

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально науковий інститут (факультет) _____ Кораблебудівний _____

Кафедра _____ морських технологій та океанотехніки _____

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

_____ В.В. Зайцев
« _____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: Дослідження характеристик якірно-швартовного
пристрою напівзануреної бурової установки

Виконав: студент 6119м групи
_____ Шаров С.В.
(підпис)

Керівник роботи:
Завідувач кафедри, д.т.н., професор
_____ (посада, науковий ступень вчене звання)
_____ Зайцев В.В.
(підпис)

Миколаїв – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально науковий інститут (факультет) _____ Кораблебудівний _____

Кафедра _____ морських технологій та океанотехніки _____

Спеціальність _____ 135 Суднобудування _____

Освітня програма _____ Суднові машини та механізми _____

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми



д.т.н., професор Зайцев В.В.

«__» _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту _____ Шарову Сергію Валерійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Дослідження характеристик якірно-швартовного пристрою напівзануреної бурової установки _____

Керівник роботи _____ Зайцев В.В., д.т.н., професор _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора № _____ від «__» _____ 20__ року

2. Термін подання роботи: _____ 16.12.2024 р. _____

3. Вихідні дані по роботі:

3.1. Дедвейт-4700 т _____

3.2. Район експлуатації _____ Чорне море _____

3.3. Глибина буріння _____ 6500 м _____

3.4. Глибина моря при експлуатації _____ 200 м _____

3.5. Глибина моря при якірній стоянці _____ 95 м _____

3.6. Загальна кількість членів екіпажу _____ 75 чол _____

3.7. Швидкість течії в режимі буріння _____ 1,0...4,0 вузла _____

3.8. Швидкість течії в режимі виживання _____ 2,0...6,0 вузлів _____

3.9. Швидкість вітру в режимі виживання _____ 50,0...60,0 м/с _____

3.10. Швидкість ПБУ у режимі переходу _____ 4,3 вуз _____

3.11. Термін дії вітру _____ 10,0...20 годин _____

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів):

4.1. Створення бази даних НЗБУ, якірні системи НЗБУ.

4.2. Проведення аналізу статистичних даних НЗБУ та їх якірно-швартовних пристроїв.

4.3. Визначення основних елементів НЗБУ.

4.4. Дослідження параметрів хвилювання для режимів буріння та виживання НЗБУ відповідно до вимог СНиП 2.06.04-82.

4.5. Дослідження сил та навантажень, які діють на НЗБУ у режимі буріння та навантажень.

4.6. Вибір елементів якірного пристрою.

4.7. Дослідження параметрів якірної стоянки у режимі якірної стоянки НЗБУ та в режимі виживання.

4.8. Дослідження міцності елементів якірно-швартовного пристрою.

5. Перелік презентаційних матеріалів:

5.1. Креслення загального розташування НЗБУ

5.2 Презентація

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата			
		завдання видав		завдання прийняв	
1-7	Зайцев В.В., зав. кафедри		03.09.2024		16.12.2024

7. Дата видачі завдання 03.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Видача завдання, збір і вивчення матеріалу та літератури.	03.09.24-15.09.24	
2.	Вступ, Створення бази даних НЗБУ та якірні системи НЗБУ.	03.09.24-15.09.24	
3.	Проведення аналізу статистичних даних НЗБУ та їх якірно-швартовних пристроїв	16.09.24-30.09.24	
4.	Визначення основних елементів НЗБУ	01.10. 24-15.10.24	
5.	Дослідження параметрів хвилювання для режимів буріння та виживання НЗБУ відповідно до вимог СНиП 2.06.04-82	01.11.24-15.11.24	
6.	Дослідження сил та навантажень, що діють на НЗБУ в режимі буріння та виживання	16.11.24-30.11.24	
7.	Вибір елементів якірного пристрою	01.12.24-07.12.24	
8.	Дослідження параметрів якірної стоянки НЗБУ в режимі виживання	08.12.24-14.12.24	
9.	Дослідження міцності елементів якірно-швартового пристрою	08.12.24-14.12.24	
10.	Виконання графічної роботи та підготовка презентації.	01.12.24-10.12.24	
11.	Оформлення та узгодження розділів пояснювальної записки.	01.12.24-10.12.24	
12.	Оформлення та узгодження графічної частини та презентації.	01.12.24-10.12.24	
13.	Кафедральний захист.	16.12.2024	
14.	Робота з рецензентом по КР. Рецензія на кваліфікаційну роботу.	17.12.2024	
15.	Захист кваліфікаційної роботи на ДЕК.	26.12.24	

Студент

СШ
(підпис)

Шаров Сергій Валерійович

(ПІБ)

Керівник роботи

Зайцев
(підпис)

Зайцев Володимир Васильович

(ПІБ)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота: 124 с., 18 джерел.

Об'єкт дослідження – якорно-швартовний пристрій НЗБУ.

Мета дослідження – дослідження впливу зовнішніх сил, що діють на якорний пристрій напівзанурювальної установки.

Методика дослідження – аналітична, чисельна.

Робота містить низку розрахунків та графічних матеріалів, виконаних на підставі існуючих методик та нормативних документів. У текстовій частині роботи подано для розгляду та аналізу існуючі НЗБУ. Визначено основні елементи НЗБУ. Робота містить: дослідження параметрів хвилювання для режимів буріння та виживання НЗБУ відповідно до вимог СНиП 2.06.04-82, дослідження сил та навантажень, що діють на НЗБУ в режимі буріння та виживання, вибір елементів якорно-швартовного пристрою, дослідження параметрів якорної стоянки НЗБУ в режимі виживання, дослідження міцності елементів якорно-швартовного пристрою.

Графічна частина має всі необхідні креслення, які дають уявлення про НЗБУ та якорний пристрій.

НЗБУ, ЕЛЕМЕНТИ НЗБУ, ЯКОРНО-ШВАРТОВНИЙ ПРИСТРІЙ, ЯКОР,
ЯКОРНА СТОЯНКА НЗБУ ,KHEXT

SEMISUBMERSIBLE PLATFORM ,ELEMENTS OF PLATFORM,ANCHOR-
MOORING SYSTEM,ANCHOR, ANCHORAGE OF PLATFORM,BOLLARD.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 СТВОРЕННЯ БАЗИ ДАНИХ НЗБУ ТА ЯКІРНІ СИСТЕМИ НЗБУ.....	8
1.1 Створення бази даних НЗБУ.....	9
1.2 Якірні системи НЗБУ.....	13
1.3 Елементи якірного кріплення НЗБУ.....	16
2 ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ НЗБУ ТА ЇХ ЯКІРНО-ШВАРТОВНИХ ПРИСТРОЇВ.....	23
3 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НЗБУ.....	29
3.1 Основні характеристики прототипу НЗБУ.....	30
3.2 Визначення повної водотоннажності проекту.....	31
3.3 Визначення вимірювачів мас.....	32
3.4 Рішення рівняння плавучості.....	35
3.5 Визначення основних розмірів проекту НЗБУ.....	36
3.6 Визначення розмірів понтонів, колон, осадку.....	36
3.7 Рішення рівняння місткості.....	37
3.8 Визначення рівняння стійкості.....	38
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ХВИЛЮВАННЯ ДЛЯ РЕЖИМІВ БУРІННЯ ТА ВИЖИВАННЯ НЗБУ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ СНиП 2.06.04-82.....	41
4.1 Розрахункові характеристики вітру.....	42
4.2 Елементи хвиль у глибоководній зон.....	44
5 ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛ ТА НАВАНТАЖЕНЬ, ЩО ДІЮТЬ НА НЗБУ В РЕЖИМІ БУРІННЯ ТА ВИЖИВАННЯ.....	47
5.1 Площа парусності НЗБУ при осаді за експлуатаційною ватерлінією.....	48
5.2 Площа змоченої поверхні при осаді за експлуатаційною ватерлінією.....	49

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

5.3 Площа змоченої поверхні при осаді по ватерлінію при буксируванні НЗБУ.....	49
5.4 Площа парусності.....	49
5.5 Визначення вітрового навантаження.....	50
5.6 Визначення навантаження від течії.....	55
5.7 Визначення хвильового навантаження.....	57
6 ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ЯКІРНОГО ПРИСТРОЮ.....	61
6.1 Водотоннажність.....	62
6.2 Характеристика постачання.....	63
6.3 Якірний пристрій.....	65
7 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКІРНОЇ СТОЯНКИ НЗБУ В РЕЖИМІ ВИЖИВАННЯ.....	70
7.1 Одностороння робота якірної системи.....	71
8 ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ЯКІРНО-ШВАРТОВОГО ПРИСТРОЮ.....	93
8.1 Дослідження міцності якоря.....	94
8.2 Дослідження швартовного кнехта на міцність.....	111
ВИСНОВОК.....	122
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	123

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Нафта і газ відносяться до невідновлюваних ресурсів, родовища яких стрімко виснажуються, пошук нових альтернативних джерел енергії поки що не дає суттєвого результату. За сучасного рівня технологій цивілізація приречена на енергетичну залежність від природних покладів нафти, газу та іншої енергетичної сировини.

Проблеми, пов'язані з видобутком нафти та газу, для сучасного суспільства є визначальними. На даний момент нафта і газ розглядаються як основні і на сьогоднішній день незамінні джерела енергії, тому розробка природних родовищ є пріоритетним завданням для кожної незалежної країни. Проведення інтенсивних науково-дослідних робіт у галузі нафтовидобутку є найперспективнішим напрямом у пошуку нових родовищ нафти. Безумовно, йдеться про морські запаси енергоресурсів. Попередні дослідження показали, що океанічні поклади нафти та газу перевершують усі попередні очікування. Нині частку нафти, видобутої з морських родовищ, припадає близько 30 % всієї світової продукції, а газу - ще більше. Як люди дістаються цього багатства.

Усі збільшені у післявоєнний період споживання людством енергії та викликаний з цим зростання видобутку нафти і газу призвело до створення плавучих споруд для буріння та експлуатації свердловин на глибині, що стало природною відповіддю на розширення районів видобутку нафти та газу, освоєння морського нафтопромислу.

ПБУ – бурова установка для буріння нафти та газових свердловин у відкритому морі. Буріння виробляється з ПБУ, що спирається на морське дно за допомогою потужних колон (за глибин до 70 м); із заякореною ПБУ (від 60 до 300 м); з ПБУ з динамічною стабілізацією (понад 250 - 300 м).

Основними вимогами щодо розробки конструкції НЗБУ є:

- забезпечення найбільшої безпеки та стійкості НЗБУ;
- мінімальне переміщення НЗБУ під час буріння;
- забезпечення мобільності та маневреності при пересуванні;

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- швидке встановлення на точку буріння;
- достатня кількість технологічних та інших запасів;
- зручне розташування обладнання, наявність достатньої кількості приміщень для зберігання зазначених запасів та механізація вантажно-розвантажувальних робіт;
- простота та технологічність при будівництві, та зручність при експлуатації;
- мінімальна витрата матеріалів та зниження трудомісткості;

Недоліком напівзанурювальних платформ є можливість їхнього переміщення до точки буріння під впливом хвиль.

Тому в цій роботі я проведу дослідження впливу зовнішніх сил, що діють на якірний пристрій напівзанурювальної бурової установки, а також дослідження міцності якоря.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.01									
Змн.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата										
Студент		Шаров С.В.			СТВОРЕННЯ БАЗИ ДАНИХ ППБУ ТА ЯКІРНІ СИСТЕМИ ППБУ				Літ.		Аркуш	Аркушів		
Консульт.		Зайцев В.В.									8	15		
Керівник		Зайцев В.В.							НУК ім. адм. Макарова					
Зав.каф.		Зайцев В.В.												

1 СТВОРЕННЯ БАЗИ ДАНИХ НЗБУ ТА ЯКІРНІ СИСТЕМИ НЗБУ

1.1 Створення бази даних НЗБУ

Необхідність буріння на глибинах моря, що перевищують можливості основ гравітаційного типу, призвела до створення на початку 60-х років так званих напівзанурювальних плавучих бурових установок (НЗБУ).

Напівзанурювальна бурова установка - це вид бурової установки, який використовується при видобутку та розвідці нафти у відкритому морі. Необхідність їх створення була обумовлена завданнями буріння на глибинах моря, де перевищуються можливості основ гравітаційного типу. Відмінна риса НЗБУ – відносна легкість переміщення, постановки на точку буріння та зняття з неї, підвищена стійкість до впливу вітру, хвилювання та течій, можливість буріння на глибинах акваторій до 6000 м, а також незначне збільшення вартості у міру зростання глибин моря. НЗБУ застосовують у розвідувальному бурінні на морських нафтових та газових структурах та родовищах в акваторіях з глибин 90 – 100 м, коли використання СПБУ стає економічно невиправданим, до глибин 200 – 300 м та більше.

НЗБУ складаються з верхнього корпусу, стабілізуючих колон та нижніх понтонів. Колони у верхній частині приєднані до корпусу, а в нижній – до понтонів. Понтони і корпус з'єднані між собою та з колонами міцними трубчастими зв'язками. Особливість конструкції установки при її зануренні у воду – різке скорочення площі дії ватерлінії, що призводить до зменшення хвильових навантажень на установку.

Стабілізуючі колони НЗБУ розділені на водонепроникні відсіки, в яких розміщено склади матеріалів, насосні відділення, ланцюгові ящики та інше обладнання. Відсіки стабілізуючих колон розміщуються в районі ватерлінії, іноді заповнюються поліуретановою піною або пінопластом. У нижніх понтонах та стабілізуючих колонах розміщені цистерни баластової та технічної води, палива, олії та ін.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.01	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Існує три способи транспортування НЗБУ: за допомогою буксирів, самохідний, комбінований (буксирування у поєднанні із самохідним).

Наразі розроблено низку буксированих та самохідних НЗБУ. За способом утримання над свердловиною у процесі буріння їх можна поділити на три типи: з якірною системою утримання; з динамічним позиціонуванням; на натяжних опорах.

НЗБУ з якірною системою утримання складається з основи та змонтованої на ньому платформи з буровим обладнанням. Основа включає понтони зі змінною плавучістю та опори під платформу, що мають позитивну плавучість. У транспортному положенні, незважаючи на велику масу НЗБУ, верхня частина понтонів виступає над рівнем моря. На точці буріння понтони заповнюються водою, основа занурюється на 18-30 м під рівень моря і заякорюється. Платформа з обладнанням при її жорсткому з'єднанні з основою залишається на висоті, недосяжній для хвиль під час шторму, або її піднімають на таку ж висоту по опорах домкратами.

У напівзануреному положенні НЗБУ утримується за рахунок плавучості опор. При цьому понтони, що володіють великою площею міделевого перетину, виявляються поза хвильовим впливом, що згасає з глибиною моря, а міделевий переріз опор, що сприймають тиск хвиль, незначно, причому заповнені водою понтони знижують центр тяжіння НЗБУ. Зменшення площі перерізу елементів, що сприймають сильні хвильові навантаження, та зниження центру тяжкості НЗБУ підвищують її стійкість.

Максимальні глибини моря для НЗБУ з якірною системою утримання над свердловиною обмежені 300 м, оскільки з глибиною суттєво зростають довжина якірних тросів, габарити та маса якірних лебідок, утруднюються процеси заякорювання та збільшується дрейф основи.

НЗБУ з динамічним позиціонуванням конструктивно відрізняється від НЗБУ попереднього типу лише системою утримання установки над свердловиною у процесі буріння. У НЗБУ, що розглядається, якірна система утримання замінена

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.01	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

динамічною, яка включає 8 гвинтів поздовжнього і поперечного переміщення, акустичну апаратуру і обчислювальну машину. Випромінені сигнали відбиваються від дна, сприймаються гідрофонами, і обчислювальна машина визначає положення НЗБУ. При зміщенні по відношенню до свердловини автоматично подається команда на відповідні двигуни, і установка повертається на вихідну точку із заданими координатами.

На відміну від якірних систем, ефективність динамічної системи збільшується зі зростанням глибини моря. У разі зростання глибини підвищується питома точність (ставлення горизонтального зміщення до глибини води), але вартість системи стабілізації не збільшується.

Тому НЗБУ із динамічним позиціонуванням застосовують для роботи на глибинах моря до 6000 м.

НЗБУ з якірною та динамічною системами стабілізації утримуються у напівзануреному стані за рахунок плавучості опор, що з'єднують підводні понтони з надводною платформою. Кількість та діаметри опор у конструкціях НЗБУ обмежені щодо їх збільшення з метою зниження сил хвильового впливу на стійкість основи.

Однак це призводить до зростання вертикальних коливань установки, оскільки через малу площу опор по ватерлінії НЗБУ дуже чутлива до переміщень обладнання на платформі та зміни її навантаження.

В особливо напружених умовах заякорювані ПБУ та НЗБУ працюють на припливно-відливних акваторіях. Тут у міру зміни рівня моря змінюється відстань установки від його дна: зменшується при відпливі на величину зниження рівня води та збільшується при припливі на величину підвищення рівня води.

Внаслідок цього при відливі якірні троси провисають і установка може зміститися по горизонталі від осі свердловини; при припливі троси сильно натягуються і можуть зривати якорі.

НЗБУ на натяжних опорах вільні від зазначених недоліків і займають чільне місце серед усіх відомих типів НЗБУ. Основними елементами основи на натяжних опорах є понтони зі змінною плавучістю, опори під платформу, фундамент, що

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.01	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлюється на дні в точці буріння, та розтяжки, що з'єднують понтони з фундаментом, який виконує роль придонного якоря та утримує понтони у підводному положенні.

В якості розтяжки, виходячи зі зручності транспортування, монтажу та демонтажу установки, використовують герметично закриті по кінцях труби, що мають позитивну плавучість. Конструкції фундаменту, що виконує роль придонного якоря, можуть бути різними: занурені в ґрунт палі великих діаметрів, масивні плити або пустотілі ємності.

Основними вимогами щодо розробки конструкції НЗБУ є:

- забезпечення найбільшої безпеки та стійкості НЗБУ;
- мінімальне переміщення НЗБУ при бурінні;
- забезпечення мобільності та маневреності при пересуванні;
- швидка установка на точку буріння;
- достатня кількість технологічних та інших запасів;
- зручне розташування обладнання, наявність достатньої кількості приміщень для зберігання зазначених запасів та механізація вантажно-розвантажувальних робіт;
- простота і технологічність при будівництві, і зручність при експлуатації;
- мінімальна витрата матеріалів та зниження трудомісткості;
- облік конкретних районів застосування НЗБУ.

На сьогодні в експлуатації знаходиться велика кількість напівзанурювальних плавучих бурових установок, вони знайшли застосування по всьому світу вже багато років. Статистика по тих, що експлуатуються на сьогодні НЗБУ приведена в таблиці 1.1.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.01	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Якірні системи НЗБУ

Якірні системи застосовуються стільки часу. Скільки людині потрібно забезпечити утримання судна у морі. Такі системи використовувалися і продовжують використовуватися на судах є один кілька швартових, що закріплюються на носі або кормі судна. Як правило, судна стають на якір на короткий час (вимірюється днями), однак при проведенні розвідки та видобутку нафти і газу на морі з'являється необхідність у більш довготривалих якірних багато років було розроблено безліч різних якірних систем, деякі з яких коротко представлені нижче.

Напівзанурювальні бурові платформи - як правило, кріпляться у восьми точках. При цьому до кожної колони такої платформи кріпляться дві відтяжки.

Причальний буй з багатоякірним кріпленням до ґрунту типу CALM як правило, кріпиться чотирма та більше відтяжками з однаковими кутами між ними. Відтяжки, як правило, мають форму лінії, що провисає. Судно швартується до такого буя одним швартовим і може вільно переміщатися навколо нього.

Причальний буй з одноякірним кріпленням до ґрунту типу SALM - буй цього типу мають швартовний пристрій, що є одиночним ланцюгом, закріпленим на анкерному пристрої, розташованому на дні під буєм. Такий анкерний пристрій може являти собою гравітаційну або заглиблену палю.

Турильна якірна система. Така система, як правило, застосовується на плавучих спорудах (FPSO та FSO) у суворіших умовах. При цьому застосовується велика кількість відтяжок, що закріплені на турелі такої споруди. Такі споруди можуть вільно обертатися щодо турелі, забезпечуючи оптимальну орієнтацію залежно від погодних умов. Двоточкова система зазвичай застосовується на FPSO і FSO в більш м'яких умовах. При цьому відтяжки закріплюються безпосередньо на самих спорудах у носовій та кормовій частинах.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.01	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

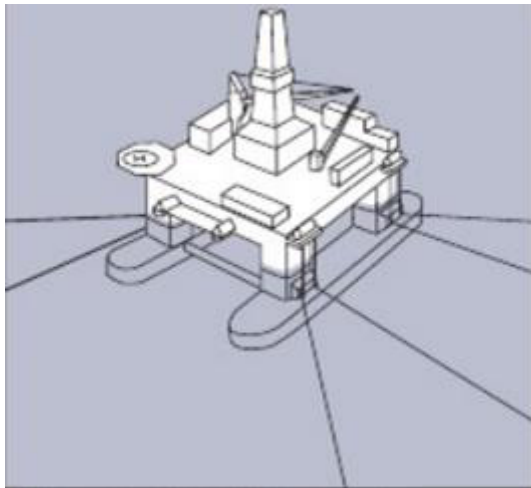


Рисунок 1.1 – Якірні системи

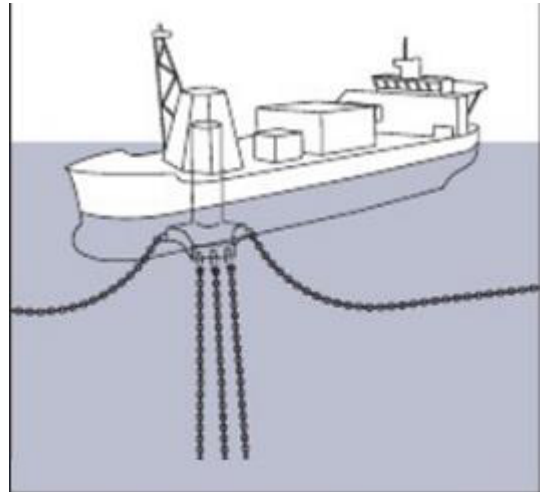


Рисунок 1.2 – Типова турельна

При проведенні розвідки і видобутку нафти і газу на малих і великих глибинах найчастіше застосовуються провисаючі відтяжки, що представляють собою ланцюги або троси, для розвідки і видобутку на надвеликих глибинах лімітуючим чинником в проектуванні плавучих споруд стає маса самої відтяжки. Щоб вирішити цю проблему були розроблені нові технічні рішення, що передбачають застосування у відтяжках синтетичних тросів (менше маса), а також якірні системи стягнуті відтяжками (рис.1.2.3)

Основна відмінність між якірними системами з провисаючими і натягнутими відтяжками полягає в тому, що відтяжки, що провисають, підходять до морського дна горизонтально, а натягнуті - під кутом. Це означає, що у разі натягнутих відтяжок якірна основа повинна бути здатна витримувати як горизонтальні, так і вертикальні зусилля, у той час як у випадку відтяжок, що провисають, на анкерний пристрій впливають тільки горизонтальні сили. При застосуванні провисаючих відтяжок сила, що повертає, створюється, в основному, вагою самих відтяжок. При застосуванні натягнутих відтяжок сили, що повертаються, створюються за рахунок пружності відтяжок.

Перевага систем з натягнутими відтяжками над системами з провисаючими відтяжками у тому, що вони займають менше місця, тобто за інших рівних, у них радіус розкиду якорів буде меншим.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.01	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

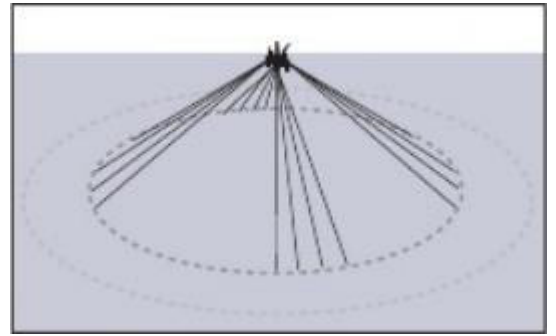
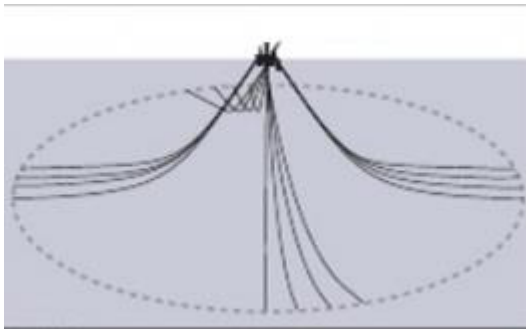


Рисунок 1.3 – Система з провисаючими відтяжками

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.01	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Елементи якірного кріплення НЗБУ

Як правило, якірна система складається з трьох частин – відтяжки, сполучних елементів та якірної основи.

1.3.1 *Якірна відтяжка.* Найчастіше в якості якірних відтяжок застосовуються ланцюги різних діаметрів і марок. Зазвичай використовують ланцюги з розпірками або без розпірок. Ланцюг з розпірками найчастіше застосовується для якірного кріплення споруд, які передбачається неодноразово знімати встановлювати протягом їх терміну служби. Ланцюги без розпірок частіше застосовуються для мертвого якірного кріплення (FPSO, ESO, буї). Якірний ланцюг закінчується загальною ланкою або кінцевою ланкою (рис.1.4)

Сталевий трос у порівнянні з ланцюгом при тій же розривній міцності має меншу масу і більшу еластичність. Зазвичай для якірного кріплення морських споруд застосовують шестипрядні троси та троси спіральної звивки. На кінці троса закріплюють той або інший канатний замок (запаюване цинковим розплавом, відкрите або закрите гніздо, замок типу CR), що забезпечує кріплення троса іншим елементам якірної системи. Як правило, трос більш уразливий для механічних пошкоджень та корозії, ніж ланцюг (рис. 1.5)

З недавнього часу в якості якірних відтяжок стали застосовувати троси з синтетичного волокна. Як правило, вони виконуються з поліестеру та модульного поліетилену (фірми Dyneema). Основний плюс синтетичних тросів мала вага та висока еластичність. Зазвичай синтетичні троси мають на кінці спеціальну шпулю та скобу для з'єднання з іншими елементами якірної системи.

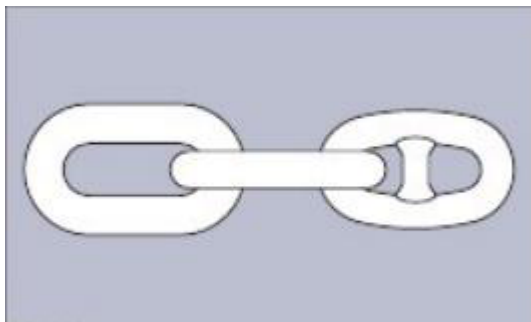


Рисунок 1.4 – Ланцюг



Рисунок 1.5 – Трос

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.01	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.2 *Сполучні елементи.* Скоба-з'єднувальний елемент, що широко застосовується в офшорній індустрії. Вона складається із вигнутої частини, що закривається болтом. Існує багато різновидів скоб під різні сфери застосування. Така скоба може застосовуватися як для тимчасового, так і постійно якірного кріплення (рис. 1.6)

Сполучна ланка Кентера найбільш широко застосовується для з'єднання двох відрізків якірного ланцюга з кінцевими ланками одного розміру. Розмір сполучних ланок Кентера відповідає розміру ланки ланцюга того ж діаметра. Як правило, сполучні ланки Кентера не застосовуються в системах якірного утримання стаціонарного типу через їх менший, ніж у ланцюга, термін служби (рис. 1.7)

Грушоподібна сполучна ланка схожа на сполучну ланку Кентера, але застосовується для з'єднання відрізків ланцюгової відтяжки з кінцевими ланками різного розміру. Як і сполучна ланка Кентера, грушоподібна сполучна ланка не застосовується в системах якірного утримання стаціонарного типу (рис. 1.8)

Як і сполучна ланка Кентера, сполучна ланка типу С застосовується для з'єднання двох відрізків якірного ланцюга з однаковими кінцевими ланками. Основна відмінність від сполучної ланки Кентера полягає у способі відкривання та закривання. Як правило, цей сполучний елемент не застосовується в системах якірного утримання стаціонарного типу (рис. 1.9)

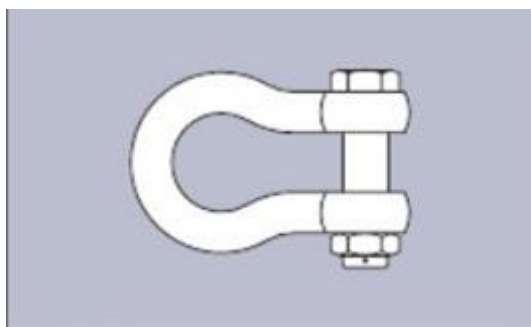


Рисунок 1.6 – Скоба

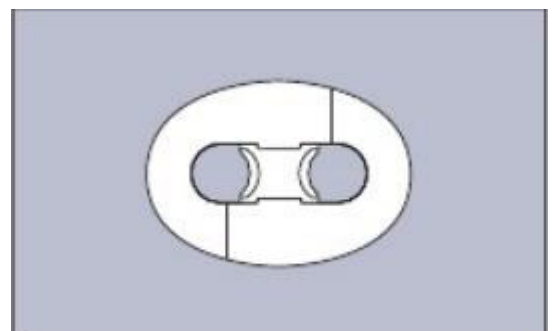


Рисунок 1.7 – Кентера

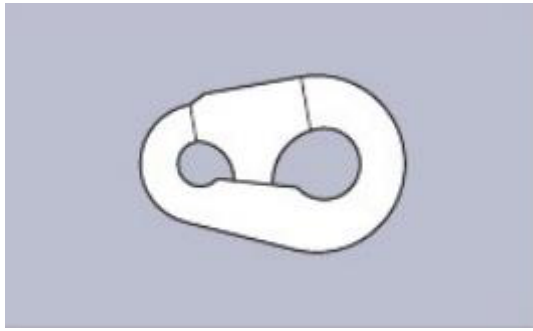


Рисунок 1.8 – Грушоподібне

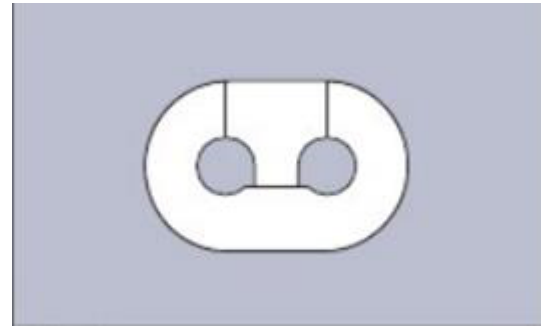


Рисунок 1.9 – Тип С

1.3.3 *Елементи якірного кріплення.* Вертлюги застосовується у складі якірної системи, зазвичай тимчасової, для виключення закручування відтяжки у ній крутного моменту. Вертлюг нерідко встановлюють на відстані кількох ланок від якірної основи, хоча його можна розташовувати і між ланцюговим та тросовим ділянками. Існує багато типів вертлюгів. У цьому мінус конструкцій, що найчастіше застосовуються, полягає в тому, що вони не працюють під навантаженням, внаслідок сильного тертя у поворотному механізмі. Однак розроблені нові варіанти вертлюгів, здатні працювати під навантаженням завдяки спеціально обробленій робочій поверхні всередині механізму (рис. 1.10)

Гравітаційний якір - мабуть, найстаріший в історії. Його здатність визначається масою якоря і в деякій мірі тертям якоря по дну. Сьогодні такі якорі зазвичай виконуються зі сталі та бетону (рис. 1.11)

На сьогодні це найбільш популярний тип якоря із пропонуванних на ринку. Конструкція якоря, що самозаривається, забезпечує повне або часткове заглиблення в донний ґрунт. Тримаюча сила таких якорів створюється за рахунок міцності ґрунту перед якорем. Вони добре тримають значні горизонтальні навантаження, але не надто великі вертикальні, хоча сьогодні існує ряд якорів, здатних протистояти значним вертикальним навантаженням (рис. 1.12).

