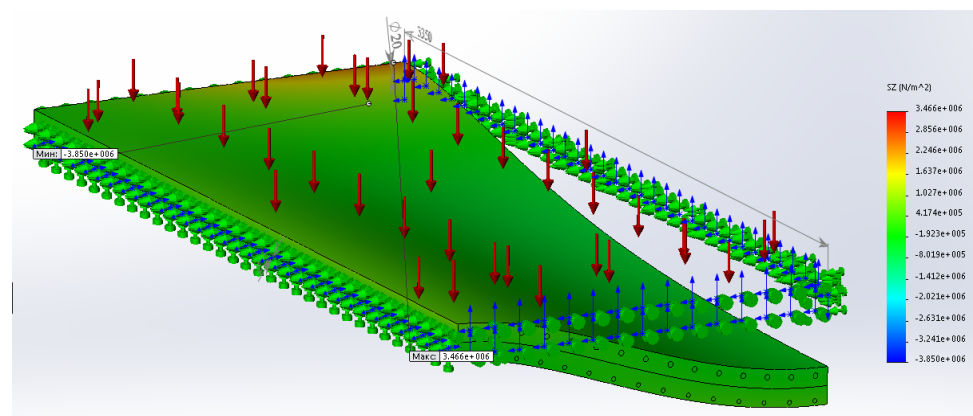


Рисунок А.5 – Розрахунок нормальних напружень (S_z)
чверті плити днища 160×2000×6700

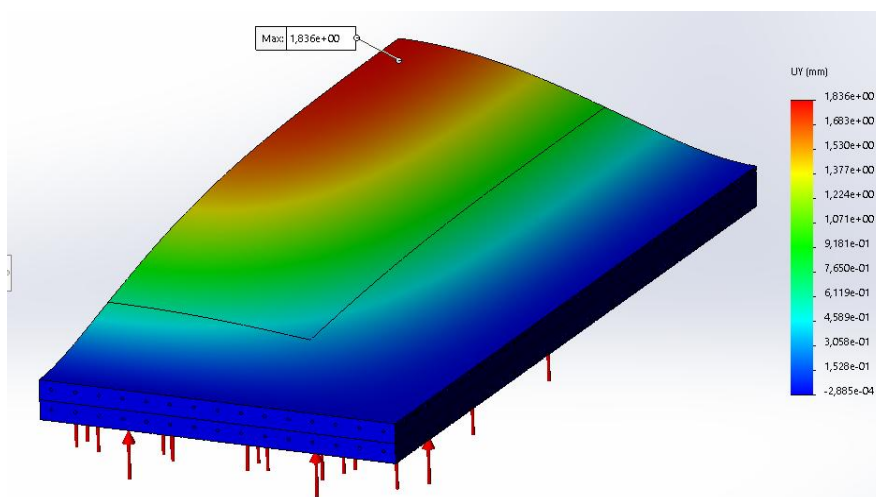


Рисунок А.6 – Розрахунок вертикальних переміщень (U_y)
чверті плити днища 160×4000×6700

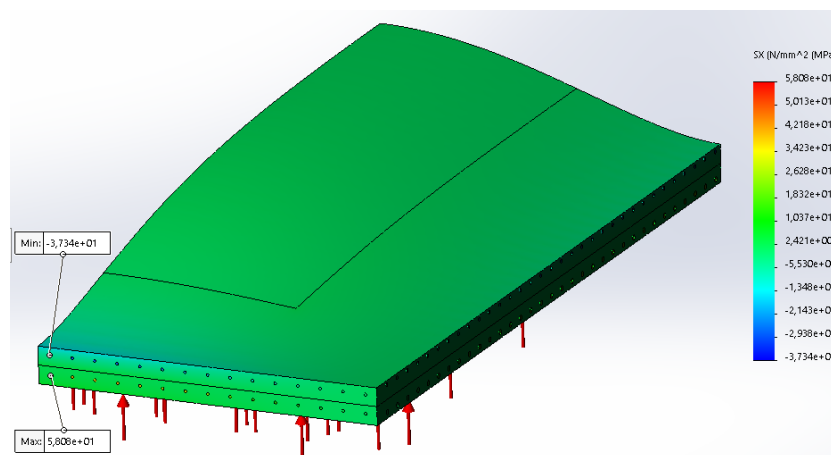


Рисунок А.7 – Розрахунок нормальних напружень (S_x)
чверті плити днища $160 \times 4000 \times 6700$

