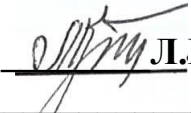


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала МАКАРОВА**

**Кораблебудівний навчально-науковий інститут
Кафедра будівельної механіки та конструкції корпусу корабля**

“Допущений до захисту ДЕК”

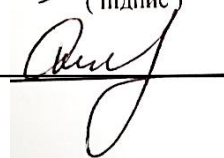
Завідуючий кафедрою  **Л.І. Коростильов**
“ ____ ” _____ **2023 р.**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

**Тема роботи: Конструювання та модифікація
композитного плавучого доку з використанням
склофібробетону**

Керівник роботи, к.т.н.  **Соломонюк Н.С.**
(підпис)

Студент групи 6161м  **Сергєєва Є.Є.**

**Миколаїв
2023**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра будівельної механіки та конструкції корпусу корабля.

Спеціальність 135 Суднобудування
(шифр і назва)

Освітня програма Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів
(шифр і назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

д.т.н, проф. Коростильов Л.І.

“ ” 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Студенту Сергеєва Євгенія Євгенівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Конструювання та модифікація композитного плавучого доку з використанням склофібробетон.

Керівник роботи Соломонюк Н.С., к.т.н
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора № _____ від “ ” _____ 20__ року

2. Термін подання роботи 20 грудня 2023 р.
3. Вихідні дані по роботі Плавучий композитний док для ремонту суден з піднімальною силою доку 25000 т, габаритними розмірами довжиною 250 м, шириною по понтону 52 м, висотою понтону 7.,05 м, водотоннажністю з повними запасами і судном 25000 т.
4. Перелік питань, що належать до розробки _____
1.Розглянути матеріали, що викоритовуються для плавучих доків, 2.Дослідити властивості склофібробетон та обрати оптимальний склад для використання у плвучих доках, 3.Удосконалення конструкції стапельпалуби склофібробетоном, 4.Розрахунок міцності дока з урахуванням застосування склофібробетон, 55. Розробка технології виготовлення понтону дока із застосуванням склофібробетону.
5. Перелік презентаційних матеріалів _____
1.Існуючі плавучі доки та їх особливості, 2 Склофібробетон його переваги і недоліки, 3.Матеріали, що застосовуються в композиції СФБ, 5,6. Планування і виконання експерименту по виготовленню СФБ, 7, 8, 9 Результаті

експерименту, 10, 11, 12 Розрахунки понтону доку на основі СФБ, 13, 14.
Технологія виготовлення понтону доку_____.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Огляд технічної літератури		
2	Матеріали для плавучих доків		
3	Дослідження механічних характеристик СФБ		
4	Конструкція залізобетонних плит стапель палуби		
5	Перевірка на міцність понтону дока		
6	Технологія виготовлення понтону дока		

7. Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд технічної літератури		
2	Матеріали для плавучих доків		
3	Дослідження механічних характеристик СФБ		
4	Конструкція залізобетонних плит стапель палуби		
5	Перевірка на міцність понтону дока		
6	Технологія виготовлення понтону дока		

Студент

_____ (підпис) _____ (ПІБ) .

Керівник роботи

_____ (підпис) _____ (ПІБ)

ЗМІСТ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Вступ.....	4
Розділ 1. Огляд технічної літератури.....	5
1.1. Конструкція плавучих доків.....	6
1.2. Композитний плавучий док.....	9
1.3. Постановка задачі дипломної роботи.....	11
1.4. ТЗ до композитного плавучого доку.....	12
Розділ 2. Матеріали для плавучих доків.....	17
2.1. Сталеві плавучі доки.....	18
2.2. Бетонні плавучі доки.....	19
2.3. Залізньо-бетоні плавучі доки.....	20
2.4. Склофібробетон.....	21
2.5. Скловолокно.....	22
2.6. Арматура.....	26
Розділ 3. Дослідження механічних характеристик СФБ.....	29
3.1. Визначення функція відклику	30
3.2. Кодування факторів.....	31
3.3. Дані експерименту.....	32
3.4. Обробка результатів експерименту.....	33
3.5. Перевірка однорідності дисперсії.....	34
3.6. Регресійний аналіз.....	35
3.7. Перевірка адекватності рівняння регресії реальному процесу...36	

3.8. Випробування на чотирьохточковий вигин у віці 2 та 28 діб.....	37
3.9. Випробування міцності на стиск поперек волокон.....	38
3.10. Випробування міцності на стиск вздовж волокон.....	38
3.11. Густина СФБ.....	39
3.12. Вихідні данні.....	39
3.13. Порівняння результатів.....	40
Розділ 4. Конструкція залізобетонних плит стапель палуби.....	42
4.1. Конструкція стапельної плити.....	43
4.2. Конструкція днищевої плити.....	43
4.3. Арматура та арматурна сітка.....	45
4.4. Характеристики плит та їх перерізу.....	47
Розділ 5. Перевірка на міцність понтону дока.....	51
5.1. Перевірка міцності дока при загальному поздовжньому вигині..	52
5.2. Перевірка міцності арматури.....	54
5.3. Міцність плити на вигин 25*25.....	55
5.4. Міцність плити на вигин 20*50.....	56
Розділ 6. Технологія виготовлення понтону дока.....	59
Висновки.....	68
Список використаних джерел.....	70

ВСТУП

В сучасних умовах розвитку суднобудівної техніки та технологій виникає необхідність у вдосконаленні конструкцій морських доків з метою підвищення їхньої надійності, тривалості служби та оптимізації експлуатаційних характеристик. Одним із перспективних напрямків у цьому відношенні є застосування нових матеріалів та технологій конструкцій, зокрема використання композитних матеріалів у будівництві доків.

Об'єктом дослідження даної дипломної роботи є конструкція плавучого композитного доку зі стапельпалубою зі склофібробетону замість традиційного цементного бетону. Мета даного дослідження полягає в виявленні доцільності використання склофібробетону як матеріалу для плити днища доку. Це обумовлено необхідністю зменшення ваги конструкції, оптимізацією використання сталевих арматур та підвищенням корозійної стійкості у порівнянні з традиційними матеріалами.

Основні аспекти дослідження включають аналіз механічних властивостей склофібробетону, визначення його відповідності вимогам для морських конструкцій, а також порівняння характеристик з традиційним цементним бетоном. Результати цього дослідження можуть визначити переваги та недоліки використання склофібробетону у конструкції доку, а також вказати на шляхи подальших вдосконалень та оптимізації.

Впровадження новаторських матеріалів та конструкцій у суднобудівній галузі може призвести до покращення ефективності експлуатації морських доків, зменшення витрат на будівництво та обслуговування, а також підвищення конкурентоспроможності суднобудівних підприємств на світовому ринку.

					135.6161м.02.ПЗ.01								
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата									
					РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ				Літ.	Аркуш	Аркушів		
Студ.	Сергєєва Є.Є.										7	11	
Викладач	Соломонюк Н.С								НУК				
Зав.кафедр	Коростильов												
Нормконт	Захарова І.О.												

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Плавучі споруди - це споруди, які розташовані на воді і мають здатність до плавання та маневру. Вони можуть мати різні форми, розміри і функціональне призначення. Основними типами плавучих споруд є:

- Плавучі доки: Використовуються для ремонту та обслуговування суден. Вони можуть занурюватися, щоб дозволити суднам заходити на них.
- Плавучі причали: Використовуються для прийому та стоянки суден. Вони можуть мати системи анкерування або приводів, що дозволяють їм підлаштовуватися під рівень води та маневрувати.
- Плавучі ресторани та бари: Розважальні споруди, які надають послуги харчування та розваги на воді. Вони можуть мати внутрішні та зовнішні зони для сидіння, кухні та барні стійки.
- Плавучі готелі: Розташовані на воді готелі, які надають гостьові номери та зручності для проживання. Вони можуть мати ресторани, басейни, сауни та інші відпочинкові зони.
- Плавучі мости: Споруди, які з'єднують береги або інші плавучі споруди. Вони можуть мати автомобільні або пішохідні доріжки та забезпечувати переміщення через водні перешкоди

1.1. Конструкція плавучих доків

Плавучий док (рисунок 1.1) - це тип морської споруди, призначений для забезпечення стабільної платформи для швартування або причалювання суден.

На відміну від традиційних стаціонарних доків, які постійно прикріплені до берега або морського дна, плавучі доки будуються на понтонах або поплавках, які дозволяють їм плавати на поверхні води.

					135.6161м.02.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		8

Їх можна встановлювати в різних місцях, включаючи річки, озера та прибережні зони. Також ці доки можна легко перемістити або змінити конфігурацію споруди, відповідно до змін рівня води чи інших вимог до стикування.

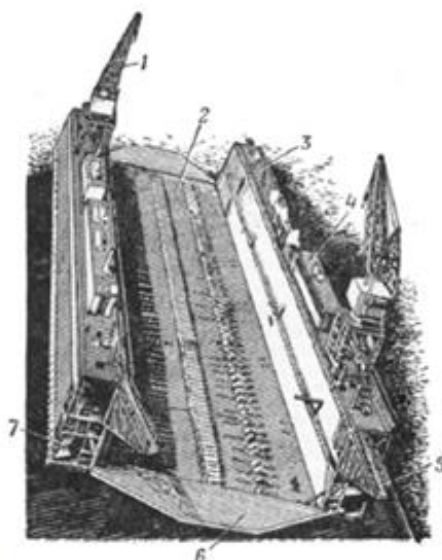


Рисунок 1.1 Плавучий док: 1 - кран; 2 - стапель-палуба; 3 - вежа; 4 - надбудова; 5 - перехідний місток; 6 - консольний майданчик (авандек); 7 - службові та житлові приміщення

Вони залишаються рівними та адаптуються до руху води, що робить їх зручнішими та безпечнішими для причалювання суден та посадки/висадки пасажирів.

Для того, щоб прийняти судно, плавучий док занурюється, тому його розміщують на відповідних глибинах, у спеціальних котлованах, які захищені від хвиль та вітру. Довжина доку повинна бути меншою, ніж довжина найбільшого судна, яке має бути доковане.

Плавучий док складається з понтона, який розділений поздовжніми та поперечними перегородками на баластні відсіки. Плавучість дока забезпечується понтонною частиною, яка має стапель-палубу з кільовою доріжкою та клітинами, на які можуть бути встановлені судна. Жорсткість конструкції та додаткова плавучість доку забезпечуються наявністю двох веж чи рідше однієї, але останній варіант конструкції використовується рідше.

Для забезпечення стійкості понтона в положенні під водою вздовж його довшої сторони розміщуються водовміщуючі надбудови достатньої висоти, які забезпечують плавучість дока. На стапель-палубі дока облаштовуються опорні пристрої для установки судна, верхня поверхня яких відповідає обводам судна.

Існує кілька видів плавучих доків, в залежності від їх конструкції та призначення.

Основні види плавучих доків:

- Монолітні доки: Це стійкі споруди, які складаються з однорідного блоку або масиву бетону або іншого матеріалу. Вони зазвичай мають прямокутну форму та призначені для прийому і ремонту суден.
- Секційні доки: Вони складаються з великої кількості секцій, які можуть бути з'єднані між собою. Це дозволяє створювати доки різної довжини, адаптовані до різних типів суден.
- Понтонні доки: Вони складаються з плавучих понтонів, які можуть бути розміщені паралельно або перпендикулярно до берега. Понтони можуть мати пустотілу конструкцію для забезпечення плавучості та стійкості.
- Секційно-понтонні доки: Це комбіновані споруди, що поєднують у собі елементи секційних доків та понтонних доків. Вони мають плавучі понтони з розділеними секціями, що дозволяє легко змінювати їх довжину та конфігурацію.

Залежно від призначення плавучі доки можна класифікувати на наступні види:

- Доки для ремонту та обслуговування суден: Ці доки призначені для проведення ремонтних робіт, технічного обслуговування та навантаження-розвантаження суден. Вони мають спеціально обладнані зони для ремонту, заміни частин судна та проведення інших робіт.

					135.6161м.02.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		10

- Доки для плавкого зберігання суден: Ці доки використовуються для зберігання суден на воді під час періодів, коли вони не використовуються або вимагають тимчасового припинення експлуатації. Вони забезпечують безпечне утримання судна на плаву та захист його від шкідливого впливу навколишнього середовища.
- Доки для завантаження-розвантаження вантажу: Ці доки використовуються для ефективного завантаження та розвантаження вантажу з суден. Вони можуть мати спеціальні кранові системи, обладнання для підйому та переміщення вантажу, а також пристосування для безпечного закріплення судна під час маніпуляцій з вантажем.
- Доки для пасажирських суден: Ці доки спеціально призначені для прийому та обслуговування пасажирських суден. Вони мають зручні пасажирські платформи, системи безпеки, причали для суден та інфраструктуру, необхідну для комфортного руху пасажирів.

1.2. Композитний плавучий док

Композитний док (рисунк 1.2) - це док, який складається з металевих башт та залізобетонної палуби. Залізна бетонна палуба складається з двох плит: стапель-палубної плити та днищеві плити, які, в свою чергу, також виготовлені з залізобетону.

З метою усунення негативних особливостей сталевих доків для корпусу його понтона був застосований залізобетон. Перевага залізобетону полягає в тому, що бетон сам добре працює на стиснення, робота на розтягування забезпечується арматурною сталлю, яка захищена від дії агресивної морської води бетоном. У цьому випадку витрачається значно менше сталі, чим на сталевий корпус, оскільки виключається здебільшого товщина конструкції на корозію. Арматурний прокат дешевший за профільний і листовий. Оскільки залізобетон не кородує у воді, корпус понтона не вимагає фарбування і

докування, а металеві башти можна пофарбувати і відремонтувати без докування і введення доку з експлуатації, паралельно з проведенням в ньому ремонту судна.

