

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

« _____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»
на тему: Проект якірного пристрою трьохопорної СПБУ

Виконав: студент 4111 групи

Міляєв В.О.
(підпис)

Керівник роботи:

Завідувач кафедри, д.т.н., професор _____

(посада, науковий ступень вчене звання)

Зайцев В.В.
(підпис)

Миколаїв – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально науковий інститут (факультет) _____ Кораблебудівний

Кафедра _____ морських технологій та океанотехніки

Ступінь вищої освіти _____ бакалавр

Спеціальність _____ 135 “Суднобудування”

Освітньо-професійна програма “Суднові машини та механізми”

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми
д.т.н., професор Зайцев В.В.

«__» _____ 2025 року

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

Міляєву Владиславу Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект якорного пристрою трьохопорної СПБУ

керівник роботи Зайцев Володимир Васильович, д.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “___” _____ 201__ року №___

2. Строк подання студентом роботи 15.06.2025

3. Вихідні дані до роботи

3.1. Конструктивний тип СПБУ – трьохопорна. **3.2.** Район експлуатації – Чорне море.

3.3. Глибина буріння – 8000 м; **3.4.** Глибина моря при експлуатації – 90 м; **3.5.** Глибина

моря при якорній стоянці – 105 м; **3.6.** Загальна кількість членів екіпажу – 95 чол.

3.7. Швидкість течії в режимі буріння – 2,0 м/с; **3.8.** Швидкість вітру в режимі буріння

– 20,0 м/с; **3.9.** Швидкість вітру в режимі виживання – 45,0 м/с; **3.10.** Швидкість СПБУ

у режимі переходу – 4,5 вуз; **3.11.** Термін дії вітру – 17,5 годин

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Визначення головних розмірів СПБУ. 2. Визначення параметрів хвилювання при

стоянці СПБУ на якорях. 3. Визначення буксирального опору СПБУ на тихій воді.

4. Розрахунок сил на навантажень, що діють на якорний пристрій СПБУ та вибір його

елементів. 5. Розрахунок якорної стоянки СПБУ на двох якорях та оцінка зміщення ПБУ

під час якорної стоянки. 6. Розрахунок міцності якоря.

5. Перелік графічного матеріалу:

5.1. Презентація

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата			
		завдання видав		завдання прийняв	
1. Визначення головних розмірів СПБУ	Зайцев В.В., зав. кафедри морських технологій та океанотехніки				
2. Визначення параметрів хвилювання при стоянці СПБУ на якорях.	Зайцев В.В., зав. кафедри морських технологій та океанотехніки				
3. Визначення буксирального опору СПБУ на тихій воді.	Зайцев В.В., зав. кафедри морських технологій та океанотехніки				
4. Розрахунок сил на навантажень, що діють на якорний пристрій СПБУ та вибір його елементів.	Зайцев В.В., зав. кафедри морських технологій та океанотехніки				
5. Розрахунок якорної стоянки СПБУ на двох якорях та оцінка зміщення ПБУ під час якорної стоянки.	Зайцев В.В., зав. кафедри морських технологій та океанотехніки				
6. Розрахунок міцності якоря.	Зайцев В.В., зав. кафедри морських технологій та океанотехніки				

7. Дата видачі завдання 01.03.2025.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	1.Визначення головних розмірів СПБУ	01.04.2025	
2	2. Визначення параметрів хвилювання при стоянці СПБУ на якорях	15.04.2025	
3.	3. Визначення буксирального опору СПБУ на тихій воді.	15.04.2025	
4	4. Розрахунок сил на навантажень, що діють на якорний пристрій СПБУ та вибір його елементів.	01.05.2025	
5.	5. Розрахунок якорної стоянки СПБУ на двох якорях та оцінка зміщення ПБУ під час якорної стоянки	01.06.2025	
6.	6. Розрахунок міцності якоря.	01.06.2025	
7.	Оформлення пояснювальної записки та презентації	10.06.2025	
8.	Захист роботи на кафедрі	15.06.2025	
9.	Робота з рецензентом	16.06.2025	
10.	Захист роботи на ДЕК	26.06.2025	

Студент

Міляєв В.О.

Керівник роботи

Зайцев В.В.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 65 с., 5 креслень, 10 джерел.

Об'єкт дослідження – якорний пристрій трюхопорної СПБУ.

Мета досліджень – визначення проектних параметрів трюхопорної СПБУ та її якорного пристрою.

Методика досліджень – аналітична, числова.

Кваліфікаційну роботу виконано згідно завдання, виданого кафедрою морських технологій та океанотехніки.

В роботі розраховано водотоннажність трюхопорної СПБУ, її головні розміри, а також проведено розробку загального розташування трюхопорної бурової установки. За допомогою розрахунку на ЕОМ визначено параметри хвилювання для режимів буріння та виживання.

Проведено розрахунки сил та навантажень, що діють на трюхопорну СПБУ в режимі буріння та виживання.

Виконано проектування якорного пристрою трюхопорної СПБУ та розрахунок якорної стоянки ПБУ на двох якорях та оцінка зміщення ПБУ під час якорної стоянки.

ТРЮХОПОРНА САМАПІДІЙМАЛЬНА БУРОВА УСТАНОВКА, ЯКОРНИЙ ПРИСТРІЙ, ЯКОР АС-14, ЯКОРНА СТОЯНКА

ABSTRACT

Research object – anchor device for a jack-up drilling rig with outriggers.

Purpose of research – determination of the design parameters of the jack-up drilling rig and its anchor device.

Methodology of research - analytical, numerical.

JACK-UP DRILLING RIG, ANCHOR DEVICE, ANCHOR AS-14, ANCHOR STATION

ЗМІСТ

Вступ	5
1 Визначення головних розмірів СПБУ	7
1.1 Укрупнені статті навантаження рівняння ваг	8
1.2 Визначення статей навантаження, що залежать від глибини буріння	9
1.3 Вибір головних розмірів	16
1.4 Вагові навантаження, що залежать від головних розмірів.....	23
2 Визначення параметрів хвилювання при стоянці СПБУ на якорях	27
3 Визначення буксирувального опору СПБУ на тихій воді.....	33
3.1 Вихідні дані для розрахунку	34
3.2 Буксирувальний опір на тихій воді	34
4 Розрахунок сил на навантажень, що діють на якорний пристрій СПБУ та вибір його елементів	41
4.1 Характеристика постачання	42
4.2 Визначення якорно-швартовного постачання	43
4.3 Визначення основних характеристик якоря АС-14	44
4.4 Якорні ланцюги та розміри його елементів	45
5 Розрахунок якорної стоянки СПБУ на двох якорях та оцінка зміщення СПБУ під час якорної стоянки	49
5.1 Опис статичних розрахунків якорної системи	50
5.2 Програма розрахунку якорної системи СПБУ.....	53
6 Розрахунок міцності якоря	58
Висновок	63
Перелік посилань	65

Підп. і дата		Інв. № докл.		Взам. інв. №		Підп. і дата		Інв. № ориг.		
						12.КР.135.4 111.16.ПЗ				Арк.
						4				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ВСТУП

Плаваючі бурові засоби класифікують за способом їх встановлення над свердловиною в процесі буріння. Вони поділяються на два основних класи:

1. Ті що спираються при бурінні на морське дно (відносять плавучі БУ самопідйимального (СПБУ) і зануреного (ЗУ) типів);
2. Знаходяться при бурінні та освоєнні в плавучому стані (напівзаглибні бурові установки (НЗБУ) і бурові судна (БС)).

Самопідйимальні плавучі бурові установки (СПБУ) застосовують переважно в розвідувальному бурінні на морських нафтових і газових родовищах в акваторіях з глибинами вод 30...120 м.

Існує ряд конструкцій і типів СПБУ. Їх розрізняють за конструкцією корпусу, числа і конструкції опорних колон і підйомних пристроїв. На визначення кількості опорних колон впливає ряд факторів: глибина моря, гідрометеорологічні умови, спосіб задавлювання опорних колон в ґрунт і витяг їх з ґрунту, морське дно, загальна маса підіймаемого корпусу, технологічність і трудомісткість виготовлення та ін. На великих глибинах зростають хвильові навантаження на кожну колону.

Тому на глибинах більше 60 м в установках застосовують не більше чотирьох опор зі значним переважанням установок з трьома опорами і починаючи з глибини 90 м використовують установки тільки з трьома опорами. Установки з циліндричними опорами застосовують на глибинах до 45 м (приблизно 65...70%) і у діапазоні глибин 45-75м - установки з циліндричними і ферменними опорами, а на глибинах понад 75м використовують установки тільки з ферменними опорами. Конструкції фермових опор проектуєть прямокутної, квадратної і трикутної форми. Найбільш вдала конструкція - опора трикутного перерізу. Остання вдало вписується в трикутну форму корпусу і має відносно меншу кількість елементів, що зазнають впливу хвиль. Нижні кінці опор закінчуються башмаками або загальної опорною плитою, що зв'язує опорні колони між собою.

Механізми підйомних пристроїв застосовують механічні або гідравлічні. У світовій практиці перевага віддається механічних механізмів підйому.

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Обумовлюється це простотою конструкції (вони менш складні в експлуатації) та іншими факторами. Механічні пристрої підйому, що складаються з зубчастої рейки, вбудованої в конструкцію опор, встановлені на корпусі шестеренчатого механізму, шестірня якого постійно знаходиться в зачепленні з рейкою. Привід механізму здійснюється від електродвигуна з редуктором або гідродвигуна. Є підйомні пристрої, що складаються з пари ведучих коліс, що знаходяться в зачепленні з подвійною зубчастою рейкою. Число пар ведучих коліс може бути від двох до шести і більше в залежності від вантажопідйомності підйомної системи СПБУ.

Відмітна особливість цих пристроїв - безперервний підйом корпусу, при цьому виключаються паузи в процесі підйому платформи СПБУ. Підйом і спуск опор можуть здійснюватися одночасно і окремо.