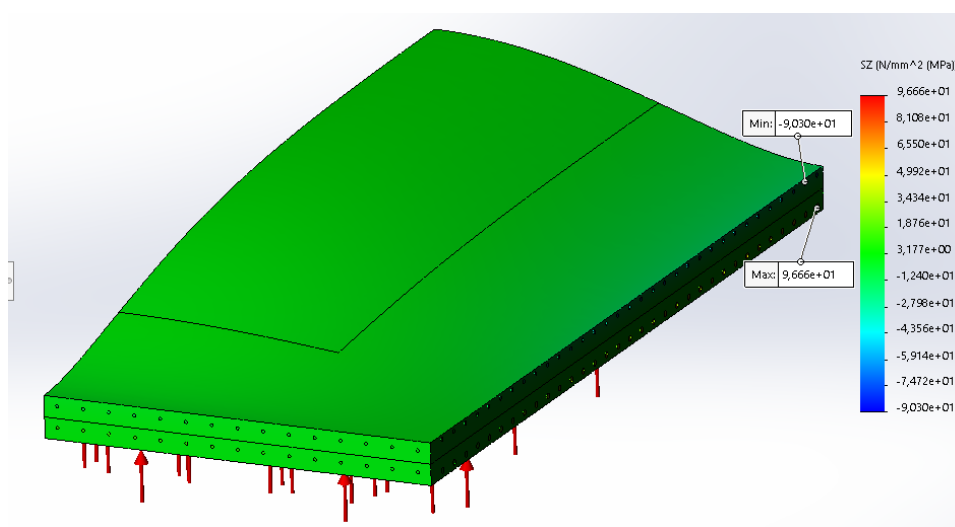


Рисунок А.8 – Розрахунок нормальних напружень (S_z)
чверті плити днища $160 \times 4000 \times 6700$

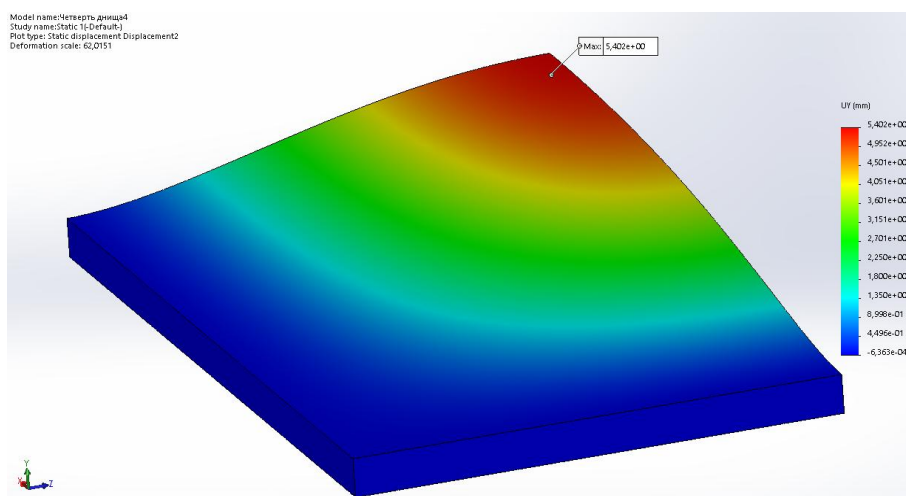


Рисунок А.9 – Розрахунок вертикальних переміщень (U_y)
чверті плити днища $160 \times 5000 \times 6700$

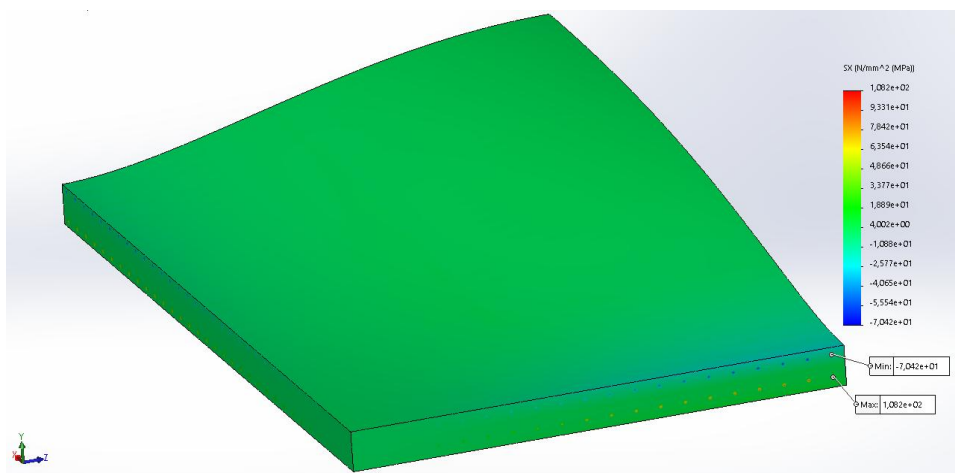


Рисунок А.10 – Розрахунок нормальних напружень (S_x)
чверті плити днища $160 \times 5000 \times 6700$