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.01	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

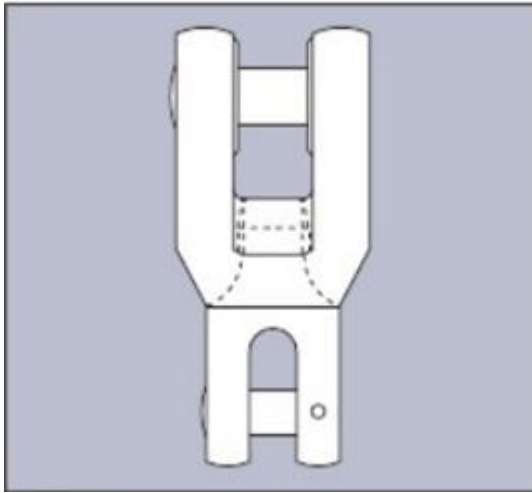


Рисунок 1.10 – Вертлюги



Рисунок 1.11 – Гравітаційний якір

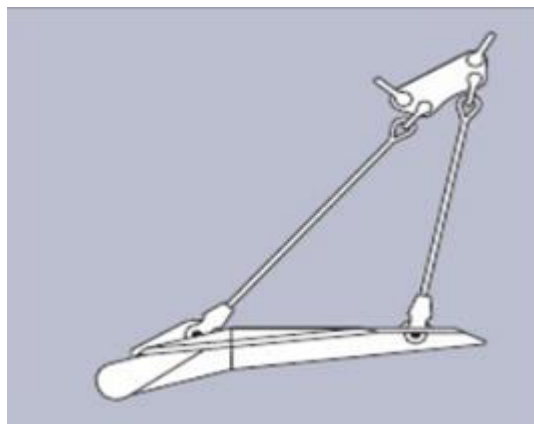


Рисунок 1.12 – Самозаривний якір

Паля - пустотіла сталева труба, що вбивається в дно свавільним молотом або вібраційною машиною. Її сила, що тримає, визначається тертям між нею і ґрунтом, а також міцністю ґрунту в поперечному напрямку. Як правило, щоб домогтися необхідної сили, що тримає, палю доводиться забивати в дно на значну глибину. Паля витримує як горизонтальні, і вертикальні навантаження (рис.1.13)

Як і паля, якір, що самозасмоктується, являє собою порожнисту сталеву трубу, проте значно більшу в діаметрі, ніж паля. Такий якір впроваджується в дно за рахунок роботи насоса, підключеного до верхньої частини такої труби і розрідження, що створює в ній. Різниця тисків усередині та зовні такого якоря забезпечує його проникнення в ґрунт після встановлення такого якоря насос демонтують. Тримаюча сила самозасмоктувального якоря визначається тертям між нею та ґрунтом, а також міцністю ґрунту в поперечному напрямку. Якір, що

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.01	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

самозасмоктується, витримує як горизонтальні, так і вертикальні навантаження (рис. 1.14)

Нещодавня розробка якір вертикального навантаження (VLA). Такий якір встановлюється аналогічно звичайному, але проникає в ґрунт значно глибше. Після переходу з режиму установки в робочий (режим вертикального навантаження), такий якір здатний витримувати горизонтальні та вертикальні зусилля (рис. 1.15)

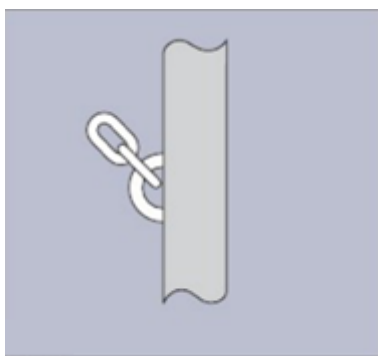


Рисунок 1.13 – Палі



Рисунок 1.14 – Якір, що самозасмоктується

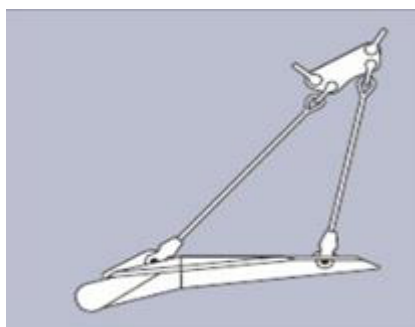


Рисунок 1.15 – Якір вертикального навантаження

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.01	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - База даних НЗБУ

Data base	країна	назва верфі	рік будівництва	оператор	назва	проект N	глибина моря , m	глибина буріння	проектант	клас бурової установки	район експлуатації	розміри корпусу , m	скіпаж	кількість і тип опор	розміри вишки, m	зміни навантаження, t
1	Indonesia	Clydebank Scotland	1976	Pertamina (NOC)	ENSCO 67	84-C (Enhanced)	106.68	9144	LeTourneau	ABS	South East Asia	72.5x69.5x7.9		3	48.77x9.14x9.141	680.39
2	Norway	Singapore	1993	Statoil	Maersk Gallant	CJ62-120-S	120.09	7620	Gusto MSC	Lloyds	Europe - North Sea	78.3x 90.2x11.0		3	48.77x9.14x9.14	748.43
3	Saudi Arabia	Clydebank Scotland	1974	Saudi Aramco (NOC)	Nabors 656	80-S	76.2	9090	LeTourneau	ABS	Middle East	70.4x62.2x5.5		3	48.77x9.14x9.14	567
4	India	Sparrows Point MD	1981	ONGC (NOC)	Aban II	JU-250-MS	76.2	7620	Bethlehem	ABS	South Asia	50.6x40.2x4.88	90	3	44.8x9.14x9.14	1905.08
5	India	Singapore	1974	ONGC (NOC)	Aban III	116-SC	91.44	9096	LeTourneau	ABS	South Asia	66.1x61.0x7.9	96	3	44.8x9.14x9.14	1942.28
6	USA	Beaumont , TX	1969	--	Spartan 202	JU-225 MS	68.58	9096	Bethlehem	ABS	North America	40.2x53.6x4.88	63	3	44.8x9.14x9.14	635.03
7	USA	Beaumont , TX	1974	--	Spartan 303	JU-250 MS	79.86	7620	Bethlehem	ABS	North America	40.2x53.6x4.88	50	3	44.8x9.14x9.14	635.03
8	USA	Beaumont , TX	1977	Hilcorp Energy	Spartan 208	JU-250 MC	76.2	4572	Bethlehem	ABS	North America	53.65x33.22x4.88	54	3	RigCo Intl44.5	362.87
9	China	Vyborg Shipyard	1993	CNOOC	HAI YANG SHI YOU 931	402	91.44	7620	CDB Corall	ABS,CCS	East Asia	97.84x66.14x10.1		3		
10	China	Singapore	1980	CNOOC (NOC)	Bohai X	82-SD-S	67.2	7620	LeTourneau	ABS	East Asia	64.31x53.34x5.79		3	44.8x9.14x9.14	571.53
11	China	Hiroshama, Japan	1978	CNOOC (NOC)	Bohai XII	MD-T-45 J	54.86	6096	Mitsubishi	ABS,CCS	East Asia	55.78x47.85x6.40		3	47.85x9.14x9.14	603.28
12	Mexico	AmFELS, Brownsville, TX	2008	Pemex (NOC)	Ocean Scepter	Mod V B	106.68	10668	Keppel FELS	ABS	Latin America	74.98x66.45x7.62	120	3	51.82x10.97x10.97	907.18
13	Angola	Keppel Fels, Singapore	2008	Chevron	ENSCO 109	Mod V B	106.68	10668	Keppel FELS	ABS	West Africa	74.98x66.45x7.62	120	3	51.82x10.97x10.97	3621.48
14	Egypt	Osaka Japan	1982	Suco	Zoser	Hope C-250	76.2	7620	Hitachi Zosen	ABS	North Africa	59.13x53.04x6.4		3	48.77x9.14x9.14	453.59

15	Iran	Ingalls Pascagoul a MS	1982	NIDC	Aban V	L-780 Mod II	91.44	9144	Friede & Goldman	BV	Middle East	54.86x43.34x7.62	84	3	44.8x9.14x9.14;	589.67
16	UK	Maizuru Shipyard	1981	--	ENSCO 70	K1032N	76.2	7620	Hitachi Zosen	ABS	NWECS	70.1x76.2x7.01		3	48.77x9.14x9.14	680.39
17	India	Ingalls Pascagoul a MS	1982	ONGC (NOC)	Deepsea Fortune	L-780 Mod II-C	91.44	7620	Friede & Goldman	ABS	South Asia	54.86x43.34x7.62		3	48.77x9.14x9.14	453.59
18	Sharjah (UAE)	Ingalls Pascagoul a MS	1982	--	Paragon L784	L-780 Mod II	91.44	7620	Friede & Goldman	ABS	Middle East	54.86x43.34x7.62			51.82x9.14x9.14	567
19	Mexico	Ingalls Pascagoul a MS	1981	Pemex	Atlantic Tiburon 2	L-780 Mod II	91.44	6096	Friede & Goldman	ABS	Latin America	54.6x43.34x7.62			48.77x9.14x9.14	453.59
20	Mexico	Galatz Romania	1985	Pemex (NOC)	GSP Atlas	Orion Class	91.44	6096	Sonat Offshore	DNV, GL	Latin America	52.43x40.84x6.4			Upetrom 44.20	657.71

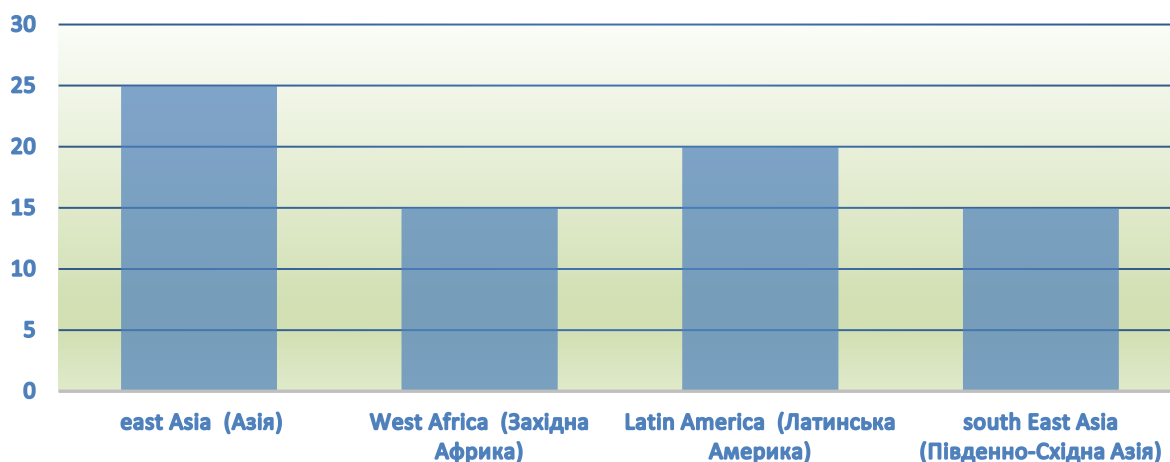
					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.02			
Змн.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент	Шаров С.В.				ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ППБУ ТА ЇХ ЯКІРНО-ШВАРТОВНИХ ПРИСТРОЇВ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Консульт.	Зайцев В.В.						23	6
Керівник	Зайцев В.В.					НУК ім. адм. Макарова		
Зав.каф.	Зайцев В.В.							

2. ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ НЗБУ ТА ЇХ ЯКІРНО-ШВАРТОВНИХ ПРИСТРОЇВ

Результати проведеного аналізу статистичних даних НЗБУ представлені у
табл.2.1-2.8

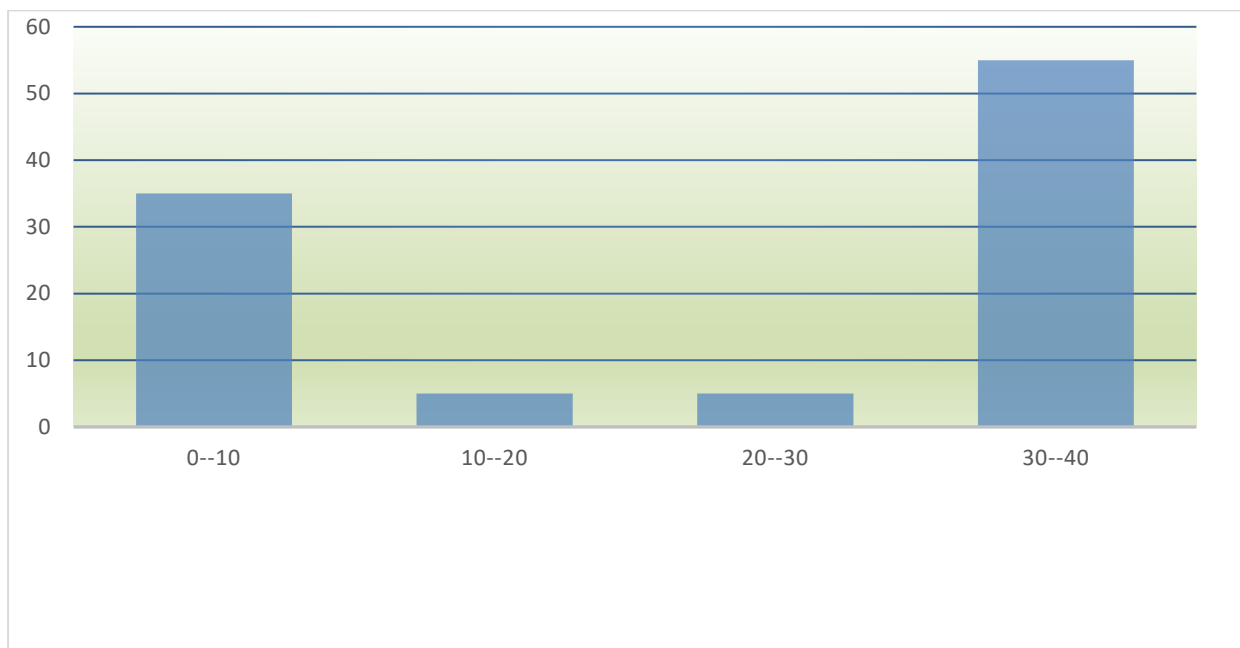
Таблиця 2.1-Розподіл НЗБУ по районах експлуатації

Район експлуатації	Кількість НЗБУ %
east Asia (Азія)	25
West Africa (Західна Африка)	15
Latin America (Латинська Америка)	20
south East Asia (Південно-Східна Азія)	15



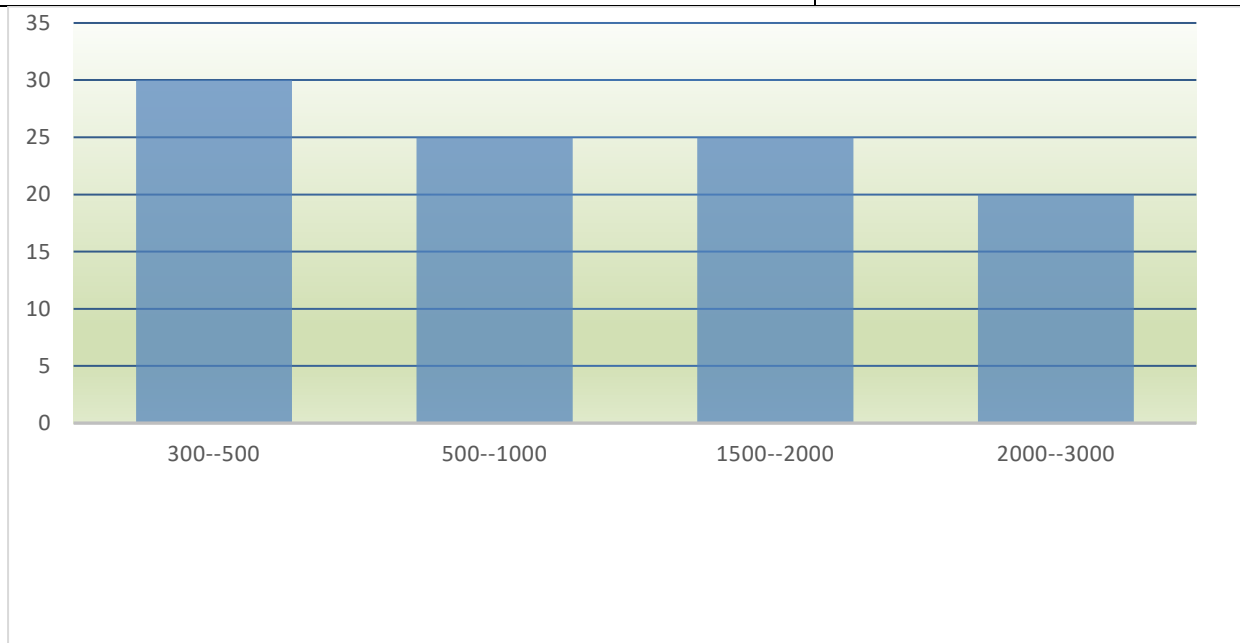
Таблиця 2.2- Розподіл НЗБУ за віком

Вік років	Кількість НЗБУ %
0--10	35
10--20	5
20--30	5
30--40	55



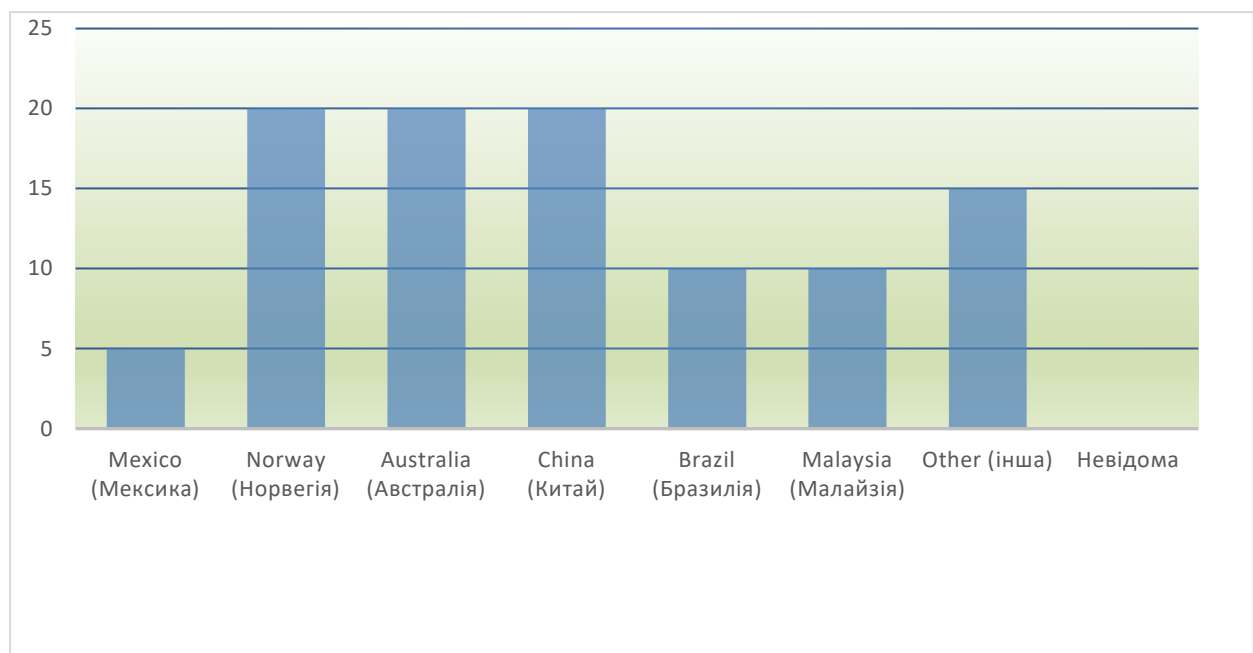
Таблиця 2.3- Розподіл НЗБУ по глибині моря

Характеристикам	Кількість НЗБУ %
Глибина моря у місці експлуатації, m	
300--500	30
500--1000	25
1500--2000	25
2000--3000	20



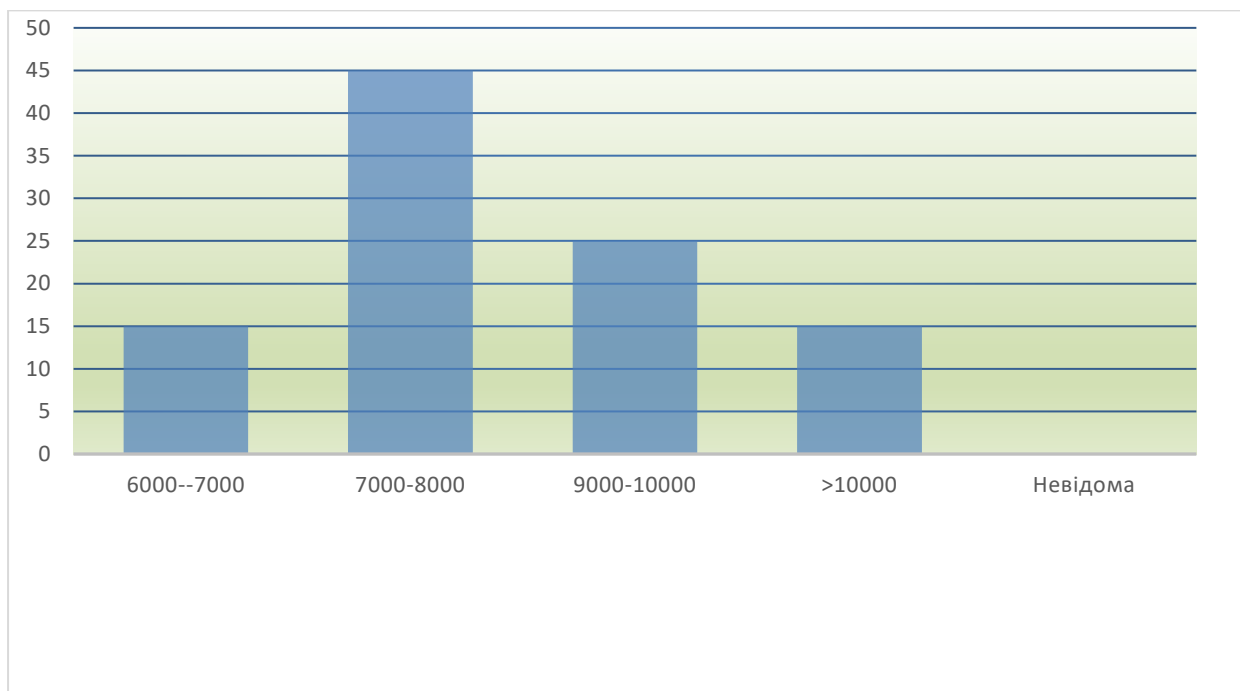
Таблиця 2.4 - Розподіл НЗБУ по Країнах

Країна	Кількість НЗБУ %
Mexico (Мексика)	5
Norway (Норвегія)	20
Australia (Австралія)	20
China (Китай)	20
Brazil (Бразилія)	10
Malaysia (Малайзія)	10
Other (інша)	15
Невідома	0



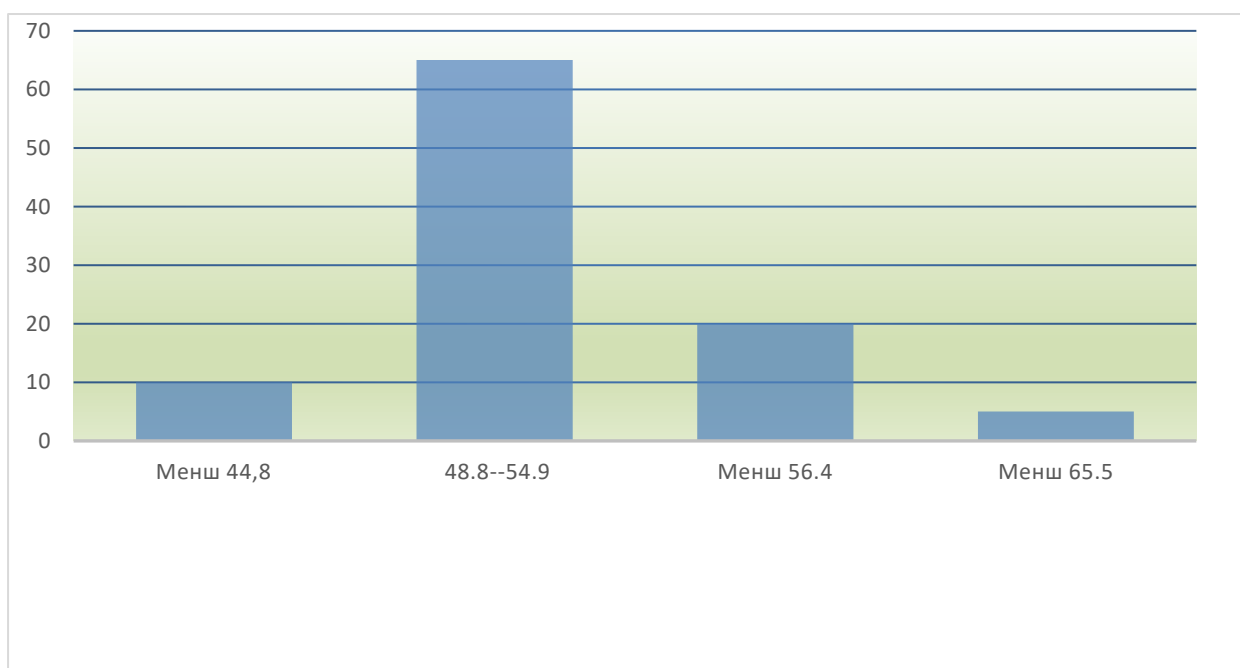
Таблиця 2.5- Розподіл НЗБУ по глибині буріння

Глибина буріння свердловин, м	Кількість НЗБУ %
6000--7000	15
7000-8000	45
9000-10000	25
>10000	15
Невідома	0



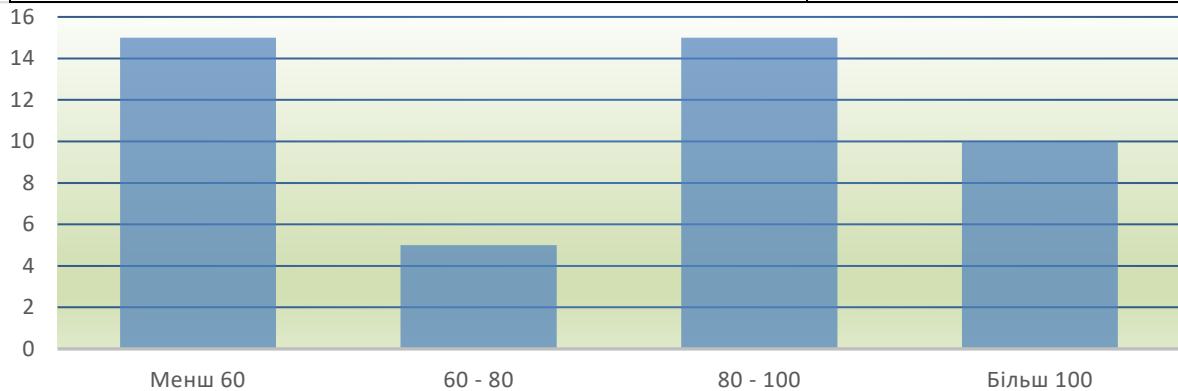
Таблиця 2.6- Розподіл НЗБУ за висотою бурової вежі

Висота бурової вежі, м	Кількість НЗБУ %
Менш 44,8	10
48.8 - 54.9	65
Менш 56.4	20
Менш 65.5	5



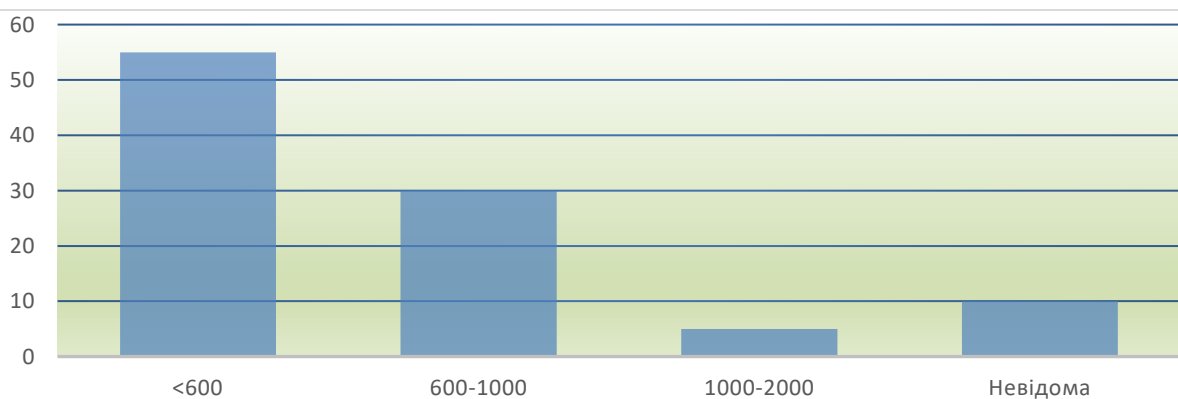
Таблиця 2.7- Розподіл НЗБУ за кількістю обслуговуючого персоналу

Кількість обслуговуючого персоналу, людина	Кількість НЗБУ %
Менш 60	15
60 - 80	5
80 - 100	15
Більш 100	10
Невідома	55



Таблиця 2.8- Розподіл НЗБУ за поперемінним навантаженням

Змінні навантаження (тонна)	Кількість НЗБУ %
<600	55
600-1000	30
1000-2000	5
Невідома	10



					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.03								
Змн.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ППБУ				Літ.	Аркуш	Аркушів		
Студент	Шаров С.В.											29	12
Консульт.	Зайцев В.В.								НУК ім. адм. Макарова				
Керівник	Зайцев В.В.												
Зав.каф.	Зайцев В.В.												