Перегін СПБУ на нову точку буріння - дуже відповідальна операція. Більшість СПБУ є несамохідними, і для їх буксирування застосовують спеціальні буксирні судна. Розрізняють два види буксирування СПБУ: короткий перегін (перехід) з точки на точку у межах структури, що розвідується і тривалий перегін - буксирування СПБУ на далекі відстані з одного розвіданого району в інший, намічений до розвідки, або на базу профілактичного ремонту та огляду. Коротким зазвичай вважають такий перехід, для якого потрібен час не більше часу гарантованого прогнозу погоди (тривалість приблизно до 12 год). Перегін СПБУ більше 12 год виробляють при сприятливому прогнозі погодних умов (вітер, хвилювання тощо). Допустимі величини вітру і хвилювання визначаються проектом СПБУ.

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ.01			
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення головних розмірів СПБУ			
Студент		Міляєв В.О.						
Консульт.		Зайцев В.В.						
Керівник.		Зайцев В.В.						
Зав.каф.		Зайцев В.В.						
					Літ. Арк. Аркушів 7 20			
					НУК ім. адм. Макарова			

1 ВИЗНАЧЕННЯ ГОЛОВНИХ РОЗМІРІВ СПБУ

1.1 Укрупнені статті навантаження рівняння ваг

У практиці проектування суден прийнято оперувати з водотоннажністю судна для різних експлуатаційних станів навантаження. Для СПБУ поняття водотоннажність прийнятно для транспортного положення і для операцій зняття-постановки в точці буріння, коли корпус СПБУ знаходиться на плаву. При знятті СПБУ з точки буріння для забезпечення необхідного зусилля витягування опорних колон з ґрунту корпус СПБУ повинен володіти надлишковою плавучістю, для трьохопорних СПБУ вона становить 60000 ... 75000кН. У зв'язку з цим вагову водотоннажність доцільно розраховувати не для переходу, як це прийнято для транспортних суден, а при умовному зануренні по верхню палубу при навантаженні, що відповідає режиму постановки на ґрунт. Для цього випадку рівняння ваг можна представити формулою

$$D = P_n + P_{d30} + P_{зп} , \quad (1.1)$$

де

P_n – постійні ваги;

P_{d30} – змінні ваги (зазвичай 30 % суднових і технологічних запасів);

$P_{зп}$ - запас плавучості.

У теперішній час при проектуванні СПБУ ще не встановилася стабільна методика розбивки вагового навантаження на укрупнені статті. Тому при аналізі постійних ваг що входять у вираз (1.1), прийнято наступний розподіл: укрупнені статті навантаження, що залежать від головних розмірів $P_{коб}$; статті навантаження, що залежать від глибини буріння $P_{то}$; статті, що залежать від потужності енергетичної установки $P_{зу}$, $P_{зо}$ та ін.

На відміну від традиційних суден, складова постійних ваг, що входить у вираз (1.1), представлена виразом

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ.01	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

$$P_{\Pi} = P_{\text{коб}} + P_{\text{опу}} + P_{\text{то}} + P_{\text{эу}} + P_{\text{эо}},$$

де $P_{\text{коб}}$ – вага корпусу з обладнанням;

$P_{\text{опу}}$ – вага опорно-підйомного пристрою;

$P_{\text{то}}$ – вага технологічного обладнання;

$P_{\text{эу}}$ – вага енергетичної установки;

$P_{\text{эо}}$ – вага електроустаткування.

1.2 Визначення статей навантаження, що залежать від глибини буріння

1.2.1 Вага технологічного обладнання. Укрупнено бурове устаткування технологічного комплексу можна розділити на наступні технологічні групи:

- вежево-лебідочний блок;
- механізми та обладнання виробничо-технологічних систем.

До складу вежево-лебідочного блоку входить: вежа з обладнанням, бурова лебідка, ротор, пульт управління, укриття, механізми автоматизації спуско-підйомних операцій та інше обладнання.

До складу обладнання виробничо-технологічних систем входить: бурові і цементувальні насоси, обладнання для приготування, очищення і зберігання бурового розчину, обладнання для зберігання сипучих матеріалів і хімреагентів, пневмотранспорти та інше технологічне обладнання.

Аналіз ваги наземних бурових установок [1] з технологічним комплексом показує, що він змінюється зі збільшенням глибини буріння (див. рис. 1.1) і може бути визначений за формулою:

$$P_{\text{то}}^{\text{н}} = 2674 - 532X_{\text{к}} + 208X_{\text{к}}^2, \quad (1.2)$$

де $X_{\text{к}}$ - глибина буріння 8,0 тис. м.

У зв'язку з тим, що на СПБУ обладнання виробничо-технологічних цехів незначно відрізняється від наземного обладнання, а змінюється виконання вежево-лебідочного комплексу, формула 1.2 відкоригована з урахуванням морського виконання вежі та порталу (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Розрахункові формули елементів вежево-лебідочного блоку ПБУ

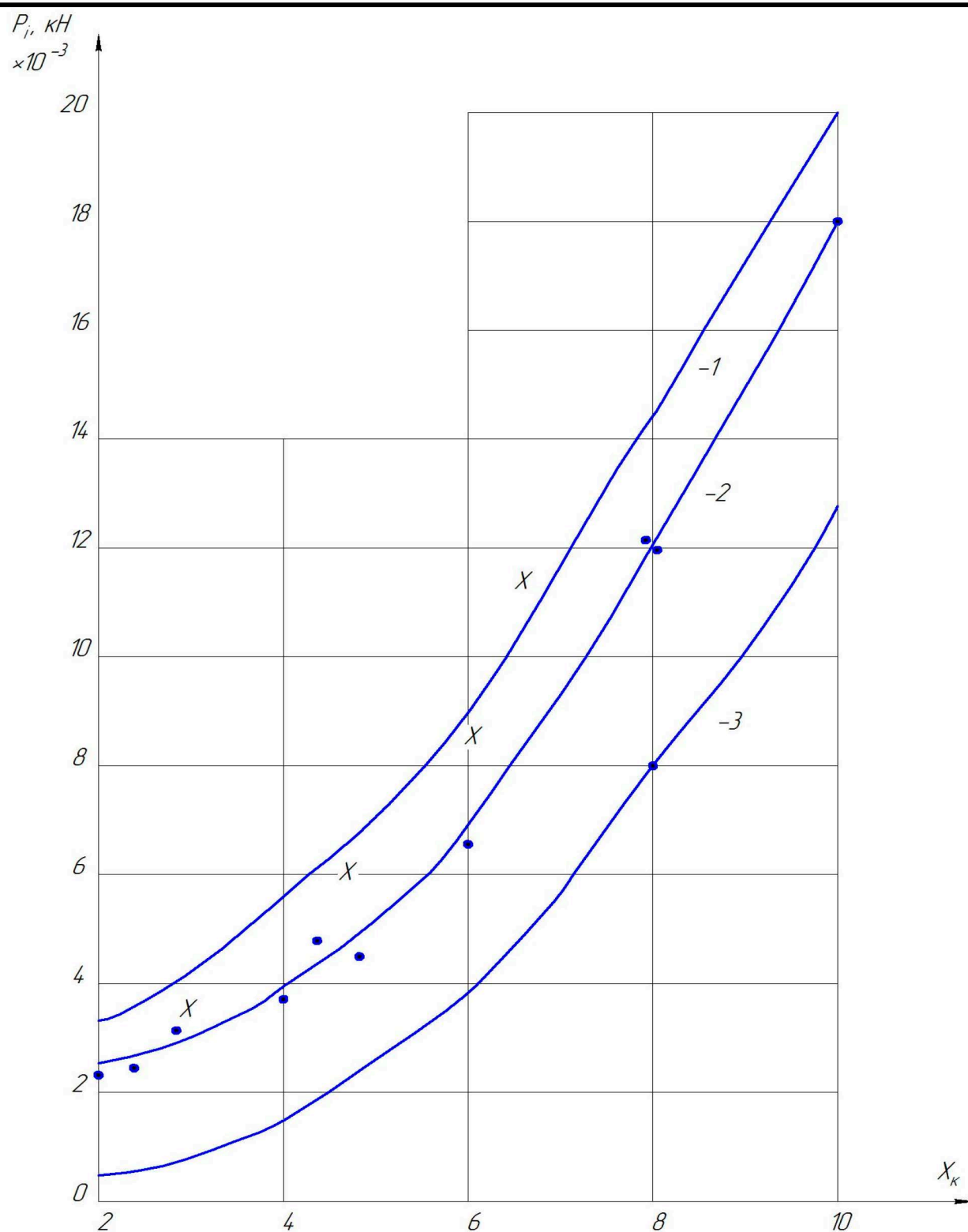
Найменування елементів		Розрахункова формула	Результат
1	Вантажопідйомність вежі, кН	$Q_k = 200 + 473,2 X_k$	3697,6
2	Позначка підлоги бурової (висота порталу) від ВП, м	$h_k = 4,84 + 0,348 X_k$	7,62
3	Вага вежі з обладнанням, кН	$P_{BO} = 23,8 + 307,0 X_k$	2479,8
4	Апліката ЦВ вежі з обладнанням від ВП, м	$Z_{дво} = 24,27 + 1,44X_k$	35,79
5	Вага порталу, кН	$P_n = -198,1 + 368,5X_k$	2749,9
6	Апліката ЦВ порталу від ВП, м	$Z_{дп} = 1,54 + 0,621X_k$	6,5
7	Вага обладнання порталу, кН	$P_{обп} = 810,6 + 158,0 X_k$	2074,6
8	Апліката ЦВ обладнання порталу, кН	$Z_{добп} = 5,65 + 0,746X_k$	11,6
9	Вага вежево-лебідочного блоку, кН	$P_{вл} = 965,5 + 783,1X_k$	7230,3
10	Апліката ЦВ вежево-лебідочного блоку, м	$Z_{двл} = 10,29 + 0,926X_k$	17,7
11	Висота вежі, м	$h_v = 34,89 + 2,97X_k$	58,65

Вагу технологічного обладнання може бути визначено за формулою:

$$P_{TO} = 2166 + 94,2X_k + 188X_k^2, \text{ кН};$$

$$P_{TO} = 2166 + 94,2 \cdot 8 + 188 \cdot 8^2 = 14951,6 \text{ кН}.$$

1.2.2 Вагові характеристики енергетичної установки та електрообладнання. Повна вага енергетичної установки включає вагу головних механізмів (ДВЗ, передачі, допоміжні механізми машинного відділення, вентилятори, пульти управління, допоміжні дизель генератори, котлоагрегати, утілюють).