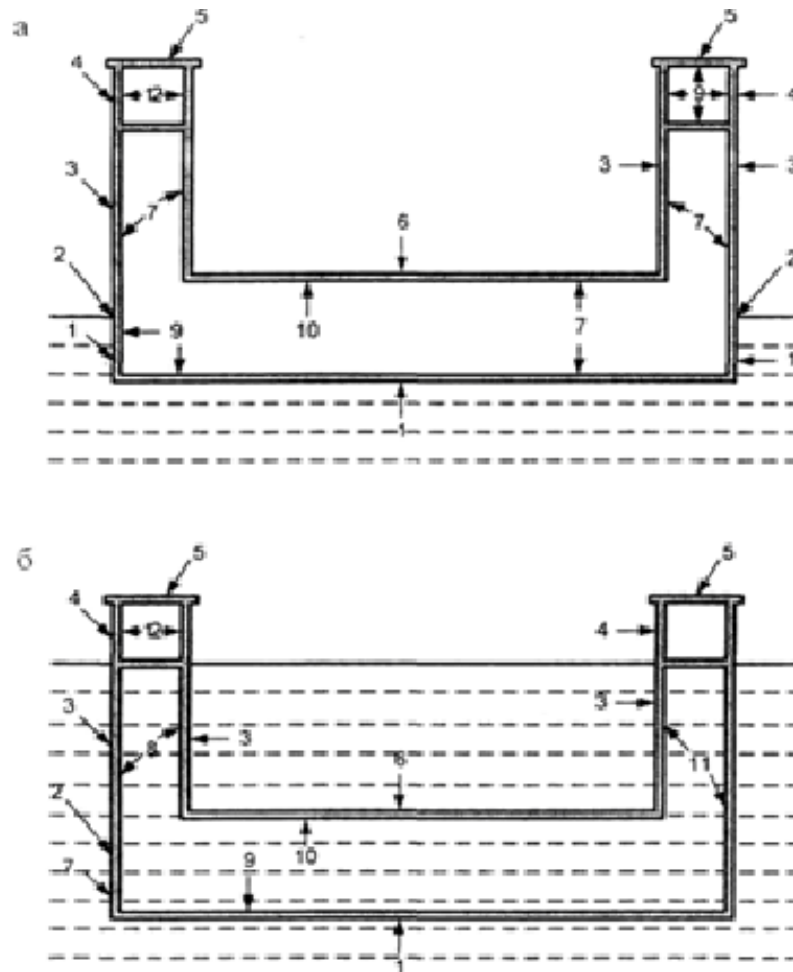


Рисунок 1.2. - Поділ корпусу композитного плавучого доку на райони впливу різних механічних та кліматичних факторів

Сталеві понтони володіють рядом недоліків. Металевий корпус легший за залізобетонний, оскільки має невелику товщину конструкції. Полегшення корпусу дає негативний ефект, оскільки з'являється зайва вживана підйомна сила, що не виправдано збільшує робочий надводний борт і кількість водного баласту, необхідного для заданого занурення доку. Збільшення товщини конструкції призводить до витрати металу, потрібні потужності для дороги, потужніші дороги насоси, більше електроенергії і часу для робіт. На композитному плавучому доку і залізобетонному понтоні за увагою корпусу

можна використовувати для створення жорсткі стапелі, встановивши перегородки на кожному шпангоуті. За допомогою елементів корпусу більшої товщини створюється жорстка конструкція, що значно розширює його експлуатаційні характеристики: в док можна ставити судно, що втратило поздовжню стійкість; в доці можна розрізати на частини або утилізувати судно без небезпеки його поломки ударним навантаженням; можна ставити судно на стапель палуби доку в будь-якому місці без страху поламати док або судно. Таким чином зменшується кількість використаного металу, застосовується дешевший бетон, знижуються експлуатаційні витрати, збільшується виробнича віддача і знижується його собівартість. Зважаючи на вищенаведені переваги залізобетонної конструкції стапель палуби, на відміну від абсолютно залізної конструкції, прийнято рішення у дипломній роботі використовувати стапель палуби з залізобетону

1 – район підводного бетону, що постійно омивається морською водою (днище, борти понтона);

2 – район ватерлінії, де бетон піддається частоті зміни процесу заморожування та відтавання, зволоження та висихання;

3 – район змінного рівня води (борту доку від рівня ватерлінії до палуби безпеки), де бетон піддається зволоженню при зануренні доку та висушуванню або заморожуванню під час спливання доку;

4 – район надводного бетону (борту башт доку від палуби безпеки до топ-палуби), де бетон зазнає дії лише атмосферних впливів;

5 – район топ-палуби, де бетон піддається атмосферним впливам та механічним впливам;

6 – район стапель-палуби, де бетон піддається впливу всіх атмосферних впливів, частоті зміни зволоження, висушування чи заморожування, а також механічним впливам;

7 – район сухих відсіків, де бетон піддається впливу повітря внутрішніх приміщень;

					135.6161м.02.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		13

8 – район баластових відсіків від ватерлінії до палуби безпеки, де бетон піддається зволоженню при зануренні доку та висушуванню при спливанні;

9 – район баластових відсіків у районі понтона, де бетон піддається постійному впливу морської води;

10 – район нижньої площини стапель-палуби в баластних відсіках, де бетон піддається зволоженню при зануренні та висушуванню при спливанні, а також механічним впливам від судна, що докується;

11 – район танкерів, де бетон піддається постійному впливу нафтопродуктів (дизпаливо, мазут);

12 – район внутрішніх залізобетонних конструкцій житлових та службових приміщень доку.

1.3. Постановка задачі дипломної роботи.

1. Розробити конструкцію композитного плавучого доку
2. Обрати схему армування понтону доку;
3. Обґрунтувати вибір матеріалу для конструкції
4. Оптимізувати товщину понтону доку .
5. Оптимізувати армуючу сітку для понтону дока.
6. Спроекувати та описати принциповий технічно-логічний процес плавучого доку, зокрема .

1.4. ТЗ до композитного плавучого доку.

I. Найменування та область використання.

Композитний плавучий док DockJC125

II. Підстави для розробки.

Договір на розробку між Національним університетом кораблебудування та «SHIPFLIP company» №2485 від 15.07.2014.

III. Мета та призначення розробки.

Зменшення ваги конструкції доку, а також частина або повна відмова від армування залізними стрижнями

IV. Технічні джерела.

- ДСТУ 3594-97. Будівництва і ремонт кораблів і суден. Вимоги безпеки
- ДСТУ БВ.2.7-XXX:2018. Будівельні матеріали. Бетон суднобудівний. Технічні умови та технологія приготування
- ДСТУ Б В.2.7-202:2009. Будівельні матеріали. Цементи та матеріали цементного виробництва. Методи хімічного аналізу
- ДСТУ Б.В.2.7-214-2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками
- ДСТУ Б В.2.7-219:2009. Бетони. Метод прискореного визначення міцності на стиск
- ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю
- ДСТУ Б В.2.7-223:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій
- ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності
- ДСТУ Б В.2.7-232:2010. Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань.

V. Технічні вимоги.

У зв'язку з нестачею вихідних даних для розрахунку геометричних характеристик доку, головні розміри для подальших розрахунків на механічні характеристики з подальшим удосконаленням конструкції,

					135.6161м.02.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		15

беруться з загальних характеристик автономного композитного плавучого доку підйомною силою 25000т.

Загальні характери доку:

піднімальна сила доку, т: $\Delta_c = 25000$

довжина доку по стапель-палубі, м: $L_d = 250$

довжина доку по топ-палубі (баштам), м: $L_{tp} = 207$

ширина доку по понтону, м: $B = 50$

ширина стапель-палуби, м: $B_{stp} = 38,85$

ширина найбільша по свісам стапель-палуби, м: $B_{\max} = 52$

ширина між кранцями, м: $B_{cr} = 35,5$

висота понтону до стапель-палуби, м: $h_d = 7,05$

ширина башти по топ-палубі, м: $b_{tp} = 5,5$

висота башт до доку від ОП до топ-палуби, м: $D_{b\ op} = 18,75$

висота від ОП до верхньої кромки кільбортів, м: $D_{kb} = 8,55$

водотоннажність доку з повними запасами, т: $\Delta_d = 25000$

водотоннажність доку з повними запасами і судом, т: $D_w = 75000$

кількість бортових проходів на кожній башті: 2

прийнята щільність води, $\frac{\text{т}}{\text{м}^3} : \rho = 1,025$

осадка гранична, м: $d = 17.05$

осадка доку з повними запасами та судном на стапель-палубі, м:

$$d_d = 6.36$$

глибина води над кільблоками граничному занурені доку, м:

$$d_b = 8,5$$

кут диференту: $\psi = 1^\circ 30''$

коефіцієнт проникності баластових відсіків у понтонній частині:

$$\mu_p = 0.85$$

VI. Вимоги до надійності доку

					135.6161м.02.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		16

Гарантований термін експлуатації: не менше 15 років.

Гарантований термін до початку експлуатації: не менше 5 років.

Середнє напрацювання: не менше 10 років

Середній час відновлення працездатного стану: не більше 24 годин.

VII. Вимоги до технологічності.

Трудомісткість виготовлення: не більше 5 років.

VIII. Метрологічне забезпечення.

Використовувати вимірювальне обладнання та інструментарій з класом точності, не більше ніж 1.5.

IX. Вимоги до уніфікації.

Отримана конструкція має бути уніфікована до конструкції плавучого композиційного доку конструкційного бюро «Палада» водотоннажністю 25000 т

X. Вимоги до умов експлуатації.

Температура експлуатації робоча: -30°C - +50 °C.

Максимальна температура експлуатації: +55°C.

Мінімальна температура експлуатації: -35 °C.

Максимальна відносна вологість: 99% при 20 °C .

XI. Вимоги до ремонту.

Термін експлуатації до ТО: не менше 15 тис. годин.

Середній час ремонту: 2 тижні.

Середній час монтажних робіт: 3 місяці.

XII. Вимоги до транспортування.

Через великі габарити конструкції транспортування можливе лише водними видами транспорту, у найкращому випадку док монтується на місці безпосередньої експлуатації.

XIII. Економічні показники.

Плавучий док завдовжки 250 метрів є конструкцією з особливими характеристиками, вартість якої не може бути точно визначена через те, що

					135.6161м.02.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		17

вона розраховується з урахуванням вимог, та наявних кадрових та матеріальних ресурсів.

Можливо визначити приблизну вартість бетону та арматури, що використовуються у виготовленні стапель-палуби (розрахунки в \$ за тонну

$$S_{bt} = 100\$$$

$$m_f = 574 \text{ т}$$

$$S_{at} = 600\$$$

$$m_b = 10910 \text{ т}$$

$$S_{ft} = 600\$$$

$$m_a = 831 \text{ т}$$

$$S_f = S_{ft} * m_f = 3.44 * 10^5$$

$$S_b = S_{bt} * m_b = 10.9 * 10^5$$

$$S_a = S_{at} * m_a = 4.99 * 10^5$$

$$S = S_f + S_b + S_a = 2\,000\,000\$$$

XIV. Стадії та етапи розробки приведені в таблиці 1

Таблиця 1.1 Стадії та етапи розробки дока .

№	Назва	Термін	Звітність
1	Ескізний проект	3 місяці	Ескізний проект
2	Технічний проект	2 місяці	Технічний проект
3	Робочий проект	6 місяців	Розрахунки, креслення
4	Випробування	2 місяці	Акт про випробування

1.5 Висновок за розділом

На підставі проведеного огляду технічної літератури, що присвячена оптимізації конструкції плавучих споруд та плавучих доків, а також розгляду поставленого технічного завдання, приходимо до висновку, що проектування композитного плавучого дока є високотехнологічним завданням, яке потребує значних фінансових, часових та кваліфікованих людських ресурсів. Створення композитного плавучого дока вимагає врахування всіх вимог і

стандартів, встановлених морським реєстром та іншими технічними документами.

Розглядаючи зазначені аспекти, можна визначити, що композитний плавучий док виступає як складний інженерний проект, орієнтований на досягнення найвищих стандартів безпеки та ефективності. Реалізація цього завдання передбачає впровадження сучасних технологій, використання інноваційних матеріалів та відповідність усім нормам та вимогам, що стосуються морських технічних конструкцій.

Необхідно підкреслити, що успішна реалізація такого проекту вимагає взаємодії великої команди фахівців із різних галузей, включаючи суднобудівників, інженерів, екологів та інших спеціалістів.

					<i>135.6161м.02.ПЗ.01</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		19

					135.6161м.02.ПЗ.02								
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата									
					РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПЛАВУЧИХ ДОКІВ				Літ.	Аркуш	Аркушів		
Студ.	Сергєєва Є.Є.										17	11	
Викладач	Соломонюк Н.С								НУК				
Зав.кафедр	Коростильов												
Нормконт	Захарова І.О.												

РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПЛАВУЧИХ ДОКІВ

Зазвичай плавучі доки виготовляються з металу або з армованого залізобетону. Залізобетонні доки, наприклад, мають значні переваги перед сталевими: витрати металу на будівництво на 50-60% менше, а вартість споруди на 20-30 %, також залізобетонні доки не вимагають регулярного самодокування для очищення, фарбування і ремонту підводної частини корпусу.

Плавучі доки можуть бути виготовлені з різних матеріалів, залежно від їх призначення, розмірів та умов експлуатації. Основні матеріали, які використовуються для виготовлення плавучих доків:

- Сталеві конструкції.
- Бетонні конструкції.
- Композитні матеріали: Деякі плавучі доки виготовляються з використанням композитних матеріалів, таких як скловолокно або вуглецеве волокно, поєднаних з полімерними матрицями. Ці матеріали відомі своєю легкістю, міцністю та стійкістю до корозії.
- Дерев'яні конструкції: Дерево може бути використано для створення менших плавучих доків або плавучих понтонів. Воно є доступним матеріалом і має природну плавучість.

2.1. Сталеві плавучі доки

Сталь є популярним матеріалом для виготовлення плавучих доків. Висока міцність та стійкість до корозії роблять сталь ефективним варіантом для великих та важких доків.

Переваги сталевих конструкцій:

- Міцність і стійкість: сталеві конструкції мають високу міцність і можуть витримувати значні навантаження. Вони стійкі до впливу хвиль, вітру, тиску води та льоду.

- Легкість у транспортуванні та монтажі: Сталеві плавучі доки можуть бути виготовлені з окремих секцій, що дозволяє зручно транспортувати їх та збирати на місці монтажу. Це робить їх гнучкими для використання в різних місцях та водоймах.

- Довговічність: Сталь має високу стійкість до корозії, що дозволяє сталевим плавучим докам мати довгу службову тривалість. Для запобігання корозії можуть застосовуватись спеціальні захисні покриття.

- Гнучкість у дизайні: Сталеві плавучі доки можуть бути розроблені та збудовані з урахуванням конкретних потреб проекту. Вони можуть мати різні форми та розміри, включаючи множинні секції для збільшення робочої площі та ефективності.

Сталеві доки можуть мати такі проблеми:

- Корозія: Сталь піддається корозії, особливо у вологому середовищі. При довготривалому контакті з водою, особливо морською водою, сталеві доки можуть поступово пошкоджуватись і вимагати постійного обслуговування та захисних заходів проти корозії.

- Важка маса: Сталь має велику щільність та вагу, що може зробити сталеві плавучі доки важкими для транспортування, монтажу та ремонту. Велика маса також може вимагати потужних опорних систем та фундаментів.

- Вартість: Виготовлення сталевих плавучих доків може бути вартісним процесом, оскільки сталь є високоміцним матеріалом, а виготовлення та монтаж сталевих конструкцій вимагають спеціалізованої технології та обладнання.

- Підтримка та обслуговування: Враховуючи елементи корозії та зносу, сталеві плавучі доки вимагають регулярного обслуговування, перевірок та ремонтів для забезпечення їх безпеки та функціональності.

2.2. Бетонні плавучі доки

Бетонні плавучі доки виготовляються з високоміцного бетону, який забезпечує їм необхідну міцність та стійкість. Конструкція може включати понтонну частину, баластні відсіки, стапель-палубу та інші елементи.