4 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НЗБУ

3.1 Основні характеристики прототипу НЗБУ

Прототипом даного проекту є напівзанурювальна плавуча бурова установка "Шельф-6". Її основні характеристики наведено у табл.3.1

Таблиця 3.1 – основні характеристики НЗБУ "Шельф-6"

Таблиця 3.1 – основні характеристики НЗБУ "Шельф-6"

довжина з вертолітним майданчиком, м	98,0
довжина, L_0 , м	91,96
ширина (без кронштейнів для якорів), B_0 , м	64,2
висота (з буровою вежею), м	94,0
осадка експлуатаційна, T_0 , м	14,3
висота без бурової вежі, H_0 , м	29,5
осаду при буксируванні (переході), м	5,6
водотоннажність при переході, $D_{бк.0}$, т	13800
потужність енергетичної установки, $N_{зв.0}$, кВт	5350
дедвейт, W_0 , т	3519,2
паливо, вода, олії, т	1130
постачання екіпаж, провізія, т	252,7
технологічні запаси при експлуатації, т	2136,5
водотоннажність "порожній", $P_{тех.0}$, т	11602,4
чисельність екіпажу, $n_{эк.0}$, чол	81
автономність, доба	30
повна водотоннажність (при експлуатації), D_0 , т	19770
глибина буріння, $H_{бур.0}$, м	6500
глибина моря, $H_{моря.0}$, м	200
розміри верхнього корпусу, м;	$L' = 62,4; B' = 49,2; H' = 6,0;$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.03	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Визначення повної водотоннажності проекту

Обчислимо повну водотоннажність проекту:

Коефіцієнт утилізації прототипу дорівнює:

$$\eta = \frac{DW_0}{D_0} = \frac{3519,2}{19770} = 0,178.$$

де DW_0 - дедвейт прототипу, т;

D_0 - повна водотоннажність прототипу, т;

$DW = 4700$ - дедвейт проекту, т;

$\gamma = 1,025$ - щільність води, т/м³.

Таким чином,

$$D = \frac{DW}{\eta} = 2,64 \times 10^4 \text{ т};$$

$$V = \frac{D}{\gamma} = 2,576 \times 10^4 \text{ м}^3.$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.03	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Визначення вимірювачів мас

Вагові характеристики.

Дані прототипу:

$$L_0 = 91,96\text{м}; \quad B_0 = 64,2\text{м}; \quad H_0 = 29,5\text{м}; \quad T_0 = 14,3\text{м}.$$

Металевий корпус із фундаментами

Маса $P_{mk.0} = 5931,3\text{т}$ (у т.ч. фундаменти 261,6т).

Модуль $LBH_0 = L_0 \times B_0 \times H_0 = 174163\text{м}^3$.

Вимірювач $P_{mk} = \frac{P_{mk.0}}{LBH_0} = 0,03406\text{т/м}^3$.

Устаткування, ізоляція, зашивання, неметалеві частини корпусу, обладнання приміщень:

Корпуси, устаткування приміщень:

Маса $P_{об.суд.0} = 562,3\text{т}$.

Модуль $LBH_{0.2_3} = LBH_0^{\frac{2}{3}} = 3118,7\text{м}^2$.

Вимірювач $P_{об.суд} = \frac{P_{об.суд.0}}{LBH_0^{\frac{2}{3}}} = 0,183\text{т/м}^2$.

Обладнання технологічних приміщень, у т.ч. вежа з порталом:

Маса $P_{об.тех.0} = 1288,9\text{т}$.

Модуль $L_{кол.0} = H_{бур.0} + H_{моря.0} = 6700\text{м}$.

Вимірювач $P_{об.тех} = \frac{P_{об.тех.0}}{L_{кол.0}} = 0,208\text{т/м}$.

Суднові пристрої:

Маса $P_{устр.0} = 2236,8\text{т}$. $\delta = 0,197$

Модуль $LBT\delta_{0.2_3} = (L_0 \times B_0 \times T_0 \times \delta_0)^{\frac{2}{3}} = 651,6\text{м}^2$.

Вимірювач $P_{устр} = \frac{P_{устр.0}}{LBT\delta_{0.2_3}} = 3,433\text{т/м}^2$.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.03	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система загальносуднові:

Маса	$P_{ст.0} = 330,7т.$
Модуль	$LBH_{0.2_3} = 3118,7м.$
Вимірювач	$P_{ст} = \frac{P_{ст.0}}{LBH_{0.2_3}} = 0,106 \text{ т/м}^2.$

Енергетична установка:

Маса	$P_{ey.0} = 372,9т.$
Модуль	$N_{ey.0} = 5350кВт$
Вимірювач	$P_{ey} = \frac{P_{ey.0}}{N_{ey.0}} = 0,0697т/кВт.$

Устаткування електроенергетичної системи:

Маса	$P_{ел.м.0} = 258,6т.$
Модуль	$N_{ey.0} = 5350 \text{ кВт}.$
Вимірювач	$P_{ел.м} = \frac{P_{ел.м.0}}{N_{ey.0}} = 0,0483 \text{ т/кВт}.$

Електричний кабель:

Маса	$P_{ел.каб.0} = 172,4т.$
Модуль	$LBH_0 = 174163м^3.$
Вимірювач	$P_{ел.каб} = \frac{P_{ел.каб.0}}{LBH} = 9,899 \times 10^{-4}т/м^3.$

Радіо озброєння:

Маса	$P_{рад.0} = 9,4т.$
Модуль	$LBH_0 = 174163м^3.$
Вимірювач	$P_{рад} = \frac{P_{рад.0}}{LBH_0} = 5,397 \times 10^{-5}т/м^3.$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.03	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запасні частини:

Маса $P_{зч.0} = 36,9\text{т.}$

Модуль $LBH_0 = 174163\text{м}^3.$

Вимірювач $P_{зч} = \frac{P_{зч.0}}{LBH_0} = 2,119 \times 10^{-4} \text{ т/м}^3.$

Постачання (витрачене) у складі навантаження "без нічого":

$$P_{сн} = 40.$$

Залишки рідких вантажів (мертвий запас, робочі рівні в механізмах, апаратах, системах, механічних трубопроводах):

Маса $P_{рв.0} = 241,1\text{т.}$

Модуль $LBH_0 = 174163\text{м}^3.$

Вимірювач $P_{рв} = \frac{P_{рв.0}}{LBH_0} = 1,384 \times 10^{-3} \text{ т/м}^3.$

Технологічні запаси:

$$P_{тех.з} = \frac{P_{тех.0}}{DW_0} = 0,607;$$

$$P_{техн} = P_{тех.з} \times DW = 2,853 \times 10^3 \text{т.}$$

Маса $P_{тр.0} = 840\text{т.}$

Модуль $L_{кол.0} = 6200\text{м.}$

Вимірювач $P_{тр} = \frac{P_{тр.0}}{L_{кол.0}} = 0,135\text{т/м.}$

Запас водотоннажності:

4% від повної водотоннажності:

$$P_{зн} = 0,04 \times D = 1056\text{т.}$$

Екіпаж з багажем та провізією:

Маса $P_{ек.0} = 17,7\text{т.}$

Модуль $n_{ек.0} = 75\text{чел.}$

Вимірювач $P_{ек} = \frac{P_{ек.0}}{n_{ек.0}} = 0,236\text{т/чел.}$

Запас палива:

$$P_{пал} = 1015,7\text{т.}$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.03	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Рішення рівняння плавучості

Рівняння плавучості:

$$D = \gamma V = \sum P_i.$$

Підсумовуємо всі ваги, що рівні добутку величин обчисленого вимірювача на відомий модуль. В результаті отримуємо рівняння плавучості:

$$n_{ек} = 75;$$

$$N_{ey} = N_{ey.0} = 5350.$$

$$\text{Глибина буріння, м} \quad H_{бур} = 6500;$$

$$\text{Глибина моря, м} \quad H_{моря} = 200;$$

$$L_{кол} = H_{бур} + H_{моря} = 6700 \text{ м}.$$

Враховуючи, що $\delta = \delta_0$,

Отримуємо $L \times B \times T \times \delta = V$.

$$\begin{aligned} D = & P_{mk} \times LBT + P_{об.суд} \times LBH^{\frac{2}{3}} + P_{об.тех} \times L_{кол} + P_{устр} \times V^{\frac{2}{3}} + P_{ст} \times LBT^{\frac{2}{3}} \\ & + P_{ey} \times N_{ey} + P_{ел.м} \times N_{ey} + P_{ел.каб} \times LBH + P_{рад} \times LBH + P_{зч} \times LBH \\ & + P_{сн} + P_{жсг} \times LBH + P_{тр} \times L_{кол} + P_{зн} + P_{эк} \times n + P_{топл} + P_{техн} \end{aligned}$$

Після спрощення:

$$D = 0,0367 \times LBH + 0,2863 \times LBH^{\frac{2}{3}} + 10152,1866.$$

Рішення рівняння наступне:

$$LLBH = 378877BH = 400344 \text{ м}^3.$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.03	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Визначення основних розмірів проекту НЗБУ

Вирішимо рівняння ваг. Для цього виразимо В і Н через L. Для прототипу

$$L_{_B} = \frac{L_0}{B_0} = 1,432; \quad L_{_H} = \frac{L_0}{H_0} = 3,117.$$

Тоді $B = \frac{L}{L_{_B}}; \quad H = \frac{L}{L_{_H}}.$

Підставив ці значення в рівняння ваг і отримаємо значення для L, B, H:

$$L \times \frac{L}{L_{_B}} \times \frac{L}{L_{_H}} = LBH;$$

$$L = \sqrt[3]{LBH \times L_{_B} \times L_{_H}} = 121.364\text{м};$$

$$B = \frac{L}{L_{_B}} = 84.728\text{м};$$

$$H = \frac{L}{L_{_H}} = 38,933\text{м}.$$

3.6 Визначення розмірів понтонів, колон, осаду

$$k_D = \frac{D_{\text{бк.0}}}{D_0} = 0,698.$$

Водотоннажність при буксируванні, т

$$D_{\text{бк}} = k_D \times D = 17840\text{т}.$$

$\rho_B = 1,025$ - щільність води, т/м³;

$L_{II} = L = 121.364$ - довжина понтону, м;

$\beta = 0,85$ - коефіцієнт повноти понтону.

Осад під час буксирування, м

$$T_{\text{бк}} = \sqrt{\frac{D_{\text{бк}}}{5 \times \rho_B \times L_{II} \times \beta}} = 5,809;$$

Висота понтону, м

$$H_{II} = T_{\text{бк}} + 0.6 = 6,409;$$

Ширина понтону, м

$$B_{II} = 2.5 \times T_{\text{бк}} = 14,523;$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.03	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр колони, м

$$D_k = 0.9 \times B_{II} = 13,071;$$

Осад при бурінні (експлуатаційна), м.

$$T = H_{II} + \frac{\frac{D}{\rho B} - 2 \times L_{II} \times B_{II} \times H_{II} \times \beta}{1.5 \times \pi \times D_k^2} = 13,529.$$

3.7 Рішення рівняння місткості

Об'ємні характеристики.

Оскільки характеристики N_{ey} n_{ey} $L_{кол}$ приймаються такими ж, як у прототипу, то перерахунок через вимірювачі робити не потрібно.

Приміщення МКО:

$$W_{MCO} = 4789,26 \text{ м}^3.$$

Допоміжні приміщення:

$$W_{ВСПОМ} = 2539,56 \text{ м}^3.$$

Приміщення із технологічним обладнанням т.ч. циркуляційна система, цементувальний комплекс, компресорна станція, бурові насоси:

$$W_{тех.об} = 5619,18 \text{ м}^3.$$

Житлові приміщення:

$$W_{жил} = 2577,42 \text{ м}^3.$$

де W_i - об'ємні приміщень в основному корпусі;

$W_{пл}$ - під палубний об'єм (обсяг основного корпусу у верхній палубі).

Загальний обсяг приміщень:

$$\Sigma W = \Sigma \begin{pmatrix} W_{MCO} \\ W_{ВСПОМ} \\ W_{тех.об} \\ W_{жил} \end{pmatrix} = 15530;$$

$$\Sigma W \leq \left(\delta_{nc} + \frac{H-T}{10 \times T} \right) \times L' \times B' \times H'.$$

$$\delta_{сн.0} = 0,9$$

- коефіцієнт повноти надбудови прототипу;

$$\delta_{сн} = \delta_{сн.0} = 0,9$$

- коефіцієнт повноти надбудови проекту.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.03	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.8 Визначення рівняння стійкості

Початкова стійкість

$$K_{zc0} \times \frac{T}{B} + K_{\rho 0} \times \frac{B}{T} - K_{zg0} \times \frac{H}{B} > \left(\frac{h}{B} \right).$$

де K_{zc0} - частковий коефіцієнт аплікати ЦТ по відношенню до осаду;

$K_{\rho 0}$ - частковий коефіцієнт метацентричного радіусу щодо B^2/T прототипу;

K_{zg0} - частковий коефіцієнт аплікати ЦТ по відношенню до висоти конструкції;

(h/B) - нормоване значення метацентричної висоти.

$$K_{zc0} = \frac{Z_{c0}}{T_0}; \quad K_{\rho 0} = \frac{\rho_0}{\left(\frac{B_0^2}{T_0} \right)}; \quad K_{zg0} = \frac{Z_{g0}}{H_0}.$$

Визначимо Z_{c0} ρ_0 Z_{g0} прототипу.

$$Z_{c0} = \frac{M_{xy}}{V_0}.$$

де M_{xy} - статичний момент зануреного обсягу координатної осі xOy;

$V_0 = \frac{D_0}{\gamma} = 19287,8$ - об'ємна водотоннажність прототипу, м³.

$$M_{xy} = 2 \times V_{\Pi} \times Z_1 + 6 \times V_k \times Z_2.$$

Де $V_{\Pi} = L_{\Pi} \times B_{\Pi} \times H_{\Pi} \times \beta = 9602$ - об'єм понтона, м³;

$Z_1 = 3$ - відстань центру тяжіння понтону від осі порівняння, м;

$V_k = \frac{\pi \times D_k^2}{4} \times (T - H_{\Pi}) = 955,391$ - об'єм колони, м³;

$Z_2 = 10,15$ - відстань центру ваги колони від осі порівняння, м.

$$M_{xy} = 2 \times V_{\Pi} \times Z_1 + 6 \times V_k \times Z_2 = 1,159 \times 10^5 \text{ м}^4;$$

$$Z_{c0} = \frac{M_{xy}}{V_0} = 6,004;$$

$$Z_{g0} = \frac{\sum m_i \times z_i}{D_0}.$$

де Z_i - апліканта центру важкості i-ої статті навантаження, м.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.03	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За прототипом

$$\sum m_i \times z_i = 296425,5;$$

$$Z_{g0} = \frac{296425,5}{D_0} = 14,99;$$

$$\rho_0 = \frac{I_x}{V_0}.$$

де I_x - момент інерції площі ватерлінії відносно осі Ox .

$$I_x = I_{xf} + S_{xf}^2.$$

де I_{xf} - момент інерції відносно осі, що проходить через ЦТ площі ватерлінії;

S_{xf} - відносний момент інерції.

$D_k = 13,191$ - діаметр опори, м. $x_f = 24,5$.

Для кола $I_{xf} = \frac{\pi \times D_k^4}{64} = 1433;$

$$S_{xf}^2 = \pi \times R_k^2 \times x_f^2.$$

Таким чином для однієї колони повинні:

$$I_{x.1} = I_{xf} + \pi \times \left(\frac{D_k}{2}\right)^2 \times x_f^2.$$

Оскільки колон 6, тоді

$$I_x = 6 \times I_{x.1} = 4.918 \times 10^5.$$

Отже

$$\rho_0 = \frac{I_x}{V_0} = 25,5.$$

Таким чином маємо:

$$Z_{c0} = 6,004; \quad Z_{g0} = 14,994; \quad \rho_0 = 25,5.$$

Тоді безрозмірні коефіцієнти дорівнюють

$$K_{zc0} = \frac{Z_{c0}}{T_0} = 0,42; \quad K_{\rho 0} = \frac{\rho_0}{\left(\frac{B_0^2}{T_0}\right)} = 0,09;$$

$$K_{zg0} = \frac{Z_{g0}}{H_0} = 0,508.$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.03	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівняння стійкості

$$K_{zc0} \times \frac{T}{B} + K_{\rho 0} \times \frac{B}{T} - K_{zg0} \times \frac{H}{B} > \left(\frac{h}{B}\right) \rightarrow 0,391 > \frac{h}{83,186};$$

$$\left(\frac{h}{B}\right)_{min}.$$

Тепер проведемо перевірку щодо умов стійкості:

$$K_{zc0} \times \frac{T}{B} + K_{\rho 0} \times \frac{B}{T} - K_{zg0} \times \frac{H}{B} \geq 0,05;$$

$$K_{zc0} \times \frac{T}{B} + K_{\rho 0} \times \frac{B}{T} - K_{zg0} \times \frac{H}{B} = 0,388.$$

Місткості:

$$\Sigma W \leq \left(\delta_{ch} + \frac{H-T}{10 \times T}\right) \times L' \times B' \times H';$$

$$L' = L'_0 = 62,4; \quad B' = B'_0 = 49,2; \quad H' = H'_0 = 6;$$

$$\Sigma W \leq \left(\delta_{ch} + \frac{H-T}{10 \times T}\right) \times L' \times B' \times H' = 1,553 \times 10^4.$$

Умова місткості виконується.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.03	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.04								
Змн.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата									
Студент		Шаров С.В.			ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ХВИЛЮВАННЯ ДЛЯ РЕЖИМІВ БУРІННЯ ТА ВИЖИВАННЯ ППБУ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ СНИП 2.06.04-82			Літ		Аркуш	Аркушів		
Консульт.		Зайцев В.В.									41	6	
Керівник		Зайцев В.В.						НУК ім. адм. Макарова					
Зав.каф.		Зайцев В.В.											

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ХВИЛЮВАННЯ ДЛЯ РЕЖИМІВ БУРІННЯ ТА ВИЖИВАННЯ НЗБУ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ СНиП 2.06.04-82

4.1 Розрахункові характеристики вітру

При визначенні елементів вітрових хвиль та вітрового нагону повинні прийматися забезпеченості розрахункового шторму для споруд I, II класу 2% (1 раз на 50 років) та III, IV класу 4% (1 раз на 25 років).

Для споруд I та II класу допускається забезпеченість розрахункового шторму приймати 1% (1 раз на 100 років) за належного обґрунтування.

Поєднання забезпеченості швидкості вітру із забезпеченістю рівня води слід приймати для споруд I та II класу згідно з пп. 5 та 7 п уточнювати за даними натурних спостережень.

Розрахункова швидкість вітру на висоті 10 м над рівнем води має визначатися за формулою:

$$V_{\omega} = k_z \times k_{fl} \times V_{\omega,z}$$

де $V_{\omega,z}$ - швидкість вітру, виміряна на висоті z , м;

k_z - коефіцієнт приведення до висоти 10 м, прийнятий при $z=5$, м - 1,1; при $z=10$, м - 1; при $z=20$, м і більше - 0,9;

k_{fl} - коефіцієнт перерахунку даних за швидкостями вітру, виміряними за флюгером, що приймається за табл.4.1.

Таблиця 4.1 – Залежність коефіцієнта k_{fl} від швидкості вітру V_{ω}

Швидкість вітру V_{ω} , м/с	20	25	30	35	40	45	50
значення коефіцієнта k_{fl}	1	0,95	0,92	0,89	0,88	0,86	0,85

$$V_{\omega,z} = 20 \text{ м/с}; \quad k_z = 1; \quad k_{fl} = 1;$$

$$V_{\omega} = k_z \times k_{fl} \times V_{\omega,z} = 20 \text{ м/с}.$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.04	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При попередньому визначенні елементів хвиль середнє значення розгону, м, для заданої розрахункової швидкості вітру V_ω , м/с, допускається визначати за формулою:

$$L_m = k_{vis} \times \frac{\nu}{V}$$

де k_{vis} - коефіцієнт, що приймається рівним 5×10^{11} ;

ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, що приймається рівним 10^{-5} , м²/с.

$$k_{vis} = 5 \times 10^{11}; \quad \nu = 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}; \quad V_\omega = 20 \text{ м/с};$$

$$L_m = k_{vis} \times \frac{\nu}{V} = 2.5 \times 10^5 \text{ м}.$$

Значення граничного розгону L_u , м, допускається приймати за табл.4.2 для заданої розрахункової швидкості вітру, V_ω , м/с.

Таблиця 4.2 –Залежність значення граничного розгону L_u від швидкості вітру V_ω

Швидкість вітру V_ω , м/с	20	22	24	26	28	30
Значення граничного розгону L_u , 10^{-3} , м	1600	1466,67	1333,33	1000	800	600

$V_\omega = 20 \text{ м/с}$ - швидкість вітру V_ω , м/с;

Значення граничного розгону:

$$L_u = 1600 \text{ м}.$$

Розрахункові швидкості вітру при розгонах менше 100 км допускається визначати за даними натурних спостережень над максимальними щорічними значеннями швидкостей вітру без урахування їх тривалості.

Розрахункові швидкості вітру при розгонах понад 100 км слід визначати з урахуванням їхнього просторового розподілу.

4.2 Елементи хвиль у глибоководній зон

Середню висоту $\overline{h_d}$, м, та середній період хвиль $\overline{T}$, с, у глибоководній зоні необхідно визначати по верхній кривій, що обгинає, рис.4.2. За значеннями безрозмірних величин gL/V_ω^2 и $g\overline{h_d}/V_\omega^2$ верхньої кривої, що обгинає, необхідно визначити значення $g\overline{h_d}/V_\omega^2$ и $g\overline{T}/V_\omega$ і за меншими їх величинами прийняти середню висоту та середній період хвиль.

Середню довжину хвиль $\overline{\lambda_d}$, м, за відомого значення $\overline{T}$ слід визначати за формулою:

$$\overline{\lambda_d} = \frac{g\overline{T}^2}{2 \times \pi}.$$

Примітка. При змінних швидкостях вітру вздовж розгону хвиль допускається приймати $\overline{h_d}$ за результатами послідовного визначення висоти хвилі для ділянок із постійними значеннями швидкості вітру.

Таблиця 4.3 – середня висота $\overline{T}$ та середній період хвилювання $\overline{h_d}$

$V_{\text{буріння}}, \text{ м/с}$	10	15	20	25	30	35
gL/V_ω^2	156.800	63.882	32.667	15.680	8.711	4.800
$g\overline{T}/V_\omega$	1.25	1.1	0.98	0.89	0.8	0.7
$g\overline{h_d}/V_\omega^2$	0.012	0.01	0.0087	0.0072	0.0061	0.0048
$\overline{T}$	1.276	1.684	2.000	2.270	2.449	2.500
$\overline{h_d}$	0.122	0.230	0.355	0.459	0.560	0.600

Таблиця 4.4 – середня висота хвилювання $\bar{T}$ та середній період хвилювання $\bar{h}_d$

$V_{\text{виживання}},$ м/с	40	42	44	46	48	50
gt/V_ω	7056	6720	6414,545	6135,652	5880	5644,8
$g\bar{T}/V_\omega$	3,8	3,7	3,63	3,6	3,5	3,38
$g\bar{h}_d/V_\omega^2$	0,075	0,0725	0,07	0,069	0,067	0,065
$\bar{T}$	15,510	15,857	16,298	16,898	17,143	17,245
$\bar{h}_d$	12,245	13,050	13,829	14,898	15,752	16,582

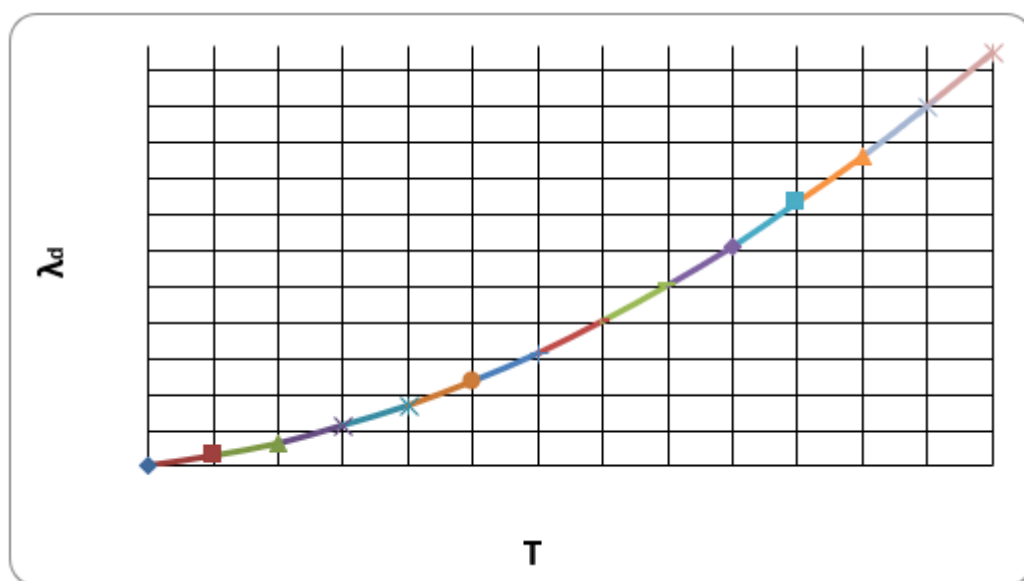


Рисунок 4.1 – Залежність довжини хвиль λ_d від періоду хвиль T

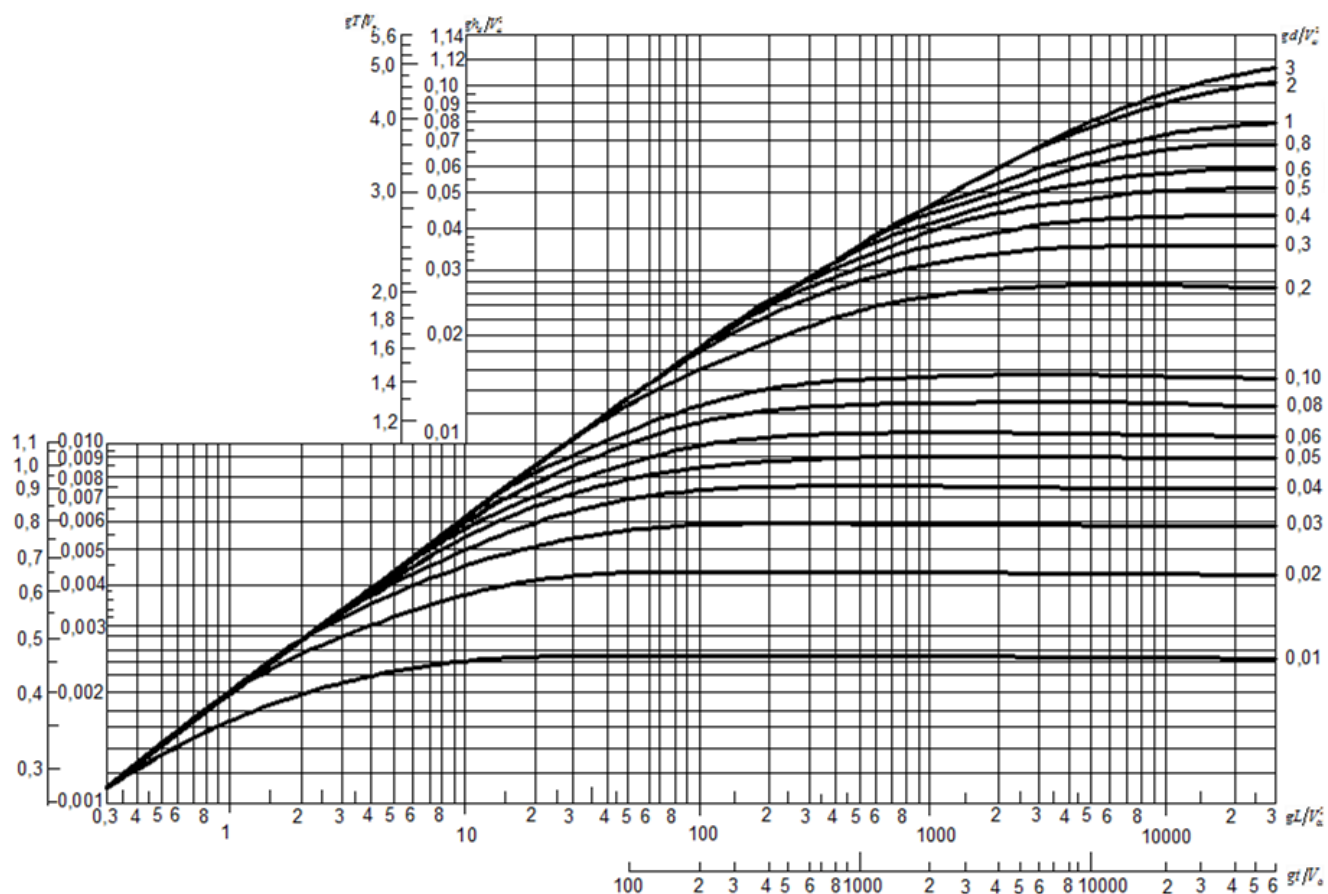


Рисунок 4.2 – Графіки для визначення елементів вітрових хвиль
у глибоководній та мілководній зонах

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.05							
Змн.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата								
Студент		Шаров С.В.				ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛ ТА НАВАНТАЖЕНЬ, ЩО ДІЮТЬ НА ППБУ В РЕЖИМІ БУРІННЯ ТА ВИЖИВАННЯ			Літ.		Аркуш	Аркушів
Консульт.		Зайцев В.В.									47	14
Керівник		Зайцев В.В.							НУК ім. адм. Макарова			
Зав.каф.		Зайцев В.В.										