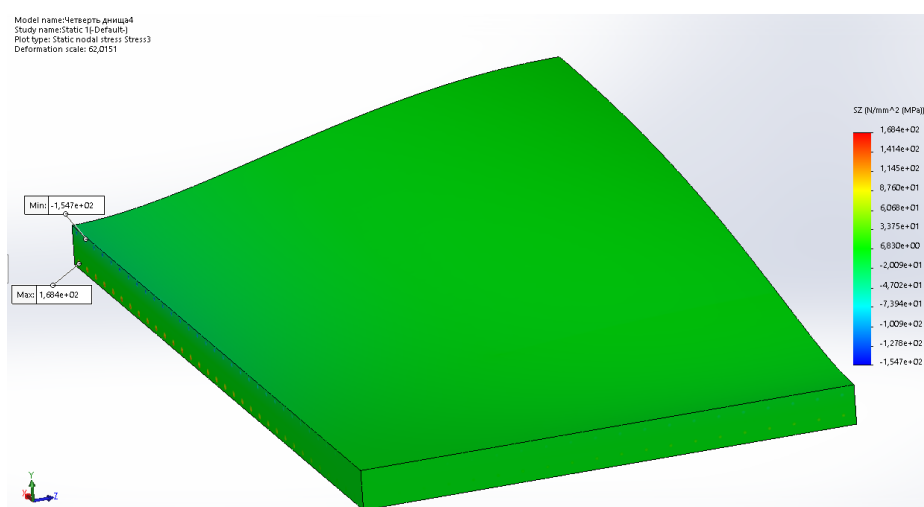


Рисунок А.11 – Розрахунок нормальних напружень (S_z)
чверті плити днища $160 \times 5000 \times 6700$

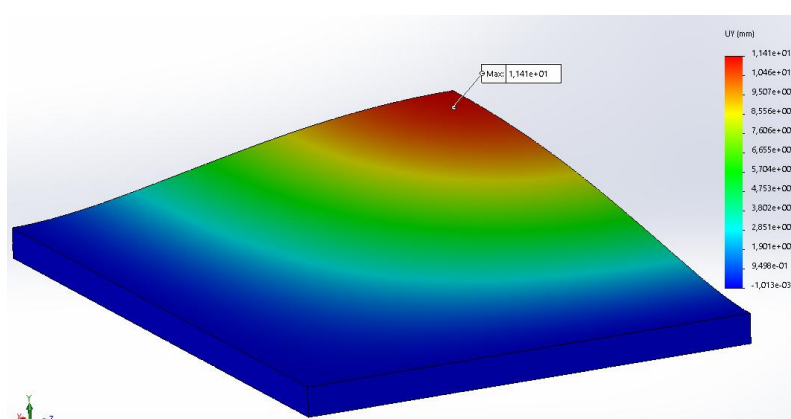


Рисунок А.12 – Розрахунок вертикальних переміщень (U_y)
чверті плити днища $160 \times 6000 \times 6700$

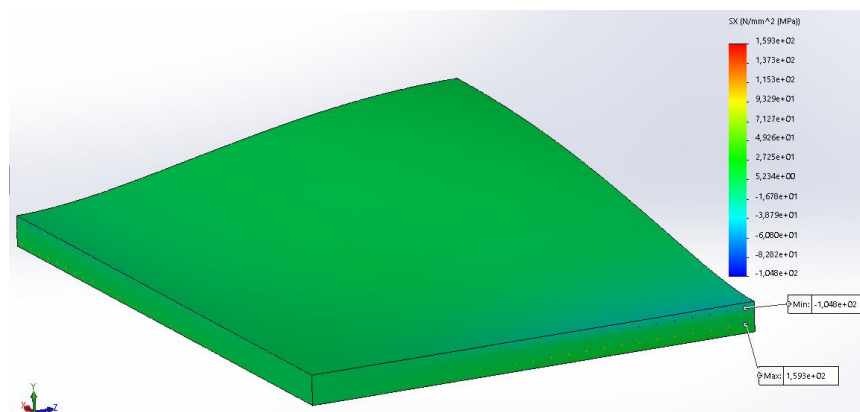


Рисунок А.13– Розрахунок нормальних напружень (S_x)
чверті плити днища $160 \times 6000 \times 6700$

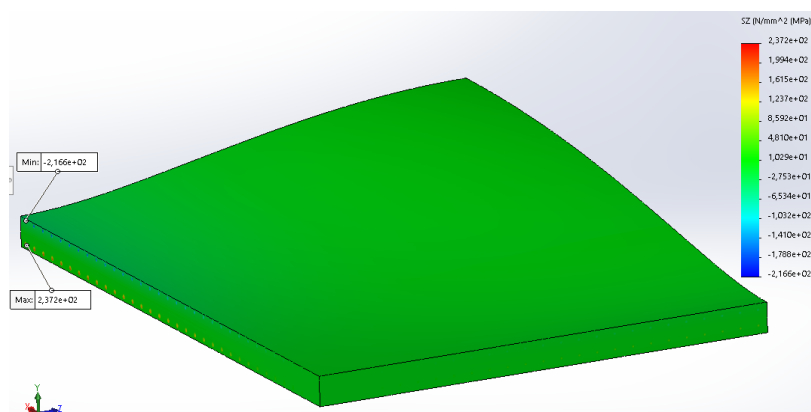


Рисунок А.14– Розрахунок нормальних напружень (S_z)
чверті плити днища $160 \times 6000 \times 6700$