1 – морські бурові установки; 2 – наземні бурові установки;
 3 – обладнання виробничо-технологічних комплексів бурової установки.
 • - наземні бурові установки; х- ПБУ

Рисунок 1.1 – Аналіз ваги наземних бурових установок з технологічним обладнанням

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

12.KP.135.4 111.16.ПЗ.01

Арк.

11

Потужність енергетичної установки можна отримати в залежності від глибини буріння [1]

$$N = 1737 + 63,7X_K^2 + 60, \text{ кВт};$$

$$N = 5873,8 \text{ кВт}.$$

Для морських транспортних суден вага енергетичної установки пов'язана з її потужністю залежністю $P_{\text{эу}} = a_{\text{эу}}N$,

де

N – потужність енергетичної установки, кВт;

$a_{\text{эу}}$ – вимірювач ваги енергетичної установки, згідно з аналізом експлуатованих ПБУ [1], може бути апроксимований залежністю

$$a_{\text{эу}} = 0,571 - 2,526 \cdot 10^{-5}N = 0,571 - 2,526 \cdot 10^{-5} \cdot 5873,8 = 0,423 \text{ кН/кВт},$$

тоді вага енергетичної установки СПБУ описується виразом:

$$P_{\text{эу}} = a_{\text{эу}}N = 0,423 \cdot 5873,8 = 2482,4 \text{ кН}.$$

Підставляючи потужність N отримаємо робочу формулу для визначення ваги енергетичної установки ПБУ у функції глибини буріння:

$$P_{\text{эу}} = 916 + 30,8X_K^2 \text{ кН};$$

$$P_{\text{эу}} = 2887,2 \text{ кН}.$$

Вага електрообладнання СПБУ також змінюється пропорційно потужності. Вимірювач ваги електрообладнання на початковій стадії проектування можна визначити за формулою [1]:

$$a_{\text{эо}} = 1,177 \cdot 10^{-4}N = 1,177 \cdot 10^{-4} \cdot 5873,8 = 0,691 \text{ кН/кВт},$$

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ.01	Арк.
						12
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тоді вага електроустаткування

$$P_{\text{эо}} = a_{\text{эо}} N = 0,691 \cdot 5873,8 = 4060,8 \text{ кН.}$$

З урахуванням потужності N , робоча формула для визначення ваги електрообладнання виглядає так:

$$P_{\text{эо}} = 355,1 + 26,05X_K^2 + 0,478X_K^4, \text{ кН;}$$

$$P_{\text{эо}} = 3980,2 \text{ кН.}$$

1.2.3 Вага житлового блоку. Аналіз житлових блоків технологічних засобів для морського буріння [1] показує, що питома площа житлового блоку на одну людину коливається в межах 12...20 м²/люд, а питома вага житлового блоку на одну людину – 120...150 кН/люд.

Питома вага житлового блоку на одиницю площі може бути представлено формулою:

$$a'_{\text{ж}} = \frac{P_{\text{ж}}}{S_{\text{ж}}} = 0,025n_{\text{э}} + 2,5 = 0,025 \cdot 90 + 2,5 = 4,875 \text{ кН/м}^2, \quad (1.3)$$

де

$a'_{\text{ж}}$ – питома вага житлового блоку на од. площі;

$P_{\text{ж}}$ – вага житлового блоку, кН;

$S_{\text{ж}}$ – загальна площа житлового блоку, м²;

$n_{\text{э}}$ – чисельність екіпажу.

Використовуючи залежність 1.3 вагу житлового блоку можна визначити за формулою:

$$P_{\text{ж}} = (0,025n_{\text{э}} + 2,5)S_{\text{ж}}, \text{ кН.} \quad (1.4)$$

Загальна площа житлового блоку:

$$S_{\text{ж}} = S_{\text{ж0}} S_{\text{жэ}}, \text{ м}^2, \quad (1.5)$$

де $S_{ж0} = S'_{ж}/S'_{жэ}$ – відношення площі житлового блоку до площі житлових і громадських приміщень прототипу.

$S_{жэ}$ – площа житлових і громадських приміщень проекрованої установки, м².

Відношення загальної площі до площі житлових приміщень для сучасних бурових установок змінюється від 2,72 до 3,07 (середнє значення $S_{ж0}=2,9$).

Площу житлових і службових приміщень проекрованої установки можна визначити за формулою:

$$S_{жэ} = n_k(S_k + k_{tk}S_{kk}) + n_э(1 - n_k/n_э)(S_э + k_{тэ}k_{оэ}S_c), \text{ м}^2, \quad (1.6)$$

Де n_k – чисельність старшого і середнього комскладу;

S_k – середня питома площа житлових приміщень комскладу;

S_{kk} – питома площа кают-компанії;

$S_э$ – питома площа житлових приміщень екіпажу;

S_c – питома площа їдальні;

k_{tk} – коефіцієнт, що враховує одночасне перебування комскладу в кают-компанії;

$k_{тэ}$ – коефіцієнт, що враховує одночасне перебування екіпажу в їдальні;

$k_{оэ}$ – коефіцієнт, що враховує кімнати відпочинку команди.

Беручи максимальні значення питомих площ, рекомендовані «санітарними правилами»: $S_k = 10 \text{ м}^2$, $S_{kk} = 1,8 \text{ м}^2$, $S_э = 3,2 \text{ м}^2$, $S_c = 1,2 \text{ м}^2$, та коефіцієнтів, що дорівнюють $k_{tk} = 1,6$, $k_{тэ} = 0,7$, $k_{оэ} = 1,5$ та $n_k = 10$.

Перетворимо (1.6), отримуємо

$$S_{жэ} = 84,2 + 4,48n_э = 84,2 + 4,48 \cdot 95 = 509,8 \text{ м}^2. \quad (1.7)$$

Підставивши (1.7) в (1.5) отримаємо

$$S_{ж} = 2,9 \cdot 487,4 = 1478,4 \text{ м}^2.$$

Тоді

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ.01	Арк.
						14
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{ж}} = 4,75 \cdot 1413,5 = 7022,5 \text{ кН.}$$

1.2.4 Вага вертолітного майданчика. На СПБУ побудованих останнім часом вага вертолітного майданчика коливається від 1120 до 1630 кН і залежить від району експлуатації СПБУ і конструктивного виконання. Нижні і верхні межі відповідно відносяться до легких і важких гідрометеорологічних умов. На початкових стадіях проектування вага вертолітного майданчика може бути прийнята постійною, що дорівнює $P_{\text{вп}} = 1300 \text{ кН}$.

1.2.5 Кількість запасів палива і масла. Для визначення кількості запасів палива і масла скористаємося формулою:

$$P_{\text{т}} = 24,5 \cdot 10^{-5} K_1 K_2 K_3 q_{\text{т}} N \cdot A, \quad \text{кН,}$$

де

$K_1 = 1,1$ - коефіцієнт, що враховує втрати при роботі первинних двигунів;

$K_2 = 1,1$ - коефіцієнт, що враховує морський запас;

$K_3 = 0,7$ - коефіцієнт використання дизель-генераторів за часом і потужністю;

$q_{\text{т}} = 260$ – питома витрата палива і масла (для дизелів, що застосовуються на сучасних ПБУ, приблизно дорівнює 260 г / кВт.год);

$N=5873,8$ – встановлена потужність енергетичної установки, кВт;

$A=30$ – автономність по запасом палива, діб.

$$P_{\text{т}} = 9507,4 \text{ кН.}$$

1.2.6 Вага екіпажу і постачання. Вага екіпажу і постачання визначається за формулою [1]:

$$P_{\text{эк}} = 71 + 14,5x_{\text{к}} = 71 + 14,5 \cdot 8 = 187 \text{ кН.}$$

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ.01	Арк.
						15
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Вибір головних розмірів

Функціональну схему вибору основних характеристик СПБУ наведено на рис. 1.2.

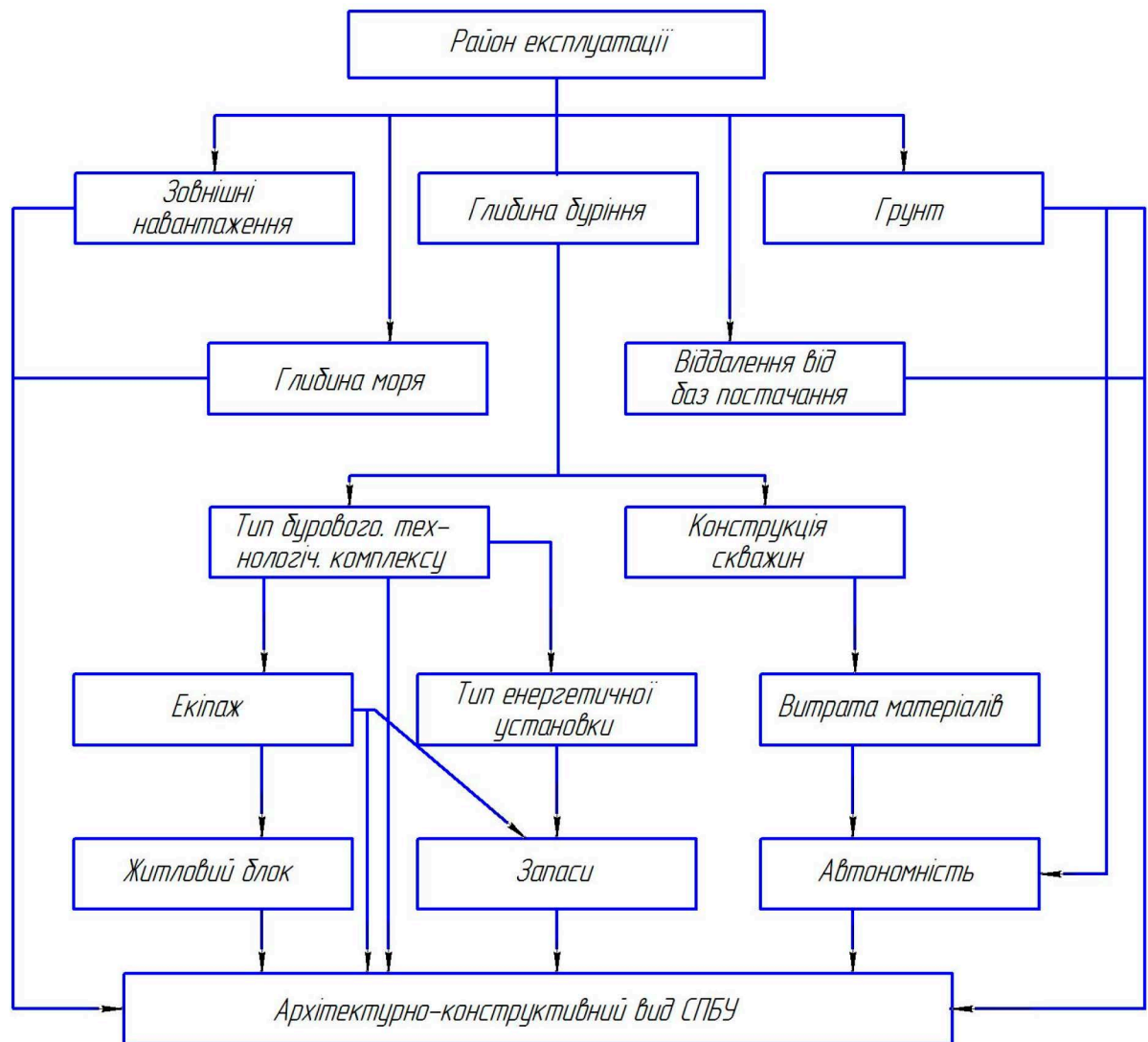


Рисунок 1.2 – Функціональна схема вибору основних характеристик ПБУ

Головні розміри СПБУ є функцією багатьох змінних: архітектурно-конструктивного типу, глибини моря, глибини буріння, вітро-хвильового режиму, технологічних площ палуб.