5 ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛ ТА НАВАНТАЖЕНЬ, ЩО ДІЮТЬ НА НЗБУ В РЕЖИМІ БУРІННЯ ТА ВИЖИВАННЯ

Дані:

$$B_{II} = 14.523M \quad L_{II} = 121.364M \quad H_{II} = 6.409M \quad T = 13.529M$$

$$T_{\delta k} = 5.809M \quad D_k = 13.071M \quad h_{IIK} = T - H_{II} = 7.12M \quad h_{HK} = 9.21M$$

5.1 Площа парусності НЗБУ при осаді за експлуатаційною ватерлінією.

5.1.1 Проекція на площу міделя

Площа колони: $S_k = 3 \times D_k \times h_{HK} = 361.152M^2$

Площа верхнього корпусу:

$$S_B = 7.91 \times 87.896 \times 2 + 7.91 \times 50.219 = 1788M^2$$

Площа вежі:

$$S_{\delta} = \frac{(10.24 + 12.5548) \times 18.41}{2} + 9.44 \times 12.66 + \frac{(8.895 + 12.66) \times 1.664}{2} + \frac{(6.2774 + 8.895) \times 44.121}{2} + \frac{3.91 + 3.14}{2} = 688.12M^2$$

Площа парусності: $S_{III E1} = S_k + S_B + S_{\delta} = 2837M^2$

5.1.2 Проекція на ДП

Площа колони: $S_k = 2 \times D_k \times h_{HK} = 240.768M^2$

Площа верхнього корпусу: $S_B = 2 \times 7.91 \times 83.23 + 7.91 \times 64.94 = 1830M^2$

Площа вежі:

$$S_{\delta} = \frac{(10.24 + 12.5548) \times 18.41}{2} + 9.44 \times 12.66 + \frac{(8.895 + 12.66) \times 1.664}{2} + \frac{(6.2774 + 8.895) \times 44.121}{2} + 3.91 \times 4.10 = 698.012M^2$$

Площа парусності: $S_{III E2} = S_k + S_B + S_{\delta} = 2769M^2$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.05	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Площа змоченої поверхні при осаді за експлуатаційною ватерлінією.

Площа понтону:

$$S = L_{II} \times H_{II} \times 4 + H_{II} \times B_{II} \times 4 + L_{II} \times B_{II} \times 4 - 6\pi \times \left[\left(\frac{D_k}{2} \right)^2 \right] = 9729 M^2$$

$$\text{Площа опорних колон: } S_k = (\pi \times D_k \times h_{IIK}) \times 6 = 1754 M^2$$

$$\text{Площа змоченої поверхні: } S_{CII} = S_{II} + S_k = 1.148 \times 10^4 M^2$$

5.3 Площа змоченої поверхні при осаді по ватерлінію при буксируванні НЗБУ.

5.4 Площа парусності.

5.4.1 Проекція на площу міделя

$$\text{Площа понтону: } S_{II} = (H_{II} - T_{\delta K}) \times L_{II} = 72.818 M^2$$

$$\text{Площа колони: } S_k = 16.221 \times D_k = 212.025 M^2$$

$$\text{Площа верхнього корпусу: } S_B = 2 \times 7.91 \times 83.23 + 7.91 \times 64.94 = 1830 M^2$$

Площа вежі:

$$S_{\delta} = \frac{(10.24 + 12.5548) \times 18.41}{2} + 9.44 \times 12.66 + \frac{(8.895 + 12.66) \times 1.664}{2} + \frac{(6.2774 + 8.895) \times 44.121}{2} + \frac{3.91 + 3.14}{2} = 688.12 M^2$$

$$\text{Площа парусності: } S_{II\delta 1} = S_{II} + S_k + S_B + S_{\delta} = 2803 M^2$$

5.4.2 Проекція на ДП

$$\text{Площа понтону: } S_{II} = (H_{II} - T_{\delta K}) \times B_{II} \times 2 = 17.428$$

$$\text{Площа колони: } S_k = 2 \times D_k \times h_{IIK} = 240.768$$

$$\text{Площа верхнього корпусу: } S_B = 2 \times 7.91 \times 83.23 + 7.91 \times 64.94 = 1830 M^2$$

					12.KP.135.6119м.05.ПЗ.05	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа вежі:

$$S_{\delta} = \frac{(10.24 + 12.5548) \times 18.41}{2} + 9.44 \times 12.66 + \frac{(8.895 + 12.66) \times 1.664}{2} + \frac{(6.2774 + 8.895) \times 44.121}{2} + 3.91 \times 4.10 = 698.012 M^2$$

Площа парусності: $S_{ППе2} = S_{П} + S_{\kappa} + S_{B} + S_{\delta} = 2787 M^2$

5.4.3 Площа змоченої поверхні.

Площа понтону: $S_{П} = T_{\delta\kappa} \times L_{П} \times 4 + L_{П} \times B_{П} \times 2 = 6345 M^2$

Площа змоченої поверхні:

$$S_{СП} = S_{П} = 6345 M^2$$

5.5 Визначення вітрового навантаження

Вітрове навантаження визначається для двох напрямків вітру для режимів буріння та виживання за формулою:

$$P_B = K_3 \times K_B \times K_{\phi} \times q \times A$$

де: $q = \frac{v_i^2}{16} \times 10^{-3}$ - швидкісний натиск;

v_i - середня швидкість вітру;

K_3 - коефіцієнт зони, що враховує, що швидкість вітру змінюється з висотою;

Таблиця 5.1 -Залежність коефіцієнта K_3 від висоти z

z, м	0 - 10	11 - 30	31 - 50	51 - ...
K_3	1	1,15	1,35	1,6

K_{ϕ} - коефіцієнт форми;

$K_{\phi} = 1$ - для колон;

$K_{\phi} = 1,2$ - для прямокутних елементів;

$K_{\phi} = 0,6$ - для кожної панелі вежі;

K_B - коефіцієнт взаємного впливу:

$K_B = \frac{(L/D)-1}{6}$ - для колон;

$K_B = 0$ - для $L/D = 1$;

$K_B = 1$ - для $L/D \geq 6$;

A - проекція площа, обтічна елемента (надводної частини) на напрями перпендикулярний вітру (парусність);

$A = h \times D$ - для колон;

$A = (a + b) \times 0,5h$ - для вежі;

$A = h \times b$ - для верхньої будови та житлових будівель;

Або формула можна уявити так:

$$P_B = 0,625 \times v_i \times 10^{-3} \times \sum A_i \times k_{zi} \times k_{\phi i} \times k_{\beta i}.$$

Підрахунок P_B виконаємо у табличній формі.

Визначимо навантаження у напрямку вітру вздовж споруди.

Вихідні дані:

$D_k = 13,07$ - діаметр колон, м;

$V_k = 16,522$ - висота колон, м;

$L_{II} = 121,364$ - довжина понтону, м;

$H_{II} = 6,409$ - висота понтону, м;

$B_{II} = 14,523$ - висота понтону, м;

$T_{\text{бур}} = 13,529$ - осаду під час буріння, м;

$B_m = 83,23$ - ширина мосту, м;

$L_m = 87,90$ - довжина мосту, м;

$h_m = 7,91$ - висота мосту, м;

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.05	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S_{баш1} = 209,83$ - площа першого рівня башти, м²;

$S_{баш2} = 137,44$ - площа другого рівня башти, м²;

$S_{баш3} = 334,71$ - площа третього рівня башти, м²;

$U_{бур} = 10...35$ - швидкість вітру при бурінні, м/с;

$U_в = 50...60$ - швидкість вітру при виживанні, м/с;

Таблиця 5.2 – вітрові навантаження вздовж споруди

Зона	Елемент	Кількість	K_3	K_ϕ	K_B	$A, \text{ м}^2$	Буріння	Виживання
							$P_{БУР}, \text{ кН}$	$P_B, \text{ кН}$
Ось ОУ								
0-10	Передні колони	2	1	1	1	240,77	30,009	752,406
	Другий ряд колон	2	1	1	0,31	240,77	9,330	233,246
	Третій ряд колон	2	1	1	0,31	240,77	9,330	233,246
10-30	Верхня будова	1	1,5	1,2	1	658,682	74,102	1852,543
	Верхня будова	1	1,5	1,2	1	658,682	74,102	1852,543
	Верхня будова	1	1,5	1,2	1	513,85	57,808	1445,203
30-50	Вишка	1	1,35	0,6	1	209,83	10,623	265,566
>50	Вишка	1	1,6	0,6	1	137,44	8,246	206,160
	Вишка	1	1,6	0,6	1	334,71	20,083	502,065
Усього							293,719	7342,979

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.05	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, вітрове навантаження вздовж споруди, кН:

Таблиця 5.3 – Залежність вітрових навантажень від швидкості вітру в режимі буріння

$V_{\text{буріння}},$ м/с	10	15	20	25	30	35
$P_{\text{БУР.вз}},$ кН	293,719	660,868	1174,877	1835,745	2643,472	3598,060

Таблиця 5.4 – Залежність вітрових навантажень від швидкості вітру у режимі виживання

$V_{\text{виживання}},$ м/с	50	52	54	56	58	60
$P_{\text{В.вз}},$ кН	7342,979	7942,166	8564,850	9211,032	9880,712	10573,899

Визначимо навантаження у напрямку вітру впоперек споруди.

Таблиця 5.5 – вітрові навантаження впоперек споруди

Зона	Елемент	Кількість	K_z	K_ϕ	K_B	$A, \text{ м}^2$	Буріння	Виживання
							$P_{БУР}, \text{ кН}$	$P_B, \text{ кН}$
Ось ОУ								
0-10	Передні колони	3	1	1	1	240,77	45,144	1128,609
	Задні ряд колон	3	1	1	1	240,77	45,144	1128,609
10-30	Верхня будова	1	1,5	1,2	1	695,641	78,260	1956,490
	Верхня будова	1	1,5	1,2	1	695,641	78,260	1956,490
	Верхня будова	1	1,5	1,2	1	397,441	44,712	1117,803
30-50	Вишка	1	1,35	0,6	1	202,31	40,968	265,566
>50	Вишка	1	1,6	0,6	1	132,47	10,623	206,160
	Вишка	1	1,6	0,6	1	322,65	8,246	502,065
Усього							330,472	8261,793

Отже, вітрове навантаження поперек споруди, кН:

Таблиця 5.6 - Залежність вітрових навантажень від швидкості вітру в режимі буріння

$V_{\text{буріння}},$ м/с	10	15	20	25	30	35
$P_{\text{БУР.п}},$ кН	330,472	743,561	1321,887	2065,448	2974,246	4048,279

Таблиця 5.7 - Залежність вітрових навантажень від швидкості вітру у режимі виживання

$V_{\text{виживання}},$ м/с	50	52	54	56	58	60
$P_{\text{В.п}},$ кН	8261,793	8935,956	9636,556	10363,593	11117,069	11896,982

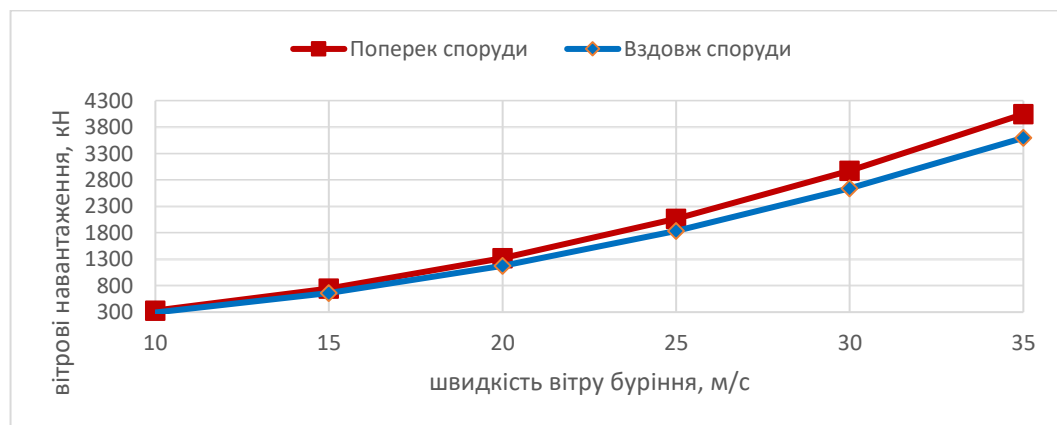


Рисунок 5.1 – Залежність вітрових навантажень від швидкості вітру в режимі буріння

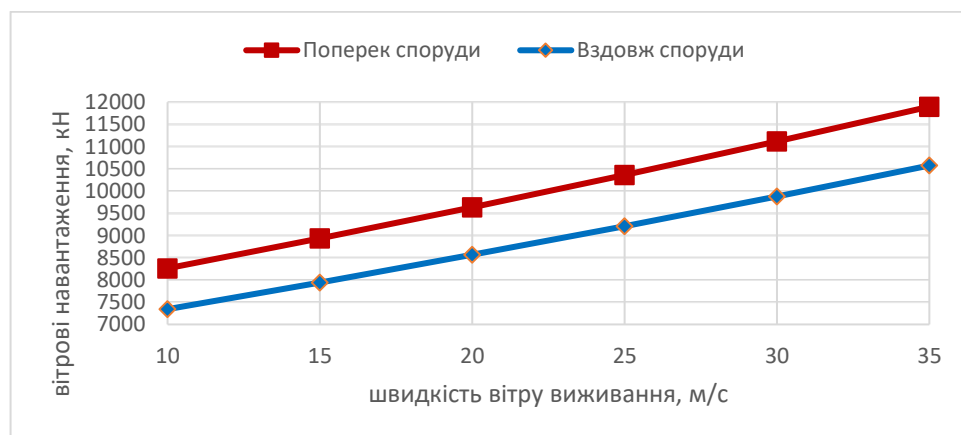


Рисунок 5.2 – Залежність вітрових навантажень від швидкості вітру в режимі виживання

5.6 Визначення навантаження від течії

Навантаження від течії визначається для режимів буріння та виживання за формулою:

$$P_T = \frac{\rho \times U_T^2}{2} \times \sum k_i \times A_i;$$

де

ρ - щільність води;

A_i - площа і-го елемента підводної частини конструкції, м²;

$K_{\phi i}$ - коефіцієнт форми:

$K_{\phi} = 1$ - для круглих елементів;

$K_{\phi} = 1,2$ - для прямокутних елементів;

U_T - швидкість течії, м/с.

$U_{T.бур}$ = 1...4 - для режиму буріння, уз;

$U_{T.виж}$ = 2...6 - для режиму виживання, уз.

Визначимо площу елементів у проекції перпендикулярної течії:

Довжина підводної частини колон, м:

$$l_{к.подв} = T_{бур} - H_{П} = 13,529 - 6,409 = 7,12\text{м};$$

$$A_{колонна} = 6 \times D_K \times l_{к.подв} = 6 \times 13,07 \times 7,12 = 558,350\text{м}^2;$$

$$A_{понт} = 2 \times L_{П} \times H_{П} = 2 \times 121,364 \times 6,409 = 1555,644\text{м}^2.$$

Знайдемо навантаження для двох режимів:

$$\sum K_{\phi} A_i = 1 \times A_{колон} + 1,2 \times A_{понт} = 558,350 + 1,2 \times 1555,644 = 2425,123\text{м}^2.$$

Таблиця 5.8 – Залежність навантажень від течії від швидкості течії в режимі буріння

$V_{буріння},$ м/с	0	0,514	0,771	1,028	1,285	1,542	1,799	2.056
$P_{T.БУР},$ кН	0	325,397	732,14	1301,59	2033,73	2928,58	3986,12	5206,36

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.05			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				55

Таблиця 5.9 – Залежність навантажень від течії від швидкості течії в режимі виживання

$V_{\text{виживання}},$ м/с	1,542	1,799	2,056	2,313	2,57	3.084
$P_{T.ВИЖ},$ кН	2928,575	3986,116	5206,355	6589,293	8134,930	11714,299

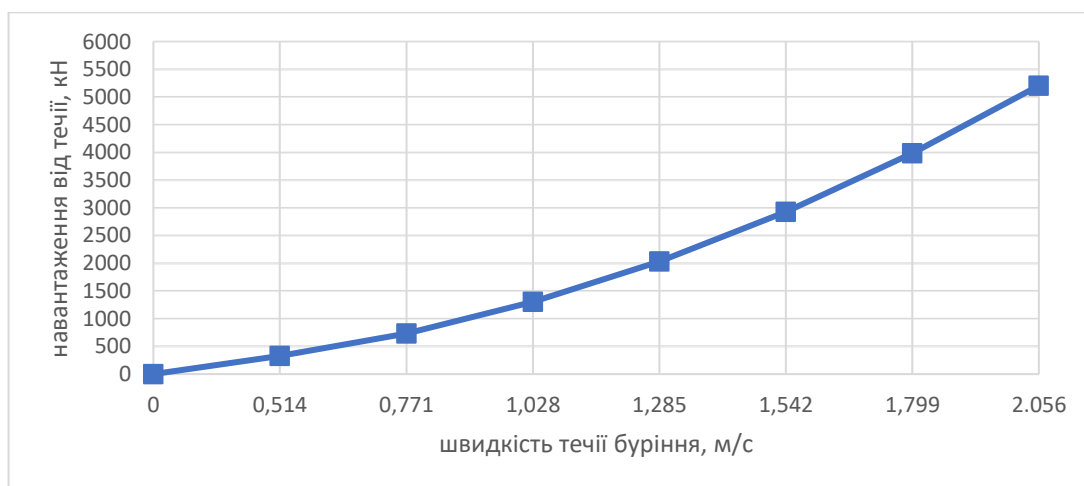


Рисунок 5.3 – Залежність навантаження від течії від швидкості течії в режимі буріння

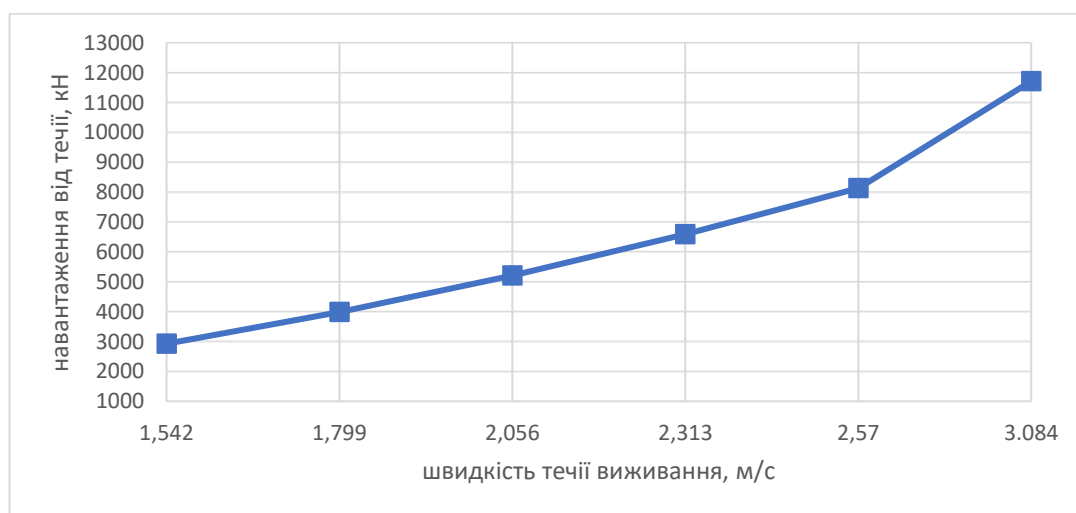


Рисунок 5.4 – Залежність навантаження від течії від швидкості течії в режимі виживання

5.7 Визначення хвильового навантаження

Хвильове навантаження визначається за формулою:

$$P_{XB} = \gamma_B \times k \times h \times 2 \times (2 \times V_{II} \times \eta_1 + 2 \times n \times V_{кол} \times \eta_2) \times \sqrt{2 \times (1 + \cos(k \times B))};$$

де $\gamma_B = 1,025$ - питома вага води;

$k = 2 \times \frac{\pi}{\lambda}$ - хвильове число;

$\lambda = \frac{g \times T^2}{2\pi}$ - довжина хвилі, м;

T - період коливання, с;

B - відстань між осями колон, м.

З розділу 4 маємо:

Таблиця 5.10 – Середня висота буріння $\bar{T}$ та середній період хвиль буріння $\bar{h}_d$

$V_{буріння}$, м/с	10	15	20	25	30	35
gL/V_ω^2	156.800	63.882	32.667	15.680	8.711	4.800
$g\bar{T}/V_\omega$	1.25	1.1	0.98	0.89	0.8	0.7
$g\bar{h}_d/V_\omega^2$	0.012	0.01	0.0087	0.0072	0.0061	0.0048
$\bar{T}$	1.276	1.684	2.000	2.270	2.449	2.500
$\bar{h}_d$	0.122	0.230	0.355	0.459	0.560	0.600

Таблиця 5.11 – Середня висота виживання $\bar{T}$ та середній період хвиль виживання $\bar{h}_d$

$V_{виживання}$, м/с	50	52	54	56	58	60
gL/V_ω^2	5644.8	5427.69 2	5226.667	5040	4866.20 7	4704
$g\bar{T}/V_\omega$	3.8	3.7	3.63	3.6	3.5	3.38
$g\bar{h}_d/V_\omega^2$	0.075	0.073	0.07	0.069	0.067	0.065
$\bar{T}$	19.388	19.633	20.002	20.571	20.714	20.694
$\bar{h}_d$	19.133	20.004	20.829	22.080	22.999	23.878

$\beta = 0,85$ - коефіцієнт повноти понтону.

Об'єм понтону, м³:

$$V_{\Pi} = L_{\Pi} \times B_{\Pi} \times H_{\Pi} \times \beta = 121,364 \times 14,523 \times 6,409 \times 0,85 = 9601,861 \text{ м}^3.$$

Об'єм колон, м³:

$$V_{\text{кол}} = l_{\text{к.подо}} \times \frac{\pi \times D_k^2}{4} = 7,12 \times \frac{\pi \times 13,071^2}{4} = 954,920 \text{ м}^3.$$

$L_k = 36,55 \text{ м}$ - відстань між осями колон, м (див. розділ 2).

$$\eta_1(\omega) = g^2 \left(e^{-\omega^2 \times \frac{l_{\text{к.подо}}}{g}} - e^{-\omega^2 \times \frac{l_{\text{к.подо}} + H_{\Pi}}{g}} \right) \times \frac{\sin\left(\frac{\omega^2 \times H_{\Pi}}{2g}\right)}{\omega^4 \times l_{\text{к.подо}} \times 0,5 \times H_{\Pi}};$$

$$\eta_2(\omega) = g^2 \left(1 - e^{-\omega^2 \times \frac{l_{\text{к.подо}}}{g}} \right) \times \frac{2 \times \sin\left(\frac{\omega^2 \times H_{\Pi}}{2g}\right)}{\omega^4 \times l_{\text{к.подо}} \times D_k};$$

$$\omega = \frac{2 \times \pi}{T}.$$

Таблиця 5.12 - Залежність хвильових навантажень від швидкості вітру у режимі буріння

$V_{\text{буріння}}, \text{ м/с}$	10	15	20	25	30	35
gL/V_{ω}^2	156.800	63.882	32.667	15.680	8.711	4.800
$g\bar{T}/V_{\omega}$	1.25	1.1	0.98	0.89	0.8	0.7
$g\bar{h}_d/V_{\omega}^2$	0.012	0.01	0.0087	0.0072	0.0061	0.0048
$\bar{T}$	1.276	1.684	2.000	2.270	2.449	2.500
$\bar{h}_d$	0.122	0.230	0.355	0.459	0.560	0.600
ω	4.924	3.730	3.140	2.766	2.564	2.512
λ	2.539	4.424	6.242	8.044	9.359	9.753
k	2.474	1.420	1.006	0.781	0.671	0.644
η_1	17.342	9.953	7.054	5.474	4.704	4.514
η_2	2.94008E-08	4.75809E-05	0.000864259	0.00419651	0.0090555	0.010951
$p_{XB}, \text{ кН}$	33.329	19.128	13.556	10.519	9.041	8.676

Таблиця 5.13 - Залежність хвильових навантажень від швидкості вітру в режимі виживання

$V_{\text{виживання}}, \text{ м/с}$	50	52	54	56	58	60
gt/V_{ω}	5644.8	5427.692	5226.667	5040	4866.207	4704
$g\bar{T}/V_{\omega}$	3.8	3.7	3.63	3.6	3.5	3.38
$g\bar{h}_d/V_{\omega}^2$	0.075	0.0725	0.07	0.069	0.067	0.065
$\bar{T}$	19.388	19.633	20.002	20.571	20.714	20.694
$\bar{h}_d$	19.133	20.004	20.829	22.080	22.999	23.878
ω	0.324	0.320	0.314	0.305	0.303	0.303
λ	586.572	601.484	624.331	660.382	669.586	668.267
k	0.011	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009
η_1	0.075	0.073	0.071	0.067	0.066	0.066
η_2	0.927686	0.9294143	0.93190725	0.9355019	0.936360	0.93624
$p_{XB}, \text{ кН}$	0.144	0.141	0.136	0.128	0.126	0.127

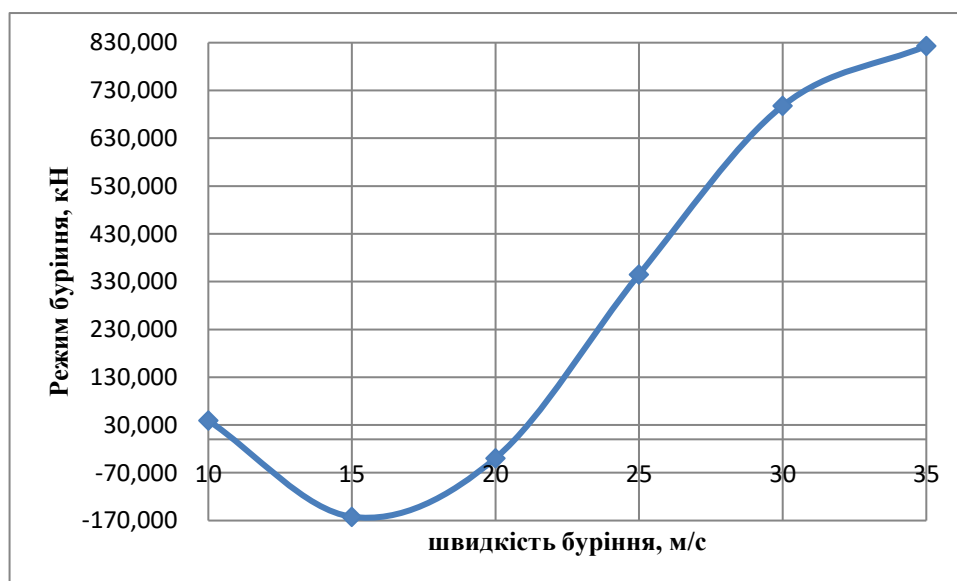


Рисунок 5.5 – Залежність хвильових навантажень від швидкості вітру в режимі буріння

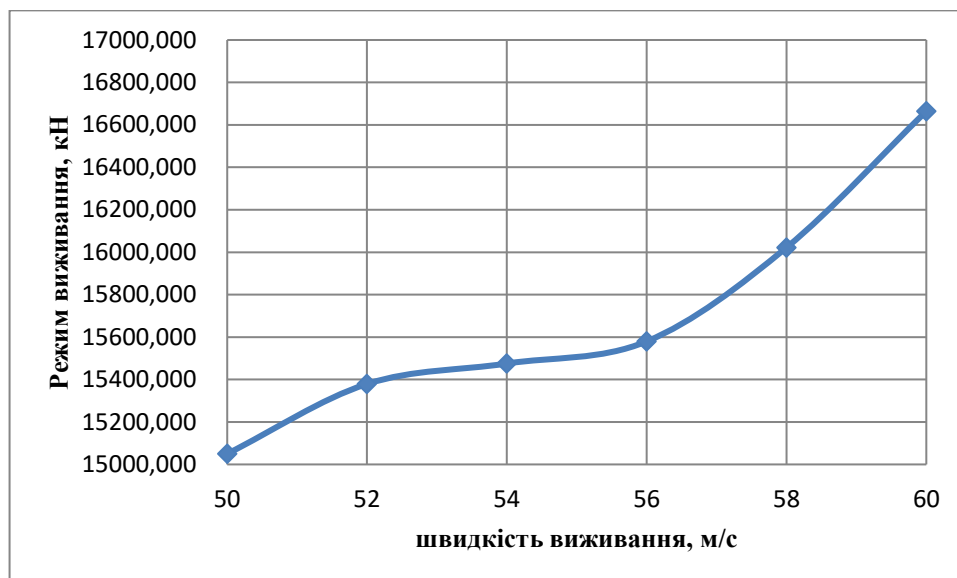


Рисунок 5.6 – Залежність хвильових навантажень від швидкості вітру в режимі
ВИЖИВАННЯ

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.06									
Змн	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата										
Студент					ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ЯКІРНО-ШВАРТІВНОГО ПРИСТРОЮ				Літ		Аркуш	Аркушів		
Консульт.		Зайцев В.В.										61	9	
Керівник.		Зайцев В.В.							НУК ім. адм. Макарова					
Зав.каф.		Зайцев В.В.												