Для плавучих споруд використовуються спеціальні типи бетонів класу В-25 та В-30. Вони повинні забезпечувати захист арматури від корозії при товщинах захисного шару 0,5 см для внутрішніх сухих та періодично зволожуваних приміщень, та 1,0...1,15 см для зовнішніх поверхонь корпусу, що постійно піддаються зволоженню.

Для забезпечення довговічності суднобудівного бетону у складних умовах експлуатації необхідне створення дрібнопористої структури з переважанням замкнутих пор. Тому сучасні суднобудівні бетони виготовляються з застосуванням сульфатостійкого портландцементу, а також пластифікуючих і кольматуючих добавок.

Загальні переваги бетонних блоків:

- Плавучість: Бетонні плавучі доки здатні плавати завдяки вбудованим плавучим елементам або порожнинам. Це дозволяє їм підніматись та занурюватись залежно від навантаження та потреб користувача.
- Міцність та довговічність: Бетон є міцним матеріалом, що дозволяє плавучим докам витримувати великі навантаження та забезпечувати довговічність експлуатації.
- Корозійна стійкість: Бетон не піддається корозії, що робить його відмінним вибором для споруд, що постійно знаходяться у контакті з водою.
- Адаптація та модульність: Бетонні плавучі доки можуть бути виготовлені у різних розмірах та конфігураціях залежно від потреб замовника. Вони також можуть бути легко модифіковані або розширені в разі потреби.

- Обслуговування та ремонт: При використанні бетонних плавучих доків потрібно враховувати потребу у регулярному обслуговуванні, випробуваннях та можливому ремонті, оскільки бетон може піддаватись пошкодженням від впливу довкілля, ударів або інших факторів.

2.3 Залізньо-бетоні плавучі доки

Залізобетон є одним з основних матеріалів, що використовуються для виготовлення плавучих доків. Це композитний матеріал, який складається з цементного матриці, арматурної сталі і наповнювачів.

Процес виготовлення залізобетону:

1. Підготовка матеріалів: Цемент, пісок, щебінь та вода є основними компонентами залізобетону. Перед початком виготовлення матеріали повинні бути належним чином підготовлені та змішані.

2. Змішування: У великому мішалці або бетономішалці компоненти - цемент, пісок, щебінь та вода - змішуються разом. Цей процес називається змішуванням. В результаті отримується рідка суміш, яка називається бетонною сумішшю або масою.

3. Армвання: Під час змішування в бетонну суміш можуть бути додані арматурні стержні або сітка. Арматура забезпечує додаткову міцність і стійкість конструкції. Вона розташовується у визначених місцях, де потрібна підвищена міцність.

4. Формування: Бетонна суміш переноситься до форм, які визначають форму та розміри виробу. Форми можуть бути металевими або дерев'яними і мають необхідні отвори та прорізи для прокладання арматури.

5. Затвердіння: Після формування бетон потребує часу для затвердіння і набуття міцності. Цей процес називається затвердінням або витримкою. Залежно від типу цементу і умов, цей процес може зайняти кілька годин до кількох тижнів.

Розвиток використання залізобетонного будівництва доків пояснюється перевагами композитних плавучих споруд у порівнянні з суцільнометалевими. Ось деякі з цих переваг:

- Економія металу: Для будівництва залізобетонного корпусу потрібно менше металу (1,5...3 рази менше), ніж для аналогічної сталевій споруди. Це досягається за рахунок використання бетону та більш раціонального розташування сталі у конструкціях.
- Економія на вартості сталі: Залізобетонні корпуси потребують сталі меншої вартості у порівнянні з листовим та профільним прокатом для металевих корпусів.
- Зменшення витрат на утримання: Витрати на утримання залізобетонного корпусу зменшуються у 6...10 разів, оскільки суднобудівний бетон не піддається корозії у морській воді, як сталь, і не втрачає своїх механічних характеристик.
- Довговічність: Залізобетонні плавучі споруди можуть служити до 70 років при нормальній експлуатації, що у 1,5...2 рази довше, ніж сталеві, що значно зменшує амортизаційні відрахування.
- Економія вартості будівництва: Вартість будівництва композитних доків на 15...20% нижча, ніж аналогічних суцільнометалевих доків, при менших капітальних вкладеннях у організацію виробництва

2.3 Склофібробетон

2.3.1. Цемент.

Для плавучих споруд використовуються спеціальні типи бетонів класу В-25 та В-30. Основними технічними вимогами до важкого суднобудівного бетону є:

- міцність (на стискання, на осьове розтягнення, на згин) у віці 28 діб нормального твердіння;

					135.6161м.02.ПЗ.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		22

- корозійна стійкість та водостійкість у агресивних середовищах;
- водонепроникність;
- морозостійкість.

Для бетонів плавучих споруд (доків, понтонів) раціонально застосувати цемент ГІР-2М-600 (таблиця 2.1.). Це високоміцний швидкотвердіючий безусадковий портландцемент підвищеної сульфатостійкості та водонепроникності, що призначений для виготовлення високоміцних розчинів та бетонів марок: М-800 до М-1000, а також використовується для загальнобудівельних та спеціальних

Таблиця 2.1. Властивості цементу ГІР-2 М600

Параметри	Показники
лінійне розширення, %	0,05...0,15
водонепроникність, МПа	0,5 (через 48 год)
сульфатостійкість, лугостійкість	≥ 1
вогнетривкість, °С	1000

2.3.2. Скловолокно

Армуюча здатність волокна визначається його довжиною, діаметром, процентним вмістом та орієнтацією. Матеріал волокон, що використовується для армування, це сталь, нейлон, азбест, скло, вуглець, сизаль, джут, поліпропілен, кенаф.

На властивості фібробетону впливають наступні фактори:

- якість бетону (хімічний склад і марка);
- якість волокна (хімічний склад, довжина, діаметр);
- кількість волокна;
- кількість води і піску у композиції;
- гранулометричний і хімічний склад піску;
- умови твердіння матеріалу.

Найдоцільнішим для виготовлення фібробетону для плавучих споруд, зважаючи на хімічні, механічні та економічні показники – є скловолокна

Скло має різні марки, які вказують на його характеристики та застосування. Основні марки скла:

- Марка М (М1, М2, М3): Звичайне скло, яке використовується для вікон, дзеркал, посуду тощо.
- Марка Т (Т1, Т2, Т3): Термостійке скло, стійке до високих температур. Використовується в хімічній промисловості, лабораторних умовах, пічках, камінах тощо.
- Марка С (С1, С2, С3): Захисне скло, яке має підвищену міцність та стійкість до пошкоджень. Використовується у вікнах автомобілів, меблів, вітрин, конструкцій зброї тощо.
- Марка О (О1, О2, О3): Оптичне скло, яке має високу прозорість та оптичну якість. Використовується в оптиці, мікроскопах, лінзах, приладах тощо.
- Марка Е (Е1, Е2, Е3): Електротехнічне скло, яке має діелектричні властивості. Використовується в електроніці, електричних приладах, ізоляторах тощо.

Е-скло (або електронний склопластик) є одним з видів скла, яке використовується в виробництві склопластиків або скловолокна. Це найпоширеніший тип скла, що застосовується в композитній промисловості. "Е" в терміні "Е-скло" означає "електричне" (electrical), оскільки цей тип скла має властивості, які роблять його популярним для використання в електротехніці та електроніці.

Е-скло (E-glass) є одним з найпоширеніших типів скловолокна, що використовується в композитних матеріалах. Основні характеристики Е-скла включають:

Хімічний склад Е-скла:

- Кремній (SiO_2): Зазвичай складає близько 52–56% маси скловолокна. Кремній є основним компонентом скла і надає йому структурну міцність.

- Алюміній (Al_2O_3): Зазвичай присутній на рівні 12–16% маси. Алюміній вносить вклад у формування скляних структур та поліпшує механічні властивості матеріалу.

- Бор (B_2O_3): Присутній у концентрації близько 5–8% маси. Бор додає склу хімічну стійкість та забезпечує кращу оброблюваність при виготовленні скловолокна.

- Сода (Na_2O): Зазвичай міститься на рівні 12–16% маси. Сода забезпечує плавлення скловолоконного матеріалу та сприяє його формуванню.

- Вапно (CaO): Присутнє в концентрації близько 5–10% маси. Вапно додає стабільність та міцність до скла.

Е-скло виробляється шляхом плавлення скляних інгредієнтів при високій температурі, а потім формування отриманої розплавленої маси в скляні волокна за допомогою спеціальних процесів.

Основний процес виробництва Е-скла:

1. Підготовка сировини: Кремній, алюміній, бор і інші скляні інгредієнти мішаються разом з домішками та розмелюються до потрібного розміру часток.

2. Плавлення: Суміш сировини завантажується в плавильну піч або плавильну ванну, де вона піддається високій температурі (близько 1500-1600 °C). У цьому процесі розплавлення формується скляна маса.

3. Формування волокна: Розплавлений скляний матеріал проходить через спеціальну дірку або форсунку, відому як спіндл, з якої випускається тонке струміння розплавленого скла. Після виходу з форсунки струмінь розривається на волоконні нитки за допомогою струмінню повітря або інших методів.

4. Охолодження і сушіння: Отримані скляні волокна проходять процес охолодження, де вони затвердіють і зміцнюються. Потім волокна проходять процес сушіння для видалення залишкової вологості.

5. Нарізання і упакування: Затверділі волокна ріжуть на відрізки потрібної довжини і піддаються контролю якості. Потім вони упаковуються у рулони, плити або інші форми готового продукту.

Волокно з E-glass використовується для підсилення ламінованих композитних конструкцій, виготовлення палуб, балконів, корпусів суден, виробництва внутрішніх і зовнішніх обшивок, а також для інших деталей, які потребують міцності, легкості і стійкості до впливу вологи і корозії.

Відносні механічні характеристики волокна з E-glass зображені в таблиці 2.2.,

Таблиця 2.2. Механічні характеристики склобетону

Міцність на розтяг,	10...40МПа
Модуль пружності	20...40 ГПа.
Коефіцієнт Пуассона	0,2...0,3
Міцність на розрив	30...70МПа
Міцність при стисканні	20...60МПа
Густина	2500...2600 кг/м ³ .

2.4 Арматура.

Арматура — це металевий стержень або сітка, які використовуються для армування бетонних конструкцій з метою збільшення їхньої міцності і стійкості. Арматура вкладається в бетон перед тим, як він затвердіє, і стає однією з основних складових бетонного композиту.

Зазвичай арматура виготовляється з сталі через її високу міцність та стійкість до деформацій. Існують різні типи арматури, такі як кругла

арматура (сталеві стержні круглого перетину), арматурна сітка (пласка металева сітка зі стержнів), арматурні стрижні тощо.

Основна функція арматури полягає в тому, щоб підтримувати бетон при навантаженнях на конструкцію, зокрема при силі тяги та стискання. Це дозволяє підвищити міцність конструкції та запобігти руйнуванню при деформаціях. Арматурні елементи різноманітних форм і розмірів використовуються в будівельній та інженерній сферах для створення міцних та надійних бетонних конструкцій, таких як колони, стрічкові фундаменти, плити та інші.

Для армування залізобетонної конструкції днища плавучого доку застосовуються гарячекатані стрижні арматури з класа А-III(А-400).

Таблиця 2.3. Механічні характеристики арматури

Межа плинності R_{eH} , МПа	390
Тимчасовий опір R_m , МПа	590
Модуль пружності E , МПа	$2,0 \cdot 10^5$
Відносне подовження A_s %	14
Випробування на вигин у холодному стані (с - товщина оправки, d – діаметр стрижня)	$90^\circ\text{с} = 3d$
Розрахунковий опір розтягуванню R_s , МПа	355
Розрахунковий опір стиску R_{sc} , МПа	355
Нормативний опір R_{sn} , МПа	400

Під час експлуатації плавучий док зазнає впливу постійних, статичних та динамічних змінних навантажень, внаслідок чого, у бетоні виникають напруження різної величини та змінного напрямку. Найбільш небезпечним навантаженням є розтягування, оскільки для бетону характерна низька міцність на розтягування (для важких бетонів приблизно 5 МПа).

В цілому, армовані залізною арматурою бетонні доки мають деякі недоліки, що потребують покращення.

Одним з варіантів покращення якостей виробу є заміна матеріалів конструкції. Так для покращення наявних характеристик можна ввести додаткову або повністю замінити армувальну складову. Таким чином, у цій роботі будуть розглянуті варіанти використання фібробетону: бетон, армований скловолокном - склофібробетон (СФБ).

Поліпшення фізико-механічних властивостей бетону для плавучих споруд шляхом введення у композицію волокнистого наповнювача з скловолокна призводять до основної мети дослідження: зменшення кількості або повне виключення використання металевої арматури.

Внаслідок використання скловолокна наявне покращення фізико-механічних та експлуатаційних самого матеріалу – фібробетону, а також плавучих споруд з нього:

- Зменшується вага споруди;
- Підвищується тріщиностійкість виробу;
- Підвищується морозостійкість;
- Збільшується міцність фібробетону на розтягування
- Збільшується міцність фібробетону на стискання;
- Збільшується міцність фібробетону на вигин;
- Забезпечується більша водопроникність;
- Збільшується міцність бетону навіть в агресивних середовищах;
- СФБ є біостабільними та радіопрозорими.

2.5 Висновок за розділом

Проведений аналіз матеріалів та їх властивостей має на меті вдосконалення фізичних та механічних характеристик конструкції композитного плавучого дока, зокрема, стосовно структури стапельної

палуби. Визначено, що при врахуванні набору економічних, механічних та хімічних властивостей, цілком обґрунтованим є використання новітнього матеріалу у формі суміші гідроізоляційного сульфатостійкого цементу марки ГІР-2 М600 разом з волокнами зі скла типу Е.

Використання такої композиції дозволить підвищити міцність цементу, що, в свою чергу, позитивно впливає не лише на загальну міцність, але й дозволяє зменшити кількість та діаметр сталевих стержнів арматури.

Це, в свою чергу, сприяє покращенню корозійної стійкості, а отже, і продовжує термін експлуатації конструкції плавучого композитного дока.

Отже, використання цієї передової суміші стає ключовим елементом оптимізації матеріалів для досягнення вищих стандартів якості та тривалості експлуатації плавучого дока.

					135.6161м.02.ПЗ.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		29

					135.6161м.02.ПЗ.03								
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата									
					РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СФБ				Літ.	Аркуш	Аркушів		
Студ.	Сергєєва Є.Є.										29	11	
Викладач	Соломонюк Н.С								НУК				
Зав.кафедр	Коростильов												
Нормконт	Захарова І.О.												

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СФБ

Було проведено ланцюг експериментів та розрахунків за допомогою яких були знайдені механічні характеристики склофібробетону що застосовується у конструкції

Зразки СФБ виготовлялись з використанням цементу ГР-2М-600

Для дослідів застосовано ровінг Е-скла за масою довжиною 40 – 80 мм. Співвідношення компонентів цементної композиції взято за ДСТУ. Також введено суперпластифікатор С-3 для зменшення водоцементного співвідношення і полегшення перемішування композиції.

Для проведення дослідів обрано план повного факторного експерименту. За пробними дослідями у якості діючих факторів обрано кількість та довжина волокна у композиції.