1.3.1 Вихідні дані.

Архітектурно-конструктивний тип - трьохопорна з аутригерами і консольним розташуванням вишки.

Район експлуатації ПБУ - Чорне море.

Глибина моря – $H_0 = 90$ м

Глибина буріння – $X_k = 8,0$ тыс. м.

Опорні колони – циліндричні.

Механізми підйому – гідравлічні.

Розрахункова швидкість вітру – $V=30...45$ м/с.

Висота хвилі 1% забезпеченості – $h_{1\%} = 14,26$ м.

Період хвилювання – $\tau = 11,45$ с.

Довжина хвилі – $\lambda = 204,69$ м.

Площа палуби для розміщення технологічного обладнання – $S_T = 1000$ м².

Відношення площі палуби до площі необхідної для розміщення технологічного обладнання – $\kappa_s = 1,5$.

Площа парусності устаткування, розташованого на верхній палубі – $A_0=2600$ м²(за прототипом)

Піднесення центру парусності обладнання над ВП – $Z_{A_0} = 20$ м.

Межа плинності матеріалу корпусу – $\sigma = 300$ МПа.

Граничне відношення – $L/H = 7$

Відношення – $L/B = 2,12$.

Відношення бази між опорними колонами по ширині до ширини корпусу – $B_0/B = 1,56$.

Відношення бази між опорними колонами по довжині до довжини корпусу – $l_0/L = 0,95$.

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ.01	Арк.
						17
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова схема вибору головних розмірів (рис. 1.3)

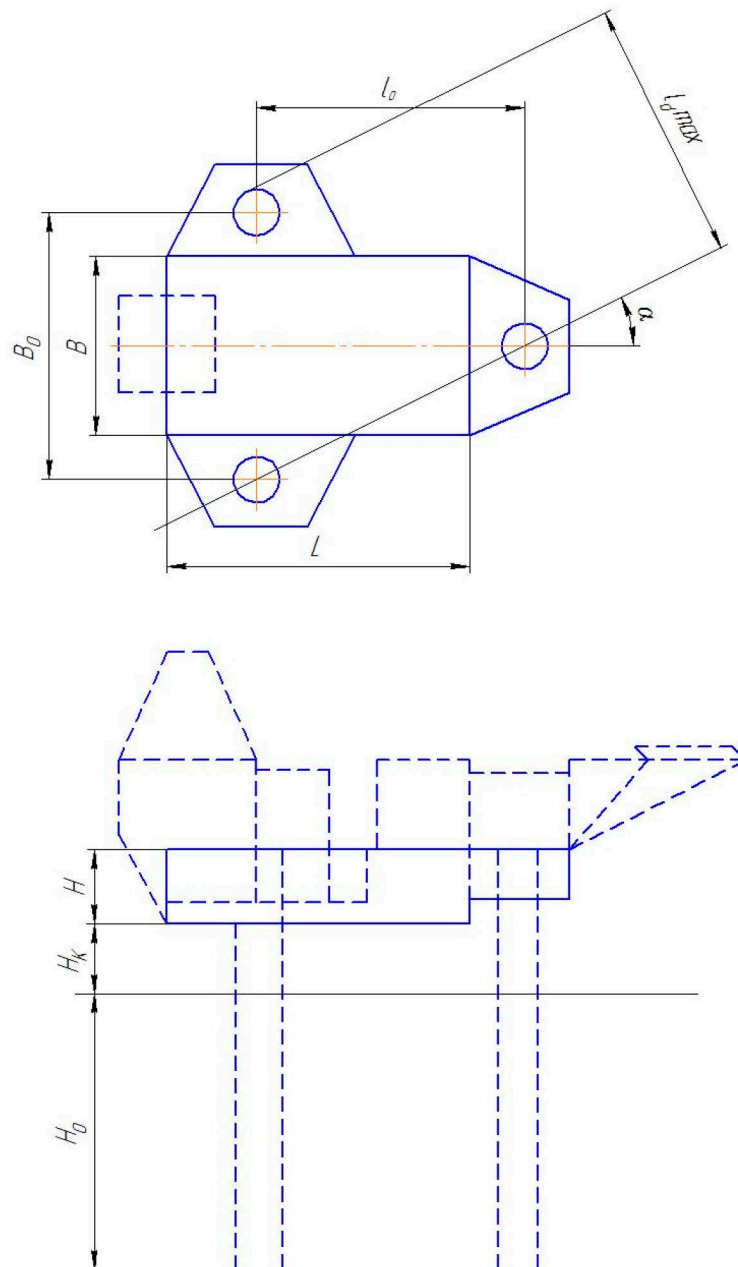


Рисунок 1.3 – Розрахункова схема вибору головних розмірів

1.3.2 Основні характеристики СПБУ, що не залежать від головних розмірів.

Чисельність екіпажу - 95 осіб.

Потужність енергетичної установки – 5873,8 кВт.

Вага технологічного обладнання – 14951,6 кН.

Вага енергетичної установки – 2887,2 кН.

Вага електрообладнання – 3980,2 кН.

Вага житлового блоку – 7022,5 кН.

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

12.KP.135.4 111.16.ПЗ.01

Арк.

18

Вага вертолітного майданчика – 1300 кН.

Разом незалежні ваги – $P_0 = 30141,5$ кН.

Вага технологічних запасів є функцією конструкції свердловини, для спрощення приймемо кількість технологічних запасів постійним і рівним $P_{ТЗ} = 20000$ кН. На переході кількість запасів, що знаходяться на ПБУ, становить 30%.

1.3.3 Рішення спільного рівняння плавучості і ваг.

Запишемо спільне рівняння плавучості і ваг.

$$4LBH = 1,05\kappa_M P_K + P_{МП} + P_{CC} + P_{CY} + P_{CK} + P_{ЗВ} + P_{OK} + P_{ЗП} + P_0 + P_{ТЗ}, \quad (1.8)$$

де $P_0 = P_{ЭУ} + P_{ЭО} + P_{ВП} + P_{ТО} + P_{Ж} = 30141,5$ кН.

Підставивши в це рівняння функціональні залежності статей вагового навантаження від головних розмірів [1], отримаємо

$$10LBH = (240/300 \cdot 1,05(LBH + 1,5 \cdot 10^{-5}(LBH)^2 + 148,3(LBH)^{1/3} + 5,85 \cdot 10^{-3}(LBH)^{4/3} + 26,9(LBH)^{1/4} + 1,015 \cdot 10^{-2}(LBH)^{5/4} + 4,756 \cdot 10^{-2}LBH + 5,826 \cdot 10^{-7}(LBH)^2 + 0,1LBH + P_0 + 0,3P_{ТЗ}) \cdot (1 + a_{КСК} + a_{КА}) + P_{OK} + 6LBH,$$

де $a_{КСК} = 0,087$ – вимірювач ваги порталів і підкріплень (за прототипом),

$a_{КА} = 0,083$ – вимірювач ваги металоконструкції аутригерів (за прототипом).

Перетворивши (1.8) отримаємо

$$-2,946LBH + 1,341 \cdot 10^{-5}(LBH)^2 + 148,3(LBH)^{1/3} + (0,01LBH + 26,9)(LBH)^{1/4} + 5,65 \cdot 10^{-3}(LBH)^{4/3} + LBH(5,828 \cdot 10^7 LBH + 0,048) + 5,846 \cdot 10^4 = 0, \quad (1.9)$$

де $P'_0 = (P_0 + 0,3P_{ТЗ}) \cdot (1 + a_{КСК} + a_{КА}) = 42285,6$ кН.

У вираз (1.9) входить складова $P_{ок}$ (опорної колони), яка є функцією глибини моря, зовнішніх навантажень, конструкції колони, вертикального навантаження, створеної корпусом та обладнанням ($f(LBH)$) і запасами. Замінімо суму складових P'_0 і $P_{ок}$ на P_0^* , тоді вираз (1.9) для даного архітектурно-конструктивного типу ПБУ буде описувати зміна вантажопідйомності установки у функції головних розмірів, матеріалу корпусу та механізмів підйому.

Побудуємо прямокутну систему координат L, H , де на вертикальній осі позначимо змінні L_i^j, B_i^j, l_0, v_0 (див. рис.1.4). Приймаємо $H=1, B=L$ та побудуємо залежність $P_0^* = f(L)$, задаючи довжину L і та вирішуя рівняння (2.9), визначимо P_0^* .

Для прийнятого співвідношення L/B побудуємо залежність зміни $L'' = f(H)$ з умови $LBH = \text{const}$.

$$L'' = L''_i \left(\sqrt{\frac{L}{B}} \right)^{\frac{1}{\sqrt{H}}}.$$

Для $L''_{\max}$ побудуємо базу установки по ширині у функції висоти борту.