6 ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ЯКІРНОГО ПРИСТРОЮ

6.1 Водотоннажність

Дані:

$$\begin{aligned} V_{\Pi} &= 14,523\text{м}; & L_{\Pi} &= 121,364\text{м}; & H_{\Pi} &= 6,409\text{м}; & d &= 13,474\text{м}; \\ T_{\text{БК}} &= 5,809\text{м}; & D_{\text{к}} &= 13,071\text{м}; & h_{\text{ПК}} &= d - H_{\Pi} = 7,12\text{м}; \\ \rho &= 1,025\text{т/м}^3 & & & & & & \text{- щільність морської води;} \\ g &= 9,8\text{м/с}^2 & & & & & & \text{- прискорення сили тяжіння.} \end{aligned}$$

6.1.1 Водотоннажність за експлуатаційною ПЛ

Об'єм:

$$V_1 = L_{\Pi} \times H_{\Pi} \times 2 + D_{\text{к}} \times h_{\text{ПК}} \times 6 = 121.364 \times 6.409 \times 2 + 13.071 \times 7.12 \times 6 = 2114\text{м}^2;$$

Водотоннажність:

$$D_1 = \rho \times V_1 = 1.025 \times 2114 = 2,167 \times 10^3\text{т.}$$

6.1.2 Водотоннажність по ВЛ при буксируванні

Об'єм:

$$V_2 = L_{\Pi} \times T_{\text{БК}} \times 2 = 121.364 \times 5.809 \times 2 = 1410\text{м}^3;$$

Водотоннажність:

$$D_2 = \rho \times V_2 = 1.025 \times 1410 = 1,445 \times 10^3\text{т.}$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.06	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Характеристика постачання

6.2.1 Характеристика постачання для вибору якірного постачання ПБУ/МСП або окремих секцій МСП має розраховуватись за формулою:

$$N_e = K_1 \times K_2 \times \Delta^{\frac{2}{3}} + K_3 \times A.$$

де K_1, K_2, K_3 - коефіцієнти, що враховують форму корпусу, хвильовий вплив та вітрові умови якірної стоянки відповідно;

A - об'ємна водотоннажність ПБУ/МСП або модулів МСП, прийнята при осаді (або до центру знаку вантажної марки), m^3 ;

A - сумарна площа проекцій конструкцій, що височіють над ватерлінією (вантажної марки, що проходить через центр знака), на площину, нормальну до горизонтальної проекції якірної лінії, m^2 .

6.2.2 Коефіцієнт форми K_1 повинен прийматися рівним:

1,5 для бурових установок з понтоном прямокутної форми та МСП/секцій МСП;

1,75 для бурових катамаранів та інших подібних типів ПБУ.

Коефіцієнт K_1 також може бути отриманий із співвідношення R/R' , де R' , R - опору зануреної частини звичайного судна та бурової установки, МСП/модулів МСП при рівних водотоннажності відповідно.

Коефіцієнти K_2 та K_3 при розрахунковій швидкості вітру не більше 36 м/с і розрахунковій висоті хвиль 3% забезпеченості не більше N м приймаються відповідно до табл.6.1. При перевищенні зазначених розрахункових параметрів погодних умов значення коефіцієнтів, що приймаються K_2 та K_3 є предметом спеціального розгляду Реєстром.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.06	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Вибір коефіцієнта K_2 та K_3

ПБУ/МСП	K_2	K_3
Перебувають у відкритому морі	1,2	2,1
Перебувають у закритому морі	1,1	1,8

$$\Delta = 2114\text{м}^3; K_1 = 1,75; K_2 = 1,2; A = 2716\text{м}^3; K_3 = 2,1;$$

$$N_e = K_1 \times K_2 \times \Delta^{\frac{2}{3}} + K_3 \times A = 1.75 \times 1.2 \times 2114^{\frac{2}{3}} + 2.1 \times 2716 = 6050.\text{М}^2$$

Таблиця 6.2 – Вибір станових якорів за характеристикою постачання

Характеристика постачання N_e		Станові якорі		Ланцюги для станових якорів			
Більше	Не більше	Число	Маса кожного якоря, кг	Сумарна довжина обох ланцюгів, м	Калібр, мм		
					категорія R3	Категорія R3S	Категорія R4
5800	6100	3	17800	820	100	92	90

6.3 Якірний пристрій

6.3.1 Станові якорі

Таблиця 6.3 – Основні характеристики якорів Холла

Маса якоря М, кг	А		Н		у		L	В	В ₁	А ₁	h ₁
	Виконання										
	1	2	1	2	1	2					
18000	4660	4280	6025	5645	1450	1400	3300	1520	1284	2320	510

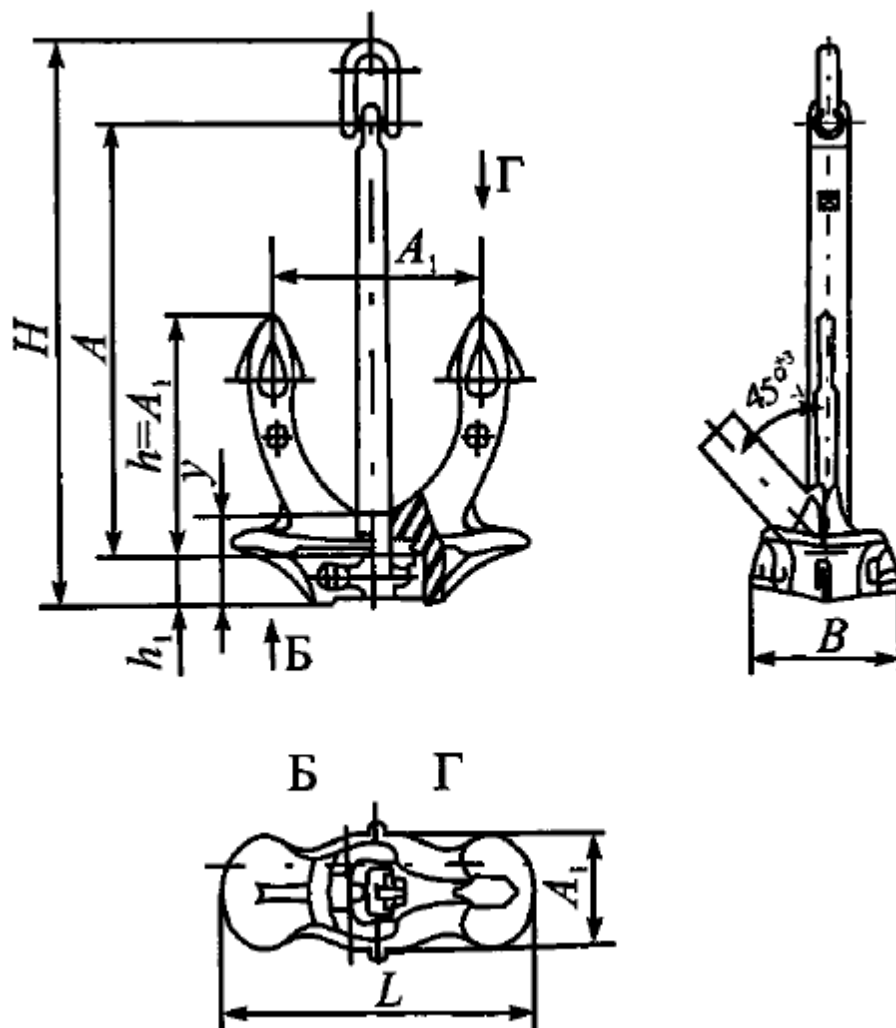


Рисунок 6.1 - Якір Холла

6.3.2 Якірні канати

Таблиця 6.4 – Характеристики міцності якірних ланцюгів

Калібр ланцюга $d_{ц}$, мм	Розривне зусилля T_p ланцюгів, кН		
	Нормальної міцності (категорії 1)	Нормальної міцності (категорії 2)	Нормальної міцності (категорії 3)
97	3340	4680	6690

6.3.3 Якірні механізми

Таблиця 6.5 – Основні характеристики блоків-зірочок КУ

Характеристики блоків-зірочок КУ		88...94
Калібр якірного ланцюга $d_{ц}$, мм		90...92
Номінальне тягове зусилля на зірочці, кН		338...353
Максимальне тягове зусилля на зірочці, кН		676...706
Потужність приводного двигуна, кВт		75...78
Номінальна швидкість вибору ланцюга, м/с		0ю5
Маса блоку-зірочки, кг		7850
Розміри, мм	A	2420
	B	1480
	C	800
	D	1147...1172
	E	1480
	F	3660
	G	1100
	H	1700
	K	780
Р, град		20

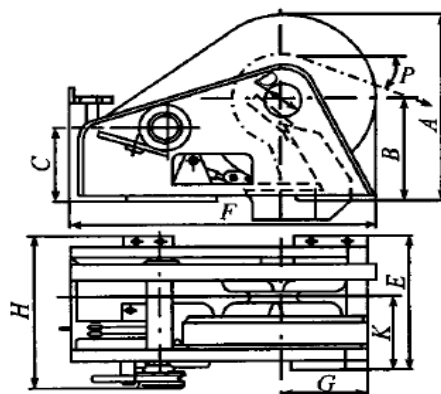


Рисунок 6.2 – Габарити блок-зірочки КУ

Таблиця 6.5 – Основні характеристики пристрою для кріплення та віддачі корінного кінця якірного ланцюга

Калібр цепи $d_{ц}$, мм	Розміри, мм		Маса M , кг
	$b_{ц}$	$l_{ц}$	
87...92	757	765	470

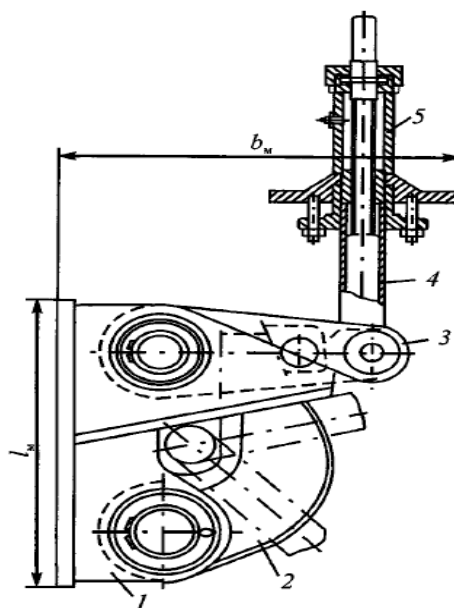


Рисунок 6.3 – пристрій для кріплення та віддачі корінного кінця якірного ланцюга з прямим важелем

1 – корпус; 2 – відкидний гак; 3 – важіль; 4 – шток приводу; 5 – механізм віддачі

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.06	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.3.4 Якірні стопори та гальма

Таблиця 6.6 – Основні характеристики стопорів роликового типу RP

Калібр ланцюга $d_{\text{ц}}, \text{мм}$	Розміри, мм					
	A	B	C	D	E	F
91...100	2650	1360	1310	910	850	1850

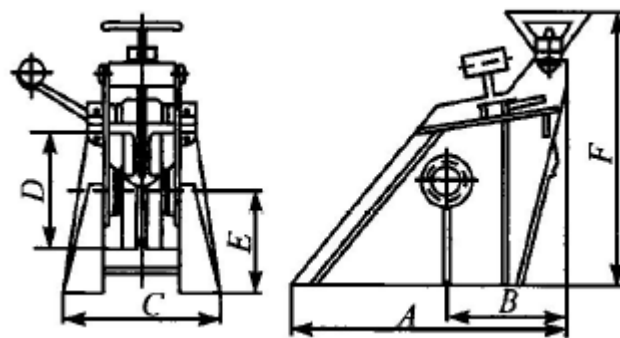


Рисунок 6.4 – Габарити стопорів роликового типу RP

Таблиця 6.7 – Основні характеристики кнехтів

Максимальний діаметр сталевих каната d,мм	Максимальна довжина кола каната l,мм		Хрестові литі чавунні				
			Розміри, мм				Маса кнехта, М,
	рослинного	синтетичного	D	L	B	H	
22,5	200	115	220	920	360	490	190

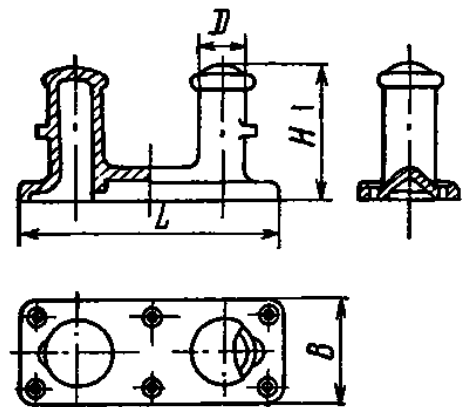
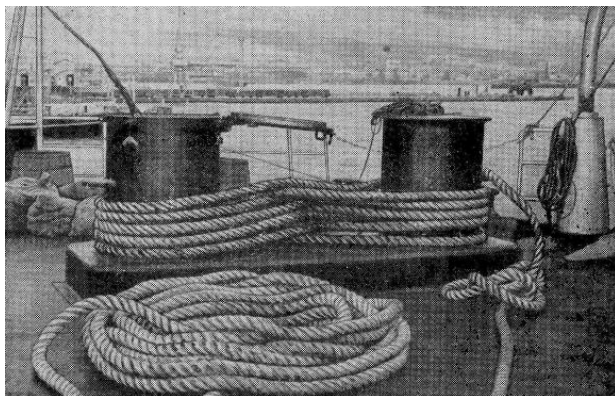
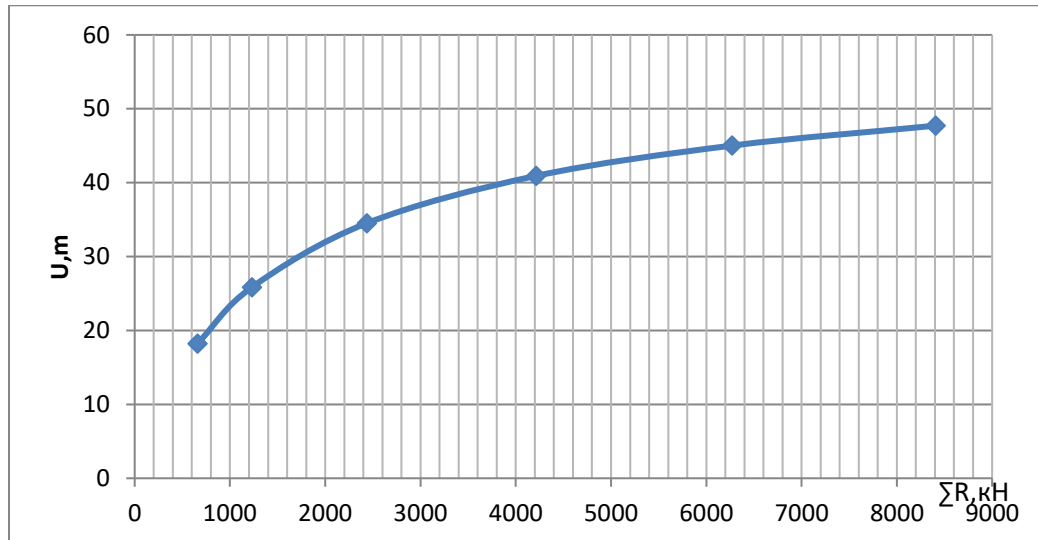


Рисунок 6.5 – Закріплення швартовного троса на кнехті

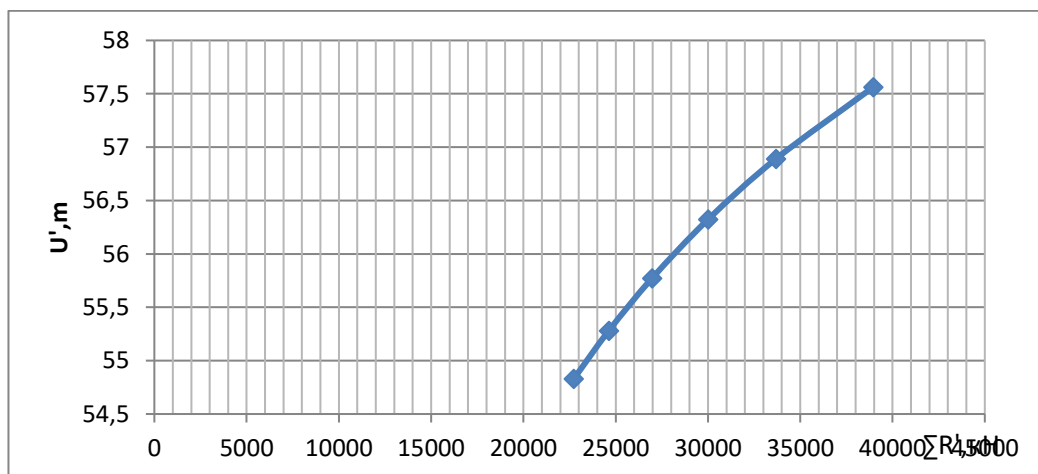
Таблиця 6.8 - горизонтальні навантаження та переміщення

R_{wind}	293.7191	660.8681	1174.877	1835.745	2643.472	3598.06
R_{flow}	325.4	732	1301.6	2033.7	2928.6	3986.1
R_{wave}	39.39206	-162.029	-39.3039	345.1467	697.898	823.0629
$\sum R$	658.5112	1230.839	2437.173	4214.591	6269.97	8407.222
u	18.215	25.855	34.523	40.924	45.022	47.717

Рисунок 6.6 - Графік залежність U від $\sum R$

Таблиця 6.9- Горизонтальні навантаження та переміщення

R'_{wind}	7342.979	7942.166	8564.85	9211.032	9523.366	10573.89
R'_{flow}	325.4	1301.6	2928.6	5206.4	8134.9	11714.3
R'_{wave}	15050.26	15379.08	15475.42	15579.73	16022.16	16664.65
$\sum R'$	22718.64	24622.85	26968.87	29997.17	33680.42	38952.84
u'	54.828	55.28	55.772	56.322	56.89	57.562

Рисунок 6.7 - Графік залежність U від $\sum R$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.07							
Змн.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКІРНОЇ СТОЯНКИ ППБУ В РЕЖИМІ ВИЖИВАННЯ			Літ.	Аркуш	Аркушів		
Студент	Шаров С.В.										70	23
Консульт.	Зайцев В.В.							НУК ім. адм. Макарова				
Керівник.	Зайцев В.В.											
Зав.каф.	Зайцев В.В.											

7 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКІРНОЇ СТОЯНКИ НЗБУ В РЕЖИМІ ВИЖИВАННЯ

7.1 Одностороння робота якорної системи

Потрібно зробити статичні розрахунки несиметричної якорної системи з довгими якорними ланцюгами без підвісних вантажів у припущеннях односторонньої та двосторонньої роботи якорної системи плавучого об'єкта при вихідних даних:

Розпір ланцюгів у початковому стані:

$$H_1 = 630 \text{ кН};$$

Вертикальні проекції вільних провісів ланцюгів:

$$\zeta = 200 \text{ м};$$

$$\bar{\zeta} = 190 \text{ м}.$$

Зовнішнє горизонтальне навантаження на одну пару ланцюгів (один передній і один тиловий ланцюг)

Таблиця 7.1 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R коли швидкість течії в режимі буріння $V_{\text{бур.Т}} = 0 \text{ вуз}$.

$V_{\text{бур.В}}, \text{ м/с}$	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141,380	1381,070	1643,587	1928,932	2237,105	2568,105
Навантаження від течії, кН	0	0	0	0	0	0
Хвильові навантаження, кН	730,451	640,546	571,971	503,287	389,044	155,433
R , кН	1871,831	2021,616	2215,558	2432,220	2626,149	2723,539

Таблиця 7.2 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R коли швидкість течії в режимі буріння $V_{бур.Т} = 1 \text{вуз}$.

$V_{бур.В}$, м/с	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	81.349	81.349	81.349	81.349	81.349	81.349
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R, кН	1953.180	2102.965	2296.907	2513.569	2707.498	2804.888

Таблиця 7.3 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R коли швидкість течії в режимі буріння $V_{бур.Т} = 1,5 \text{вуз}$.

$V_{бур.В}$, м/с	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	325.397	325.397	325.397	325.397	325.397	325.397
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R, кН	2197.228	2347.013	2540.955	2757.617	2951.546	3048.936

Таблиця 7.4 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R коли швидкість течії в режимі буріння $V_{бур.Т} = 2 \text{вуз}$.

$V_{бур.В}$, м/с	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	732.144	732.144	732.144	732.144	732.144	732.144
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R, кН	2603.975	2753.760	2947.702	3164.364	3358.293	3455.683

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.07	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.5 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R коли швидкість течії в режимі буріння $V_{бур.Т} = 2,5 \text{вуз.}$

$V_{бур.В}, \text{м/с}$	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	1301.588	1301.588	1301.588	1301.588	1301.588	1301.588
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R, кН	3173.419	3323.204	3517.146	3733.808	3927.737	4025.127

Таблиця 7.6 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R коли швидкість течії в режимі буріння $V_{бур.Т} = 3 \text{вуз.}$

$V_{бур.В}, \text{м/с}$	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	2033.733	2033.733	2033.733	2033.733	2033.733	2033.733
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R, кН	3905.564	4055.349	4249.291	4465.953	4659.882	4757.272

Таблиця 7.7 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R коли швидкість течії в режимі буріння $V_{бур.Т} = 3,5 \text{вуз.}$

$V_{бур.В}, \text{м/с}$	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	2928.575	2928.575	2928.575	2928.575	2928.575	2928.575
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R, кН	4800.406	4950.191	5144.133	5360.795	5554.724	5652.114

Таблиця 7.8 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R коли швидкість течії в режимі буріння $V_{бур.Г} = 4 \text{вуз.}$

$V_{бур.В}, \text{ м/с}$	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	3986.116	3986.116	3986.116	3986.116	3986.116	3986.116
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R, кН	5857.947	6007.732	6201.674	6418.336	6612.265	6709.655

Таблиця 7.9 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R, коли швидкість течії в режимі виживання $V_{вижив.Г} = 2 \text{вуз.}$

$V_{вижив.}, \text{ м/с}$	50	52	54	56	58	60
Вітрове навантаження, кН	4565.520	5033.486	5524.280	6037.901	6574.349	7133.625
Навантаження від течії, кН	2928.575	2928.575	2928.575	2928.575	2928.575	2928.575
Хвильові навантаження, кН	14326.997	14694.673	14843.542	15005.370	15465.395	16109.283
R, кН	21821.093	22656.734	23296.397	23971.846	24968.320	26171.483

Таблиця 7.10 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R, коли швидкість течії в режимі виживання $V_{вижив.Г} = 3 \text{вуз.}$

$V_{вижив.}, \text{ м/с}$	50	52	54	56	58	60
Вітрове навантаження, кН	4565.520	5033.486	5524.280	6037.901	6574.349	7133.625
Навантаження від течії, кН	3986.116	3986.116	3986.116	3986.116	3986.116	3986.116
Хвильові навантаження, кН	14326.997	14694.673	14843.542	15005.370	15465.395	16109.283
R, кН	22878.634	23714.275	24353.938	25029.387	26025.861	27229.024

Таблиця 7.11 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R, коли швидкість течії в режимі виживання $V_{вижив.Т} = 4 \text{ вуз}$.

$V_{вижив.}, \text{ м/с}$	50	52	54	56	58	60
Вітрове навантаження, кН	4565.520	5033.486	5524.280	6037.901	6574.349	7133.625
Навантаження від течії, кН	5206.355	5206.355	5206.355	5206.355	5206.355	5206.355
Хвильові навантаження, кН	14326.997	14694.673	14843.542	15005.370	15465.395	16109.283
R, кН	24098.873	24934.514	25574.177	26249.626	27246.100	28449.263

Таблиця 7.12 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R, коли швидкість течії в режимі виживання $V_{вижив.Т} = 5 \text{ вуз}$.

$V_{вижив.}, \text{ м/с}$	50	52	54	56	58	60
Вітрове навантаження, кН	4565.520	5033.486	5524.280	6037.901	6574.349	7133.625
Навантаження від течії, кН	6589.293	6589.293	6589.293	6589.293	6589.293	6589.293
Хвильові навантаження, кН	14326.997	14694.673	14843.542	15005.370	15465.395	16109.283
R, кН	25481.811	26317.452	26957.115	27632.564	28629.038	29832.201

Таблиця 7.13 – Результат зовнішнього горизонтального навантаження R, коли швидкість течії в режимі виживання $V_{вижив.Т} = 6 \text{ вуз}$.

$V_{вижив.}, \text{ м/с}$	50	52	54	56	58	60
Вітрове навантаження, кН	4565.520	5033.486	5524.280	6037.901	6574.349	7133.625
Навантаження від течії, кН	8134.930	8134.930	8134.930	8134.930	8134.930	8134.930
Хвильові навантаження, кН	14326.997	14694.673	14843.542	15005.370	15465.395	16109.283
R, кН	27027.448	27863.089	28502.752	29178.201	30174.675	31377.838

Передні ланцюги калібру R3 [ГОСТ 6348-71, ланцюги литі з розпівками; пробне навантаження 4940,00 кН (504,00 т); розривне навантаження 7060,00 кН (720,40 т); маса 1 м ланцюга 215 кг, тобто сила ваги 1 м ланцюга з урахуванням зважування:

$$q = 0,215 \times 9,8 \times 0,875 = 1,845 \text{ кН/м.}$$

Тилові ланцюги калібру R3S [ГОСТ 6348-71, ланцюги литі з розпівками; пробне навантаження 4260,00 кН (434,69 т); розривне навантаження 6080,00 кН (620,40 т); маса 1 м ланцюга 182 кг, тобто сила ваги 1 м ланцюга з урахуванням зважування:

$$\bar{q} = 0,182 \times 9,8 \times 0,875 = 1,562 \text{ кН/м.}$$

Одностороння робота якірної системи. Початковий стан. Для переднього ланцюга тут відомими вихідними величинами є H_1 , q , ζ . Параметр ланцюгової лінії за формулою:

$$a_1 = \frac{H_1}{q}.$$

Величина горизонтальної проекції вільного провису ланцюга за формулою:

$$\eta_1 = a_1 \text{Arch} \left(1 + \frac{\zeta}{a_1} \right).$$

Довжина вільного провису S_1 і повне натягнення T_1 ланцюга в ключовій точці A_1 за формулою мають величини:

$$S_1 = a_1 \text{sh} \frac{\eta_1}{a_1};$$

$$T_1 = q \times (a_1 + \zeta).$$

Для тилового ланцюга відомими вихідними величинами є H_1 , $\bar{q}$, $\bar{\zeta}$. Далі розрахунки за формулою дають:

$$\bar{a}_1 = \frac{H_1}{\bar{q}};$$

$$\bar{\eta}_1 = \bar{a}_1 \text{Arch} \left(1 + \frac{\bar{\zeta}}{\bar{a}_1} \right);$$

$$\bar{S}_1 = \bar{a}_1 \text{sh} \frac{\bar{\eta}_1}{\bar{a}_1};$$

$$\bar{T}_1 = \bar{q} \times (\bar{a}_1 + \bar{\zeta}).$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.07	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робочий стан. Для переднього ланцюга вихідні величини: H_1 , q , ζ , R . Розпір, він горизонтальне навантаження на якір, за формулою дорівнює:

$$H_2 = H_1 + R.$$

Далі розрахунки здійснюються за формулою:

$$a_2 = \frac{H_2}{q};$$

$$\eta_2 = a_2 \text{Arch} \left(1 + \frac{\zeta}{a_2} \right);$$

$$S_2 = a_2 sh \frac{\eta_2}{a_2};$$

$$T_2 = q \times (a_2 + \zeta).$$

Горизонтальне переміщення корпусу плавучого об'єкта за формулою:

$$\mu = (S_1 - \eta_1) - (S_2 - \eta_2).$$

Для тилового ланцюга вихідні величини H_1 , $\bar{q}$, $\bar{\zeta}$, R . Розпір у ланцюзі за формулою має колишню величину $\bar{H}_2 = H_2$ кН. Далі розрахунки за формулою дають:

$$\bar{a}_2 = \frac{\bar{H}_2}{\bar{q}};$$

$$\bar{\eta}_2 = \bar{a}_2 \text{Arch} \left(1 + \frac{\bar{\zeta}}{\bar{a}_2} \right);$$

$$\bar{S}_2 = \bar{a}_2 sh \frac{\bar{\eta}_2}{\bar{a}_2};$$

$$\bar{T}_2 = \bar{q} \times (\bar{a}_2 + \bar{\zeta});$$

$$\bar{\mu} = (\bar{S}_1 - \bar{\eta}_1) - (\bar{S}_2 - \bar{\eta}_2).$$

$$\zeta=200\text{M}, \zeta^*=190\text{M}$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.07	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.14 – Результат коли швидкість течії в режимі буріння $V_{бур.T} = 0$ вуз.