3.1. Визначається функція відклику для міцності фібробетону

Функція відклику: міцність склофібробетону на вигин.

Одиниця вимірювання [МПА].

Визначаються впливові фактори та їхні діапазони варіювання:

Впливовий фактор X1: Довжина скляного волокна

Діапазон варіювання: 40 — 60 мм

Впливовий фактор X2: Кількість скляного волокна

Діапазон варіювання: 3 — 5 %

Метод дослідження: повний факторний експеримент (ПФЕ) першого порядку.

Мета дослідження: скласти рівняння регресії залежності міцності на вигин від складу сполучника: кількості скляних волокон та їхньої довжини

3.2. Кодування факторів

Розмірний та безрозмірний вигляд значень впливових факторів зазначено в таблиці 3.1.

Таблиця. 3.1. Розмірний та безрозмірний вигляд значень впливових факторів

Рівні факторів	Значення факторів			
	Розмірний вигляд		Безрозмірний вигляд	
	Довжина волокон, мм	Кількість волокон, %	Довжина волокон, мм	Кількість волокон, %
Нижній рівень $x_{i \min}, \tilde{x}_{i \min}$	40	3	-1	-1
Верхній рівень $x_{i \max}, \tilde{x}_{i \max}$	60	5	+1	+1
Нульовий рівень $x_{i 0}, \tilde{x}_{i 0}$	50	4	0	0
Інтервал варіювання $\Delta x_i, \Delta \tilde{x}_i$	10	1	1	1

3.3. Дані експерименту

Після проведення низки експериментів була складена таблиця 3.2.

Таблиця 3.2. Данні експерименту

Номер		Результати вимірювань			Результати спостережень	Результати розрахунків
дослід	зразка	h_{cp} , мм	b_{cp} , мм	l , мм	P , Н	σ , МПа
1	4-1	36	41	164	2200	10,6
	4-2	3	39	159	2800	15,3
	4-3	36	40	159	2100	10,6
	4-4	35	39	163	2500	13,7
	4-5	35	40	159	3300	17,2
2	3-1	36	40	162	5420	27,5
	3-2	34	38	155	3480	20,7
	3-3	34	38	160	4530	26,9
	3-6	34	38	162	2910	17,3
	3-7	34	38	160	3310	19,7
3	2-1	35	39	160	4370	24,0
	2-2	35	40	160	3380	17,6
	2-3	34	38	155	3040	18,1
	2-7	35	38	156	2280	13,1
	2-8	36	38	154	4410	24,8
	2-9	36	39	156	2800	14,9
4	5-2	36	41	153	1490	7,20
	5-3	35	39	155	1320	7,25
	5-7	36	40	158	2100	10,66
	5-8	36	39	156	2500	13,35
	5-9	36	40	163	3300	16,75
	5-12	36	41	140	1800	8,70

3.4. Обробка результатів експерименту.

3.4.1. Статистична обробка паралельних дослідів.

Визначається математичне очікування функції відклику $\bar{Y}$ для кожної експериментальної точки.

$$\bar{Y}_1 = 13,531 \text{ МПа.}$$

$$\bar{Y}_2 = 22,4603 \text{ МПа.}$$

$$\bar{Y}_3 = 18,7906 \text{ МПа.}$$

$$\bar{Y}_4 = 10,6552 \text{ МПа.}$$

Визначається дисперсія функції відклику $\bar{Y}$ для кожної експериментальної точки.

$$S_1^2 = 8,4560 \text{ (МПа)}^2.$$

$$S_2^2 = 20,7203 \text{ (МПа)}^2.$$

$$S_3^2 = 22,2568 \text{ (МПа)}^2.$$

$$S_4^2 = 14,2597 \text{ (МПа)}^2.$$

3.4.2. Визначення помилкових результатів паралельних дослідів.

3.4.2.1 Перша експериментальна точка (таблиця 3.3.1.).

Таблиця 3.3.1. Перша експериментальна точка

4-1	4-2	4-3	4-4	4-5
10,63	15,38	10,66	13,74	17,24

$$\bar{Y}_1 = 13,531 \text{ МПа.}$$

$$S_1 = 2,908 \text{ МПа.}$$

$$T_{\text{кр } 4} = 1,71.$$

$$T_{\text{досл } 5} = 1,274 \quad \text{— негруба помилка.}$$

$$T_{\text{досл } 1} = 0,996 \quad \text{— негруба помилка.}$$

3.4.2.2 Друга експериментальна точка (таблиця 3.3.2).

Таблиця 3.3.2. Друга експериментальна точка

3-1	3-2	3-3	3-6	3-7
27,52	20,73	26,99	17,34	19,72

$$\bar{Y}_2 = 22,460 \text{ МПа.}$$

$$S_2 = 4,552 \text{ МПа.}$$

$$T_{\text{кр } 4} = 1,71.$$

$$T_{\text{досл } 1} = 1,112 \quad \text{— негруба помилка.}$$

$$T_{\text{досл } 6} = 1,125 \quad \text{— негруба помилка.}$$

3.4.2.3 Третя експериментальна точка (таблиця 3.3.3).

Таблиця 3.3.3. Третя експериментальна точка.

2-1	2-2	2-3	2-7	2-8	2-9
24,01	17,65	18,11	13,20	24,81	14,96

$$\bar{Y}_3 = 18,791 \text{ МПа.}$$

$$S_3 = 4,718 \text{ МПа.}$$

$$T_{\text{кр } 5} = 1,87.$$

$$T_{\text{досл } 8} = 1,277 \text{— негруба помилка. Видаляється.}$$

$$T_{\text{досл } 7} = 1,186 \text{— негруба помилка}$$

3.4.2.4 Четверта експериментальна точка(таблиця 3.3.4).

Таблиця 3.3.4. Четверта експериментальна точка

5-2	5-3	5-7	5-8	5-9	5-12
7,20	7,25	10,66	13,35	16,76	8,70

$$\bar{Y}_4 = 10,655 \text{ МПа.}$$

$$S_4 = 3,791 \text{ МПа.}$$

$$T_{кр 5} = 1,87.$$

$$T_{досл 9} = 1,609 \text{ — негруба помилка.}$$

$$T_{досл 2} = 0,911 \text{ — негруба помилка}$$

3.5. Перевірка однорідності дисперсій.

Перевіряється нульова теорія: всі експериментальні точки належать до одного і того ж розподілу випадкової величини, тобто з прийнятою довірчою імовірністю.

$$S_1^2 = S_2^2 = \dots = S_n^2$$

Розраховується максимальне значення статистики Кохрена:

$$G_{max} = 0,1598.$$

Визначається критичне значення критерію Кохрена:

$$G_{кр} = 0,621.$$

$$G_{max} < G_{кр} \text{ — дисперсія однорідна.}$$

Усі дані паралельних дослідів занесені до таблиці 3.4.

Таблиця. 3.4. Дані паралельних дослідів після перевірки помилкових результатів.

N досліду	N зразка	σ, МПа	$\bar{Y}$	S ²	S
1	4-1	10,63	13,53	8,456021	2,90792
	4-2	15,38			
	4-3	10,66			
	4-4	13,74			
	4-5	17,24			
2	3-1	27,52	22,4603	20,72033	4,55196
	3-2	20,73			
	3-3	26,99			
	3-6	17,34			

	3-7	19,72			
3	2-1	24,01	17,5859	16,93702	4,11546
	2-2	17,65			
	2-3	18,11			
	2-7	13,20			
	2-9	14,96			
4	5-2	7,20	9,4347	6,790989	2,60595
	5-3	7,25			
	5-7	10,66			
	5-8	13,35			
	5-12	8,70			

3.6. Регресійний аналіз.

3.6.1. Складання рівняння регресії.

Лінійне рівняння регресії в загальному вигляді:

Визначаються коефіцієнти b_i :

$$b_0 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \bar{Y}_i; \quad Y = b_0 + \sum_{i=1}^K b_i x_i \quad b_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n \bar{Y}_j x_i(j).$$

$$b_0 = 7,876 \text{ МПа};$$

$$b_1 = -0,097 \text{ МПа};$$

$$b_2 = 1,121 \text{ МПа};$$

$$Y = 7,876 - 0,097x_1 + 1,121x_2$$

3.6.2. Перевірка значущості коефіцієнтів рівняння регресії.

Розраховується дисперсія відтворюваності всього досліджу:

$$S^2(\bar{Y}) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_i^2 = 6,613 \text{ (МПа)}^2.$$

Розраховується дисперсія всіх коефіцієнтів рівняння регресії:

$$S_b^2 = \frac{S^2(\bar{Y})}{mn} = 0,331 \text{ (МПа)}^2.$$

Розраховуються дослідні значення критерію Стюдента:

$$t_{i \text{ досл}} = \frac{|b_i|}{\sqrt{S_b^2}}$$

$$t_1 = 0,169$$

$$t_2 = 1,950$$

Визначається критичне значення критерію Стюдента:

$$t_{\text{кр}} = 1,72$$

Перевіряється значущість кожного з коефіцієнтів рівняння:

$t_1 < t_{\text{кр}}$ — критерій не є значущим. Видаляється.

$t_2 > t_{\text{кр}}$ — критерій є значущим.

$$Y = 7,876 + 1,121x_2$$

3.7. Перевірка адекватності рівняння регресії реальному процесу.

Математичне очікування за даними дослідів зображене в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Математичне очікування функції відклику за даними дослідів та за розрахунком рівняння регресії.

N	$\bar{Y}$	$\hat{Y}$
1.	13,531	7,779238115
2.	22,4603	7,9737616
3.	17,5859	6,6578965
4.	9,4347	7,9737616

Розраховується дисперсія адекватності за таблицею 3.7:

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{1}{n - B} \cdot \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_i - \hat{Y}_i)^2 = 72,900 \text{ (МПа)}^2.$$

Визначається розрахункове значення критерію Фішера:

$$F_{\text{розрах}} = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S^2(\bar{Y})} = 11,024$$

Визначається критичне значення критерію Фішера:

$$F_{кр} = 19,25$$

$F_{розрах} < F_{кр}$ — рівняння регресії адекватне.

Рівняння регресії переводиться до розмірного вигляду:

$$x_2 = \frac{\tilde{x}_2 - \tilde{x}_{20}}{\Delta \tilde{x}_2} = \frac{\tilde{x}_2 - 4}{1}$$

$$Y = 7,876 + 1,121 \cdot (\tilde{x}_2 - 4)$$

Рівняння регресії у розмірному вигляді:

$$Y = 3,392 + 1,121 \tilde{x}_2$$

3.8. Випробуються на чотирьохточковий вигин у віці 2 та 28 діб

Після видалення грубих помилок знайдено функцію відклику міцності на вигин склофібробетону (СФБ) у віці 28 діб:

$$\sigma_{СФБ} = 0,09\varphi_v l_v - 0,35l_v - 3,51\varphi_v + 29,7 \text{ [МПа]},$$

де φ_v — ступінь наповнення волокном, l_v — довжина волокна у мм;
та побудовано поверхні відклику (рис.3.1).

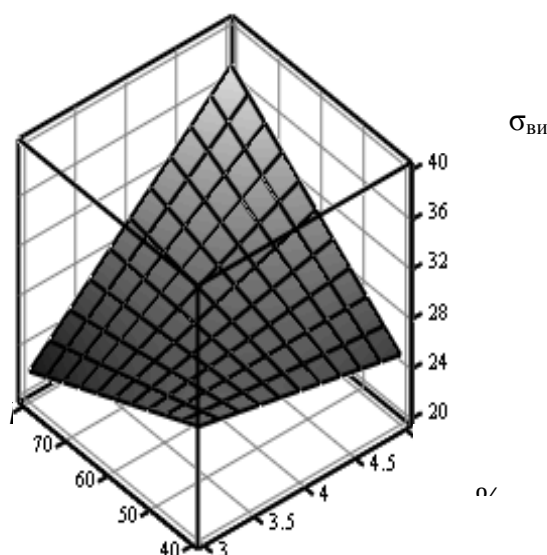
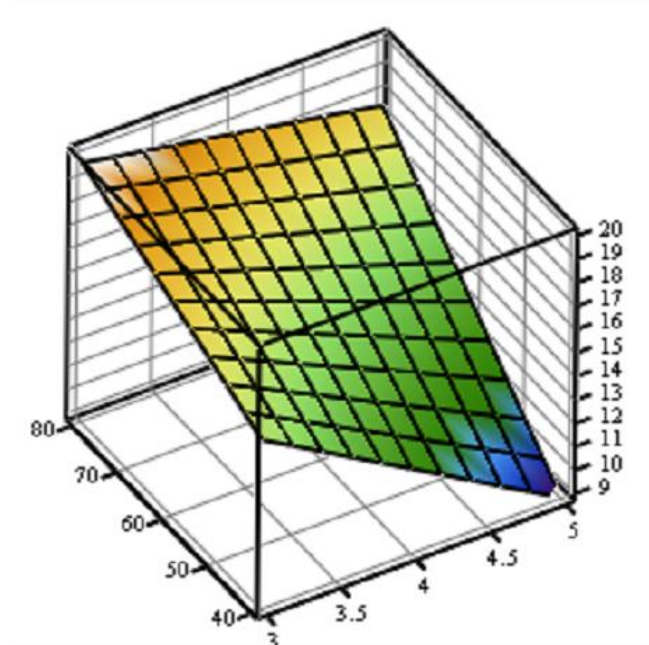


Рисунок 3.1. Поверхні відклику міцності на вигин СФБ у віці 28 діб

3.9. Випробування міцності на стиск поперек волокон

Після видалення грубих помилок знайдено функцію відклику міцності на



стиск поперек волокон склофібробетону (СФБ):

$$\sigma_{\text{СФБ}} = 22.4 - 1.78l_v + 1.19\varphi_v + 4.46l_v\varphi_v \text{ [МПа]}$$

де φ_v – ступінь наповнення волокном, l_v – довжина волокна у мм;
та побудовано поверхні відклику (рис.3.2).

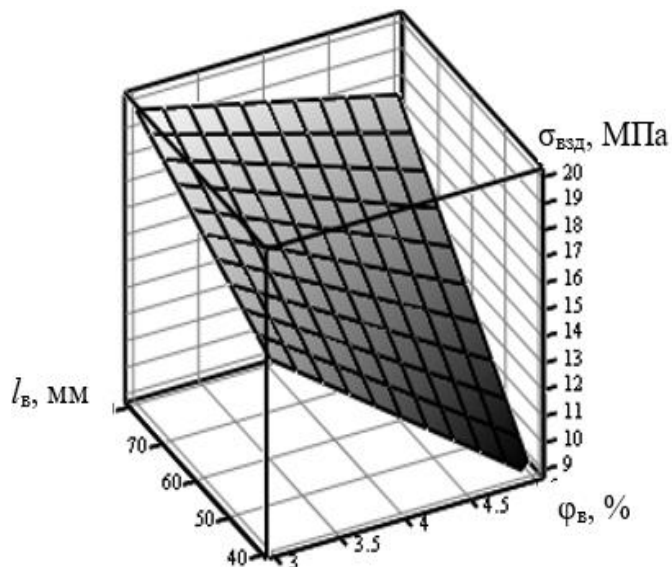


Рисунок 3.2. Поверхні відклику міцності на стиск поперек волокон СФБ

3.10. Випробування міцності на стиск вздовж волокон

Після видалення грубих помилок знайдено функцію відклику міцності на стиск вздовж волокон склофібробетону (СФБ):

$$\sigma_{\text{СФБ}} = 15.5 - 2.37l_{\text{в}} + 3.13\varphi_{\text{в}} + 1.22l_{\text{в}}\varphi_{\text{в}} \text{ [МПа]}$$

де $\varphi_{\text{в}}$ – ступінь наповнення волокном, $l_{\text{в}}$ – довжина волокна у мм;
та побудовано поверхні відклику (рис.3.10).