З умови забезпечення стійкості СПБУ [1] визначимо B_0

$$B_0 = \frac{L_{\max}^*}{L/B} \cdot \frac{B_{\text{опр}}}{B_{\text{пр}}}.$$

Перекидаючий момент від хвильової навантаження визначимо за прототипом

$$B'_0 = \frac{1}{\cos \alpha};$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{4} + \left(\frac{B_0}{B} \frac{L}{l_0} \right)^2}};$$

$$M_{\text{волн}} = 6k_{\text{вк}}k_qk_{\text{ин}}\mu_{\text{ск}}M_{\text{ск}} = 410000, \text{ кНм},$$

де

$k_{\text{вк}} = 1,05$ – коефіцієнт, що враховує хвильове навантаження на колону і глибинні насоси;

$k_q = 1,4$ – коефіцієнт динамічності;

$k_{\text{ин}} = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує інерційне навантаження;

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ.01	Арк.
						20
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\mu_{ск} = 1,78$ – коефіцієнт, що враховує конструкцію колони;

$M_{ск}=23741$ кНм – момент швидкісної складової хвильового навантаження на циліндричні елементи, (за прототипом)

Вітровий момент на СПБУ запишемо у функції H

$$M_{ветр} = \rho V^2 / 2 (LH(H_0 + H_{кл} + H/2)k_3 + A_0(H_0 + H_{кл} + H + Z_0)),$$

де $\rho = 1,5 \cdot 10^{-5}$ т/м³ – густина повітря;

$V=45$ м/с – швидкість вітру;

$H_0 = 90$ м – глибина моря;

$$H_{кл} = 0,6h_{1\%} + 1,5; \quad h_{1\%} = 14,26 \text{ м}; \quad H_{кл} = 10,05 \text{ м};$$

$k_3=1,08$ – коефіцієнт зони;

$A_0=2600$ м – площа парусності обладнання (за прототипом);

$Z_0=20$ м – піднесення центру парусності обладнання над ВП (за прототипом).

Підставивши значення у формулу отримаємо

$$M_{ветр} = 40,9LH + 0,54LH^2 + 2600H + 150540.$$

Таблиця 1.2 – Розрахункові вітрові моменти

V, м/с	30	32	34	36	38	40	42	45
$M_{ветр}$, Н/м	2019,1	3321,3	3749,4	4203,5	4683,5	5189,5	5721,4	6568

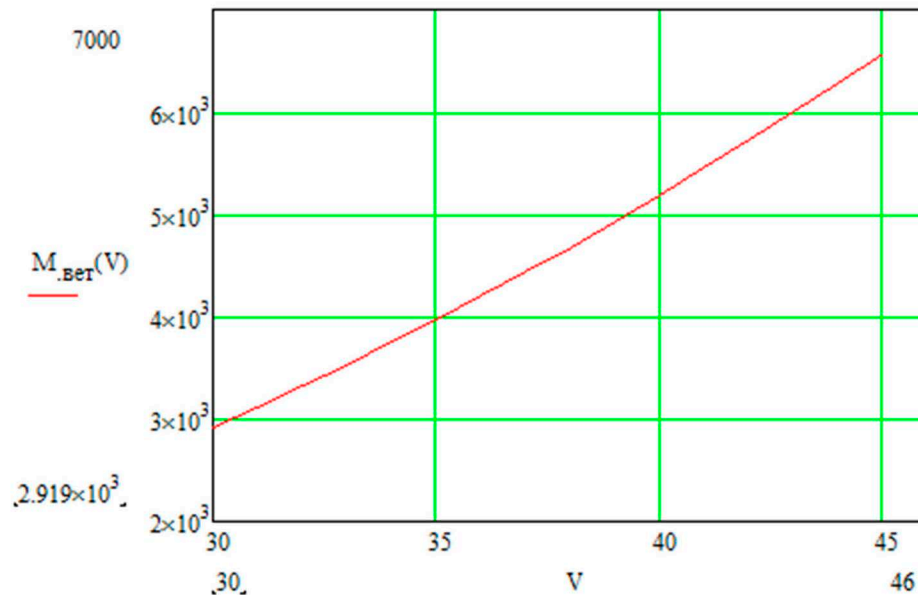


Рисунок 1.4 – Залежність вітрового моменту $M_{вет}$, Нм, від швидкості вітру, м/с

Перетин кривих V_{0min} , V_{0max} , із V_0 визначає висоту борту СПБУ з умови забезпечення стійкості установки. Точка перетину L'_{min} із V_0 визначає висоту борту установки з умови забезпечення стійкості в поздовжньому напрямку за умови, що вітро-хвильові навантаження на СПБУ в поздовжньому напрямку рівні вітро-хвильовим навантаженням в поперечному напрямку.

Для проектованої СПБУ довжина установки буде перебувати між L''_{max} і L''_{min} тому обмеження по H_B зміщуватиметься вправо. У зв'язку з цим можна прийняти як обмеження праворуч обмеження по H_L .

Побудуємо лінії що обмежують головні розміри СПБУ за граничним значенням відношення L/H і площі палуби, необхідної для розміщення технологічного обладнання.

$$L''' = \sqrt{k_S S_T \frac{L}{B}} = 50 \text{ м.}$$

Висота борту СПБУ обмежується зліва за умови мінімальної висоти приміщення, необхідного для розміщення обладнання. Приймаємо висоту другого дна що дорівнює $h_{вд} = 1,2$, а висоту ярусу $h_{я} = 3,2$ м.

Тоді

$$H'_1 = 4,4 \text{ м}, H'_2 = 7,6 \text{ м}.$$

У результаті накладення обмежень отримана область можливих значень L і H ПБУ за умови двоярусного розташування обладнання, забезпечення стійкості ПБУ в робочому положенні, забезпечення необхідної площі палуби і граничного співвідношення L/H . При заданому співвідношенні L/B , рівняння ваг ПБУ є функцією двох змінних

$$D_i = f(L, H).$$

У зв'язку з тим, що будівельна вартість є функцією водотоннажності, відповідно отримаємо:

$$K_c = f(D_i) = \varphi(L, H) - \min.$$

Тоді оптимальне значення L і H при заданому співвідношенні L/B будемо шукати методом варіацій в області допустимих значень за умови, що функція мети прагнути до мінімуму (в даному випадку функція мети є будівельною вартістю).

У результаті розрахунку головних розмірів, з урахуванням області допустимих значень отримуємо наступні параметри:

$$LBH = 32110,69 \text{ м}^3, L = 75,47 \text{ м}, B = 35,599 \text{ м}, H = 10,78 \text{ м}.$$

Прийmemo:

$$L = 75 \text{ м}, B = 36 \text{ м}, H = 10,8 \text{ м}, B_0 = 56,16 \text{ м}, L_0 = 71,25 \text{ м}.$$

1.4 Вагові навантаження, що залежать від головних розмірів

1.4.1 Вага корпусу. Вага корпусу на початкових стадіях проектування можна обчислити за формулою:

$$P_k = a_k LBH,$$

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ.01	Арк.
						23
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де a_k – вимірювач ваги корпусу

$$a_k = 1 + 1,5 \cdot 10^{-5} LBH.$$

Підставляючи a_k у формулу, отримаємо:

$$P_k = LBH + 1,5 \cdot 10^{-5} (LBH)^2.$$

Цей вираз отримано для корпусів зі сталі із границею текучості $\sigma_{To} = 240$ МПа. У проектованій СПБУ $\sigma_T = 300$ МПа, тому вводимо коефіцієнт $K_M = 240/\sigma_T$, тоді вагу корпусу без аутригерів можна визначити за формулою:

$$P_k = 240/\sigma_T (LBH + 1,5 \cdot 10^{-5} (LBH)^2),$$

$$P_k = 33531,7 \text{ кН.}$$

Вага аутригерів дорівнює

$$P_{ak} = a_k P_k,$$

де $a_k = 0,33$.

$$P_{ak} = 0,3 \cdot 33531,7 = 11065,5 \text{ кН.}$$

Вага корпусу з аутригерами дорівнює $P_k = 44597,1$ кН.

1.4.2 Вага підгрупи: дільні речі, забарвлення, ізоляція. Аналіз цієї підгрупи показує, що ці статті в цілому становлять 4 ... 5% від ваги корпусу.

$$P_{из} = 0,04 P_k ;$$

$$P_{из} = 1783,9 \text{ кН.}$$

1.4.3 Вага суднових пристроїв. Аналіз ваги суднових пристроїв СПБУ: якірного, швартовного, буксирного, рятувального та вантажного показують, що вимірювач ваги

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ.01	Арк.
						24
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_{cy} = 26,9 + 1,015 \cdot 10^{-2} LBH.$$

На початкових стадіях проектування для визначення ваги суднових пристроїв можна скористатися залежністю:

$$P_{cy} = 26,9 (LBH)^{1/4} + 1,015 \cdot 10^{-2} (LBH)^{5/4},$$

$$P_{cy} = 4219,2 \text{ кН.}$$

1.4.4 Вага суднових систем. Вага суднових систем СПБУ на початкових стадіях проектування можна визначити за формулою:

$$P_{cc} = 4,756 \cdot 10^{-2} LBH + 5,828 \cdot 10^{-7} (LBH)^2,$$

$$P_{cc} = 1882,4 \text{ кН.}$$

1.4.5 Вага обладнання корпусу. Аналіз ваг обладнання корпусу СПБУ показує, що його вага становить 40- 50% ваги корпусу і дорівнює

$$P_{об} = 0,45 P_k;$$

$$P_{об} = 20068,7 \text{ кН.}$$

1.4.6 Вага опорної колони. При діаметрі опорної колони 6м, довжині 72м, з урахуванням несучих елементів і опорною рейки $P_{ок}=9800$ кН (з розрахунку ваги металоконструкції колони прототипу).

1.4.7 Механізми підйому. На початкових стадіях проектування вага механізмів підйому гідравлічного типу можна визначити за формулою:

$$P_{мп} = 148,3 LBH^{\frac{1}{3}} + 5,65 \cdot 10^{-3} LBH^{\frac{4}{3}}, \text{ кН};$$

$$P_{мп} = 9635,7 \text{ кН.}$$

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ.01	Арк.
						25
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.8 Озброєння

$P_B = 117,6$ кН (за прототипом).