$V_{(бур.В)}, м/с$	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R , кН	1871.831	2021.616	2215.558	2432.220	2626.149	2723.539
a_1 , м	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
η_1 , м	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
S_1 , м	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
T_1 , кН	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}$, м	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}$, м	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}$, м	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}$, кН	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
H_2 , кН	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
a_2 , м	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
η_2 , м	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
S_2 , м	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
T_2 , кН	2177.101	2326.886	2520.828	2737.490	2931.419	3028.809
μ , м	1180.000	1261.185	1366.302	1483.734	1588.845	1641.631
$\overline{a_2}$, м	1.212	1.198	1.183	1.168	1.157	1.152
$\overline{\eta_2}$, м	755.162	781.534	814.419	849.660	880.012	894.868
$\overline{S_2}$, м	0.640	0.620	0.596	0.573	0.554	0.545
$\overline{T_2}$, кН	807.775	832.522	863.511	896.865	925.701	939.849
$\overline{\mu}$, м	2638.351	2788.136	2982.078	3198.740	3392.669	3490.059

Таблиця 7.15 – Результат коли швидкість течії в режимі буріння $V_{\text{бур.}T} = 1 \text{ уз.}$

$V_{\text{бур.}T}$, м/с	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	81.349	81.349	81.349	81.349	81.349	81.349
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R , кН	1953.180	2102.965	2296.907	2513.569	2707.498	2804.888
a_1 , м	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
η_1 , м	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
S_1 , м	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
T_1 , кН	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}$, м	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}$, м	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}$, м	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}$, кН	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
H_2 , кН	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
a_2 , м	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
η_2 , м	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
S_2 , м	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
T_2 , кН	2258.450	2408.235	2602.177	2818.839	3012.768	3110.158
μ , м	1224.092	1305.277	1410.394	1527.826	1632.936	1685.722
$\overline{a_2}$, м	1.204	1.192	1.177	1.164	1.153	1.148
$\overline{\eta_2}$, м	769.596	795.492	827.826	862.522	892.438	907.091
$\overline{S_2}$, м	0.629	0.609	0.587	0.565	0.547	0.538
$\overline{T_2}$, кН	821.308	845.658	876.183	909.073	937.533	951.505
$\overline{\mu}$, м	2719.700	2869.485	3063.427	3280.089	3474.018	3571.408

Таблиця 7.16 – Результат коли швидкість течії в режимі буріння $V_{\text{бур.Т}} = 1,5 \text{ уз.}$

$V_{\text{бур.В}}, \text{ м/с}$	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	325.397	325.397	325.397	325.397	325.397	325.397
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R , кН	2197.228	2347.013	2540.955	2757.617	2951.546	3048.936
a_1 , м	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
η_1 , м	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
S_1 , м	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
T_1 , кН	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}$, м	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}$, м	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}$, м	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}$, кН	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
H_2 , кН	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
a_2 , м	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
η_2 , м	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
S_2 , м	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
T_2 , кН	2502.498	2652.283	2846.225	3062.887	3256.816	3354.206
μ , м	1356.367	1437.552	1542.669	1660.101	1765.212	1817.998
$\overline{a_2}$, м	1.184	1.174	1.162	1.151	1.142	1.138
$\overline{\eta_2}$, м	811.368	835.977	866.809	900.009	928.722	942.813
$\overline{S_2}$, м	0.598	0.582	0.562	0.542	0.526	0.519
$\overline{T_2}$, кН	860.630	883.898	913.145	944.749	972.166	985.646
$\overline{\mu}$, м	2963.748	3113.533	3307.475	3524.137	3718.066	3815.456

Таблиця 7.17 – Результат коли швидкість течії в режимі буріння $V_{бур.Т} = 2 \text{ уз.}$

$V_{\text{бур.В}}, \text{ м/с}$	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	732.144	732.144	732.144	732.144	732.144	732.144
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R , кН	2603.975	2753.760	2947.702	3164.364	3358.293	3455.683
a_1 , м	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
η_1 , м	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
S_1 , м	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
T_1 , кН	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}$, м	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}$, м	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}$, м	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}$, кН	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
H_2 , кН	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
a_2 , м	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
η_2 , м	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
S_2 , м	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
T_2 , кН	2909.245	3059.030	3252.972	3469.634	3663.563	3760.953
μ , м	1576.826	1658.011	1763.128	1880.560	1985.671	2038.457
$\overline{a_2}$, м	1.159	1.151	1.142	1.133	1.126	1.123
$\overline{\eta_2}$, м	876.595	899.428	928.162	959.247	986.243	999.525
$\overline{S_2}$, м	0.556	0.542	0.526	0.510	0.497	0.490
$\overline{T_2}$, кН	922.450	944.196	971.630	1001.389	1027.295	1040.062
$\overline{\mu}$, м	3370.495	3520.280	3714.222	3930.884	4124.813	4222.203

Таблиця 7.18 – Результат коли швидкість течії в режимі буріння $V_{\text{бур.Т}} = 2,5 \text{ уз.}$

$V_{\text{ (бур.В) , м/с}}$	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	1301.588	1301.588	1301.588	1301.588	1301.588	1301.588
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R , кН	3173.419	3323.204	3517.146	3733.808	3927.737	4025.127
a_1 , м	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
η_1 , м	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
S_1 , м	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
T_1 , кН	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}$, м	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}$, м	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}$, м	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}$, кН	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
H_2 , кН	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
a_2 , м	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
η_2 , м	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
S_2 , м	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
T_2 , кН	3478.689	3628.474	3822.416	4039.078	4233.007	4330.397
μ , м	1885.468	1966.653	2071.770	2189.202	2294.313	2347.098
$\overline{a_2}$, м	1.133	1.127	1.121	1.114	1.109	1.107
$\overline{\eta_2}$, м	960.525	981.413	1007.818	1036.523	1061.559	1073.913
$\overline{S_2}$, м	0.509	0.499	0.486	0.473	0.463	0.458
$\overline{T_2}$, кН	1002.614	1022.657	1048.039	1075.686	1099.844	1111.777
$\overline{\mu}$, м	3939.939	4089.724	4283.666	4500.328	4694.257	4791.647

Таблиця 7.19 – Результат коли швидкість течії в режимі буріння $V_{бур.Т} = 3 \text{ уз.}$

$V_{\text{бур.В}}, \text{ м/с}$	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	2033.733	2033.733	2033.733	2033.733	2033.733	2033.733
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R , кН	3905.564	4055.349	4249.291	4465.953	4659.882	4757.272
a_1 , м	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
η_1 , м	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
S_1 , м	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
T_1 , кН	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}$, м	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}$, м	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}$, м	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}$, кН	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
H_2 , кН	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
a_2 , м	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
η_2 , м	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
S_2 , м	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
T_2 , кН	4210.834	4360.619	4554.561	4771.223	4965.152	5062.542
μ , м	2282.295	2363.479	2468.597	2586.029	2691.139	2743.925
$\overline{a_2}$, м	1.110	1.106	1.101	1.097	1.093	1.091
$\overline{\eta_2}$, м	1058.727	1077.717	1101.821	1128.141	1151.190	1162.592
$\overline{S_2}$, м	0.464	0.456	0.446	0.436	0.428	0.424
$\overline{T_2}$, кН	1097.109	1115.455	1138.771	1164.266	1186.621	1197.690
$\overline{\mu}$, м	4672.084	4821.869	5015.811	5232.473	5426.402	5523.792

Таблиця 7.20 – Результат коли швидкість течії в режимі буріння $V_{\text{бур.Т}} = 3,5 \text{ уз.}$

$V_{\text{бур.В}}, \text{ м/с}$	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	2928.575	2928.575	2928.575	2928.575	2928.575	2928.575
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R , кН	4800.406	4950.191	5144.133	5360.795	5554.724	5652.114
a_1 , м	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
η_1 , м	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
S_1 , м	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
T_1 , кН	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}$, м	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}$, м	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}$, м	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}$, кН	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
H_2 , кН	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
a_2 , м	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
η_2 , м	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
S_2 , м	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
T_2 , кН	5105.676	5255.461	5449.403	5666.065	5859.994	5957.384
μ , м	2767.304	2848.488	2953.606	3071.038	3176.148	3228.934
$\overline{a_2}$, м	1.090	1.088	1.085	1.081	1.079	1.077
$\overline{\eta_2}$, м	1167.607	1184.857	1206.825	1230.905	1252.065	1262.558
$\overline{S_2}$, м	0.422	0.416	0.409	0.401	0.394	0.391
$\overline{T_2}$, кН	1202.561	1219.321	1240.686	1264.128	1284.747	1294.978
$\overline{\mu}$, м	5566.926	5716.711	5910.653	6127.315	6321.244	6418.634

Таблиця 7.21 – Результат коли швидкість течії в режимі буріння $V_{бур.Т} = 4 \text{ уз.}$

$V_{(бур.В)}, \text{ м/с}$	10	15	20	25	30	35
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	3986.116	3986.116	3986.116	3986.116	3986.116	3986.116
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
$R, \text{ кН}$	5857.947	6007.732	6201.674	6418.336	6612.265	6709.655
$a_1, \text{ м}$	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
$\eta_1, \text{ м}$	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
$S_1, \text{ м}$	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
$T_1, \text{ кН}$	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}, \text{ м}$	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}, \text{ м}$	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}, \text{ м}$	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}, \text{ кН}$	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
$H_2, \text{ кН}$	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
$a_2, \text{ м}$	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
$\eta_2, \text{ м}$	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
$S_2, \text{ м}$	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
$T_2, \text{ кН}$	6163.217	6313.002	6506.944	6723.606	6917.535	7014.925
$\mu, \text{ м}$	3340.497	3421.681	3526.799	3644.231	3749.341	3802.127
$\overline{a_2}, \text{ м}$	1.075	1.073	1.071	1.069	1.067	1.066
$\overline{\eta_2}, \text{ м}$	1284.454	1300.155	1320.209	1342.257	1361.690	1371.345
$\overline{S_2}, \text{ м}$	0.385	0.380	0.374	0.368	0.363	0.361
$\overline{T_2}, \text{ кН}$	1316.339	1331.668	1351.258	1372.813	1391.823	1401.272
$\overline{\mu}, \text{ м}$	6624.467	6774.252	6968.194	7184.856	7378.785	7476.175

Таблиця 7.22 – Результат коли швидкість течії у режимі виживання
 $V_{\text{вижив.Т}} = 2\text{уз.}$

$V_{\text{_(вижив.В)}}$, м/с	50	52	54	56	58	60
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	2928.575	2928.575	2928.575	2928.575	2928.575	2928.575
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R , кН	4800.406	4950.191	5144.133	5360.795	5554.724	5652.114
a_1 , м	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
η_1 , м	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
S_1 , м	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
T_1 , кН	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}$, м	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}$, м	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}$, м	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}$, кН	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
H_2 , кН	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
a_2 , м	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
η_2 , м	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
S_2 , м	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
T_2 , кН	5105.676	5255.461	5449.403	5666.065	5859.994	5957.384
μ , м	2767.304	2848.488	2953.606	3071.038	3176.148	3228.934
$\overline{a_2}$, м	1.090	1.088	1.085	1.081	1.079	1.077
$\overline{\eta_2}$, м	1167.607	1184.857	1206.825	1230.905	1252.065	1262.558
$\overline{S_2}$, м	0.422	0.416	0.409	0.401	0.394	0.391
$\overline{T_2}$, кН	1202.561	1219.321	1240.686	1264.128	1284.747	1294.978
$\overline{\mu}$, м	5566.926	5716.711	5910.653	6127.315	6321.244	6418.634

Таблиця 7.23 – Результат коли швидкість течії у режимі виживання
 $V_{\text{вижив.Т}} = 3 \text{ уз.}$

$V_{\text{_(вижив.В)}}$, м/с	50	52	54	56	58	60
Вітрове навантаження, кН	1141.380	1381.070	1643.587	1928.932	2237.105	2568.105
Навантаження від течії, кН	3986.116	3986.116	3986.116	3986.116	3986.116	3986.116
Хвильові навантаження, кН	730.451	640.546	571.971	503.287	389.044	155.433
R , кН	5857.947	6007.732	6201.674	6418.336	6612.265	6709.655
a_1 , м	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
η_1 , м	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
S_1 , м	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
T_1 , кН	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}$, м	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}$, м	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}$, м	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}$, кН	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
H_2 , кН	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
a_2 , м	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
η_2 , м	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
S_2 , м	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
T_2 , кН	6163.217	6313.002	6506.944	6723.606	6917.535	7014.925
μ , м	3340.497	3421.681	3526.799	3644.231	3749.341	3802.127
$\overline{a_2}$, м	1.075	1.073	1.071	1.069	1.067	1.066
$\overline{\eta_2}$, м	1284.454	1300.155	1320.209	1342.257	1361.690	1371.345
$\overline{S_2}$, м	0.385	0.380	0.374	0.368	0.363	0.361
$\overline{T_2}$, кН	1316.339	1331.668	1351.258	1372.813	1391.823	1401.272
$\overline{\mu}$, м	6624.467	6774.252	6968.194	7184.856	7378.785	7476.175

Таблиця 7.24 – Результат коли швидкість течії у режимі виживання
 $V_{\text{вижив.Т}} = 4 \text{ уз.}$

$V_{\text{-(вижив.В)}}$, м/с	50	52	54	56	58	60
Вітрове навантаження, кН	4565.520	5033.486	5524.280	6037.901	6574.349	7133.625
Навантаження від течії, кН	5206.355	5206.355	5206.355	5206.355	5206.355	5206.355
Хвильові навантаження, кН	14326.997	14694.673	14843.542	15005.370	15465.395	16109.283
R , кН	24098.873	24934.514	25574.177	26249.626	27246.100	28449.263
a_1 , м	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
η_1 , м	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
S_1 , м	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
T_1 , кН	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}$, м	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}$, м	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}$, м	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}$, кН	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
H_2 , кН	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
a_2 , м	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
η_2 , м	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
S_2 , м	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
T_2 , кН	24404.143	25239.784	25879.447	26554.896	27551.370	28754.533
μ , м	13227.178	13680.100	14026.800	14392.897	14932.992	15585.113
$\overline{a_2}$, м	1.019	1.018	1.018	1.017	1.017	1.016
$\overline{\eta_2}$, м	2567.656	2611.382	2644.365	2678.752	2728.691	2787.797
$\overline{S_2}$, м	0.194	0.191	0.189	0.186	0.183	0.179
$\overline{T_2}$, кН	2583.813	2627.270	2660.056	2694.244	2743.902	2802.687
$\overline{\mu}$, м	24865.393	25701.034	26340.697	27016.146	28012.620	29215.783

Таблиця 7.25 – Результат коли швидкість течії у режимі виживання
 $V_{\text{вижив.Т}} = 5\text{уз.}$

$V_{\text{_(вижив.В)}}$, м/с	50	52	54	56	58	60
Вітрове навантаження, кН	4565.520	5033.486	5524.280	6037.901	6574.349	7133.625
Навантаження від течії, кН	6589.293	6589.293	6589.293	6589.293	6589.293	6589.293
Хвильові навантаження, кН	14326.997	14694.673	14843.542	15005.370	15465.395	16109.283
R , кН	25481.811	26317.452	26957.115	27632.564	28629.038	29832.201
a_1 , м	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
η_1 , м	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
S_1 , м	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
T_1 , кН	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}$, м	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}$, м	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}$, м	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}$, кН	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
H_2 , кН	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
a_2 , м	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
η_2 , м	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
S_2 , м	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
T_2 , кН	25787.081	26622.722	27262.385	27937.834	28934.308	30137.471
μ , м	13976.737	14429.660	14776.360	15142.457	15682.552	16334.673
$\overline{a_2}$, м	1.018	1.017	1.017	1.017	1.016	1.015
$\overline{\eta_2}$, м	2639.628	2682.181	2714.303	2747.815	2796.521	2854.223
$\overline{S_2}$, м	0.189	0.186	0.184	0.181	0.178	0.175
$\overline{T_2}$, кН	2655.347	2697.653	2729.593	2762.920	2811.365	2868.769
$\overline{\mu}$, м	26248.331	27083.972	27723.635	28399.084	29395.558	30598.721

Таблиця 7.26 – Результат коли швидкість течії у режимі виживання
 $V_{\text{вижив.Т}} = 6 \text{ уз.}$

$V_{\text{-(вижив.В)}}$, м/с	50	52	54	56	58	60
Вітрове навантаження, кН	4565.520	5033.486	5524.280	6037.901	6574.349	7133.625
Навантаження від течії, кН	8134.930	8134.930	8134.930	8134.930	8134.930	8134.930
Хвильові навантаження, кН	14326.997	14694.673	14843.542	15005.370	15465.395	16109.283
R , кН	27027.448	27863.089	28502.752	29178.201	30174.675	31377.838
a_1 , м	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458	165.458
η_1 , м	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511	2.511
S_1 , м	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029	260.029
T_1 , кН	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572	1.572
$\overline{a_1}$, м	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089	381.089
$\overline{\eta_1}$, м	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520	766.520
$\overline{S_1}$, м	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435	195.435
$\overline{T_1}$, кН	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
H_2 , кН	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350	281.350
a_2 , м	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
η_2 , м	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113	389.113
S_2 , м	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150	680.150
T_2 , кН	27332.718	28168.359	28808.022	29483.471	30479.945	31683.108
μ , м	14814.481	15267.403	15614.104	15980.201	16520.295	17172.416
$\overline{a_2}$, м	1.017	1.016	1.016	1.016	1.015	1.015
$\overline{\eta_2}$, м	2717.812	2759.159	2790.396	2823.004	2870.435	2926.680
$\overline{S_2}$, м	0.183	0.181	0.179	0.177	0.174	0.170
$\overline{T_2}$, кН	2733.083	2774.203	2805.272	2837.710	2884.900	2940.869
$\overline{\mu}$, м	27793.968	28629.609	29269.272	29944.721	30941.195	32144.358

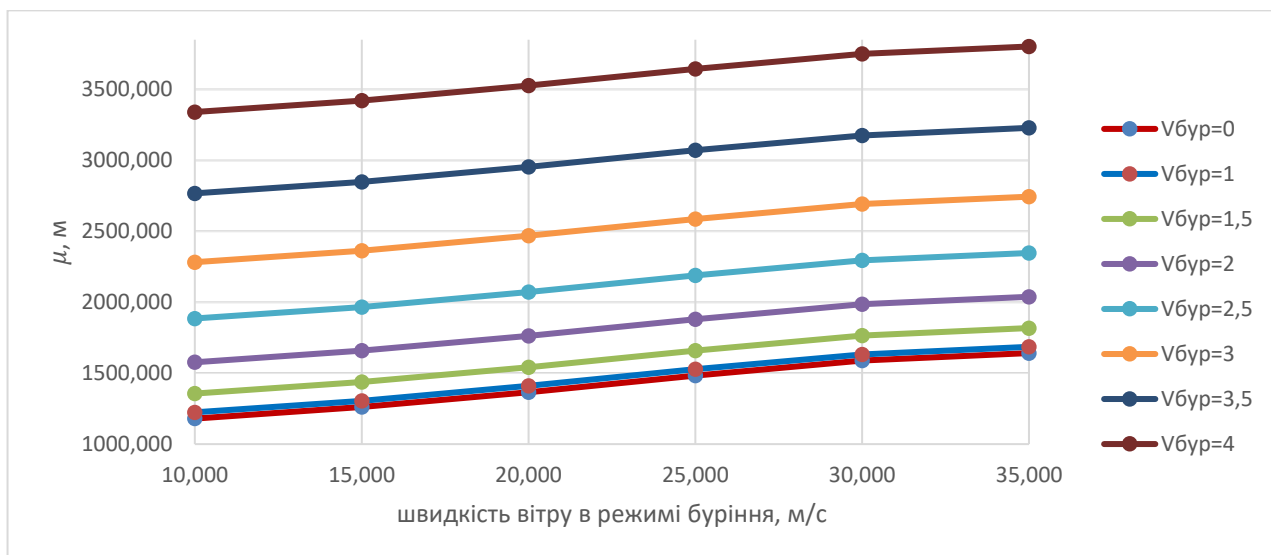


Рисунок 7.1 - Залежність швидкості вітру у режимі буріння від переднього переміщення

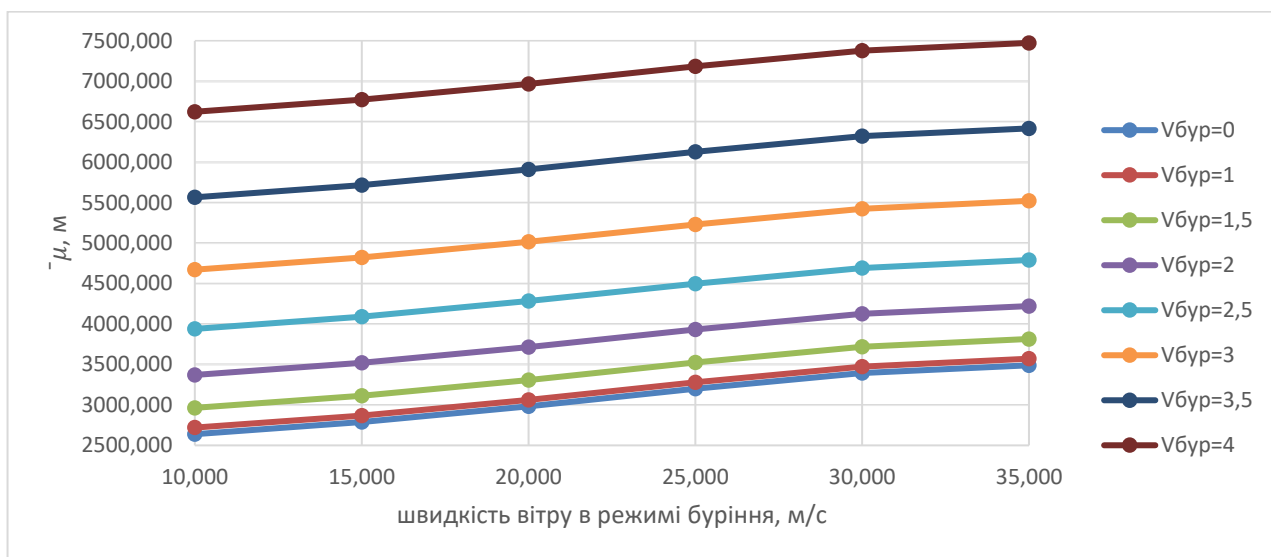


Рисунок 7.2 - Залежність швидкості вітру як буріння від тілового переміщення

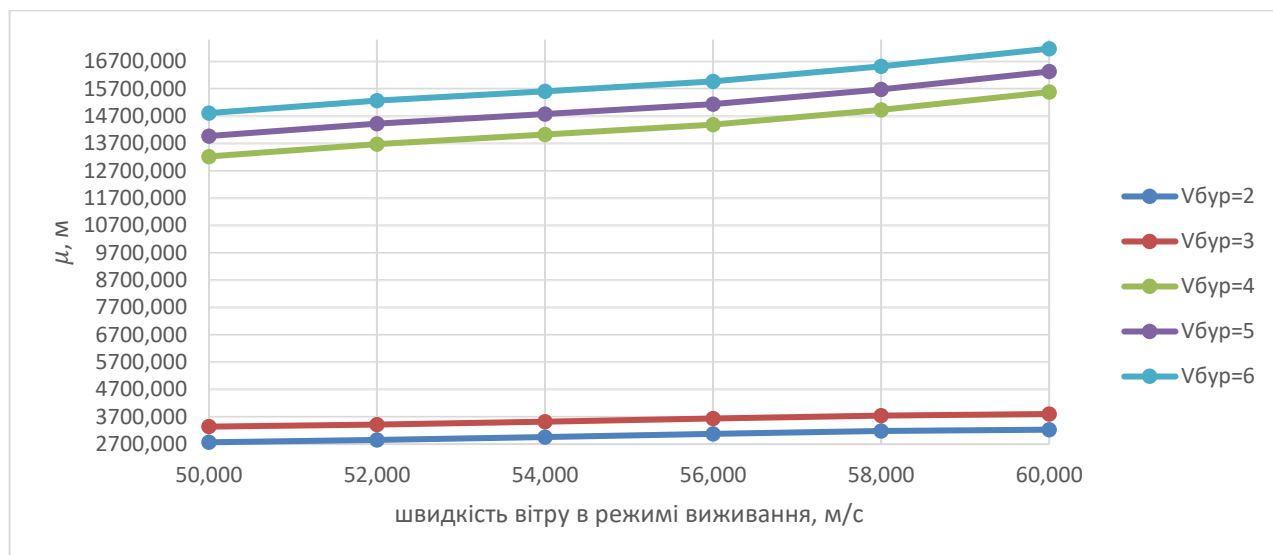


Рисунок 7.3 - Залежність швидкості вітру у режимі виживання від переднього переміщення

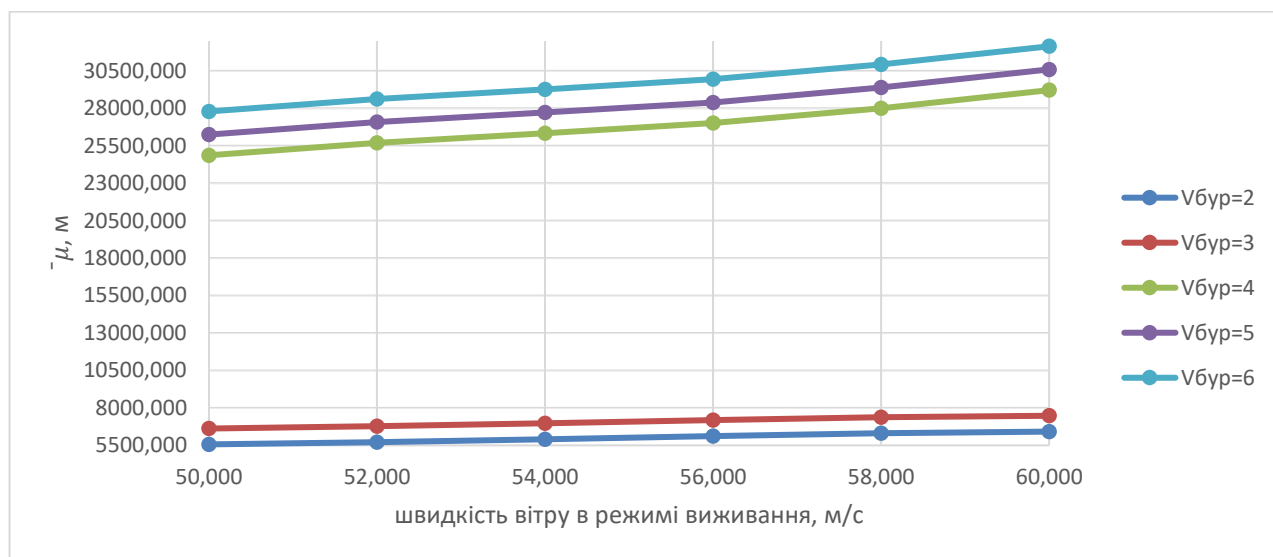


Рисунок 7.4 - Залежність швидкості вітру у режимі виживання від тілового переміщення

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08									
Змн.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата										
Студент		Шаров С.В.			ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ЯКІРНО- ШВАРТОВОГО ПРИСТРОЮ				Літ.		Аркуш	Аркушів		
Консульт.		Зайцев В.В.									93	29		
Керівник.		Зайцев В.В.							НУК ім. адм. Макарова					
Зав.каф.		Зайцев В.В.												

8 ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ЯКІРНО-ШВАРТОВОГО ПРИБОРУ

8.1 Дослідження міцності якоря

Схема випробування якоря Холла пробним навантаженням та зусилля, що виникають у деталях якоря, показані на рис. 8.1.

Оскільки кути розташування деталей якоря при випробуванні є цілком визначеними, то сили, які діють елементи якоря, будуть:

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= R \times \sin 19^\circ = 0,326R; P_2 = R \times \cos 19^\circ = 0,946R; \\ P_3 &= \frac{P_1 \times L_1}{l_0}; P_4 = R \times \sin 64^\circ = 0,438R; \\ P_5 &= R \times \sin 64^\circ = 0,899R; P_1 = P_1 + P_3. \end{aligned} \right\} \quad (8.1)$$

Напруги в лапах якоря визначають безпосередньо в самих лапах, а також у середньому перерізі голови лап. Лапи розглядають як консольну балку із вільотом l_1 та небезпечним перетином прямокутного профілю bh (ширина кожної лапи 0,5b), навантажену силами P_4 та P_5 . Сила P_4 стискає перетин лап, а сила P_5 згинає лапи.

Сумарні напруження від вигину та стиснення визначаються у вигляді

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W} + \frac{P_4}{F} = \frac{R}{b \times h} \times (5,39 \times \frac{l_1}{h} + 0,44) \quad (8.2)$$

Допустима напруга для лап якоря, як і для інших його елементів, при розрахунку на пробне навантаження приймають

$$\sigma_{\sigma_{don}} = 0,8 \times \sigma_m = 0,8 \times 650 = 520_{don} = 0,8 \times \sigma_m = 0,8 \times 650 = 520 \text{ МПа},$$

де σ_m - межа плинності матеріалу елементів якоря.

Небезпечний переріз середньої частини голови лап з невеликою похибкою можна замінити прямокутним перетином $B \times H$.