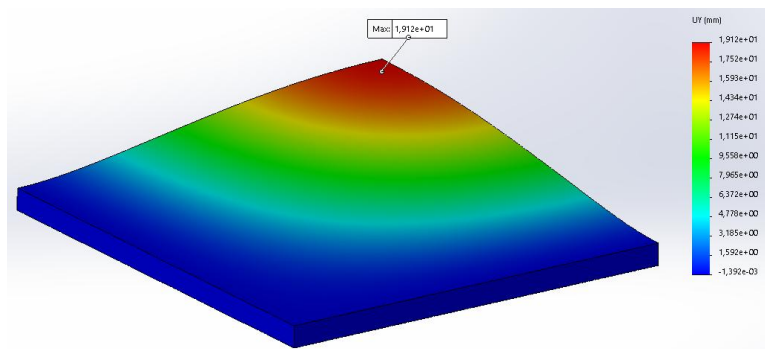


Рисунок А.15– Розрахунок вертикальних переміщень (U_y)
чверті плити днища $160 \times 6700 \times 6700$

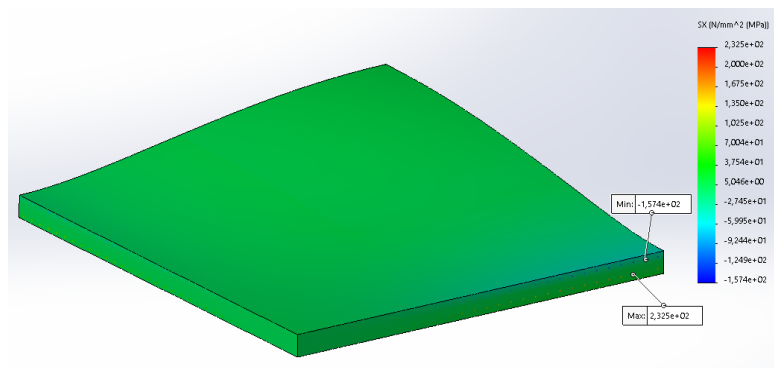


Рисунок А.16– Розрахунок вертикальних переміщень (S_x)
чверті плити днища 160×6700×6700

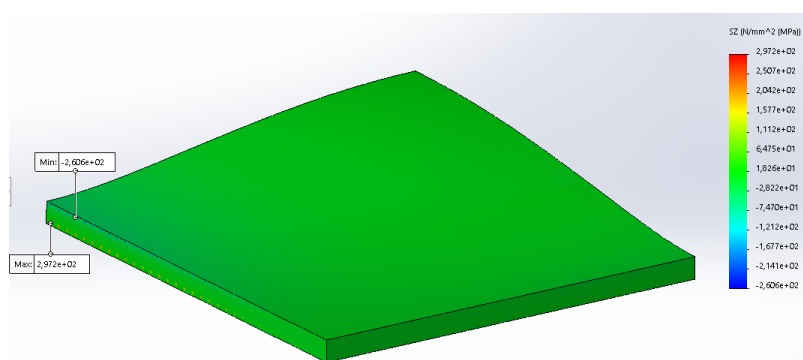


Рисунок А.17– Розрахунок вертикальних переміщень (S_z)
чверті плити днища 160×6700×6700

ДОДАТОК Б

**ПАТЕНТИ, АКТИ ВПРОВАДЖЕНЬ І СХВАЛЕНЬ РЕЗУЛЬТАТІВ
ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ**

**ХЕРСОНСЬКИЙ
ДЕРЖАВНИЙ ЗАВОД
"ПАЛАДА"**

Карантинний острів, 1
м. Херсон, 73019, Україна
Тел.: +38 (0552) 394029
Тел./факс: +38 (0552) 423536



**KHERSON
STATE PLANT
"PALLADA"**

1, Karantinnyy ostrov
Kherson, 73019, Ukraine
Ph.: +380 552 394029
Ph./fax: +380 552 423536

E-mail: office@pallada.ks.ua, www.pallada-doc.com

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційного дослідження

Кириченка Костянтина Володимировича

«Удосконалення конструкції та технології побудови
плавучих композитних доків»

Відповідно до договору про творче співробітництво № 2134 від 05.02.2018 р. між кафедрою Будівництва та ремонту суден Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова та державним підприємством «Палада» було виконане дослідження удосконалення конструкції понтону плавучих доків, а також розроблено технологію побудови композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору у залізобетонному понтоні.

В результаті виконаних досліджень обґрунтовано та доведено доцільність зменшення кількості поперечних перебірок між внутрішніми бортами, побудови башт без встановлення шпангоутів, флорів та бімсів.