Таблиця 1.3 – Зведена таблиця ваг

Найменування статей навантаження	Вага, кН	Маса, т
Технологічне обладнання	14951,6	1524,1
Енергетична установка	2887,2	294,3
Електрообладнання	3980,2	405,7
Житловий блок	7022,5	715,9
Вертолітний майданчик	1300	132,5
Корпус	44597,1	4546,1
Дельні речі, забарвлення, ізоляція	1783	181,8
Суднові пристрої	4219,2	430,1
Суднові системи	1882,4	191,9
Устаткування корпусу	20068,7	2045,7
Опорні колони	29400	2996,9
Механізми підйому	9635,7	982,2
Озброєння	117,6	12,0
Разом ПБУ порожнем	141846,1	14459,3

					12.КР.135.4111.16.ПЗ.02									
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення параметрів хвилювання при стоянці СПБУ на якорях					Літ.	Арк.	Аркушів		
Студент		Міляєв В.О.										27	6	
Консульт.		Зайцев В.В.								НУК				
Керівник.		Зайцев В.В.								ім. адм. Макарова				
Зав.каф.		Зайцев В.В.												

2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ХВИЛЮВАННЯ ПРИ СТОЯНЦІ СПБУ НА ЯКОРЯХ

Параметри хвилювання будемо визначати тільки для режиму роботи бурової установки: режим переходу.

Зробимо розрахунок для режиму переходу при стоянці на якорях.

Вихідні дані:

$k_{vis} = 5 \cdot 10^{11}$ - коефіцієнт;

$\nu = 10^{-5}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, $\text{м}^2/\text{с}$;

$V_{w.n} = 15 \dots 25$ – швидкість вітру, м/с ;

Розгін: $L_n = k_{vis} \frac{\nu}{V_{w.n} \cdot 1000} \text{км}$;

Термін дії вітру: $t_n = 17,5 \dots 22,5$ год;

Глибина у місці установки: $H = 90$ м;

Прискорення вільного падіння: $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Обчислимо коефіцієнти для графіків за графіками:

$$k_{1.6} = \frac{g \cdot t_n \cdot 3600}{V_{w.n}};$$

$$k_{2.6} = \frac{g \cdot L_n \cdot 10^3}{V_{w.n}^2};$$

$$k_{3.6} = \frac{g \cdot H}{V_{w.n}^2}.$$

За графіками для визначення елементів вітрових хвиль в глибоководній і мілководній зонах (СНиП II-57-75 стор.31). визначаємо розрахункові параметри хвилювання:

$$gh_{Vw2.6} = gh_{Vw2}(k_{2.6});$$

$$gT_{Vw6} = gT_{Vw}(k_{2.6});$$

$$h_n = \frac{gh_{Vw2.6} \cdot V_{w.n}^2}{g} = \begin{pmatrix} 2.444 \\ 2.871 \\ 3.331 \\ 3.668 \\ 4.111 \\ 4.341 \end{pmatrix};$$

$$T_{\Pi} = \frac{g T_{VW6} \cdot V_{W,\Pi}}{g} = \begin{pmatrix} 7.309 \\ 8.055 \\ 8.166 \\ 8.552 \\ 8.92 \\ 9.301 \end{pmatrix};$$

$$\frac{gH}{V_{W6}^2} = \begin{pmatrix} 3.92 \\ 3.06 \\ 2.45 \\ 2 \\ 1.67 \\ 1.41 \end{pmatrix}.$$

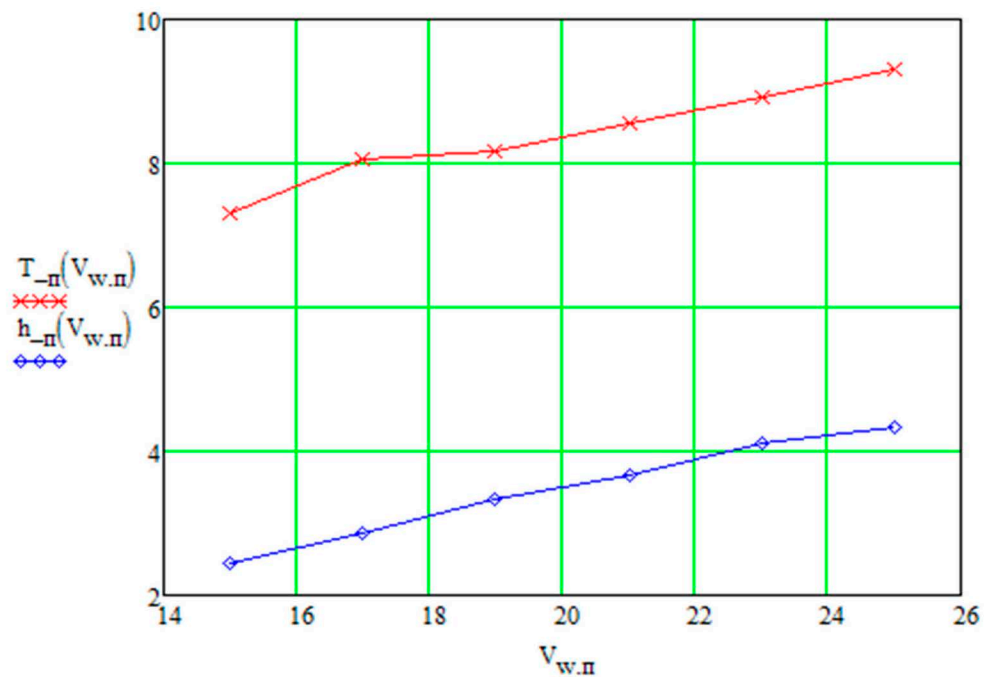


Рисунок 2.1 – Залежність висоти хвилі h_{Π} та періоду T_{Π} від швидкості вітру

Середня довжина хвилі:

$$\lambda_{\Pi} = \frac{g \cdot T_{\Pi}^2}{2\pi} = \begin{pmatrix} 83.41 \\ 101.294 \\ 104.118 \\ 114.179 \\ 124.237 \\ 135.073 \end{pmatrix};$$

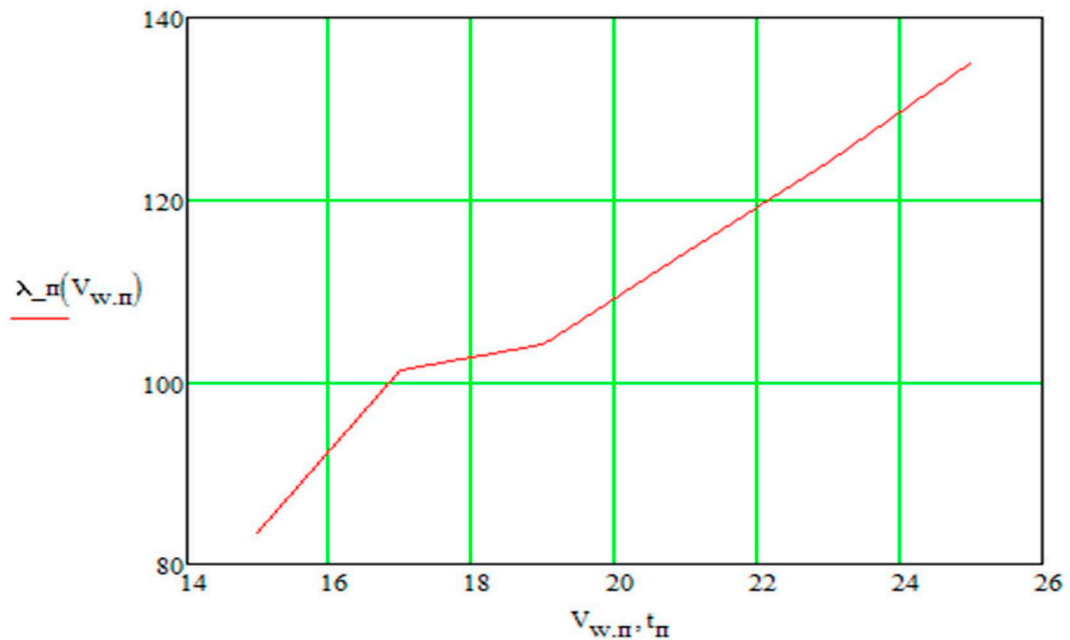


Рисунок 2.2 – Залежність довжини хвилі $h_{\text{п}}$, від зовнішніх зусиль

Таким чином, було отримано середні значення висоти хвилі та періоду:

Режим переходу:

$$h_{\text{п}} = \begin{pmatrix} 2.444 \\ 2.871 \\ 3.331 \\ 3.668 \\ 4.111 \\ 4.341 \end{pmatrix} \text{ м}; T_{\text{п}} = \begin{pmatrix} 7.309 \\ 8.055 \\ 8.166 \\ 8.552 \\ 8.92 \\ 9.301 \end{pmatrix} \text{ с}; \lambda_{\text{п}} = \begin{pmatrix} 83.41 \\ 101.294 \\ 104.118 \\ 114.179 \\ 124.237 \\ 135.073 \end{pmatrix} \text{ м}.$$

Висота хвилі i -тої забезпеченості в глибоководній зоні визначається за формулою:

$$h_{1\%} = k_i \cdot h_{\text{п}}$$

„

де k_i - коефіцієнт, що визначається за графіком (СНиП 2-57-85 стор.36, рис.39).

$$k_{2.5} = \frac{g \cdot L_0 \cdot 10^3}{V_{\text{в.п}}^2};$$

$$k_{0,1\%}(k_{2.5}) = 2,72;$$

.

$$h_{0,1\%.\text{п}}(k_{2.5}) = k_{0,1\%}(k_{2.5}) \cdot h_{\text{п}};$$

$$h_{1\%.\text{п}}(k_{2.5}) = k_{1\%}(k_{2.5}) \cdot h_{\text{п}};$$

$$h_{0,1\%.п} = \begin{pmatrix} 6.649 \\ 7.809 \\ 9.061 \\ 9.977 \\ 11.183 \\ 11.807 \end{pmatrix}; h_{1\%.п} = \begin{pmatrix} 5.647 \\ 6.632 \\ 7.695 \\ 8.474 \\ 9.497 \\ 10.027 \end{pmatrix}.$$

Перевищення хвилі над розрахунковим рівнем η_c будемо визначати за величиною $\frac{\eta_c}{h_i}$ для значення $\frac{h_{0,1\%}}{gT_i^2}$.