Середню частину голови розглядають як балку з двома защемленими кінцями, довжиною прольоту l_2 , навантажену посередині довжини силою P_7 у двох взаємно перпендикулярних площинах. Сили P_7 виходять розкладанням сили P_6 , тобто.

$$P_7 = P_6 \times \sin 45^\circ = 0,707 \times P_6. \quad (8.3)$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна напруга з урахуванням формули (8.3)

$$\sigma \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \frac{P_6 \times l_2}{B^2 \times H^2} \sqrt{B^2 + H^2}_{max}, \quad (8.4)$$

причому згинальний момент

$$M = \frac{P_7 \times l_2}{8},$$

а якщо висловити P_6 через залежності (8.1), то

$$\sigma \frac{R \times l_2}{B^2 \times H^2} \left(1 + \frac{L_1}{l_0}\right) \sqrt{B^2 + H^2}_{max}. \quad (8.5)$$

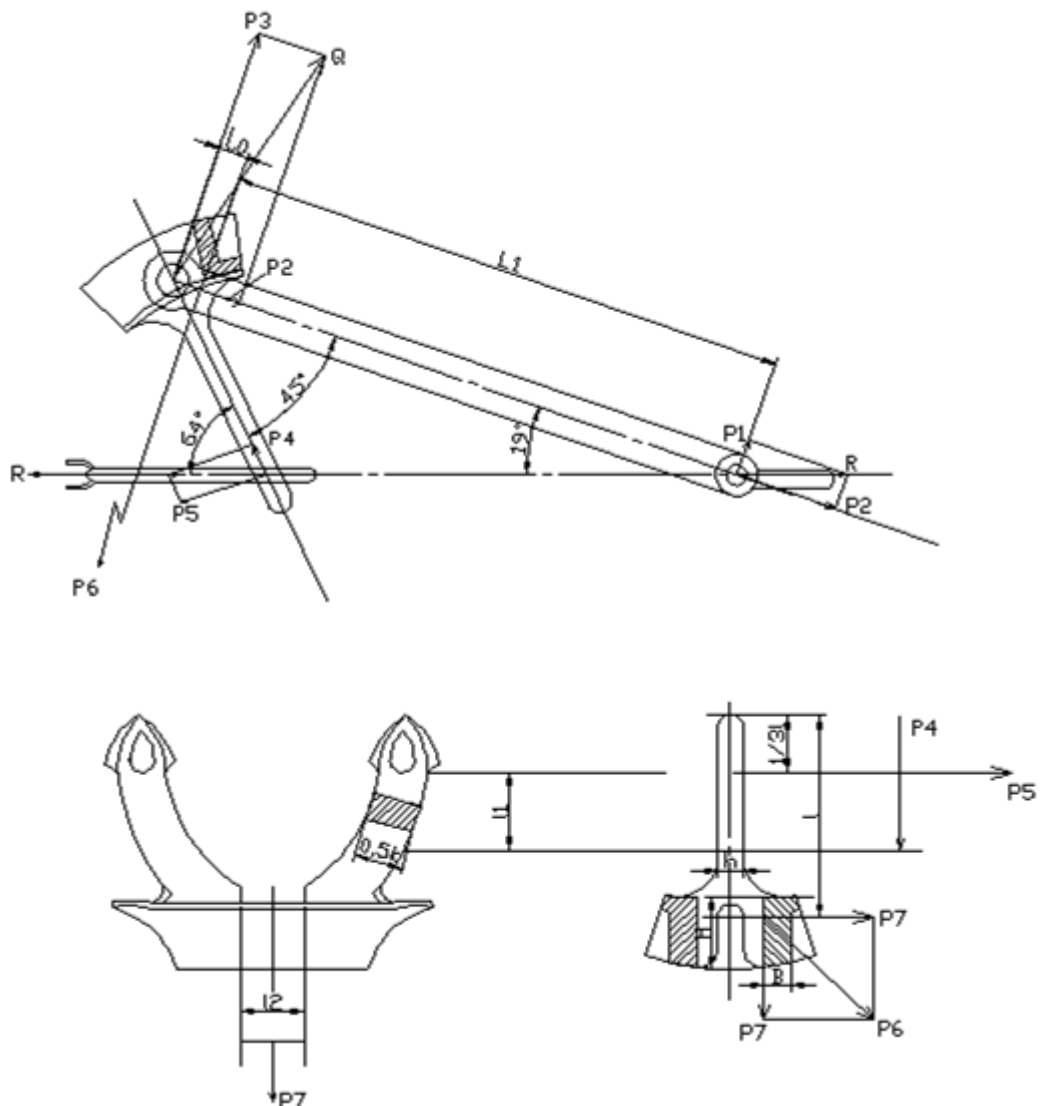


Рисунок 8.1 – Схема зусиль до розрахунку якоря Холла

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

Веретено якоря розраховують як балку, защемлену одним кінцем (у середній частині голови лап якоря), на вільний кінець якої діють сили P_1 та P_2 (рис.8.2).

Внаслідок форми, що змінюється, і площі перерізів по довжині веретена, напруги слід визначати в декількох перерізах на сумарну дію вигину і розтягування. Позначаючи довжину від кінця балки до перерізу L_i , площа перерізу F_i та момент опору перерізу W_i , отримаємо сумарну напругу в i -му перерізі веретена у вигляді

$$\sigma \left(0,326 \times \frac{L_i}{W_i} + \frac{0,946}{F_i} \right)_{max}. \quad (8.6)$$

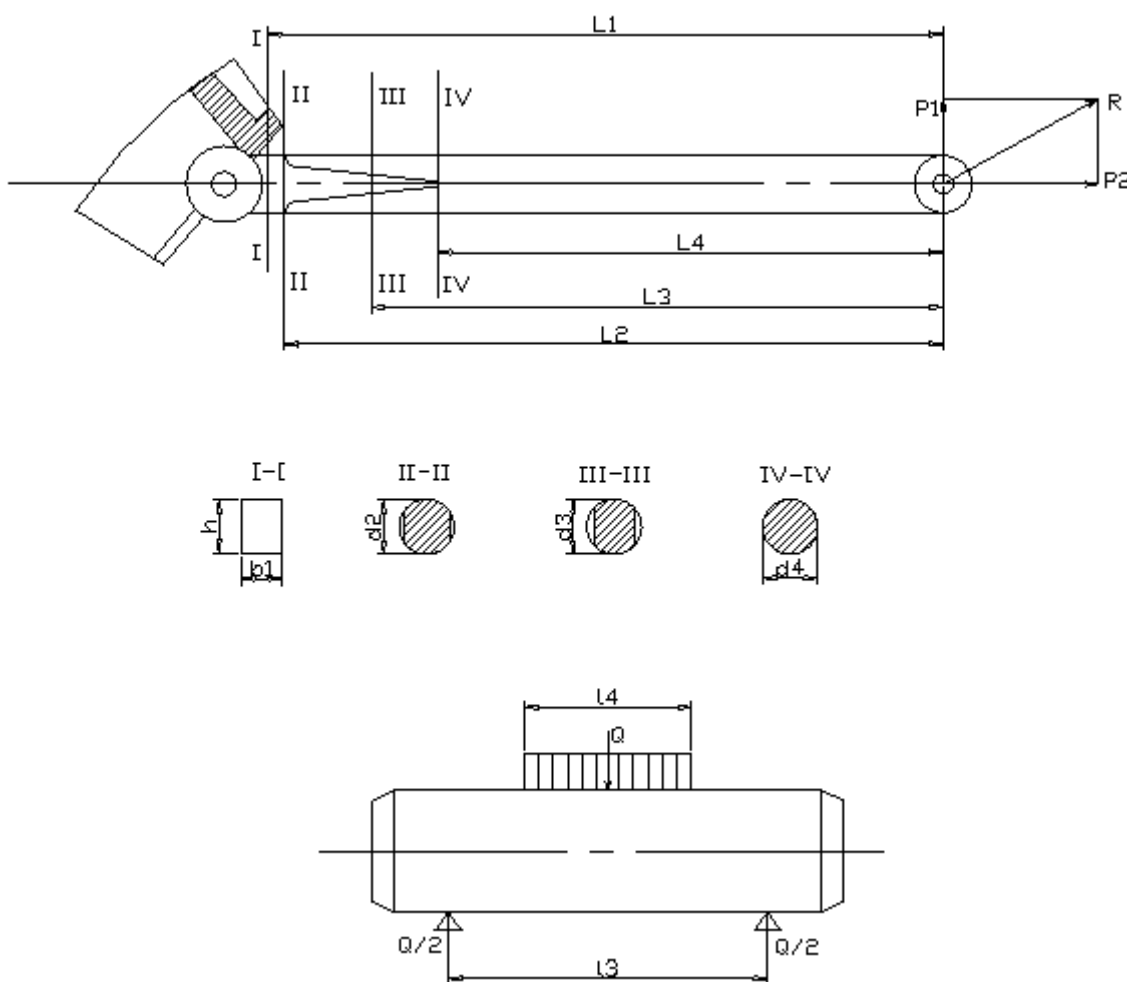


Рисунок 8.2 – До розрахунку веретена якоря

Валик кріплення веретена до голови якоря розраховують як вільно оперту балку, навантажену рівномірно розподіленим навантаженням Q на довжині l_4 .

Навантаження Q є рівнодією сил P_2 та P_3

$$Q = 0,326 \times \frac{R}{l_0} \times \sqrt{8,45 \times l_0^2 + L_1^2}.$$

Вигинальний момент у небезпечному перерізі визначають за формулою

$$M = \frac{Q}{2} \times \left(\frac{l_3}{2} - \frac{l_4}{4} \right),$$

а напруга у валику

$$\sigma = 0,81 \times \frac{R}{l_0 \times d^3} \times (l_3 - 0,5 \times l_4) \times \sqrt{8,45 \times l_0^2 + L_1^2}; \quad (8.7)$$

де d - діаметр валика.

Умова міцності має вигляд

$$\sigma \leq [\sigma],$$

де σ - напруги в розрахункових перерізах елементів якоря.

Для перевірки умови міцності необхідно розрахувати величини напруги σ за відповідних зусиль залежно від швидкості течії води в режимах буріння $V_{\text{бур.Т}}$ та виживання $V_{\text{вижив.Т}}$ та швидкості вітру при бурінні $V_{\text{бур.В}}$ та виживання $V_{\text{вижив.В}}$. Такі розрахунки виконані з використанням формул (8.1) - (8.7) та подані у таблицях 8.1 – 8.13.

Як випливає з таблиць (8.1) - (8.13) максимальні напруги σ не перевищують рівні допустимі $[\sigma] = 520 \text{ МПа}$. Такі умови міцності для елементів якоря виконуються.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі буріння $V_{\text{бур.Т}} = 0$ вуз.

$V_{\text{бур.В}}, \text{ м/с}$	10	15	20	25	30	35
$R, \text{ кН}$	1871,831	2021,616	2215,558	2432,220	2626,149	2723,539
$P_1, \text{ кН}$	610,217	659,047	722,272	792,904	856,124	887,874
$P_2, \text{ кН}$	1770,752	1912,449	2095,918	2300,880	2484,337	2576,467
$P_3, \text{ кН}$	2414,901	2608,143	2858,353	3137,874	3388,067	3513,712
$P_4, \text{ кН}$	819,862	885,468	970,414	1065,312	1150,253	1192,910
$P_5, \text{ кН}$	1682,776	1817,433	1991,787	2186,565	2360,908	2448,461
$P_6, \text{ кН}$	3025,118	3267,190	3580,625	3930,777	4244,192	4401,586
$\sigma_{\text{max}}^{(8.3)}, \text{ МПа}$	25,379	27,410	30,039	32,977	35,607	36,927
$P_7, \text{ кН}$	2138,758	2309,903	2531,502	2779,060	3000,643	3111,921
$\sigma_{\text{max}}^{(8.4)}, \text{ МПа}$	28,739	31,039	34,017	37,344	40,321	41,816
$M, \text{ кН*м}$	116,830	126,178	138,283	151,806	163,910	169,989
$\sigma_{\text{max}}^{(8.5)}, \text{ МПа}$	28,776	31,078	34,060	37,391	40,372	41,869
$\sigma_{\text{max.I}}, \text{ МПа}$	12,959	13,996	15,339	16,839	18,182	18,856
$\sigma_{\text{max.II}}, \text{ МПа}$	30,074	32,480	35,596	39,07561	42,193	43,758
$\sigma_{\text{max.III}}, \text{ МПа}$	25,649	27,702.459	30,360	33,329	35,986	37,320
$\sigma_{\text{max.IV}}, \text{ МПа}$	16,394	17,706	19,405	21,303	23,001	23,854
$Q, \text{ кН}$	2996,369	3236,141	3546,597	3893,422	4203,858	4359,756
$M, \text{ кН*м}$	582,419	629,025	689,370	756,784	817,125	847,428
$\sigma, \text{ МПа}$	18,666	20,160	22,094	24,255	26,189	27,160

Таблиця 8.2 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі буріння $V_{бур.Т} = 1$ вуз.

$V_{бур.В}$, м/с	10	15	20	25	30	35
R , кН	1953,180	2102,965	2296,907	2513,569	2707,498	2804,888
P_1 , кН	636,737	685,567	748,792	819,423	882,644	914,393
P_2 , кН	1847,708	1989,405	2172,874	2377,836	2561,293	2653,424
P_3 , кН	2519,851	2713,094	2963,303	3242,824	349,018	3618,663
P_4 , кН	855,493	921,099	1006,045	1100,943	1185,884	1228,541
P_5 , кН	1755,909	1890,566	2064,919	2259,698	2434,040	2521,594
P_6 , кН	3156,588	3398,660	3712,095	4062,248	4375,662	4533,056
σ_{max} (8.3), МПа	26,482	28,513	31,143	34,080	36,710	38,030
P_7 , кН	2231,708	2402,853	2624,451	2872,009	3093,593	3204,871
σ_{max} (8.4), МПа	29,989	32,288	35,266	38,593	41,570	43,066
M , кН*м	121,907	131,256	143,361	156,884	168,988	175,066
σ_{max} (8.5), МПа	30,027	32,330	35,311	38,642	41,623	43,120
$\sigma_{max.I}$, МПа	13,523	14,560	15,903	17,403	18,746	19,420
$\sigma_{max.II}$, МПа	31,381	33,788	36,904	40,385	43,500	45,065
$\sigma_{max.III}$, МПа	26,765	28,817	31,475	34,444	37,101	38,436
$\sigma_{max.IV}$, МПа	17,107	18,419	20,118	22,016	23,714	24,567
Q , кН	2996,369	3236,141	3546,597	3893,422	4203,858	4359,756
M , кН*м	607,731	654,337	714,681	782,096	842,437	872,739
σ , МПа	19,478	20,972	22,906	25,066	27,000	27,972

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.3 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі буріння $V_{бур.Г} = 1,5 \text{вуз}$.

$V_{бур.В}$, м/с	10	15	20	25	30	35
R , кН	2197,228	2347,013	2540,955	2757,617	2951,546	3048,936
P_1 , кН	716,296	765,126	828,351	898,983	962,204	993,953
P_2 , кН	2078,578	2220,274	2403,743	2608,705	2792,162	2884,293
P_3 , кН	2834,704	3027,947	3278,156	3557,677	3807,871	3933,516
P_4 , кН	962,386	1027,992	1112,938	1207,836	1292,777	1335,434
P_5 , кН	1975,308	2109,965	2284,319	2479,097	2653,440	2740,993
P_6 , кН	3551,001	3793,073	4106,508	4456,660	4770,075	4927,469
$\sigma_{max}^{(8.3)}$, МПа	29,791	31,822	34,452	37,389	40,019	41,339
P_7 , кН	2510,558	2681,703	2903,301	3150,859	3372,443	3483,721
$\sigma_{max}^{(8.4)}$, МПа	33,736	36,036	39,013	42,340	45,317	46,813
M , кН*м	137,139	146,488	158,593	172,116	184,220	190,298
$\sigma_{max}^{(8.5)}$, МПа	33,779	36,081	39,063	42,394	45,375	46,872
$\sigma_{max.I}$, МПа	15,213	16,250	17,593	19,093	20,435	21,110
$\sigma_{max.II}$, МПа	35,302	37,709	40,825	44,306	47,421	48,986
$\sigma_{max.III}$, МПа	30,109	32,161	34,819	37,788	40,445	41,780
$\sigma_{max.IV}$, МПа	19,245	20,557	22,256	24,153	25,852	26,705
Q , кН	3517,254	3757,026	4067,482	4414,307	4724,743	4880,642
M , кН*м	683,666	730,272	790,617	858,031	918,372	948,675
σ , МПа	21,912	23,406	25,340	27,500	29,434	30,405

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.4 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі буріння $V_{бур.Г} = 2$ вуз.

$V_{бур.В}$, м/с	10	15	20	25	30	35
R , кН	2603,975	2753,760	2947,702	3164,364	3358,293	3455,683
P_1 , кН	848,896	897,726	960,951	1031,583	1094,803	1126,553
P_2 , кН	2463,360	2605,057	2788,526	2993,488	3176,945	3269,076
P_3 , кН	3359,460	3552,702	3802,912	4082,433	4332,626	4458,272
P_4 , кН	1140,541	1206,147	1291,093	1385,991	1470,932	1513,589
P_5 , кН	2340,973	2475,630	2649,984	2844,763	3019,105	3106,659
P_6 , кН	4208,356	4450,428	4763,863	5114,016	5427,430	5584,824
$\sigma_{max}^{(8.3)}$, МПа	35,306	37,337	39,967	42,904	45,534	46,854
P_7 , кН	2975,308	3146,453	3368,051	3615,609	3837,193	3948,471
$\sigma_{max}^{(8.4)}$, МПа	39,981	42,281	45,258	48,585	51,563	53,058
M , кН*м	162,526	171,875	183,980	197,503	209,607	215,685
$\sigma_{max}^{(8.5)}$, МПа	40,032	42,334	45,316	48,647	51,628	53,125
$\sigma_{max.I}$, МПа	18,029	19,066	20,409	21,909	23,251	23,926
$\sigma_{max.II}$, МПа	41,837	44,244	47,360	50,841	53,956	55,521
$\sigma_{max.III}$, МПа	35,683	37,735	40,393	43,362	46,019	47,354
$\sigma_{max.IV}$, МПа	22,808	24,119	25,818	27,716	29,414	30,267
Q , кН	4168,362	4408,134	4718,590	5065,415	5375,851	5531,750
M , кН*м	810,225	856,831	917,176	984,590	1044,931	1075,234
σ , МПа	25,968	27,462	29,396	31,557	33,490	34,462

Таблиця 8.5 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі буріння $V_{бур.Г} = 2,5 \text{ вуз.}$

$V_{бур.В}, \text{ м/с}$	10	15	20	25	30	35
$R, \text{ кН}$	3173,419	3323,204	3517,146	3733,808	3927,737	4025,127
$P_1, \text{ кН}$	1034,535	1083,365	1146,590	1217,221	1280,442	1312,191
$P_2, \text{ кН}$	3002,054	3143,751	3327,220	3532,182	3715,639	3807,770
$P_3, \text{ кН}$	4094,115	4287,358	4537,567	4817,088	5067,282	5192,927
$P_4, \text{ кН}$	1389,957	1455,563	1540,510	1635,408	1720,349	1763,005
$P_5, \text{ кН}$	2852,904	2987,561	3161,914	3356,693	3531,035	3618,589
$P_6, \text{ кН}$	5128,650	5370,722	5684,157	6034,310	6347,724	6505,118
$\sigma_{max}^{(8.3)}, \text{ МПа}$	43,027	45,058	47,688	50,625	53,255	54,575
$P_7, \text{ кН}$	3625,956	3797,101	4018,699	4266,257	4487,841	4599,119
$\sigma_{max}^{(8.4)}, \text{ МПа}$	48,724	51,024	54,001	57,328	60,306	61,801
$M, \text{ кН*м}$	198,068	207,417	219,521	233,044	245,148	251,227
$\sigma_{max}^{(8.5)}, \text{ МПа}$	48,786	51,089	54,070	57,401	60,382	61,880
$\sigma_{max.I}, \text{ МПа}$	21,971	23,009	24,351	25,851	27,194	27,868
$\sigma_{max.II}, \text{ МПа}$	50,986	53,393	56,509	59,990	63,105	64,670
$\sigma_{max.III}, \text{ МПа}$	43,486	45,538	48,196	51,165	53,822	55,157
$\sigma_{max.IV}, \text{ МПа}$	27,795	29,107	30,806	32,703	34,402	35,255
$Q, \text{ кН}$	5079,911	5319,682	5630,139	5976,964	6287,399	6443,298
$M, \text{ кН*м}$	987,408	1034,013	1094,358	1161,772	1222,113	1252,416
$\sigma, \text{ МПа}$	31,647	33,141	35,075	37,235	39,169	40,140

Таблиця 8.6 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі буріння $V_{бур.Г} = 3$ вуз.

$V_{бур.В}, \text{м/с}$	10	15	20	25	30	35
$R, \text{кН}$	3905,564	4055,349	4249,291	4465,953	4659,882	4757,272
$P_1, \text{кН}$	1273,214	1322,044	1385,269	1455,901	1519,121	1550,871
$P_2, \text{кН}$	3694,663	3836,360	4019,829	4224,791	4408,248	4500,379
$P_3, \text{кН}$	5038,676	5231,918	5482,128	5761,649	6011,842	6137,488
$P_4, \text{кН}$	1710,637	1776,243	1861,189	1956,087	2041,028	2083,685
$P_5, \text{кН}$	3511,102	3645,759	3820,113	4014,891	4189,234	4276,787
$P_6, \text{кН}$	6311,890	6553,962	6867,397	7217,550	7530,964	7688,358
$\sigma_{max}^{(8.3)}, \text{МПа}$	52,954	54,985	57,614	60,552	63,181	64,502
$P_7, \text{кН}$	4462,506	4633,651	4855,249	5102,808	5324,391	5435,669
$\sigma_{max}^{(8.4)}, \text{МПа}$	59,965	62,265	65,243	68,569	71,547	73,042
$M, \text{кН*м}$	243,764	253,113	265,218	278,741	290,845	296,923
$\sigma_{max}^{(8.5)}, \text{МПа}$	60,042	62,344	65,326	68,657	71,638	73,135
$\sigma_{max.I}, \text{МПа}$	27,041	28,078	29,420	30,920	32,263	32,937
$\sigma_{max.II}, \text{МПа}$	62,749	65,156	68,272	71,753	74,869	76,433
$\sigma_{max.III}, \text{МПа}$	53,518	55,571	58,229	61,198	63,855	65,189
$\sigma_{max.IV}, \text{МПа}$	34,208	35,520	37,218	39,116	40,815	41,668
$Q, \text{кН}$	6251,906	6491,678	6802,134	7148,959	7459,394	7615,293
$M, \text{кН*м}$	1215,214	1261,820	1322,165	1389,579	1449,920	1480,223
$\sigma, \text{МПа}$	38,948	40,442	42,376	44,537	46,471	47,442

Таблиця 8.7 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі буріння $V_{\text{бур.Т}} = 3,5 \text{ вуз.}$

$V_{\text{бур.В}}, \text{м/с}$	10	15	20	25	30	35
$R, \text{кН}$	4800,406	4950,191	5144,133	5360,795	5554,724	5652,114
$P_1, \text{кН}$	1564,932	1613,762	1676,987	1747,619	1810,840	1842,589
$P_2, \text{кН}$	4541,184	4682,881	4866,350	5071,312	5254,769	5346,899
$P_3, \text{кН}$	6193,136	6386,379	6636,588	6916,109	7166,303	7291,948
$P_4, \text{кН}$	2102,578	2168,184	2253,130	2348,028	2432,969	2475,626
$P_5, \text{кН}$	4315,565	4450,222	4624,576	4819,354	4993,697	5081,250
$P_6, \text{кН}$	7758,069	8000,141	8313,576	8663,728	8977,143	9134,537
$\sigma_{\text{max}}^{(8.3)}, \text{МПа}$	65,087	67,118	69,747	72,685	75,314	76,635
$P_7, \text{кН}$	5484,955	5656,100	5877,698	6125,256	6346,840	6458,118
$\sigma_{\text{max}}^{(8.4)}, \text{МПа}$	73,704	76,004	78,982	82,308	85,286	86,781
$M, \text{кН*м}$	299,616	308,964	321,069	334,592	346,696	352,775
$\sigma_{\text{max}}^{(8.5)}, \text{МПа}$	73,798	76,101	79,082	82,413	85,395	86,892
$\sigma_{\text{max.I}}, \text{МПа}$	33,236	34,273	35,616	37,116	38,459	39,133
$\sigma_{\text{max.II}}, \text{МПа}$	77,126	79,533	82,649	86,130	89,246	90,810
$\sigma_{\text{max.III}}, \text{МПа}$	65,781	67,833	70,491	73,460	76,117	77,452
$\sigma_{\text{max.IV}}, \text{МПа}$	42,046	43,357	45,056	46,954	48,652	49,505
$Q, \text{кН}$	7684,341	7924,113	8234,569	8581,394	8891,830	9047,729
$M, \text{кН*м}$	1493,644	1540,249	1600,594	1668,008	1728,349	1758,652
$\sigma, \text{МПа}$	47,872	49,366	51,300	53,460	55,394	56,366

Таблиця 8.8 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі буріння $V_{бур.Г} = 4 \text{вуз}$.

$V_{бур.В}, \text{м/с}$	10	15	20	25	30	35
$R, \text{кН}$	5857,947	6007,732	6201,674	6418,336	6612,265	6709,655
$P_1, \text{кН}$	1909,691	1958,521	2021,746	2092,377	2155,598	2187,347
$P_2, \text{кН}$	5541,618	5683,315	5866,784	6071,745	6255,202	6347,333
$P_3, \text{кН}$	7557,499	7750,741	8000,951	8280,472	8530,666	8656,311
$P_4, \text{кН}$	2565,781	2631,387	2716,333	2811,231	2896,172	2938,829
$P_5, \text{кН}$	5266,294	5400,951	5575,305	5770,084	5944,426	6031,979
$P_6, \text{кН}$	9467,190	9709,262	10022,697	10372,850	10686,264	10843,658
$\sigma_{max}^{(8.3)}, \text{МПа}$	79,426	81,456	84,086	87,024	89,653	90974
$P_7, \text{кН}$	6693,303	6864,448	7086,047	7333,605	7555,189	7666,466
$\sigma_{max}^{(8.4)}, \text{МПа}$	89,942	92,241	95,219	98,546	101,523	103,019
$M, \text{кН*м}$	365,622	374,970	387,075	400,598	412,702	418,781
$\sigma_{max}^{(8.5)}, \text{МПа}$	90,056	92,359	95,340	98,671	101,653	103,150
$\sigma_{max.I}, \text{МПа}$	40,558	41,595	42,938	44,438	45,781	46,455
$\sigma_{max.II}, \text{МПа}$	94,117	96,524	99,640	103,121	106,237	107,802
$\sigma_{max.III}, \text{МПа}$	80,272	82,325	84,982	87,951	90,609	91,943
$\sigma_{max.IV}, \text{МПа}$	51,308	52,620	54,319	56,217	57,915	58,768
$Q, \text{кН}$	9377,220	9616,992	9927,448	10274,273	10584,709	10740,607
$M, \text{кН*м}$	1822,697	1869,303	1929,648	1997,062	2057,403	2087,706
$\sigma, \text{МПа}$	58,418	59,912	61,846	64,007	65,941	66,912

Таблиця 8.9 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі виживання $V_{вижив.Т} = 2$ вуз.

$V_{вижив.В}, \text{м/с}$	50	52	54	56	58	60
$R, \text{кН}$	21821,093	22656,734	23296,397	23971,846	24968,320	26171,483
$P_1, \text{кН}$	7113,676	7386,095	7594,625	7814,822	8139,672	8531,903
$P_2, \text{кН}$	20642,754	21433,271	22038,391	22677,366	23620,030	24758,223
$P_3, \text{кН}$	28151,995	29230,080	30055,326	30926,741	32212,320	33764,554
$P_4, \text{кН}$	9557,639	9923,650	10203,822	10499,668	10936,124	11463,110
$P_5, \text{кН}$	19617,162	20368,404	20943,461	21550,689	22446,519	23528,163
$P_6, \text{кН}$	35265,671	36616,175	37649,951	38741,563	40351,992	42296,458
$\sigma_{max}^{(8.3)}, \text{МПа}$	295,863	307,194	315,867	325,025	338,535	354,849
$P_7, \text{кН}$	24932,830	25887,636	26618,516	27390,285	28528,858	29903,596
$\sigma_{max}^{(8.4)}, \text{МПа}$	335,036	347,867	357,688	368,059	383,358	401,831
$M, \text{кН*м}$	1361,956	1414,112	1454,036	1496,194	1558,389	1633,484
$\sigma_{max}^{(8.5)}, \text{МПа}$	335,463	348,310	358,143	368,527	383,846	402,343
$\sigma_{max.I}, \text{МПа}$	151,081	156,866	161,295	165,971	172,871	181,201
$\sigma_{max.II}, \text{МПа}$	350,591	364,017	374,294	385,147	401,157	420,487
$\sigma_{max.III}, \text{МПа}$	299,017	310,468	319,233	328,489	342,144	358,631
$\sigma_{max.IV}, \text{МПа}$	191,125	198,444	204,047	209,963	218,691	229,229
$Q, \text{кН}$	34930,530	36268,199	37292,151	38373,389	39968,513	41894,500
$M, \text{кН*м}$	6789,622	7049,631	7248,662	7458,827	7768,880	8143,244
$\sigma, \text{МПа}$	217,610	225,944	232,323	239,059	248,996	260,994

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.10 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі виживання $V_{вижив.Т} = 3 \text{вуз}$.

$V_{вижив.В}, \text{м/с}$	50	52	54	56	58	60
$R, \text{кН}$	22878,634	23714,275	24353,938	25029,387	26025,861	27229,024
$P_1, \text{кН}$	7458,435	7730,854	7939,384	8159,580	8484,431	8876,662
$P_2, \text{кН}$	21643,187	22433,704	23038,825	23677,800	24620,464	25758,657
$P_3, \text{кН}$	29516,358	30594,442	31419,689	32291,104	33576,683	35128,917
$P_4, \text{кН}$	10020,842	10386,853	10667,025	10962,871	11399,327	11926,313
$P_5, \text{кН}$	20567,892	21319,133	21894,190	22501,419	23397,249	24478,893
$P_6, \text{кН}$	36974,793	38325,296	39359,073	40450,684	42061,113	44005,579
$\sigma_{max}^{(8.3)}, \text{МПа}$	310,202	321,532	330,205	339,363	352,874	369,187
$P_7, \text{кН}$	26141,178	27095,984	27826,864	28598,634	29737,207	31111,944
$\sigma_{max}^{(8.4)}, \text{МПа}$	351,274	364,104	373,925	384,296	399,595	418,069
$M, \text{кН*м}$	1427,962	1480,118	1520,042	1562,200	1624,395	1699,490
$\sigma_{max}^{(8.5)}, \text{МПа}$	351,721	364,567	374,401	384,785	400,104	418,601
$\sigma_{max.I}, \text{МПа}$	158,403	164,188	168,617	173,293	180,193	188,523
$\sigma_{max.II}, \text{МПа}$	367,582	381,008	391,286	402,138	418,148	437,479
$\sigma_{max.III}, \text{МПа}$	313,509	324,960	333,725	342,981	356,636	373,123
$\sigma_{max.IV}, \text{МПа}$	200,388	207,707	213,310	219,226	227,954	238,492
$Q, \text{кН}$	36623,409	37961,078	38985,030	40066,268	41661,392	43587,379
$M, \text{кН*м}$	7118,675	7378,685	7577,715	7787,881	8097,933	8472,297
$\sigma, \text{МПа}$	228,156	236,490	242,869	249,605	259,542	271,541

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.11 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі виживання $V_{вижив.Т} = 4$ вуз.