Рисунок 3.3. Поверхні відклику міцності на стиск вздовж волокон СФБ

3.11. Густина СФБ

Після обробки експерименту, відкидання грубих помилок та визначення коефіцієнтів рівняння регресії отримана наступна функція відклику

$$\rho = 2770 - 298\varphi_{\text{в}} - 15,5l_{\text{в}} + 4,54\varphi_{\text{в}}l_{\text{в}} \text{ [кг/м}^3\text{]}$$

та побудовано поверхню відклику (рис.3.4).

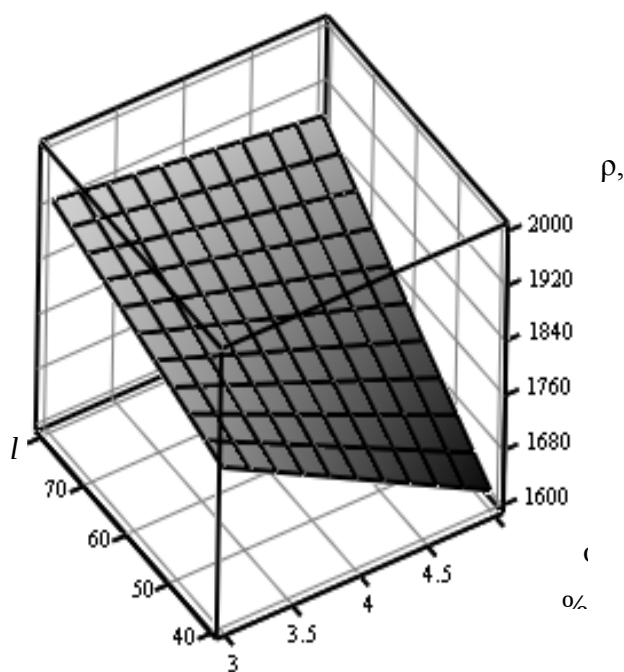


Рисунок 3.4 Поверхня відклику густини СФБ у марочному віці

3.12. Вихідні данні

Довжина волокон – $l_v = 0.08\text{м}$

Кількість волокон - $\varphi_v = 5\%$

$$\sigma_{sfbv} = 0.9\varphi_v l_v - 0.35l_v - 3.51\varphi_v + 29.7 = 38 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{sfbv} = 4.46\varphi_v l_v - 1.78l_v + 1.19\varphi_v + 22.4 = 21.2 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{sfbvz} = 1.22\varphi_v l_v - 2.37l_v + 3.13\varphi_v + 15.5 = 13.8 \quad \text{МПа}$$

$$\rho_b = 4.54\varphi_v l_v - 15.5l_v - 298\varphi_v + 2770 = 2.751 * 10^3 \text{ кг/м}^3$$

Через те, що модуль пружності не було розраховано експериментально – розраховується теоретично за допомогою формули суміші:

$$E_m = 25\text{ГПа}$$

$$E_b := \frac{1}{\frac{\varphi_m}{E_m} + \frac{\varphi_v}{E_v}} = 2.583 \times 10^{10}$$

$$E_v = 70\text{ГПа}$$

В таблиці 3.6. приведені характеристиками склофібробетону з 5% вмістом скловолокна

Таблиця 3.6. Характеристиками склофібробетону з 5% вмістом скловолокна

Модуль пружності, E_b ГПа	25,8
Густина, ρ_b кг/м ³	$2,753 * 10^3$
Міцність на стиск вздовж волокон, σ_{sfbvz} МПа	13.8
Міцність на стиск поперек волокон, σ_{sfbpop} МПа	21.2
Міцність на вигин, σ_{sfbv} МПа	29.3

3.13. Порівняння результатів

Проводиться порівняння характеристик склофібробетону, отриманих після випробувань, з характеристиками чистого бетону (таблиця 3.7).

Таблиця 3.7 Характеристики цементу ГІР-2 М600 та СФБ

Характеристики	ГІР-2 М600	СФБ (80 мм, 5%)
Міцність на вигин, МПа	7,6	38
Міцність на стискання поперек волокон, МПа	58	13,8
Міцність на стискання вздовж волокон, МПа	58	21,2

3.14 Висновок за розділом

Проведено ряд лабораторних та теоретичних експериментів для визначення фізичних та механічних характеристик суміші, що складається з гідроізоляційного сульфатостійкого цементу ГІР-2 М600 та скловолокна. Після виявлення грубих помилок були визначені функції та рівня відгуку механічних властивостей склофібробетону, а також виконано відповідні побудови поверхонь відгуку.

В результаті проведених експериментів було визначено, що найоптимальніша суміш містить цемент відповідної марки та 5% скловолокна завдовжки 80 мм. Зазначена суміш демонструє значний приріст міцності на вигин у порівнянні з чистим цементом, а саме у 5 разів, що свідчить про її високу ефективність та переваги у використанні для створення міцних суднобудівних конструкцій, зокрема плит стапель палуби композитного плавучого доку.

					135.6161м.02.ПЗ.04			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
					РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКЦІЯ СТАПЕЛЬ ПАЛУБИ			
Студ.	Сергеева Є.Є.							
Викладач	Соломонюк Н.С							
Зав.кафедр	Коростильов							
Нормконт	Захарова І.О.							
						Літ.	Аркуш	Аркушів
							42	11
						НУК		

РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКЦІЯ СТАПЕЛЬ ПАЛУБИ

Стапель палуба плавучого дока є однією з ключових частин конструкції, яка використовується для докування та обслуговування суден. Вона складається з декількох елементів, зокрема:

Між днищевою плитою та стапельними плитами у плавучому доку може знаходитися система баласту та технічні приміщення, такі як баки для води або топлива, енергетичне обладнання, системи вентиляції та інші компоненти.

4.1. Конструкція стапельної плити.

Стапельна плита плавучого дока — це вертикальні конструктивні елементи, які виходять вгору від днищевої плити дока. Вони грають ключову роль у забезпеченні стійкості та підтримці вертикальної структури дока.

Конструкція стапельної плити (рисунки 4.1.a) складається з 16 окремих плит 25*25 м та 2 20*50 плит, плита розділена тунелем товщиною 6м.

4.2. Конструкція днищевої плити.

Днищева плита - це найнижча частина стапель палуби, яка знаходиться в контакті з водою. Днищева плита повинна бути досить міцною і стійкою до впливу води та інших факторів, які можуть виникнути в морському середовищі.

Конструкція днищевої плити (рисунки 4.1.b) складається з 20 окремих плит 25*25 м.

Як зазначено вище – через свою довжину(250 м), за для полегшення виготовлення та монтування конструкції залізобетонні плити складаються з окремих плит меншого розміру, котрі виготовляються безпосередньо на місці експлуатації дока з подальшим зварюванням їх в монолітну конструкцію.

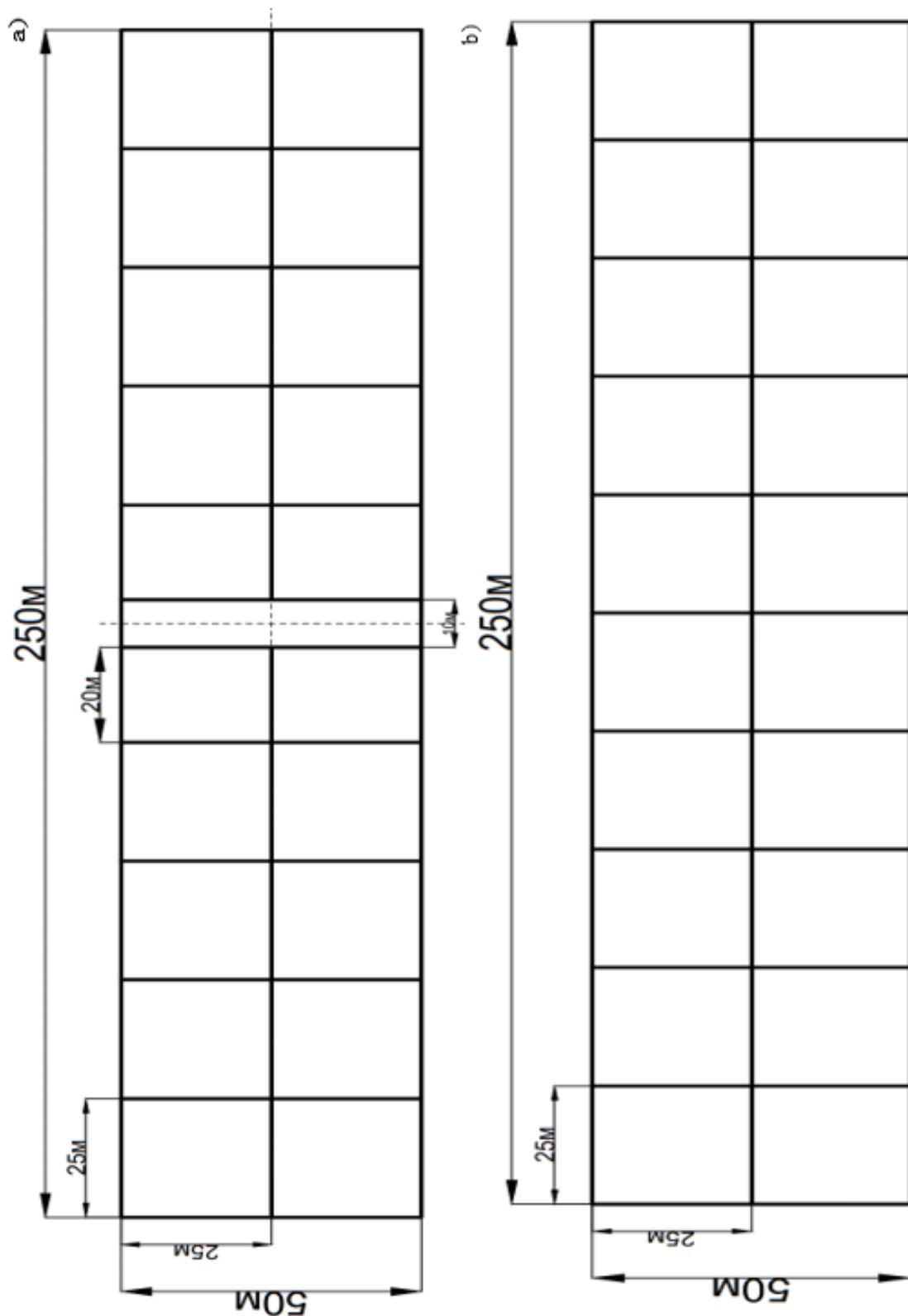


Рисунок 4.1. а – креслення складу сталевих плит, б – креслення складу днищевих плит

4.3. Арматура та арматурна сітка

Для армування корпусних залізобетонних конструкцій застосовуються гарячекатані стрижні арматури діаметром 20 мм.

Шаг арматури 2,5 діаметрів, а також, через те, що основна мета роботи – зменшення кількості сталевих арматури, а також через те, що товщина плит менше 300 мм - арматурна сітка складається лише з 2 рядів поздовжніх стрижнів довжиною 25 та 20 м (рисунок 4.2).

Зважаючи на те, що металеві стержні виготовляються довжинами 6, 11 м, а також можливе індивідуальне виготовлення арматури довжиною до 25 м – плити були розділені на відсіки 25*25 м та 20*50 м відповідно.

Розрахована загальна кількість арматури довжиною 25 та 20м відповідно:

- Кількість арматури в плиті 25*25 – 357 шт.
- Кількість арматури в плиті 20*50 – 714 шт.
- Кількість арматури довжиною 25 м – 1428 шт.
- Кількість арматури довжиною 20 м – 12252 шт.
- Кількість стержнів в днищевій\стапельній плиті – 7140 шт.
- Загальна кількість стержнів – 14280 шт.

4.3.1. Анкерування арматури

Анкерування арматури — це процес надійного закріплення сталевих стержнів або арматурних сіток в бетоні для забезпечення ефективної передачі напруги та навантажень між бетоном та арматурою. Ефективне анкерування гарантує міцність та стійкість залізобетонних конструкцій. Основні аспекти анкерування арматури включають:

- Підготовка Місця Анкерування: очищення Поверхні - поверхню арматурних стержнів чи сітки очищають від бруду, пилу та інших забруднень.

					135.6161м.02.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		45

- Вибір Анкерувальних Засобів: Штифти та Шпильки - використовуються для простих випадків анкерування.
- Анкерні Пластина та Якірні Болти: Застосовуються для більш важких конструкцій.
- Вибір Технік Анкерування:
 - Прошивання (Lapping): Арматурні стержні можуть бути прошиті або накладені один на одного для забезпечення продовження арматури в зоні злиття.
 - Витягання (Hooking): Стрічки арматури можуть бути загнуті (закручені) або защемлені, щоб забезпечити їх анкерування в бетоні.
- Поглиблення в Бетон: Арматурні елементи поглиблюються в бетон, забезпечуючи надійний контакт між арматурою та бетоном.
- Використання Анкерних Засобів: Вставка анкерних пластин, болтів чи інших анкерних засобів для стабільного закріплення арматури в бетоні.
- Захист Армаатури - застосування захисних покриттів або використання нержавіючої сталі для попередження корозії арматурних елементів.