Розроблена відповідальним виконавцем договору № 2134 Костянтином Володимировичем Кириченко комп'ютерна модель напруженого стану залізобетонних панелей при згинанні передана підприємству «Палада» та використовується при проектуванні та побудові плавучих доків середньої та великої підйимальної сили.

Директор



В.Ф. Маломан





ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«СМАРТ - МЕРИТАЙМ ГРУПП»

73000 г. Херсон, Карантинный остров, 1, Украина, тел. 41-39-28. 41-39-37

№ 779

от 17.08.2018

На № _____ от _____

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційного дослідження

Кириченка Костянтина Володимировича

«Удосконалення конструкції та технології побудови

плавучих композитних доків»

Відповідно до договору про творче співробітництво № 2181 від 07.05.2018 р. між кафедрою Будівництва та ремонту суден Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова та Херсонською верф'ю «Smart Maritime Group» було виконане дослідження удосконалення антикорозійного захисту баластних відсіків суден, а також розроблено технологію нанесення спеціальних захисних покриттів на металеві поверхні баластних цистерн суден

В результаті виконаних досліджень обґрунтовано та доведено доцільність упровадження розробленої технології антикорозійного захисту баластних відсіків, яка дозволяє забезпечити антикорозійний захист без виведення суден з експлуатації.

Розроблена відповідальним виконавцем договору № 2134 Костянтином Володимировичем Кириченко технологія антикорозійного захисту баластних відсіків передана Херсонській верфі «Smart Maritime Group» та використовується при ремонті баластних відсіків суден.

Головний будівельник



Прудивус В.П.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. ректора

Національного університету кораблебудування

імені адмірала Макарова

д.т.н., професор

В.С. Блінцов

2018 р.



про впровадження результатів дисертаційної роботи
«Удосконалення конструкції та технології побудови
плавучих композитних доків»
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
Кириченка Костянтина Володимировича

Цей акт складено в тому, що основні положення та висновки дисертаційної роботи Кириченка К. В. використовуються у навчально-науковому процесі Кораблебудівного навчально-наукового інституту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (КННІ НУК).

У результаті впровадження результатів дисертаційного дослідження отримав подальший розвиток навчально-методичний матеріал щодо технологічно-конструктивного аналізу плавучих доків, математичного моделювання напруженого стану залізобетонних панелей при згинанні та практичного застосування технології побудови композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору залізобетонного понтону.

Результати роботи використовуються у навчально-науковому процесі при викладанні професійно-орієнтованих дисциплін (лекційних занять, виконанні практичних, курсових та випускних робіт) відповідно до навчальних планів освітніх ступенів бакалавра та магістра, а також виконанні наукових досліджень на рівні PhD на спеціальності 135 «Суднобудування» зі спеціалізацій «Суднокорпусобудування» та «Судноремонт та технічне обслуговування флоту» на кафедрі Будівництва та ремонту суден КННІ НУК.

Директор
Кораблебудівного навчально-наукового інституту
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова,
канд. техн. наук, доцент

О.В. Бондаренко









Міністерство освіти і науки України
Херсонська державна морська академія

СЕРТИФІКАТ

засвідчує, що

Муринко Юстин Якович

23–25 травня 2017 року взяв(ла) участь у

IX Міжнародній науково-практичній конференції
«СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСІТІ»
(МІНУТ-2017)»

Ректор ХДМА

С.А.А.А.

23–25 травня 2017 року, м. Херсон, Україна





Сертифікат



Цей сертифікат підтверджує, що

Кириченко Костянтин Володимирович

приймав(ла) участь у роботі
Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ, ПОБУДОВИ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ І РЕМОНТУ СУДЕН,
МОРСЬКИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД**

(23-24 травня 2018 року, Миколаїв)

Голова оргкомітету конференції,
ректор Національного університету
кораблебудування імені адмірала Макарова
к.т.н., професор



Тришляков Є.І.



Міністерство освіти і науки України
Херсонська державна морська академія

СЕРТИФІКАТ

засвідчує, що

Жирченко Костянтин Володимирович

29–31 травня 2018 року взяв(ла) участь у

Десятій ювілейній Міжнародній

належності практичній конференції

«СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ (MINTT-2018)»



Ректор

В. В. Чернявський

29–31 травня 2018 року, м. Херсон, Україна



Сертифікат

Цей сертифікат підтверджує, що

Кириченко Костянтин Володимирович

приймав(ла) участь у роботі Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ, ПОБУДОВИ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ І РЕМОНТУ СУДЕН,
МОРСЬКИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД**

з доповіддю

Major ways to improve the design and technology of composite dock building

Голова оргкомітету конференції,
директор Кораблебудівного інституту
Національного університету
кораблебудування імені адмірала Макарова
к.т.н., доцент Бондаренко О.В.