$V_{вижив.В}, \text{м/с}$	50	52	54	56	58	60
$R, \text{кН}$	24098,873	24934,514	25574,177	26249,626	27246,100	28449,263
$P_1, \text{кН}$	7856,232	8128,652	8337,182	8557,378	8882,228	9274,460
$P_2, \text{кН}$	22797,534	23588,050	24193,171	24832,146	25774,810	26913,003
$P_3, \text{кН}$	31090,622	32168,707	32993,953	33865,368	35150,947	36703,181
$P_4, \text{кН}$	10555,306	10921,317	11201,489	11497,336	11933,792	12460,777
$P_5, \text{кН}$	21664,887	22416,128	22991,185	23598,413	24494,244	25575,888
$P_6, \text{кН}$	38946,855	40297,358	41331,135	42422,746	44033,175	45977,641
$\sigma_{max}^{(8.3)}, \text{МПа}$	326,747	338,077	346,750	355,908	369,419	385,732
$P_7, \text{кН}$	27535,426	28490,232	29221,112	29992,881	31131,455	32506,192
$\sigma_{max}^{(8.4)}, \text{МПа}$	370,009	382,839	392,660	403,031	418,331	436,804
$M, \text{кН*м}$	1504,123	1556,279	1596,203	1638.,361	1700,556	1775,651
$\sigma_{max}^{(8.5)}, \text{МПа}$	370,480	383,327	393,160	403,544	418,863	437,360
$\sigma_{max.I}, \text{МПа}$	166,851	172,637	177,065	181,742	188,641	196,971
$\sigma_{max.II}, \text{МПа}$	387,188	400,613	410,891	421,743	437,753	457,084
$\sigma_{max.III}, \text{МПа}$	330,230	341,681	350,446	359,702	373,357	389,844
$\sigma_{max.IV}, \text{МПа}$	211,076	218,395	223,998	229,914	238,642	249,180
$Q, \text{кН}$	38576,730	39914,399	40938,351	42019,588	43614,713	45540,700
$M, \text{кН*м}$	7498,352	7758,361	7957,392	8167,557	8477,610	8851,974
$\sigma, \text{МПа}$	240,325	248,659	255,038	261,774	271,711	283,709

Таблиця 8.12 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі виживання $V_{вижив.Т} = 5 \text{вуз}$.

$V_{вижив.В}, \text{м/с}$	50	52	54	56	58	60
$R, \text{кН}$	25481,811	26317,452	26957,115	27632,564	28629,038	29832,201
$P_1, \text{кН}$	8307,070	8579,489	8788,019	9008,216	9333,066	9725,298
$P_2, \text{кН}$	24105,793	24896,310	25501,431	26140,405	27083,070	28221,262
$P_3, \text{кН}$	32874,789	33952,873	34778,120	35649,535	36935,113	38487,348
$P_4, \text{кН}$	11161,033	11527,044	11807,216	12103,063	12539,518	13066,504
$P_5, \text{кН}$	22908,148	23659,390	24234,446	24841,675	25737,505	26819,149
$P_6, \text{кН}$	41181,859	42532,363	43566,139	44657,750	46268,179	48212,645
$\sigma_{max}^{(8.3)}, \text{МПа}$	345,498	356,828	365,501	374,659	388,170	404,483
$P_7, \text{кН}$	29115,574	30070,380	30801,260	31573,029	32711,603	34086,340
$\sigma_{max}^{(8.4)}, \text{МПа}$	391,242	404,072	413,894	424,264	439,564	458,037
$M, \text{кН*м}$	1590,438	1642,595	1682,519	1724,677	1786,871	1861,966
$\sigma_{max}^{(8.5)}, \text{МПа}$	391,740	404,587	414,421	424,805	440,124	458,620
$\sigma_{max.I}, \text{МПа}$	176,426	182,212	186,640	191,317	198,216	206,546
$\sigma_{max.II}, \text{МПа}$	409,407	422,833	433,110	443,962	459,972	479,303
$\sigma_{max.III}, \text{МПа}$	349,180	360,631	369,397	378,652	392,307	408,794
$\sigma_{max.IV}, \text{МПа}$	223,189	230,508	236,110	242,026	250,754	261,292
$Q, \text{кН}$	40790,494	42128,163	43152,115	44233,353	45828,477	47754,464
$M, \text{кН*м}$	7928,652	8188,662	8387,692	8597,858	8907,910	9282,274
$\sigma, \text{МПа}$	254,117	262,450	268,829	275,565	285,502	297,501

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.13 - Результат діючих сил на елементи якоря, коли швидкість перебігу води в режимі виживання $V_{вижив.Т} = 6$ вуз.

$V_{вижив.В}, \text{м/с}$	50	52	54	56	58	60
$R, \text{кН}$	27027,448	27863,089	28502,752	29178,201	30174,675	31377,838
$P_1, \text{кН}$	8810,948	9083,367	9291,897	9512,093	9836,944	10229,175
$P_2, \text{кН}$	25567,965	26358,482	26963,603	27602,578	28545,242	29683,435
$P_3, \text{кН}$	34868,858	35946,942	36772,189	37643,604	38929,182	40481,417
$P_4, \text{кН}$	11838,022	12204,033	12484,205	12780,052	13216,507	13743,493
$P_5, \text{кН}$	24297,675	25048,917	25623,974	26231,202	27127,032	28208,676
$P_6, \text{кН}$	43679,806	45030,309	46064,086	47155,697	48766,126	50710,592
$\sigma_{max}^{(8.3)}, \text{МПа}$	366,454	377,784	386,457	395,616	409,126	425,440
$P_7, \text{кН}$	30881,623	31836,429	32567,309	33339,078	34477,651	35852,389
$\sigma_{max}^{(8.4)}, \text{МПа}$	414,974	427,804	437,625	447,996	463,295	481,769
$M, \text{кН*м}$	1686,909	1739,065	1778,989	1821,147	1883,342	1958,437
$\sigma_{max}^{(8.5)}, \text{МПа}$	415,502	428,349	438,182	448,566	463,885	482,382
$\sigma_{max.I}, \text{МПа}$	187,127	192,913	197,342	202,018	208,917	217,248
$\sigma_{max.II}, \text{МПа}$	434,240	447,666	457,943	468,795	484,805	504,136
$\sigma_{max.III}, \text{МПа}$	370,360	381,811	390,577	399,833	413,487	429,974
$\sigma_{max.IV}, \text{МПа}$	236,726	244,046	249,648	255,564	264,292	274,830
$Q, \text{кН}$	43264,702	44602,371	45626,323	46707,561	48302,685	50228,672
$M, \text{кН*м}$	8409,576	8669,586	8868,617	9078,782	9388,834	9763,198
$\sigma, \text{МПа}$	269,530	277,864	284,243	290,979	300,916	312,915

8.2 Дослідження швартовного кнехта на міцність

8.2.1 Загальні положення

Швартові кнехти призначені для закріплення на них швартових. Кнехти встановлюють і кріплять на палубах суден, а трос закріплюють за кнехт шлагами навколо тумб (рис. 8.3).

Залежно від числа та конструкції тумб кнехти поділяють на подвійні та одинарні, прямі та хрестові, литі та зварні.

8.2.2 Розрахунок швартових кнехтів

Схема зусиль, які діють двотумбовий кнехт, зображена на рис. 2 і рис 3. Зовнішнім навантаженням кнехта є натяг T зовнішньої гілки каната, накладеного на тумби кількома шлагами.

Сумарний натяг усіх шлагів каната на кожну з тумб P_a вважають прикладеним на половині вільної висоти тумби h_a . Величина зусилля P_a , з урахуванням накладання каната чотирма-п'ятьма шлагами та коефіцієнта тертя 0,14...0,15, приблизно буде дорівнювати $P_a = 2,5T = 11700, \text{Н}$ (8.8)

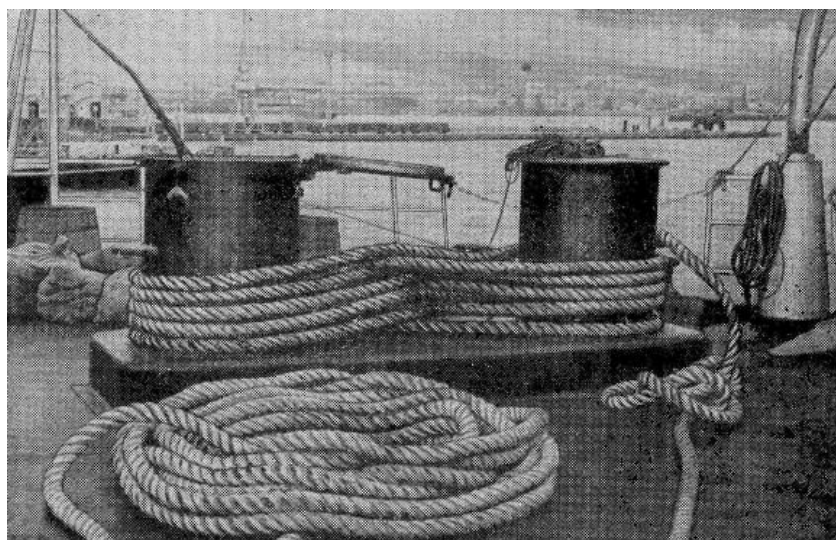


Рисунок 8.3 - Кріплення швартового троса на кнехті.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

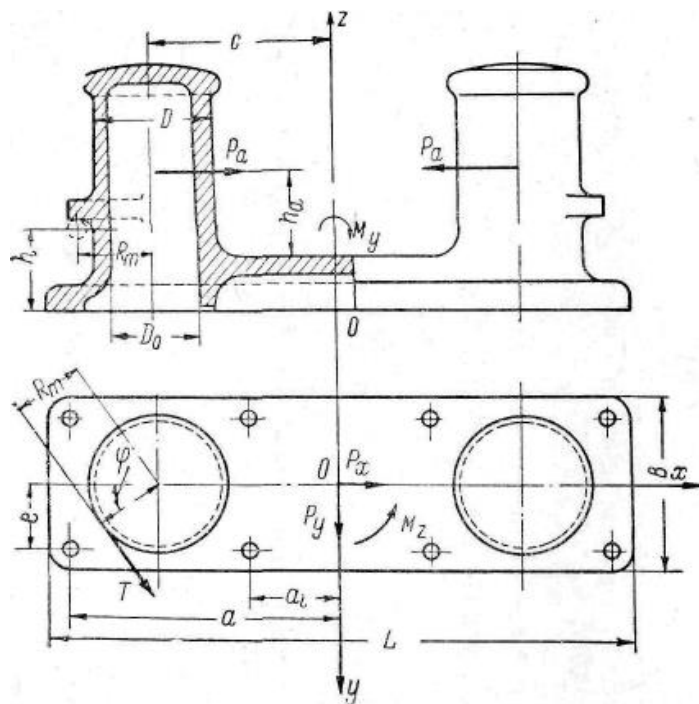


Рисунок 8.4 - Схема зусиль під час розрахунку кнехта

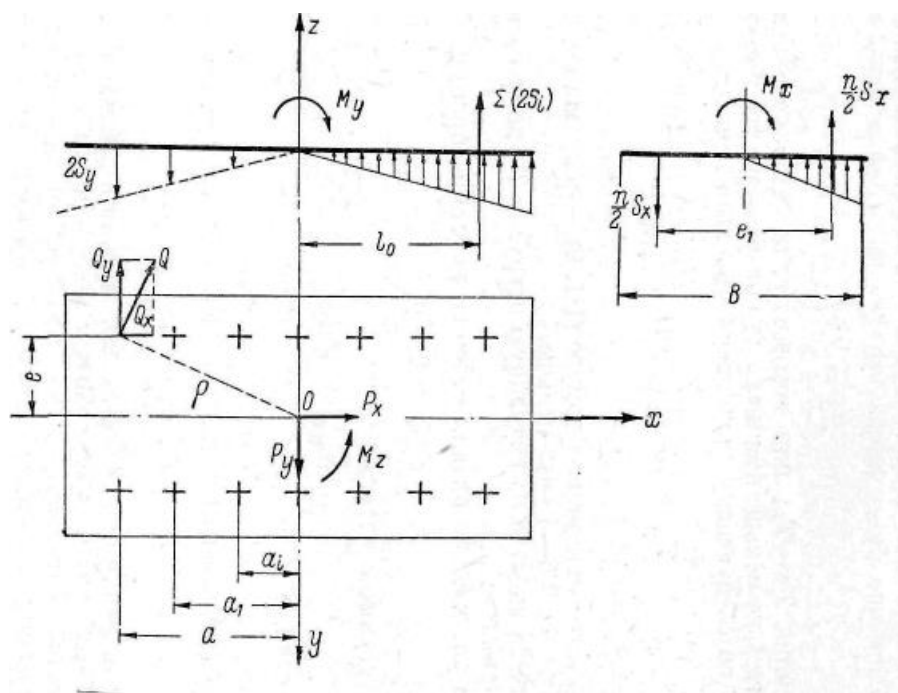


Рисунок 8.5 - Схема зусиль під час розрахунку фундаментної плити

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112

Значення зусилля $T = T_p$, при якому починається руйнування швартового троса, значно менше від номінального розривного зусилля каната і може бути визначено за наступним наближеним виразом:

$$T_p = 35d_k^2 \left(0,447 + \frac{d_k}{160} \right) = 4680, \text{Н.} \quad (8.9)$$

де d_k – діаметр швартового каната, м.

Значення T_p , обчислені за формулою (15) – випадкові; у нормальних умовах роботи вони у 2,5...3 рази менші.

У разі розрахунку кнехтів на випадкове навантаження T_p допустимі напруги можуть бути прийняті:

при згинанні та розтягуванні в'язких матеріалів (сталь, бронза)

$$\sigma_{\text{доп}} = 0,95\sigma_T = 2.0045 \times 10^8, \text{Па} \quad (8.10)$$

при вигині чавунних кнехтів

$$\sigma_{\text{доп}} = 0,36\sigma_B = 1.899 \times 10^8, \text{Па}$$

при зрізі та зрушенні

$$\tau_{\text{доп}} = 0,5\sigma_{\text{доп}} = 1.0022 \times 10^8, \text{Па}$$

Відповідно до рекомендацій Правил класифікації та спорудження високошвидкісних суден морського регістру судноплавства (Бюлетень змін та доповнень № 1, частина II «Конструкція та міцність корпусу, 2000) пункт 5.2.4 небезпечні нормальні напруги для зварних конструкцій, що виконуються з алюмінієвих сплавів, приймаються у частині від межі плинності матеріалу

$$\sigma_{\text{доп.и}} = 0,9\sigma_T = 1.899 \times 10^8, \text{Па} \quad (8.11)$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дотичні напруги приймаємо, як для сталі:

$$\tau_{\text{доп.и}} = 0,7\sigma_{\text{доп}} = 0,63\sigma_T = 1.329 \times 10^8, \text{Па} \quad (8.12)$$

Тумби кнехтів розраховують на вигин під дією моменту

$$M_{\text{кн}} = P_a h_a = 2,5T_p h_a = 2.866 \times 10^3, \quad (8.13)$$

де h_a – половина висоти тумби кнехта, виміряної з її внутрішньої частини (рис. 2), м:

$$h_a = \frac{H_{\text{кн}}}{2} = 0.245; \text{М} \quad (8.14)$$

$H_{\text{кн}}$ – висота тумби кнехта, виміряна по її внутрішній частині (рис. 8.4), м.

Момент опору тумби кнехта визначається для перерізу на підставі тумби (рис. 8.5):

$$W_{\text{кн}} = \frac{\pi}{32} (D^3 - D_0^3) = 2.713 \times 10^{-4}, \text{М}^3 \quad (8.15)$$

де D – зовнішній діаметр тумби кнехта, м;

Відповідно до вимог Правил класифікації та побудови морських суден морського реєстру судноплавства зовнішній діаметр тумби кнехта повинен бути

- для сталевих канатів не менше 10 діаметрів сталевих канатів, тобто

$$D = 10,0d_k = 0.22; \text{М} \quad (8.16)$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для рослинного каната не менше однієї довжини кола рослинного каната, тобто

$$D = l_{\text{ок}} = 0.24, \quad (8.17)$$

$l_{\text{ок}}$ – довжина окружності рослинного каната, м;

- для синтетичного каната не менше 5,5 діаметрів синтетичного каната, тобто

$$D = 5,5d_k = 5.5 \times 2.2 \times 10^{-4} = 1.21 \times 10^{-3}; \text{м} \quad (8.18)$$

$L_{\text{кн}}$ – довжина тумби кнехта, м;

D_0 – внутрішній діаметр тумби кнехта, м;

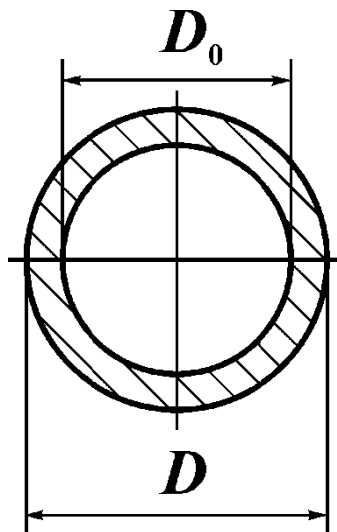


Рисунок 8.6 - Поперечний переріз тумби кнехта

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						115
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згинальні нормальні напруги в тумбі кнехта визначаються залежністю:

$$\sigma_{\text{кн}} = \frac{M_{\text{кн}}}{W_{\text{кн}}} = 1.63 \times 10^8. \quad (8.19)$$

Діючі згинальні нормальні напруження повинні бути меншими від допустимих напруг нормальних напруг від вигину, визначених за формулою (4):

$$\sigma_{\text{кн}} < \sigma_{\text{доп.и}}. \quad (8.20)$$

Напруги кручення в тумбах зазвичай невеликі і можуть не враховуватися.

Зважаючи на спільний вплив на кнехт сил і моментів, розрахунок болтів, що кріплять основу кнехта до фундаменту, виконують для спрощення за принципом незалежності дії сил та моментів. Середнє зусилля одного болта, що розтягує S_x , Н, від дії моменту M_x , Нм, буде одно

$$S_x = \frac{2M_x}{ne_1} = -7.93 \times 10^3, \quad (8.21)$$

де n – число болтов;

e_1 – відстань між рівнодією сил притискання основи тумби кнехта до палуби та рівнодією сил відриву основи тумби кнехта від палуби, м;

$$e_1 = \frac{B_{\text{кн}}}{3} + e = 0.122; \text{М} \quad (8.22)$$

e – відстань центру болта від поздовжньої осі кнехта, м:

$$e = \frac{B_{\text{кн}}}{2} - 0,05 = 0.053; \text{М} \quad (8.23)$$

$B_{\text{кн}}$ – ширина основи тумби кнехта, м.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

M_x – згинальний момент, що діє у площині OY , Нм, рис. 5:

$$M_x = P_x h_a = -3.859 \times 10^3, \quad (8.24)$$

P_x – реакція основи тумби кнехта, що виникає під впливом зовнішніх сил (натяг каната T між тумбою кнехта і причалом і сумарний натяг усіх шлагів каната на кожну тумбу P_a), спрямована вздовж осі OX та визначається з системи рівнянь:

$$\sum X = P_x + P_a + T \sin \phi = 0; \quad (8.25)$$

$$\sum Y = P_y + T \cos \phi = 0. \quad (8.26)$$

Звідси

$$P_x = -(P_a + T \sin \phi) = -1.575 \times 10^4; \quad (8.27)$$

$$P_y = -T \cos \phi = -2.34 \times 10^3. \quad (8.28)$$

P_y – реакція основи тумби кнехта, що виникає під впливом зовнішніх сил (натяг каната T між тумбою кнехта і причалом і сумарний натяг усіх шлагів каната на кожну тумбу P_a), спрямована вздовж осі OY та визначається з системи рівнянь (14) – (15);

ϕ – кут між напрямком радіуса тумби кнехта перпендикулярного до напрямку швартовного каната між кнехтом і причалом та поздовжньою віссю кнехта, град (рис. 2 и 5)

Знак «мінус» перед дужкою у формулах (16) та (17) вказує на те, що напрямок реакцій P_x та P_y вибрано невірно. Тобто необхідно змінити напрям реакції. Далі у розрахунках значення P_x та P_y необхідно підставляти за абсолютною величиною.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

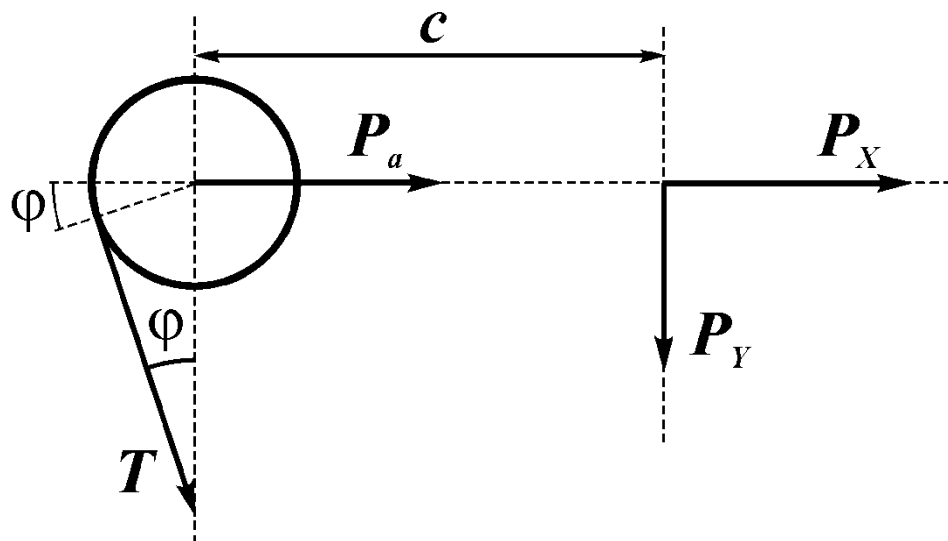


Рисунок 8.7 – Схема визначення реакцій на підставі тумби кнехта

Зусилля, що розтягує, в найбільш напруженому болті S_y від дії моменту M_y

$$S_y = \frac{2M_y}{2a\xi_{\delta}} = -493.31, \text{ кН} \quad (8.29)$$

де a – відстань від центру крайнього болта до поперечної осі кнехта:

$$a = \frac{L_{\text{кн}}}{2} - 0,05 = 0.225; \quad (8.30)$$

ξ_{δ} – коефіцієнт, рівний

$$\xi_{\delta} = \frac{l_0}{a} \left(1 + \sum \frac{a_i}{a} \right) + 1 + \sum \left(\frac{a_i}{a} \right)^2 = 5.8, \quad (8.31)$$

де l_0 – відстань від поперечної осі кнехта до рівнодіючого тиску на притиснутій частині плити:

$$l_0 = c = 0.24; \quad (8.32)$$

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						118
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

c – відстань між віссю симетрії кнехта OZ та вертикальною віссю тумби кнехта (половина відстані між вертикальними осями тумб кнехтів), м:

- для сталевого каната не менше 25 діаметрів сталевих канатів, тобто

$$c = 12,5d_k = 0.275; \quad (8.33)$$

- для рослинного каната не менше трьох кіл рослинного каната, тобто

$$c = 3l_{ок} = 0.72, \quad (8.34)$$

$l_{ок}$ – довжина окружності рослинного каната, м;

- для синтетичного каната приймаємо у першому наближенні

$$c = \frac{L_{кн}}{2} - \frac{D}{2} - 0,05 = 0.13; M \quad (8.35)$$

$L_{кн}$ – довжина тумби кнехта, м;

a_i – відстань від центру i -го болта до поперечної осі кнехта:

$$a_i = \frac{a}{3} = 0.075; M \quad (8.36)$$

M_Y – згинальний момент, що діє у площині OX , Нм, (див. рис. 5):

$$M_Y = P_Y h_a = -573.3, \quad (8.37)$$

Сумарне зусилля, що розтягує найбільш навантажений болт, з урахуванням найбільш несприятливого спрямування троса (кут ϕ):

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						119
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Sp \frac{h}{a} \sqrt{\left(\frac{2}{n \frac{e_1}{a}}\right) + \left(\frac{1}{2\xi_{\sigma_0}}\right)^2}^3, \quad (8.38)$$

max

де h – відстань від основи тумби кнехта до центру ваги верхнього шлага швартовного каната, накладеного нижче припливу тумби кнехта, м:

$$h = \frac{H_{\text{кн}}}{3} = 0.163; \quad (8.39)$$

Тоді сумарні зрізні сили будуть:

вздовж осі OX

$$X = T_p \left[\frac{1}{\xi_{\sigma_1}} \cdot \frac{ec}{a^2} \left(\frac{R_m}{c} + \cos \phi \right) - 1,2 \frac{\sin \phi}{n} \right] = -400.31. \text{кН} \quad (8.40)$$

вздовж осі OY

$$Y = T_p \left[\frac{1}{\xi_{\sigma_1}} \cdot \frac{c}{a} \left(\frac{R_m}{c} + \cos \phi \right) + 1,2 \frac{\cos \phi}{n} \right] = 1.232 \times 10^3, \quad \text{кН} \quad (8.41)$$

де

$$\xi_{\sigma_1} = n \left(\frac{e}{a} \right)^2 + 4 + \sum \left(\frac{a_i}{a} \right)^2 = 5.333; \quad (8.42)$$

$$R_m = \frac{D+d_{\kappa}}{2} = 0.106. \text{м} \quad (8.43)$$

де D – зовнішній діаметр тумби кнехта, м;

d_{κ} – діаметр швартовного каната, м.

Напруги від розтягування визначаються окремо для перерізу болта у нарізаній частині σ_1 і для перерізу болта в площині зрізу σ_0 :

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						120
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У першому наближенні приймаємо $\sigma_1 = \sigma_0$

$$\sigma_0 = \frac{S_{max}}{F_0^6}; \text{ па} \quad (8.44)$$

де F_0 – площа перерізу (наближено) по зовнішньому діаметру різьблення болта, м²:

$$F_0 = \frac{\pi d_\sigma^2}{4} = 3.801 \times 10^{-4}, \quad (8.45)$$

d_σ – діаметр болта, м;

S_{max} – сумарне зусилля, що розтягує найбільш навантажений болт, Н.

Напруги від зрізу

$$\tau = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{F_0} = 3.409 \times 10^6, \text{ па} \quad (8.46)$$

Для розрахунку болтів можна приймати напруги: у різьбленні – нормальні

$$\sigma_{\text{доп}} = (0,8 \dots 0,85) \sigma_m = 1.794 \times 10^8, \text{ па} \quad (8.47)$$

у гладкій частині – дотичні

$$\tau_{\text{доп}} = 1,05 \sigma_{\text{доп}} \left(1 - \frac{\sigma_0}{\sigma_m}\right) = 1.829 \times 10^8, \text{ па} \quad (8.48)$$

Міцність швартового кнехта забезпечена.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ.08	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Метою даної магістерської роботи було дослідження впливу зовнішніх сил, що діють на якірний пристрій напівзанурювальної бурової установки.

У роботі було проведено низку розрахунків та було виконано креслення – загальне розташування НЗБУ та креслення якірного пристрою. У першому розділі було створено базу даних НЗБУ і далі було побудовано статистичні графіки залежностей. Було проведено дослідження параметрів хвилювання для режимів буріння та виживання НЗБУ відповідно до вимог СНиП 2.06.04-82, дослідження сил та навантажень, що діють на НЗБУ в режимі буріння та виживання, були обрані елементи якірного пристрою, проведено дослідження параметрів якірної стоянки НЗБУ на двох якорях та оцінка зміщення НЗБУ під час якірної стоянки, а також дотримання міцності якоря.

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ	Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. D.R. Johnson, A. Patel, "Statistical Approaches to Floating Systems Analysis", Розділ 5: "Mooring Line Load Statistics", стор. 145–168.
2. M.T. Liang, K. Ohta, "Semi-Submersible Platform Dynamics and Mooring Systems", стор. 89–113
3. J.W. Smith, "Mooring System Analysis for Offshore Platforms", Розділ 7: "Performance Data Analysis", стор. 210–236
4. T.K. Savenije, "Design of Semi-Submersible Drilling Units", Розділ 2: Structural Components, стор. 23–56
5. A.P. Collingridge, M. Bishop, "Floating Structures: Engineering and Design", Розділ 5: "Key Elements of Semi-Submersibles", стор. 110–132
6. B.L. Smith, "Offshore Platforms and Their Components", Глава 4: Core Systems of Drilling Rigs, стор. 89–120
7. "Experimental and Numerical Investigation on Slamming Mechanism of a Mooring Column-Stabilised Semi-Submersible"
8. "Review on Fixed and Floating Offshore Structures. Part I: Types of Platforms with Some Applications"
9. "Mooring System Design for Semi-Submersible Rigs"
10. W.M.J. Musial, "Dynamics of Floating Structures"
11. О.М. Гнатюк, "Основи проектування морських бурових установок", Розділ 3: Конструктивні елементи НЗБУ, стор. 45–68
12. Журнал: "Науковий вісник Одеської морської академії", вип. 4, 2020 "Морські технології та інженерія" Розділ: Технічні характеристики напівзанурених платформ, стор. 78–92
13. Журнал: "Суднобудування та морська техніка", Наукова стаття: "Моделювання напівзанурених бурових установок" 2021, №2, стор. 34–50
14. В.П. Іванов, О.С. Грищенко, "Суднове обладнання та морські технології", Розділ 4.5: Якірно-швартовні системи, стор. 156–178

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ	Арк.
						123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. А.М. Шевченко, "Основи проектування морських установок", стор. 98–122
16. Журнал: "Науковий вісник морської техніки", 2019, Наукова стаття: "Моделювання систем стабілізації морських платформ", стор. 34–47
17. Журнал "Суднобудування та морська техніка", випуск 2, 2020, стор. 34–45
18. В. П. Сергієнко, журнал "Технічна механіка", Методологія оцінки надійності НЗБУ, , 2019, стор. 56–67

					12.КР.135.6119м.05.ПЗ	Арк.
						124
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		