$R_s = \frac{R_{bprop}}{1.5} = 1.489 * 10^7$ - розрахунковий опір на стиск бетону для граничних станів 1-ої групи

$l_{an} = \left(\Delta l_{an} + m_{an} * \frac{R_s}{R_{bprop}} \right) * d_a = 0.167$ - довжина анкерування арматури

$A_{an} = A_{as} * \frac{R_{eH}}{R_{eHa}} = 2.094 * 10^{-4}$ - площа перетину анкерів, що сприймають розтягувальне зусилля

$A_{anw} = \frac{Q}{0.7} * R_{eHa} = 2.324 * 10^{-7}$ - площа перетину анкерів, що сприймають зусилля здвигу

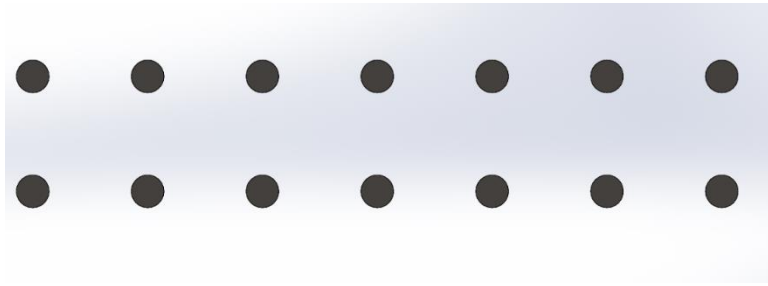


Рисунок 4.2. Частина перерізу арматурної сітки

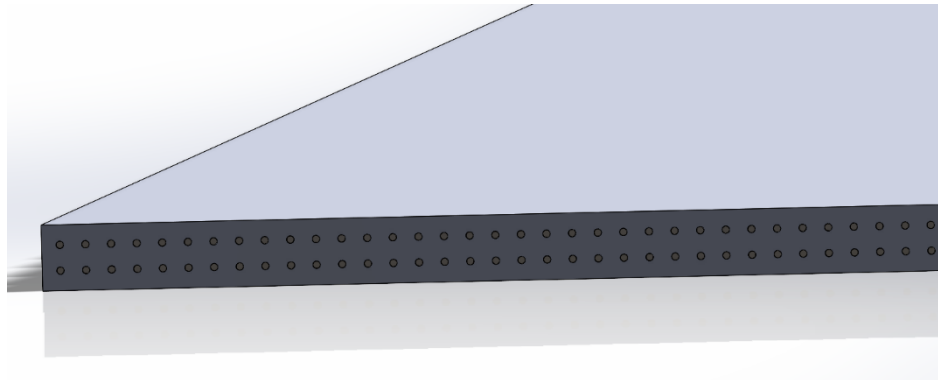


Рисунок 4.3. Частина загального перерізу плити разом з арматурою

4.4. Характеристики плит та їх перерізу

Площа перерізу усіх складових стапель-палуби наведена в таблиці 4.1.

Таблиця. 4.1.Площа перерізу

Плити 25*25	4,5м ²
Плити 20*50	9 м ²
Стержня арматури	0.0002 м ²
Арматури в 25*25	0.075м ²
Арматури в 50*20 та в цілому	0.15м ²
Бетону в 25*25	4.425м ²
Бетону в 50*20 та в цілому	8.85м ²

Об'єми усіх складових стапель-палуби наведена в таблиці 4.2.

Таблиця. 4.2. Об'єми складових стапель-палуби доку

Плити 25*25	112.5м ³
Плити 20*50	180м ³
Днищевої плити	2250м ³
Стапельної плити	2160м ³
1-го стержня довжиною 25м	0.007845м ³
1-го стержня довжиною 20м	0.006283м ³
Арматури в плиті 25*25	2.804м ³
Арматури в плиті 20*50	4.486м ³
Арматури в днищевій плиті	56.1м ³
Арматури в стапельній плиті	53.834м ³
Загальний об'єм арматури	109.9м ³
Бетону в плиті 25*25	109.7м ³
Бетону в плиті 20*50	175.5м ³
Бетону в днищевій плиті	2194м ³
Бетону в стапельній плиті	2106м ³
Загальний об'єм бетону	4300м ³

Маса усіх складових стапель-палуби наведена в таблиці 4.3.

Таблиця. 4.3. Маса складових стапель-палуби доку

Арматури в плиті 25*25	21,9т
Арматури в плиті 20*50	35,04т
Арматури в днищевій плиті	438т
Арматури в стапельній плиті	394,2т
Загальна маса арматури	831,1т

Бетону в плиті 25*25	302,1т
Бетону в плиті 20*50	483,1т
Бетону в днищевій плиті	6042т
Бетону в стапельній плиті	5438т
Загальна маса бетону	11480т
Плити 25*25	324т
Плити 20*50	518,4т
Днищевої плити	6480т
Стапельної плити	5835т
Повна маса	12315т

4.5. Висновок за розділом

Встановлено основні геометричні, механічні та фізичні параметри плит стапельної палуби, зокрема, днищевої та стапельної плити. Днищева плита виступає як ключовий елемент в конструкції стапельної палуби композитного плавучого дока і взаємодіє з найзначущими нормальними навантаженнями, де також враховується вплив корозії води.

Розроблена арматурна підтримуюча сітка конструкції та обчислені загальні характеристики плити, такі як маса, об'єм, площа та інші, з урахуванням арматурної сітки. Ці дані становлять необхідну основу для подальшого вдосконалення та оптимізації конструкції, дозволяючи забезпечити високий рівень міцності та стійкості плавучого композитного дока у різних умовах експлуатації.

-

					135.6161м.02.ПЗ.05								
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата									
					РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ДОКА.				Літ.	Аркуш	Аркушів		
Студ.	Сергеева Є.Є.										51	11	
Викладач	Соломонюк Н.С								НУК				
Зав.кафедр	Коростильов												
Нормконт	Захарова І.О.												

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ДОКА

5.1 Перевірка міцності дока при загальному поздовжньому вигині.

Перевірку міцності дока при загальному поздовжньому вигині виконують у найбільш небезпечних перерізах по його довжині, тобто в районі дії максимальних згинаючих моментів і сил, що перерізають, а також у місцях зміни розмірів та армування зв'язків, включених у розрахунковий поперечний переріз.

На рисунку 5.1. зображені епюри розрахункового моменту та поздовжніх сил, що діють на еквівалентний брус днищевої палуби

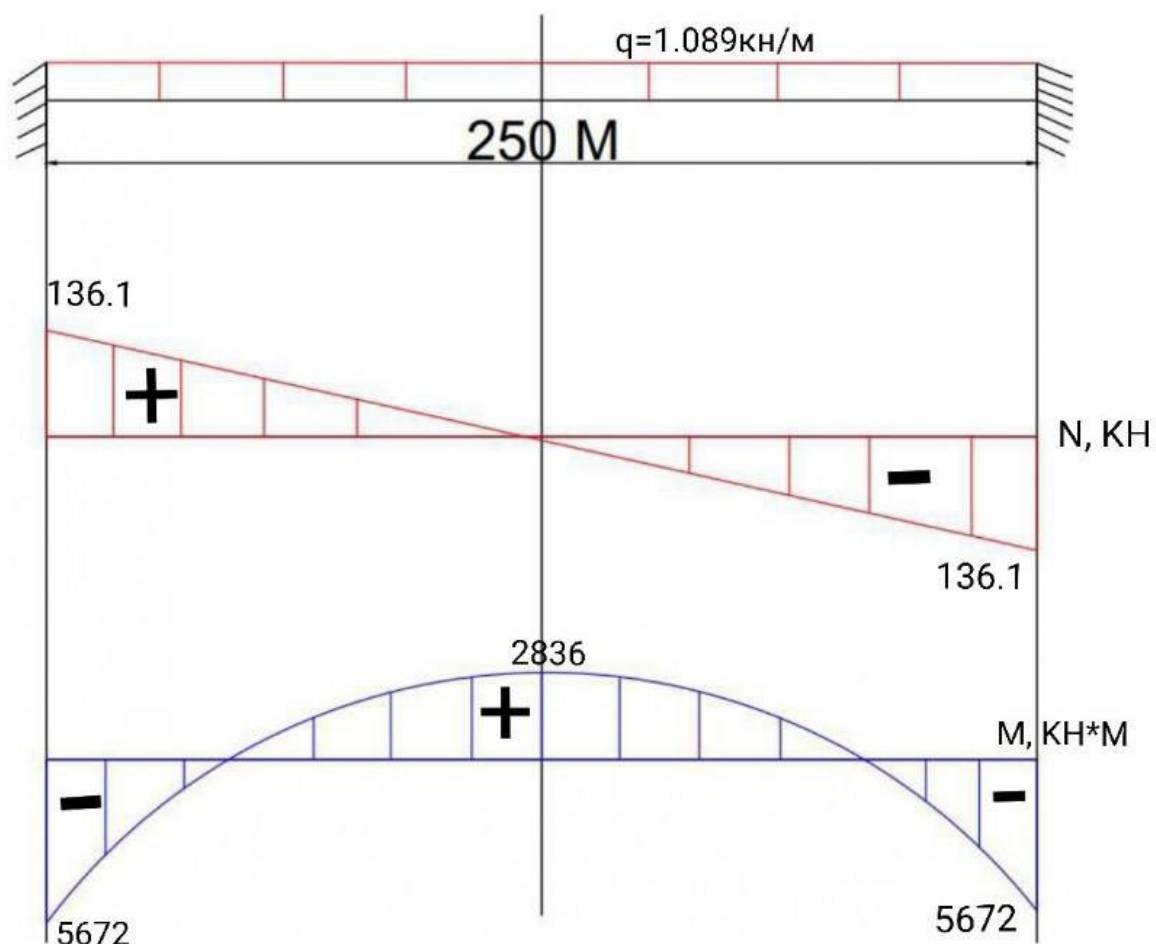


Рисунок 5.1. Епюри сил на моментів, що діють на еквівалентний брус дока

Перевірку міцності поздовжніх зв'язків корпусу залізобетонного понтона від загального поздовжнього вигину доку виконують за умовою:

$$\frac{N_p}{N} \geq k$$

$k = 1.2$ – коефіцієнт безпеки при аварійних ситуаціях

$N_p = 136.1$ КН – розрахункове нормальне навантаження за рисунком 5.1.

$$N(\Delta, L_c, L_{cp}, \varphi, da, b, h) := \frac{3\pi}{2} \cdot \frac{M_p(\Delta, L_c, L_{cp}, \varphi) \cdot da^2}{b \cdot h^2}$$

$$\frac{N_p}{N(\Delta, L_c, L_{cp}, \varphi, da, b, h)} = 20.204$$

$$N(\Delta, L_c, L_{cp}, \varphi, da, b, h) = -6.736 \times 10^3$$

$$\frac{N_p}{N(\Delta, L_c, L_{cp}, \varphi, da, b, h)} \geq k = 1 \quad \text{умова міцності виконана}$$

При дії згинального моменту умова міцності має вигляд:

$$\frac{M_r}{M_p} \geq k$$

За рис. 6.1. $M_r = 5672$ КН * М

$$M_p(\Delta, L_c, L_{cp}, \varphi) := -0.125 \cdot \frac{9.8 \cdot \Delta \cdot L_{cp}}{L_c} \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot \varphi - 1}{2 \cdot \varphi} \cdot \frac{L_c}{L_{cp}} \right)$$

$$M_p(\Delta, L_c, L_{cp}, \varphi) = -1.094 \times 10^4$$

$$\frac{M_r}{M_p(\Delta, L_c, L_{cp}, \varphi)} \geq k = 1 \quad - \text{умова міцності виконується}$$

Умова міцності при переправленні дока з місця на місце:

$$\frac{M_{rpr}}{M_p} \geq k$$

$$M_{pr} := 5.03 \cdot k_w \cdot h_p \cdot B \cdot L_{\varphi}^2$$

$$\frac{M_{pr}}{M_{pr}} \geq k = 1 \quad - \quad \text{умова міцності виконується}$$

5.2 Перевірка міцності арматури

Міцність арматури перевіряється на 1 погонний метр перерізу плити через котрий вона проходу (рисунок 5.2.)

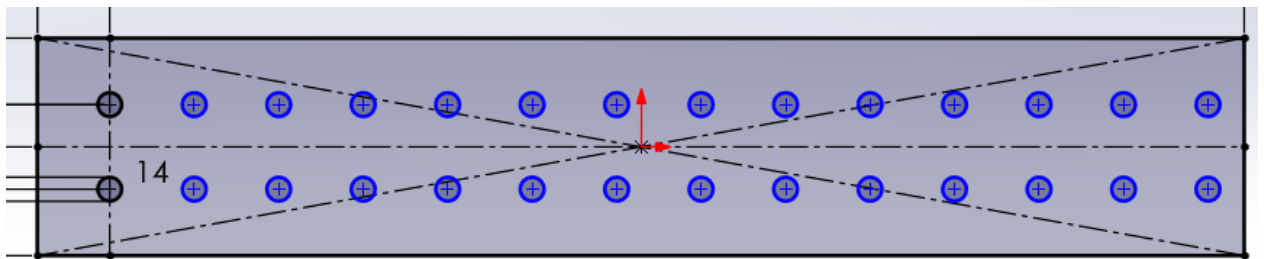


Рисунок 5.2. Переріз 1 погонного метру плити

$$\tau_{\max} := 1.85 R_s \quad K_1 := 100 \quad R_s := 15.5$$

$$F_{sh} := \frac{\pi \cdot d_a^2}{4} \cdot 10 = 3.142 \times 10^{-3} \quad f_{sh} := \frac{F_{sh}}{d_a}$$

$$r_{eh} := R_{eh}$$

$$F_{sh} \cdot R_{eh} + f_{sh} \cdot r_{eh} \geq K_1 \cdot \tau_{\max} \cdot (0.18 \cdot 2 + 0.15 \cdot 4 + 0.12 \cdot 3) = 1$$

- умова міцності виконується

5.3. Міцність плити на вигин 25*25

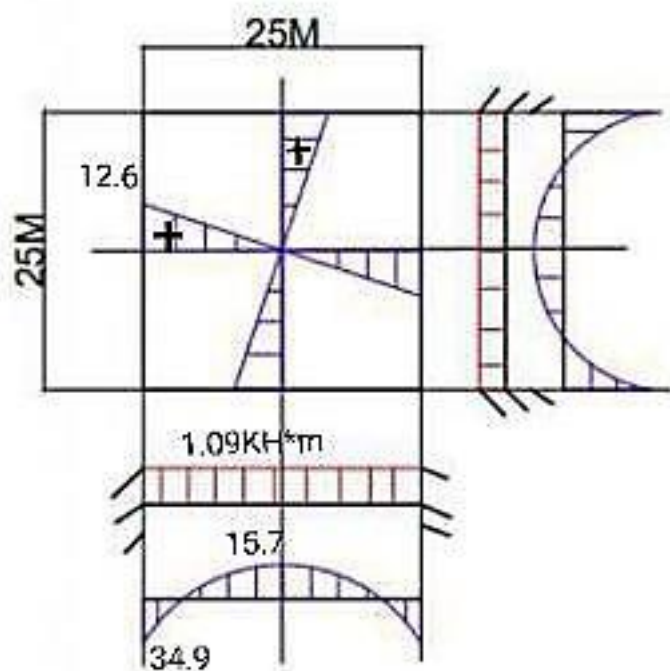


Рисунок 5.3 Схема навантаження частини плити 25*25

$$v_{11} := 0.022$$

$$v := 0.013$$

$$v_{21} := 0.022$$

$$v_{22} := 0.051$$

$$v_{33} := 0.46$$

$$v_{42} := 0.46$$

$$M_{x1} := v_{11} \cdot q \cdot b^2 = 1.559 \times 10^4$$

$$M_{x3} := v_{13} \cdot q \cdot b^2 = 3.492 \times 10^4$$

$$M_{y1} := v_{21} \cdot q \cdot b^2 = 1.559 \times 10^4$$

$$M_{y2} := v_{22} \cdot q \cdot b^2 = 3.519 \times 10^4$$

$$N_{x3} := v_{33} \cdot q \cdot b = 1.263 \times 10^4$$

$$N_{y2} := v_{42} \cdot q \cdot b = 1.263 \times 10^4$$

$$\omega_1 := v \cdot \frac{q \cdot b^4}{E \cdot h^3} = 7.725 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_{y1A} := \frac{12 \cdot M_{y1}}{h^3} \cdot (-0.5h) = -1.002 \times 10^7$$

$$\sigma_{x1A} := \frac{12 \cdot M_{x1}}{h^3} \cdot (-0.5h) = -1.002 \times 10^7$$

$$\sigma_{y1B} := \frac{12 \cdot M_{y1}}{h^3} \cdot (0.5h) = 1.002 \times 10^7$$

$$\sigma_{x1B} := \frac{12 \cdot M_{x1}}{h^3} \cdot (0.5h) = 1.002 \times 10^7$$

$$\sigma_{y2A} := \frac{12 \cdot M_{y2}}{h^3} \cdot (-0.5h) = -2.263 \times 10^7 \quad \sigma_{y2B} := \frac{12 \cdot M_{y2}}{h^3} \cdot (0.5h) = 2.263 \times 10^7$$

$$\sigma_{x3B} := \frac{12 \cdot M_{x3}}{h^3} \cdot (0.5h) = 2.245 \times 10^7 \quad \sigma_{y2N} := \frac{N_{y2}}{h} = 7.018 \times 10^4$$

$$\sigma_{x3N} := \frac{N_{x3}}{h} = 7.018 \times 10^4 \quad \sigma_{x3A} := \frac{12 \cdot M_{x3}}{h^3} \cdot (-0.5h) = -2.245 \times 10^7$$