- для режиму переходу:

$$\frac{h_{0,1\%.п}}{g \cdot T_{п}^2} = \begin{pmatrix} 0.0127 \\ 0.0123 \\ 0.0139 \\ 0.0139 \\ 0.0143 \\ 0.0139 \end{pmatrix}$$

приймаємо $\frac{\eta_{с.п}}{h_i} = 0,556$

$$\eta_{с.п} = h_{0,1\%.п} \cdot 0,556 = \begin{pmatrix} 3.69 \\ 4.34 \\ 5.04 \\ 5.54 \\ 6.22 \\ 6.57 \end{pmatrix} \text{ м.}$$

Визначимо кліренс:

$$l_{1,6} = \eta_{с.6} + 1,5 = \begin{pmatrix} 5.197 \\ 5.842 \\ 6.538 \\ 7.047 \\ 7.718 \\ 8.065 \end{pmatrix},$$

де 1,5 м – величина запасу.

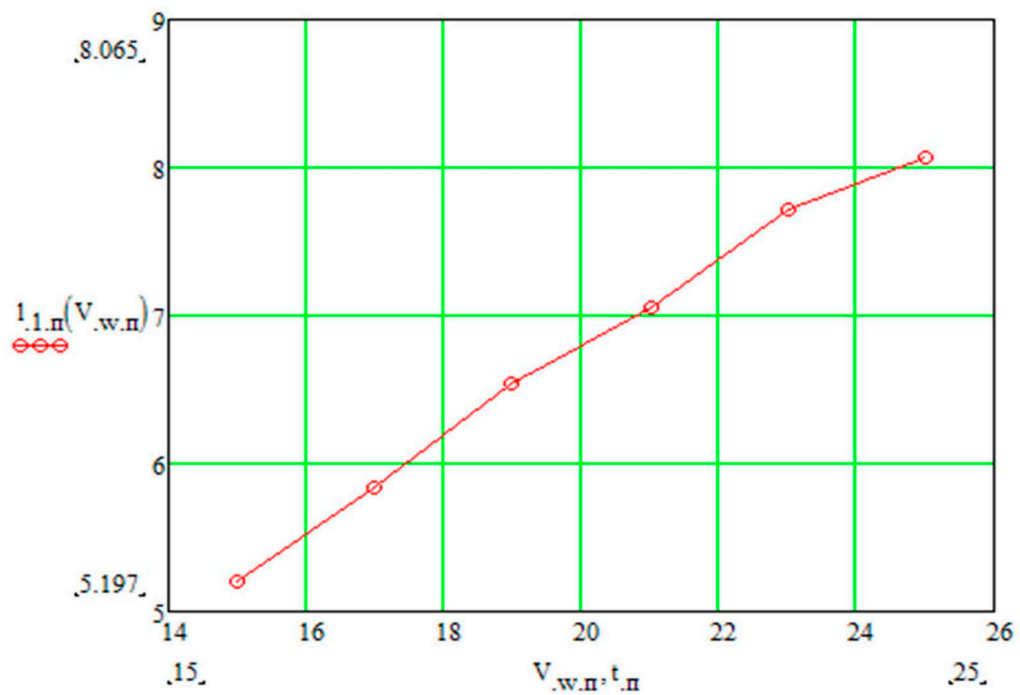


Рисунок 2.3 – Залежність величини кліренсу $l_{1,п}$, від зовнішніх зусиль

Визначаємо висоту колон:

$$l_{2,п} = 0,1 \cdot \lambda_{п} = \begin{pmatrix} 8.341 \\ 10.129 \\ 10.412 \\ 11.418 \\ 12.424 \\ 13.507 \end{pmatrix}; \quad h_{к,п} = l_{1,п} + l_{2,п} = \begin{pmatrix} 13.538 \\ 15.971 \\ 16.95 \\ 18.465 \\ 20.141 \\ 21.572 \end{pmatrix}.$$

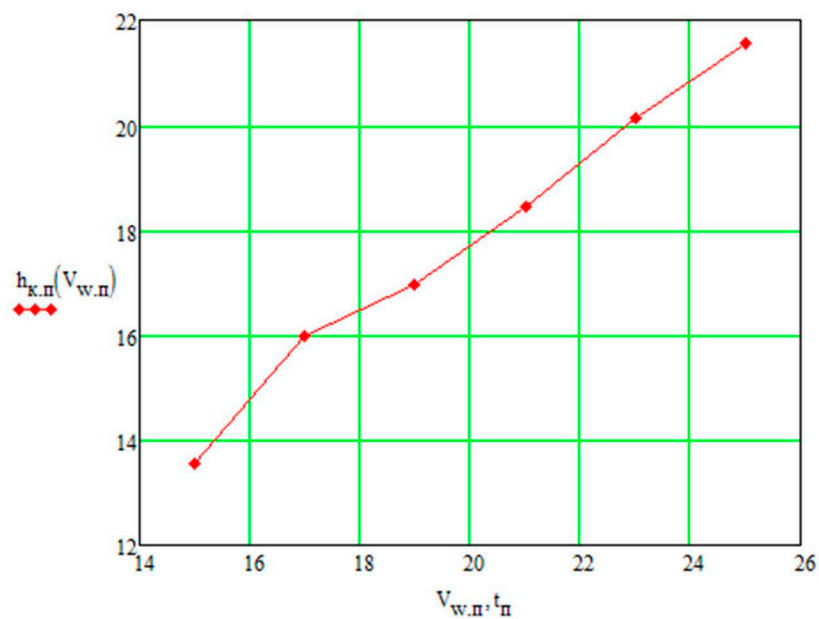


Рисунок 2.4 – Залежність висоти колон $h_{к,п}$, від зовнішніх зусиль

					12.КР.135.4111.16.ПЗ.03			
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Міляєв В.О.			Визначення боксирувального опору СПБУ на тихій воді			
Консульт.		Зайцев В.В.						
Керівник.		Зайцев В.В.						
Зав.каф.		Зайцев В.В.						
					Літ.	Арк.	Аркушів	
						33	8	
					НУК ім. адм. Макарова			

3 ВИЗНАЧЕННЯ БУКСИРУВАЛЬНОГО ОПОРУ СПБУ НА ТИХІЙ ВОДІ

3.1 Вихідні дані для розрахунку

Розрахунок виконано з метою оцінки буксировального опору СПБУ на тихій воді. У розрахунку використані дані гідро- і аеродинамічних випробувань моделей СПБУ пр.15401, що має аналогічну форму понтона і близьку компановку верхньої будови.

Буксировальний опір СПБУ визначаємо стосовно до руху установки з кутами дрейфу 0, 15, 30 і 45 градусів.

$L = 75$ - довжина корпусу розрахункова, м;

$B = 71,172$ - ширина корпусу з аутригерами, м;

$d = 5,04$ - осадка при переході, м;

$d_m = 3,87$ - осадка габаритна, м;

$\Delta = 14459,3$ - водотонажність при переході, м³;

$D = 10,8$ - висота борту, м;

$D_k = 6$ - діаметр опорної колони, м;

$\rho = 1,025$ - густина морської води, т/м³;

$\rho_A = 1,226 \cdot 10^3$ - густина повітря.

3.2 Буксировальний опір на тихій воді

Буксировальний опір СПБУ на тихій воді представлено в наступному вигляді:

$$R_T = R_k + R_{кол}, \text{ кН}$$

де

R_k – опір корпусу (понтону) установки без опорних колон, кН;

$R_{кол}$ – опір опорних колон, кН.

Це припущення прийнято з огляду на те, що нижні частини опорних колон з башмаками значно виступають за ОП СПБУ, а їх конфігурація істотно відрізняється від колон базового варіанту СПБУ пр.15401. буксирувальний опір корпусу установки визначено перерахунком результатів модельних випробувань понтона СПБУ пр.15401 за такою формулою:

$$R_T = R_{к.0} \cdot \frac{A_x}{A_{x.0}}, \text{ кН},$$

де $R_{к.0}$ – буксирувальний опір корпусу прототипу, кН;

$A_{x.0}$ – характерна площа прототипу, м^2 ;

A_x – характерна площа ПБУ, м^2

$$A_x = B \cdot d = 71,172 \cdot 5,04 = 358,7;$$

$B_0 = 66$ - ширина корпусу з аутригерами (прототипу), м;

$d_0 = 5,04$ - осадка при переході (прототипу), м;

Характерна площа ПБУ (прототипу), м^2

$$A_{x.0} = B_0 \cdot d_0 = 66 \cdot 5,03 = 332.$$

Деяке збільшення буксирувального опору СПБУ в порівнянні з прототипом через наявність V-образного вирізу транця в розрахунку вважається скомпенсованим значним зменшенням розмірів і площі вирізів під опорні колони, а так само більш ніж 60% перекриттями площі кожного вирізу тілом опорної колони.

Розрахунок буксирувального опору корпусу СПБУ на тихій воді представлено нижче.

Для визначення буксирувального опору виступаючих частин опорних колон кожна з них умовно розбита на 2 елементи, що істотно відрізняються один від одного геометричною формою. Елемент І –тіло опорної колони, що представляє

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ.03	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

собою призму з поперечним перерізом у вигляді правильного багатокутника, до якої по торцях примикають основи пірамідального типу.