23-24 травня 2019 р.
м. Миколаїв, Україна





Міністерство освіти і науки України
Херсонська державна морська академія

СЕРТИФІКАТ

засвідчує, що

Кириченко Костянтин Володимирович

27–29 травня 2020 року взяв(ла) участь у

Дванадцятій Міжнародній

науково-практичній конференції

“СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ (MINTT-2020)”



Ректор *ХДМА*

В. В. Чернявський

27–29 травня 2020 року, м. Херсон, Україна



ДОДАТОК В
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в іноземних і фахових виданнях

1. Щедролосев, А. В. Анализ состояния строительства плавучих доков / А. В. Щедролосев, **К. В. Кириченко** // Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy. – 2018. – N 1. – P. 45–58 (*іноземне фахове видання*) – *авторський вклад: аналіз стану побудови плавучих доків, класифікація доків за призначенням, формою, матеріалом корпусу та автономністю, постановка завдання для раціоналізації конструкції доків.*

2. Shchedrolosiev, O. Improvement of the Structure of Floating Docks Based on the Study Into the Stressed Deformed State of Pontoon / O. Shchedrolosiev, L. Korostylov, S. Klymenkov, O. Uzlov, **К. Kyrychenko** // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 6, N 7. – P. 26–31 (*фахове видання України, НМБ: Scopus, Index Copernicus, eLIBRARY, EBSCO, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ, WorldCat та ін.*) – *авторський вклад: постановка завдання, розробка рекомендацій щодо вдосконалення конструкції плавучого композитного доку, узагальнення результатів досліджень.*

3. Shchedrolosiev, O. Devices for Maintenance Comfort Working Conditions in Floating Docks Docks / O. Shchedrolosiev, O. Uzlov, H. Konovalova, **К. Kyrychenko** // Shipbuilding and Marine Infrastructure. – 2018. – N 1. – P. 134–143 (*фахове видання України, НМБ eLIBRARY*) – *авторський вклад: класифікація пристроїв, що використовуються для безпечної роботи у плавучих доках.*

4. Kyrychenko, K. Methods of Improvement of the Design and Construction Technology of Composite Docks / **К. Kyrychenko**, Yu. Yahlytskyi, O. Shchedrolosiev // Shipbuilding and Marine Infrastructure. – 2019. – N 2. – P. 36–47 (*фахове видання України, НМБ eLIBRARY*) – *авторський вклад: розроблення технологічних рекомендацій щодо армування днищових плит залізобетонного понтона в районі сприйняття максимального гідростатичного тиску.*

5. Kyrychenko, K. Use of High-Performance Plasticizers to Provide Design and Operational Requirements for the Concrete Composition for the Construction of Floating Composite / **K. Kyrychenko**, O. Shchedrolosiev, O. Rashkovskiy // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2018. – № 1. – С. 19–27 (*фахове видання України, НМБ: Index Copernicus, eLIBRARY, EBSCO, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ, WorldCat та ін.*) – *авторський вклад: аналіз, систематизація та узагальнення пластифікуючих домішок до суднобудівних бетонів.*

6. Кириченко, К. В. Усовершенствование технологии строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы / **К. В. Кириченко**, А. В. Щедролосев // Science and Education a New Dimension. – 2018. – N 158. – Р. 61–68 (*іноземне видання, НБМ: Index Copernicus, Ulrich's Periodicals Directory, Google Scholar та ін.*) – *авторський вклад: розроблення технології побудови плавучих композитних доків зі зменшеною кількістю набору в понтоні.*

7. Кириченко, К. В. Особенности расчета технико-экономических показателей конструкций плавучих композитных доков с уменьшенной кількістю набору у понтоні / К. В. Кириченко // Наук. вісн. Херсон. держ. мор. акад. – 2019. – № 2. – С. 154–164 (*фахове видання України, НМБ eLIBRARY*).

8. Щедролосєв, О. В. Удосконалення конструктивно-технологічних вузлів з'єднання залізобетонного понтона з поперечною діафрагмою та металевою баштою плавучого композитного доку / О. В. Щедролосєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Наук. вісн. Херсон. держ. мор. акад. – 2020. – № 1. – С. 125–134 (*фахове видання України, НМБ eLIBRARY*) – *авторський вклад: розроблення конструкції та технологічних рекомендацій побудови вузлів з'єднання залізобетонного понтона з поперечною діафрагмою та металевою баштою.*

Патенти

9. Пат. 113891 Україна, МПК В63В 9/00 В63С 5/00. Стапель для спорудження залізобетонних суден / О. В. Щедролоєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко**. – № u201605644 ; заявл. 25.05.2016 ; опубл. 27.02.2017, Бюл. № 4. – 4 с. – *авторський вклад: удосконалення технологічного процесу розпалубки.*