Перевірка точок на міцність:

- Для точки $\sigma_{2a} := \sqrt{(\sigma_{x2} - \sigma_{y2A})^2} \leq \sigma_b = 1 \quad 2:$

$$\sigma_{2b} := \sqrt{(\sigma_{x2} - \sigma_{y2B})^2} \leq \sigma_b = 1$$

- Для точки 3 $\sigma_{3a} := \sqrt{(\sigma_{x3})^2} \leq \sigma_b = 1$

$$\sigma_{3B} := \sqrt{(\sigma_{x3N} - \sigma_{y2B})^2} \leq \sigma_b = 1$$

Умови міцності на вигин виконуються

5.4. Міцність плити на вигин 20*50

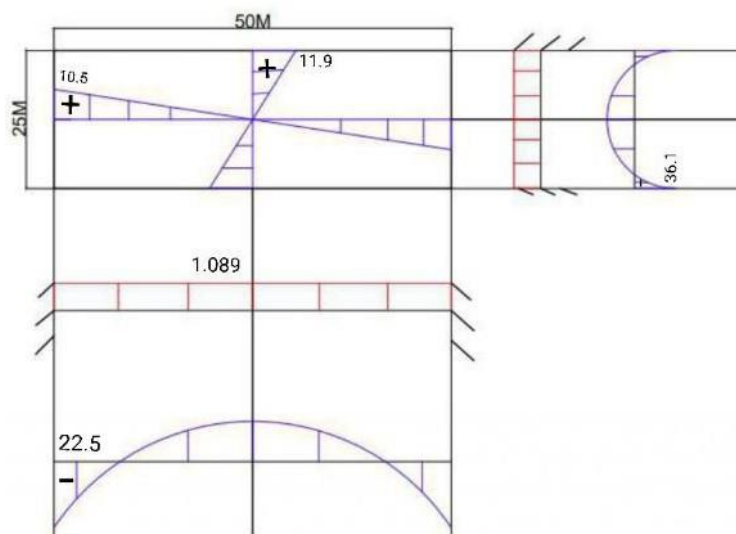


Рисунок 5.4 Схема навантаження частини плити 20*50

$$v_{13} := 0.051' \quad v_{33} := 0.48' \quad v_{22} := 0.083'$$

$$v_{53} := 0.48'$$

$$v := 0.027' \quad v := 0.027'$$

$$M_{x3} := v_{13} \cdot q \cdot b^2 = 2.252 \times 10^4 \quad M_{y2} := v_{22} \cdot q \cdot b^2 = 3.615 \times 10^4$$

$$N_{x3} := v_{33} \cdot q \cdot b = 1.048 \times 10^4 \quad N_{y2} := v_{42} \cdot q \cdot b = 1.191 \times 10^4$$

$$\omega_1 := v \cdot \frac{q \cdot b^4}{E \cdot h^3} = 6.328 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_{y2B} := \frac{12 \cdot M_{y2}}{h^3} \cdot (0.5h) = 2.325 \times 10^7$$

$$\sigma_{y2A} := \frac{12 \cdot M_{y2}}{h^3} \cdot (-0.5h) = -2.325 \times 10^7$$

$$\sigma_{x2N} := \frac{N_{y2}}{h} = 6.619 \times 10^4$$

$$\sigma_{x3A} := \frac{12 \cdot M_{x3}}{h^3} \cdot (-0.5h) = -1.448 \times 10^7$$

$$\sigma_{x3B} := \frac{12 \cdot M_{x3}}{h^3} \cdot (0.5h) = 1.448 \times 10^7$$

$$\sigma_{x3N} := \frac{N_{x3}}{h} = 5.82 \times 10^4$$

Перевірка точок на міцність:

- Для точки 2: $\sigma_{2a} := \sqrt{(\sigma_{x2} - \sigma_{y2A})^2} \leq \sigma_b = 1$

$$\sigma_{2b} := \sqrt{(\sigma_{x2} - \sigma_{y2B})^2} \leq \sigma_b = 1$$

- Для точки 3

$$\sigma_{3a} := \sqrt{(\sigma_{x3})^2} \leq \sigma_b = 1$$

$$\sigma_{3B} := \sqrt{(\sigma_{x3N} - \sigma_{y2B})^2} \leq \sigma_b = 1$$

Умови міцності на вигин виконуються

5.5. Висновок за розділом

Вибрана конструкція днищевої плити стапельної палуби композитного плаваючого дока успішно відповідає усім умовам міцності на вигин, що були

					135.6161м.02.П3.05	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		57

визначені та використані під час розрахунків. Це важливе підтвердження відповідності заданим параметрам та нормам, яке враховане під час проектування конструкції днищевої плити.

Враховуючи вказані умови міцності, можемо прийняти висновок, що використання суміші з гідроізоляційного сульфатостійкого цементу ГІР-2 М600 та скловолокна з вмістом 5 відсотків та довжиною 80 мм для виготовлення плитової частини конструкції є обґрунтованим та ефективним вибором. Це рішення сприяє забезпеченню не лише необхідної міцності, але й довговічності всієї конструкції плавучого композитного дока, що важливо для його стійкості та безпеки в експлуатації.

					135.6161м.02.ПЗ.05	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		58

					135.6161м.02.ПЗ.06								
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата									
					РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ				Літ.	Аркуш	Аркушів		
Студ.	Сергєєва Є.Є.										59	11	
Викладач	Соломонюк Н.С								НУК				
Зав.кафедр	Коростильов												
Нормконт	Захарова І.О.												

РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ

Проектування плавучого доку — це інтегрований процес, який починається з визначення потреб та вимог клієнта. Геометричне проектування включає в себе визначення форми та геометрії дока, а також оптимальне розміщення плавучих елементів для забезпечення необхідної плавучості.

Під час проектування обираються відповідні матеріали для корпусу, де важливо враховувати міцність, корозійну стійкість та екологічні властивості. Проводяться інженерні розрахунки для визначення міцності та стійкості, при цьому враховуються різні навантаження, включаючи вантажі та вітрове навантаження.

У процесі виробництва впроваджуються системи вентиляції, електропостачання та системи безпеки. Забезпечується можливість легкого доступу для обслуговування та ремонту. Велика увага приділяється аспектам безпеки роботи та захисту довкілля.

Підсумковий проект враховує естетичний вигляд та функціональність дока згідно з потребами замовника. Завершальним етапом є підготовка документації та подання її на затвердження замовнику та регулюючим органам. Усі аспекти проектування повинні відповідати місцевим стандартам та нормативам для забезпечення безпеки та ефективності використання плавучого дока.

Вирізка, очищення та різка арматурної сталі проводяться автоматичною лінією з безвідходним розкромом. Збірка арматурних сіток та каркасів здійснюється на спеціальних стендах (рисунок 6.1). Зварювання арматурних сіток та каркасів виконують на багатоконтактних зварювальних машинах, а зварювання сіток - на спеціальній контактній-зварювальній машині. Формування плоских залізобетонних секцій здійснюється в універсальних металевих формах-матрицях (рисунок 6.2).

					135.6161м.02.ПЗ.06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		60

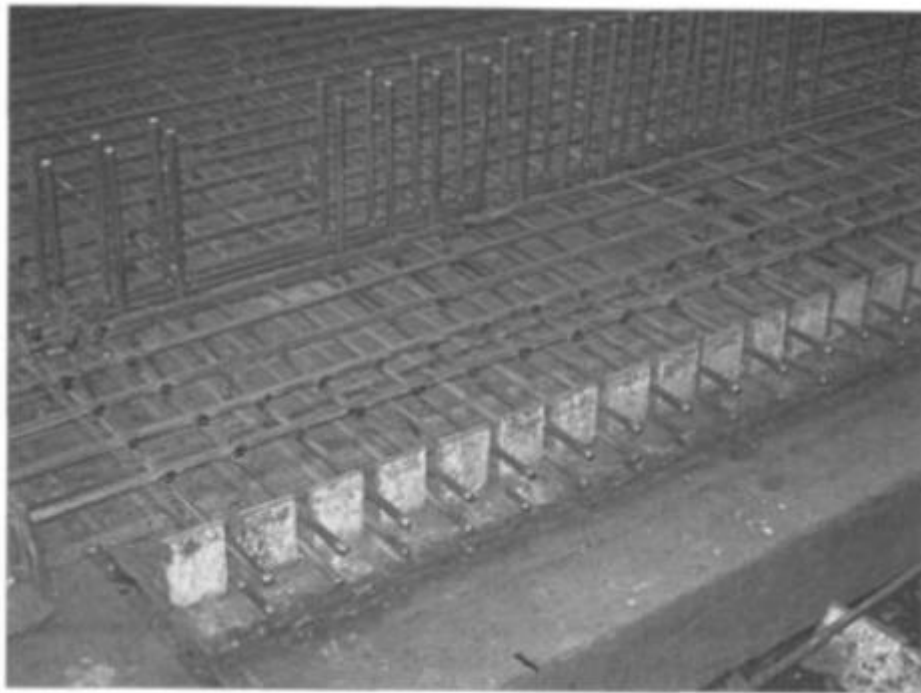


Рисунок 6.1. Стенд для виготовлення зварених арматурних каркасів залізобетонних секцій понтона дока.

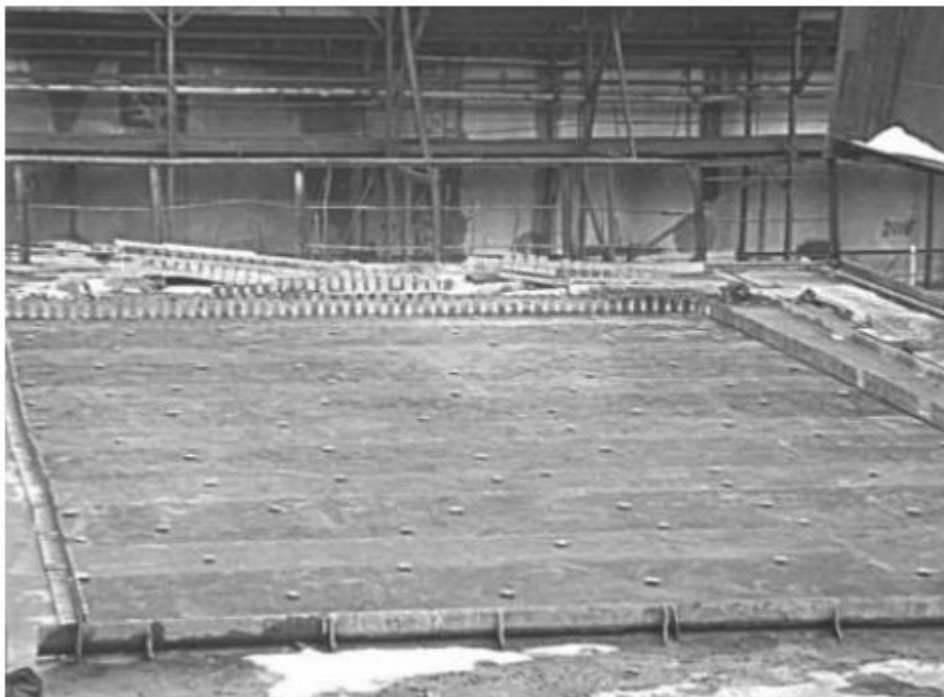


Рисунок 6.2. Форма-матриця для виготовлення плоских залізобетонних секцій.

Під час виготовлення плоских секцій понту арматурну сталь захищають від агресивного впливу морського середовища захисними шарами: у місцях контакту конструкцій з водою товщиною 15 мм, з повітрям - товщиною 10 мм. Проведені дослідження та розрахунки дозволили розробити для залізобетонного понту композитного дока тонкостінні конструкції товщиною 120...140 мм для елементів, які піддаються великим гідростатичним навантаженням, і товщиною 70...80 мм для водонепроникних елементів.

З метою зниження вартості контурної опалубки конструкції у вигляді плит армують стрижнями сіток, які мають уніфікований крок 100 мм. При формуванні понту здійснюють прив'язку стрижнів сіток до шпангоутів та теоретичних ліній дока.

Попередню збірку сіток та арматурних каркасів, з установкою закладних деталей та бімсів, проводять на збірочних стендах, а зварювання – на спеціальній багатоконтактній зварювальній машині. Для виготовлення каркасів використовується технологія безвідходного використання матеріалу. Завершену збірку та зварювання арматурних каркасів секцій виконують у формах-матрицях із попередньо зібраних каркасів з виведеними звареними сітками.

Залізобетонні секції понтона спроектовані з урахуванням їх виготовлення в формах-матрицях. При цьому передбачені стики однорідності вертикальних елементів шириною до 0,5 м в напрямку стапель-палуби. Формування залізобетонних секцій виконують ребрами донизу в універсальних металевих формах-матрицях з висувною розбірною опалубкою із виведеними. Матриці-стенди мають розроблену оригінальну конструкцію, що дозволяє витягувати готові вироби з опалубки механічним способом. Секції масою до 24 т виготовляють на бетоноформувальному ділянці корпусного цеху (рисунок. 6.3), секції масою більше 24 т - на стапелі в великій док-камері. Залізобетонні блоки понтона формують на предстапельній площадці. Формування понтона виконують на стапелях

					135.6161м.02.ПЗ.06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		62

великої та малої док-камери від міделя в ніс та корму і від зовнішнього борту до ДП (днищеві секції - від зони роз'єму до зовнішніх бортів (рисунок. 6.4.).