10. Пат. 126746 Україна, МПК В63С 1/02. Композитний безнабірний понтон доку / В. Ф. Маломан, В. М. Коннов, О. В. Щедролоєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко**. – № u201710669 ; заявл. 02.11.2017 ; опубл. 10.07.2018, Бюл. № 13. – 4 с. – *авторський вклад: визначення раціональної відстані між поперечними перегородками залізобетонного понтона.*

11. Пат. 117657 Україна, МПК В63В 43/06. Танк ізольованого баласту наливного судна / О. В. Щедролоєв, О. С. Рашковський, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко**. – № u201605367 ; заявл. 25.05.2016 ; опубл. 10.07.2017, Бюл. № 13. – 4 с. – *авторський вклад: розробка конструктивно-технологічних схем баластних систем з використанням плавучих інгібіторів.*

Опубліковані праці апробаційного характеру

12. Коростильов, Л. І. Розрахунок міцності конструкції залізобетонного понтону зі зменшеною кількістю набору методом кінцевих елементів / Л. І. Коростильов, О.В. Щедролоєв, С. Ю. Клименков, **К. В. Кириченко** // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2018. – С. 85–87 (очна участь) – *авторський вклад: дослідження напружено-деформованого стану залізобетонних плит понтона композитного доку.*

13. Щедролоєв, О. В. Удосконалення конструкції композитних плавучих доків шляхом зменшення кількості набору / О. В. Щедролоєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко**, В. Ф. Маломан, В. М. Коннов // Матеріали Всеукраїнської

науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2018. – С. 94–95 (очна участь) – **авторський вклад:** *вибір та обґрунтування раціональної кількості набору конструкції залізобетонного понтона плавучого композитного доку.*

14. Щедролосев, А. В. Технология сращивания железобетонных понтонов композитных плавучих доков большой подъемной силы на плаву / А. В. Щедролосев, А. С. Рашковский, В. Ф. Маломан, А. Н. Узлов, **К. В. Кириченко** // Materials of XIII International Scientific-Technical Conference on «Water Transport Problems». – Baki, 2018. – P. 35–42 (заочна участь) – **авторський вклад:** *розроблення технологічних рішень побудови композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору в понтоні.*

15. Коростильов, Л. І. Скінчено-елементний аналіз міцності плит палуби і днища залізобетонного понтону зі зменшеною кількістю набору / Л. І. Коростильов, О. В. Щедролосєв, С. Ю. Клименков, **К. В. Кириченко** // Матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2018. – С. 95–98 (очна участь) – **авторський вклад:** *визначення фактичних коефіцієнтів запасу на основі розрахунків зведених напружень у плитах стпель-палуби залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору.*

16. Shchedrolosiev, O. Major Ways to Improve the Design and Technology of Composite Dock Building / O. Shchedrolosiev, Yu. Yahlytskyi, **К. Kyrychenko** // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2019. – С. 116–120 (очна участь) – **авторський вклад:** *обґрунтування вибору основних параметрів для раціоналізації конструкції залізобетонного понтона.*

17. Яглицький, Ю. К. Дослідження раціональної конструкції композитного плавучого доку / Ю. К. Яглицький, **К. В. Кириченко** // Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні

енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсон, 2019. – С. 170–171 (очна участь) – **авторський вклад:** встановлення взаємозв'язку між напрямками раціоналізації конструкції та основними вимогами, що пред'являються до конструкції композитного доку.

18. Щедролосєв, О. В. Удосконалення конструкції стапеля для побудови залізобетонних понтонів композитних плавучих доків / О. В. Щедролосєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсон, 2019. – С. 235–237 (очна участь) – **авторський вклад:** розроблення оснащення стапеля для побудови залізобетонних понтонів композитних плавучих доків.

19. Щедролосєв, О. В. Удосконалення конструктивного вузла з'єднання металевої башти із залізобетонним понтоном / О. В. Щедролосєв, В. М. Коннов, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». – Миколаїв, 2020. – С. 135–139 (очна участь) – **авторський вклад:** розроблення конструкції і технологічних рекомендацій побудови вузла з'єднання металевої башти із залізобетонним понтоном.

20. Кириченко, К. В. Визначення розрахункових залежностей при обґрунтуванні економічної доцільності побудови композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні / К. В. Кириченко // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2020». – Херсон, 2020. – С. 235 – 237 (очна участь).