Рисунок 6.3. Плоска залізобетонна секція з закладними деталями та виходами, виготовлена на заводі для понтона дока.

Перед тим як розпочати закладку понтона, вирівнюють підставу стапеля до горизонтального положення. Конструкція опор стапеля дозволяє виконувати підклинку під час монтажу секцій. Після укладання днищевих секцій їх постійно підклинують на всіх опорах. Відхилення опорних поверхонь від основної площини (ОП) понтона не повинно перевищувати 5 мм.

Монтаж вертикальних елементів на днищеву плиту здійснюють після висихання бетону в швах днища (не менше 75% міцності за маркою). Дозволяється монтаж вертикальних елементів до бетонування швів днищеві плити. У цьому випадку бетонування швів днища розпочинають лише після завершення монтажу вертикальних елементів на 9 м в ніс та в корму від місця бетонування.



Рисунок 6.4. Формування днища залізобетонного понтона на стапелі великої док-камери.

Монтаж секцій стапель-палуби проводять після однорідності вертикальних швів та досягнення бетоном цих швів міцності не менше 75% міцності за маркою. Під час однорідності швів в районі бетонування (не

					135.6161м.02.ПЗ.06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		64

менше 9 м в ніс та в корму від місця бетонування) заборонено виконувати будь-які роботи, які можуть порушити контакт арматури з бетоном або спричинити тріщиноутворення в свіжорозкладеному бетоні.

З метою скорочення стапельного періоду та зменшення трудомісткості робіт на понтоні в області башень встановлюють металеві бімси, а з'єднання понтона з башнею однорідно виконують під час виготовлення секцій внутрішнього та зовнішнього бортів. Установку та припаяння металевих бімсів проводять по мірі монтажу секцій внутрішнього та зовнішнього бортів (до однорідності швів). Це дозволяє уникнути негативного впливу зварювальних деформацій від припаяння бімсів та скоротити стапельний період будівництва дока.

При монтажі днищевої плити на стапелі в області з'єднання полукорпусів понтона для забезпечення точності встановлюють та армують швеллери вузла з'єднання. Цю технологічну операцію виконують після встановлення та армування швів днищевої плити.

Подачу залізобетонних секцій на стапель здійснюють за допомогою кранів і траверсів, кантування виконують з допомогою кантувальника або за допомогою спеціальної естакади. Конструкція траверс і пристроїв для кантування унеможливорює поломку секцій.

Технологічні операції з формування залізобетонного понтона виконуються в такій послідовності (однаково великих і малих док-камерах):

- Підготовка стапеля до закладення понтона.
- Встановлення опорних подушок в горизонтальне положення та опалубки для стиків днища.
- Встановлення секцій днища, остаточне підгонювання опалубки на стиках.
- Армування, очищення арматури та країв бетону на стиках, зварювання арматури на стиках.
- Продування, промивання та бетонування стиків з подальшим ущільненням бетону.

					135.6161м.02.ПЗ.06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		65

- Догляд за бетоном, включаючи термо-вологозабезпечення в холодний період року.
- Встановлення та розблокування секцій вертикальних елементів
- Очищення та усунення дефектів на стиках.
- Нанесення на понтон контрольних ліній.
- Підготовка понтона до випробувань на водонепроникність.
- Випробування понтона на водонепроникність згідно з проектною документацією та схемою непроникних відсіків.

При будівництві доків з зменшеним кількістю арматури, що працює на місцеву міцність, встановлюється ззовні в напрямку найменшого пролета, а арматура, що працює на загальну міцність, встановлюється всередині елемента.

В результаті, поперечні перекладини між внутрішніми бортами встановлюються через 4 шпациї, тобто через 3 метри. Конструкція бетонної частини башт дока виконується без використання шпангоутів, флорів і бімсів. Конструкція композитного безнабірного понтона дока показана на рисунку 6.5.

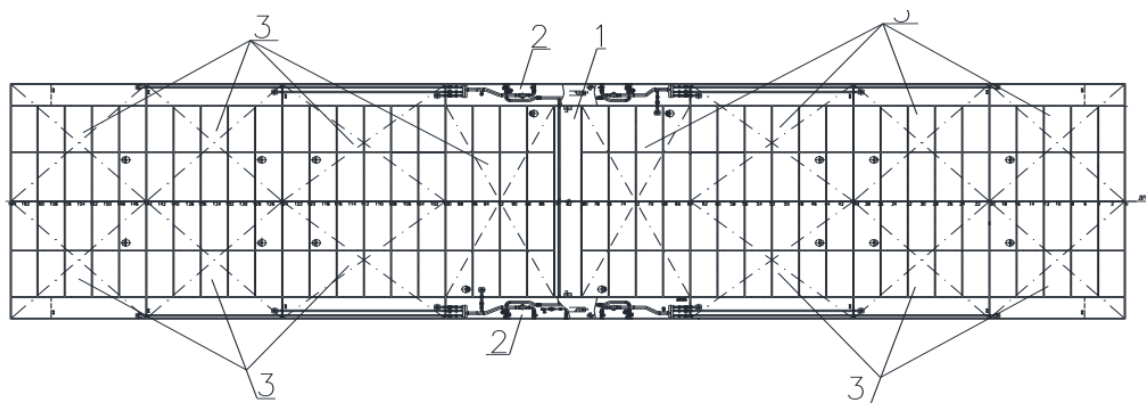


Рисунок 6.5. Конструкція композитного понтона дока без набору, де 1 - тунель, 2 - сухі відсіки, 3 - баластні відсіки.

Висновок за розділом

Технологічний процес виготовлення композитного плавучого дока, а також його ключових елементів, зокрема стапельної палуби та днищевої плити, є витратним на ресурси та час, вимагаючи високої трудомісткості. Тому важливо надавати детальні пояснення та суворо дотримуватися усіх чинних стандартів, зокрема, вимог морського реєстру, щоб забезпечити високу якість та безпеку плавучого дока.

У процесі виготовлення використовуються великі будівельні машини, такі як підйомні судові крани, для оптимального підняття та розміщення великих об'ємів матеріалів, таких як залізо, склофібробетон та супутні деталі. Важливим етапом є виготовлення та зварювання каркасу башти, борту та арматурної сітки, де кожна деталь відіграє свою роль у забезпеченні стійкості та міцності конструкції.

Враховуючи усі ці етапи та вимоги, можна зазначити, що процес виробництва вимагає великої уваги до деталей та високого рівня координації для досягнення успішного виготовлення та ефективної експлуатації плавучого композитного дока.

Після завершення виготовлення композитного плавучого дока настає важливий етап його випробувань. Цей процес спрямований на перевірку та підтвердження відповідності конструкції усім технічним вимогам та стандартам перед його введенням в експлуатацію.

Випробування включає в себе ряд комплексних перевірок, визначаючи міцність, стійкість та надійність плавучого дока в умовах, які можуть зустрічатися в реальних експлуатаційних умовах. Особлива увага приділяється реакції конструкції на внутрішні та зовнішні чинники, такі як хвилі, течії, температурні зміни та інші екстремальні впливи.

Важливим етапом випробувань є також оцінка міцності зварювання, стійкості матеріалів до корозії та зносу. Додатково проводяться

					135.6161м.02.ПЗ.06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		67

випробування систем автоматичного управління, які можуть включати в себе електричні та електронні компоненти.

В результаті випробувань формується повний обсяг технічної інформації, яка служить основою для підтвердження високих технічних характеристик плавучого дока та його готовності до ефективної та безпечної експлуатації в морських умовах.

					135.6161м.02.ПЗ.06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		68

					135.6161м.02.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		68

ВИСНОВКИ

1. За першим розділом було визначено, що проектування композитного плавучого дока є завданням, вимагаючи значних ресурсів. Цей інженерний проект спрямований на досягнення високих стандартів безпеки та ефективності, і його успішна реалізація передбачає використання сучасних технологій, інноваційних матеріалів та відповідність морським стандартам.

Реалізація такого проекту є високотехнологічним завданням, і вона вимагає значних фінансових та кваліфікованих людських ресурсів. За розрахунками, вартість робіт оцінюється приблизно у 2 000 000 умовних одиниць. Це включає витрати на впровадження новітніх технологій, використання інноваційних матеріалів та дотримання всіх норм та вимог, встановлених морським реєстром та іншими технічними документами.

2. За аналізом матеріалів для поліпшення фізичних та механічних характеристик композитного плавучого дока, зокрема, щодо структури стапельної палуби – виявлено, що з урахуванням економічних, механічних та хімічних властивостей доцільне використання суміші гідроізоляційного сульфатостійкого цементу марки ГІР-2 М600 разом з волокнами зі скла типу Е.

3. За допомогою математичного аналізу було визначено основні характеристики склофібробетону у даній конструкції

Довжина волокон – $l_v = 0.08\text{м}$

Кількість волокон - $\varphi_v = 5\%$

$\sigma_{sfbv} = 38 \text{ МПа}$

$\sigma_{sfbv} = 21.2 \text{ МПа}$

$\sigma_{sfbvz} = 13.8 \text{ МПа}$

$\rho_b = 2750 \text{ кг/м}^3$

4. Визначено основні геометричні, механічних та фізичних параметри днищевої та стапельної плити. Особлива увага була приділена

					135.6161м.02.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		69

днищевій плиті, яка взаємодіє з основними нормальними навантаженнями та піддається впливу корозії води. Розроблена арматурна підтримуюча сітка та обчислені загальні характеристики плити, включаючи масу, об'єм, площу та інші параметри.

За отриманими розрахунками загальна маса конструкції становить приблизно 12315 тон.

5.Перевірено днищеву плиту на відповідності усім нормам міцності – плита виконує усі задані норми міцності і є стійкою до зовнішніх впливів

6. Розроблено та детально описано виробництво дока та зокрема стапель палуби. У процесі виготовлення використовуються великі будівельні машини, такі як підйомні судові крани, для оптимального підняття та розміщення великих об'ємів матеріалів, таких як залізо, склофібробетон та супутні деталі. Важливим етапом є виготовлення та зварювання каркасу башти, борту та арматурної сітки, де кожна деталь відіграє свою роль у забезпеченні стійкості та міцності конструкції.

					135.6161м.02.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		70

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабаевский П.Г. Практикум по полимерному материаловедению. - М.:Химия, 1985.
2. Васильев В.В., Протасов В. Д., Болотін В. В. та ін. Композиційні матеріали: Довідник - М.: Машинобудування, 1990. - 512 с.
3. Вайнберг Д.В., Вайнберг Э.Д. Розрахунок пластин. – К: «Будівельник» 1970.
4. Гофрташ, П.С. Технологічні вимоги до плавучих доків. – Л:Судостроение, 1979.
5. ДБН А.2.2-3-2012 Склад та зміст проектної документації. – К: 2012.
6. ДБН В.2.4-3. Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки . Гідротехнічні споруди. Основні положення. – К: 2010.
7. ДБН В.2.7-64-97 Правила застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах. – К: 2010
8. ДБН Д.2.4-20-2000. Збірник 20. Інші ремонтно-будівельні роботи –К: 2000.
9. ДБН В.2.6-160:2010 Сталезалізобетонні конструкції. – К: 2010.
10. ДБН В.1.2-5:2007. СНББ. Науково-технічний супровід.
11. ДБН А.3.1-7-96. Виробництво бетонних і залізобетонних виробів
12. ГОСТ 14181-69.: Доки плавучі. Терміни, визначення та літерні позначення головних і характерних розмірів. М: 1980.
13. ДСТУ Б В.2.7-XXX:2018. Бетон суднобудівний. Технічні умови та технологія приготування. – К: 2018.
14. Кириченко К. В., Щедролоєв О. В. Удосконалення технології будівництва композитних плавучих доків великої підйомної сили. Миколаїв : «НУК», 2018.
15. Мишутін А.В. Залізобетонні плавучі споруди та перспективи їх використання. – Одеса: «Астропрінт», 2002.
16. Палій О.М. Довідник з будівельної механіки корабля. Том 2. – Л.: «Суднобудування», 1985.
17. Посібник до ДБН А.3.1-7-96 Виробництво бетонних та залізобетонних виробів
18. Правила будівництва корпусів суден та плавучих споруд із застосуванням залізобетону. - К.: Регістр судноплавства України, 2007.
19. Правила класифікації та побудови морських суден. - К.: Регістр судноплавства України, 2002 – 362 ст.
20. ОСТ 5.9264 – 76. Бетон суднобудівний тяжкий. Технічні вимоги до бетонних сумішей – Л: ЦНІІТС, 1976.

21. Рашковський О.С. Проектування, технологія і організація побудови композитних плавучих доків. Навчальний посібник. – Херсон: 2015 – 317 ст.
22. Рашковський О.С. Проектування, технологія та організація будівництва композитних плавучих доків: Монографія. – Миколаїв: РАЛ – поліграфія, 2008 – 614 с.
23. Рашковський О.С. Інноваційні технології у будівництві композитних плавучих доків. – Миколаїв: НУК, 2014
24. Рашковський О.С. Модульне формування композитних плавучих доків. – Миколаїв: НУК, 2014
25. Рашковський О.С. Вдосконалення розрахунку міцності залізобетонного понтона композитного плавучого дока.– Миколаїв: НУК, 2014
26. Слуцький, Н. Г. Оптимізація залізобетонних конструкцій понтону композитного плавучого доку // 3б. Наук. Праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2009.
27. Слуцький, Н. Г. Особливості проектування плавучих доків великої підйомної сили. – Миколаїв: НУК, 2007.
28. Слуцький, Н. Г. Досвід будування композитних плавучих доків великої підйомної сили на ХГЗ «Палада» - Керч: КМТІ, 2007.
29. Слуцький, Н. Г. Будівництво залізобетонних плавучих споруд в Україні. - Керч: КМТІ, 2004.
30. Слуцький, Н. Г. Економічна ефективність будівництва та експлуатації композитних плавучих доків великої підйомної сили. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2007 – 621 ст.
31. Соломонюк Н.С., Копійка С.В., Довженко О.С., Сергєєва Є.Є. Використання фібробетону на спеціальному гідроізолюючому цементі у плавучих морських спорудах. - Миколаїв: НУК, 2020.
32. Тагер.А.А. Фізико-хімія полімерів. Видання четверте, перероблене та доповнене. – М. : «Научный мир», 2007. – 573 ст.
33. Шиманский Ю.А. Довідник з будівельної механіки корабля. Том 2. - Л.: Судпромгиз, 1958. - 528 с.
34. Щедролосев, Д.В. Єрмаков, О.М. Узлов. Навчальний посібник. – Миколаїв: НУК: РАЛ Поліграфія, 2015 – 254 с.
35. [36] Azom.com. E-Glass Fibre. URL: <https://www.azom.com/properties.aspx?ArticleID=764> (дата звернення 11.10.2023)
36. Sea-Man.org. Металеві плавучі доки – загальні відомості та класифікація. URL: <https://sea-man.org/metallicheskie-plavuchie-doki.html> (дата звернення 11.10.2023)