21. Щедролосєв, О. В. До питання побудови плавучих композитних доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні / О. В. Щедролосєв, **К. В. Кириченко** // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті

MINTT-2020». – Херсон, 2020. – С. 281–283 (очна участь) – **авторський вклад:** *розробка технологічних рекомендацій виготовлення конструкцій залізобетонного понтона зі збільшеною відстанню між поперечними перегородками.*

22. Щедролосєв, О. В. Удосконалення конструктивного вузла з'єднання днища та зовнішньої поздовжньої стінки понтона композитного плавучого доку / О. В. Щедролосєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсон, 2020. – С. 246–247 (очна участь) – **авторський вклад:** *розроблення конструкції вузла з'єднання днища та зовнішньої поздовжньої стінки понтона.*

23. Щедролосєв, О. В. Удосконалення конструктивного вузла з'єднання поперечної діафрагми з днищем понтона композитного плавучого доку / О. В. Щедролосєв, В. М. Коннов, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2020. – Т. 1. – С. 50–53 (очна участь) – **авторський вклад:** *розроблення технологічних рекомендацій побудови вузла поперечної діафрагми з днищем понтона композитного плавучого доку.*

Публікації, які додатково відображають наукові результати

24. Shchedrolosiev, O. Selection of a Generalized Efficiency Criterion for the Designing and Technology of Composite Dock Building / O. Shchedrolosiev, Yu. Yahlytskyi, **К. Kyrychenko** // Theoretical and Applied Questions of Mathematics, Mechanics and Computer Science : materials of the international scientific conference. – Karaganda, 2019. – P. 165–166 (заочна участь) – **авторський вклад:** *розроблення алгоритму оцінки показників ефективності конструкції та технології побудови композитних доків.*

25. Щедролосєв, О. В. Розробка схем систем для забезпечення ремонтпридатності баластних відсіків транспортних і нафтоналивних суден,

металевих і композитних плавучих ремонтних доків / О. В. Щедролоєв, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2015. – С. 41–43 (очна участь) – ***авторський вклад:** розроблення конструктивно-технологічних заходів для забезпечення антикорозійного захисту суден і плавучих доків без виведення їх з експлуатації.*

26. Кириченко, К. В. Анализ современного состояния коррозионной защиты цистерн чистого балласта транспортных, нефтеналивных судов и плавучих ремонтных доков / К. В. Кириченко // Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy. – 2016. – N 2. – P. 33–38 (***іноземне фахове видання***).

27. Щедролоєв, О. В. Вплив пластифікуючих добавок на властивості бетону для будівництва композитних доків та гідротехнічних споруд / О. В. Щедролоєв, **К. В. Кириченко** // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Транспорт: механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство». – Херсон, 2017. – С. 135–136 (заочна участь) – ***авторський вклад:** аналіз суперпластифікаторів, що використовуються при побудові композитних доків та гідротехнічних споруд.*

28. Щедролоєв, О. В. Удосконалення властивостей бетону шляхом використання пластифікаторів для побудови високоміцних понтонів залізобетонних доків / О. В. Щедролоєв, **К. В. Кириченко** // Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2018». – Херсон, 2018. – С. 382–384 (очна участь) – ***авторський вклад:** класифікація пластифікаторів за принципом дії, що використовуються для побудови залізобетонних понтонів зі зменшеною кількістю набору.*

29. Щедролоєв, А. В. Усовершенствование технологии строительства понтонов композитных плавучих доков / А. В. Щедролоєв, В. Н. Коннов, А. Н. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасної науки». – Київ, 2018. – Ч. 3. –

С. 38–40 (заочна участь) – *авторський вклад: розроблення рекомендацій щодо зменшення стапельного періоду побудови доків.*

30. Shchedrolosiev, O. Modern Ice-Retaining Devices for the Maintenance of Comfortable Working Conditions in Floating Docks / O. Shchedrolosiev, O. Uzlov, H. Konovalova, **K. Kyrychenko** // Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсон, 2018 – С. 240–243 (очна участь) – *авторський вклад: класифікація льодозатримуючих пристроїв, які дозволяють проводити докування суден при наявності великої кількості льоду в акваторії, для забезпечення комфортних умов праці в плавучих доках.*

31. Щедролосєв, О. В. Технологічні особливості побудови композитних доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні / О. В. Щедролосєв, В. М. Коннов, О. М. Узлов, **К. В. Кириченко** // Матеріали міжнародної наукової конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення». – Тернопіль, 2018. – Вип. 29, ч. 1. – С. 109–111 (заочна участь) – *авторський вклад: розроблення рекомендацій щодо укладання бетону при формуванні залізобетонного понтона зі зменшеною кількістю набору.*

32. Shchedrolosiev, O. Modern Dock Scaffoldings for the Maintenance of Safe Working Conditions in Floating Docks / O. Shchedrolosiev, O. Uzlov, H. Konovalova, **K. Kyrychenko** // Матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв, 2018. – С. 28–30 (очна участь) – *авторський вклад: класифікація конструкцій лісів доку та вимог, що до них пред'являються, для безпечної роботи у плавучих доках.*

33. Щедролосєв, О. В. Системна організація технологічних процесів побудови композитних плавучих доків / О. В. Щедролосєв, **К. В. Кириченко** // Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи та технології». – Одеса, 2020. – С. 317–318 (заочна участь) – *авторський вклад: розроблення рекомендацій до системної організації*

управління докобудівним підприємством для забезпечення комплексного вирішення завдань ефективного використання виробничих потужностей.