Буксирувальний опір виступаючих частин опорних колон розраховано за такою формулою:

$$R_{\text{кол}} = n \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot U_{\text{б.ч}} \cdot \sum_{i=1}^n (C_{x_i} \cdot A_i), \text{ кН},$$

де $n=3$ – кількість колон СПБУ;

$U_{\text{б.ч}}$ – швидкість буксирування, м/с;

C_{x_i} - коефіцієнт лобового опору i -го елемента;

A_i – площа перерізу i -го елемента, орієнтована перпендикулярно потоку, що набігає

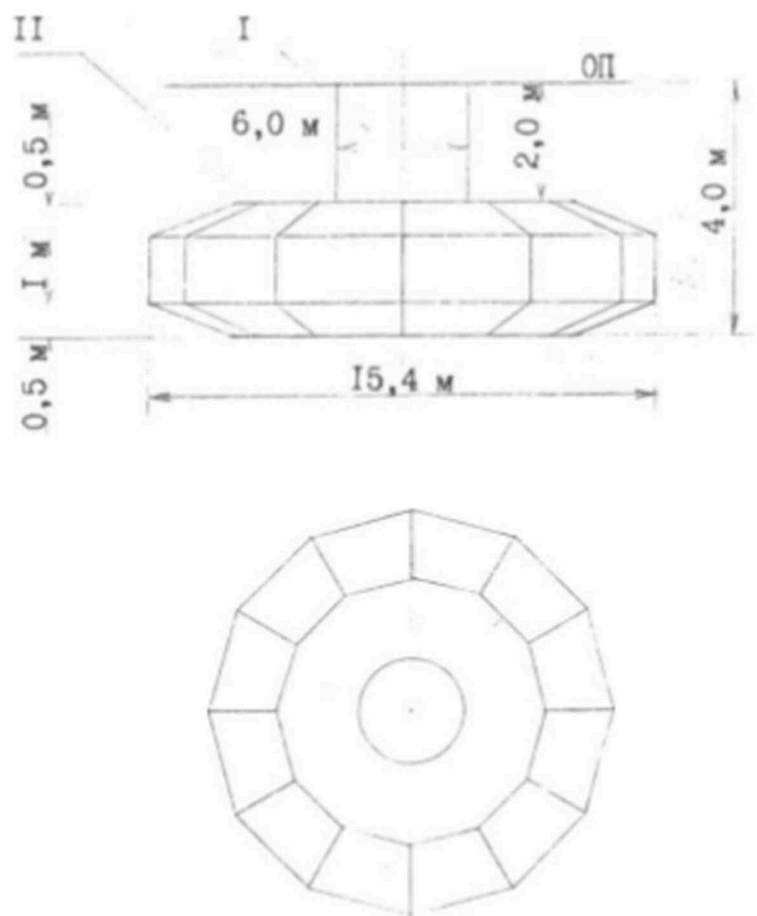


Рисунок 3.1 – Геометрична схема колони

$A_I=11,7 \text{ м}^2$ – характерна площа елемента I;

$A_{II}=28 \text{ м}^2$ – характерна площа елемента II;

Коефіцієнт лобового опору елементів I і II в розрахунку прийнято за рекомендаціями:

$$C_{x.I} := 0.60$$

$$C_{x.II} := 0.47$$

$$i := 0..5$$

$$U_{6.s_i} := i + 1$$

$$U_6 := U_{6.s} \cdot 0.514$$

$$R_{K.0} := (25.7 \ 103.0 \ 232.0 \ 412.0 \ 644.0 \ 900.0)^T$$

$$R_K := 0.979 \cdot R_{K.0}$$

$$R_I := C_{x.I} \frac{n \cdot \rho}{2} \cdot U_6^2 \cdot A_I$$

$$R_{II} := C_{x.II} \frac{n \cdot \rho}{2} \cdot U_6^2 \cdot A_{II}$$

$$R_{\text{кол}} := R_I + R_{II}$$

$$R_T := R_K + R_{\text{кол}}$$

$$U_{6.s} := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{pmatrix} \quad R_K = \begin{pmatrix} 25.2 \\ 100.8 \\ 227.1 \\ 403.3 \\ 630.5 \\ 881.1 \end{pmatrix} \quad R_I = \begin{pmatrix} 2.9 \\ 11.4 \\ 25.7 \\ 45.6 \\ 71.3 \\ 102.7 \end{pmatrix} \quad R_{II} = \begin{pmatrix} 5.3 \\ 21.4 \\ 48.1 \\ 85.5 \\ 133.6 \\ 192.4 \end{pmatrix} \quad R_{\text{кол}} := \begin{pmatrix} 33.4 \\ 133.6 \\ 300.9 \\ 534.5 \\ 835.4 \\ 1176.2 \end{pmatrix}$$

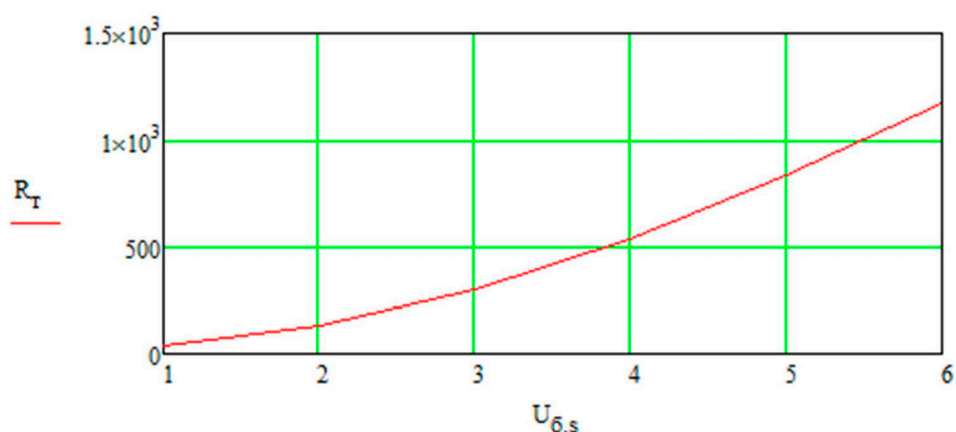


Рисунок 3.2 – Графік буксирного опору на тихій воді без дрейфу

Буксирувальний опір СПБУ на тихій воді при різних кутах дрейфу визначено за такою формулою:

$$R_{Д\beta} = R_{\kappa\beta} + R_{\text{кол}}$$

де $R_{\kappa\beta} = \sqrt{R_{x\beta}^2 + R_{y\beta}^2}$ - буксирувальний опір корпусу СПБУ без колон при відповідному куті дрейфу, кН;

$R_{x\beta}$ - лобовий опір корпусу установки, кН;

$R_{y\beta}$ - бічний опір корпусу установки при дрейфі, кН.

Значення $R_{x\beta}$ і $R_{y\beta}$

$$R_{x,\beta} = 0.5 \cdot C_{x,\beta} \cdot \rho \cdot U_6^2 \cdot A_x$$

$$R_{y,\beta} = 0.5 \cdot C_{y,\beta} \cdot \rho \cdot U_6^2 \cdot A_y$$

$C_{x\beta}$ - гідродинамічний коефіцієнт сили лобового опору корпусу СПБУ;

$C_{y\beta}$ - гідродинамічний коефіцієнт сили бічного опору корпусу СПБУ;

$A_y = L \cdot d = 378$ - площа зануреної частини ДП установки без урахування виступаючих частин опорних колон, м².

Гідродинамічні коефіцієнти C_x і C_y прийнято за результатами модельних випробувань СПБУ пр.15401.

Опір виступаючих частин опорних колон в розрахунку прийнято рівним їх опору при русі установки без дрейфу. Розрахунок буксирувального опору СПБУ при кутах дрейфу 15, 30, 45 градусів представлено нижче. Криві залежності буксирувального опору СПБУ при дрейфі на тихій воді від швидкості буксирування представлено на (рис. 3.3).

$$C_x(\beta) := \begin{cases} 0.577 & \text{if } \beta = 15 \\ 0.491 & \text{if } \beta = 30 \\ 0.382 & \text{if } \beta = 45 \end{cases}$$

$$C_y(\beta) := \begin{cases} 0.101 & \text{if } \beta = 15 \\ 0.25 & \text{if } \beta = 30 \\ 0.401 & \text{if } \beta = 45 \end{cases}$$

$$R_x(\beta) := 0.5 \cdot C_x(\beta) \cdot \rho \cdot U_6^2 \cdot A_x$$

$$R_y(\beta) := 0.5 \cdot C_y(\beta) \cdot \rho \cdot U_6^2 \cdot A_y$$

$$R_{K,\beta}(\beta) := \sqrt{R_x(\beta)^2 + R_y(\beta)^2}$$

$$R_{\pi,\beta}(\beta) := R_{K,\beta}(\beta) + R_{\text{кол}}$$

$$R_{\pi,\beta}(\beta) := \begin{cases} R_T & \text{if } \beta = 0 \\ R_{K,\beta}(\beta) + R_{\text{кол}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta := \beta'_0 = 15$$

$$R_x(\beta) = \begin{pmatrix} 28.024 \\ 112.097 \\ 252.219 \\ 448.39 \\ 700.609 \\ 1.009 \times 10^3 \end{pmatrix} \quad R_y(\beta) = \begin{pmatrix} 5.169 \\ 20.677 \\ 46.524 \\ 82.709 \\ 129.233 \\ 186.095 \end{pmatrix} \quad R_{K,\beta}(\beta) = \begin{pmatrix} 28.497 \\ 113.989 \\ 256.474 \\ 455.954 \\ 712.428 \\ 1.026 \times 10^3 \end{pmatrix} \quad R_{\pi,\beta}(\beta) = \begin{pmatrix} 36.694 \\ 146.777 \\ 330.248 \\ 587.108 \\ 917.357 \\ 1.321 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

$$\beta := \beta'_1 = 30$$

$$R_x(\beta) = \begin{pmatrix} 23.847 \\ 95.39 \\ 214.627 \\ 381.559 \\ 596.185 \\ 858.507 \end{pmatrix} \quad R_y(\beta) = \begin{pmatrix} 12.795 \\ 51.181 \\ 115.158 \\ 204.725 \\ 319.884 \\ 460.632 \end{pmatrix} \quad R_{K,\beta}(\beta) = \begin{pmatrix} 27.063 \\ 108.253 \\ 243.569 \\ 433.012 \\ 676.581 \\ 974.277 \end{pmatrix} \quad R_{\pi,\beta}(\beta) = \begin{pmatrix} 35.26 \\ 141.042 \\ 317.344 \\ 564.166 \\ 881.51 \\ 1.269 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

$$\beta := \beta'_2 = 45$$

$$R_x(\beta) = \begin{pmatrix} 18.553 \\ 74.214 \\ 166.98 \\ 296.854 \\ 463.835 \\ 667.922 \end{pmatrix} \quad R_y(\beta) = \begin{pmatrix} 20.524 \\ 82.095 \\ 184.714 \\ 328.38 \\ 513.093 \\ 738.854 \end{pmatrix} \quad R_{K,\beta}(\beta) = \begin{pmatrix} 27.667 \\ 110.667 \\ 249.001 \\ 442.669 \\ 691.67 \\ 996.005 \end{pmatrix} \quad R_{\pi,\beta}(\beta) = \begin{pmatrix} 35.864 \\ 143.456 \\ 322.775 \\ 573.823 \\ 896.598 \\ 1291.102 \end{pmatrix}$$

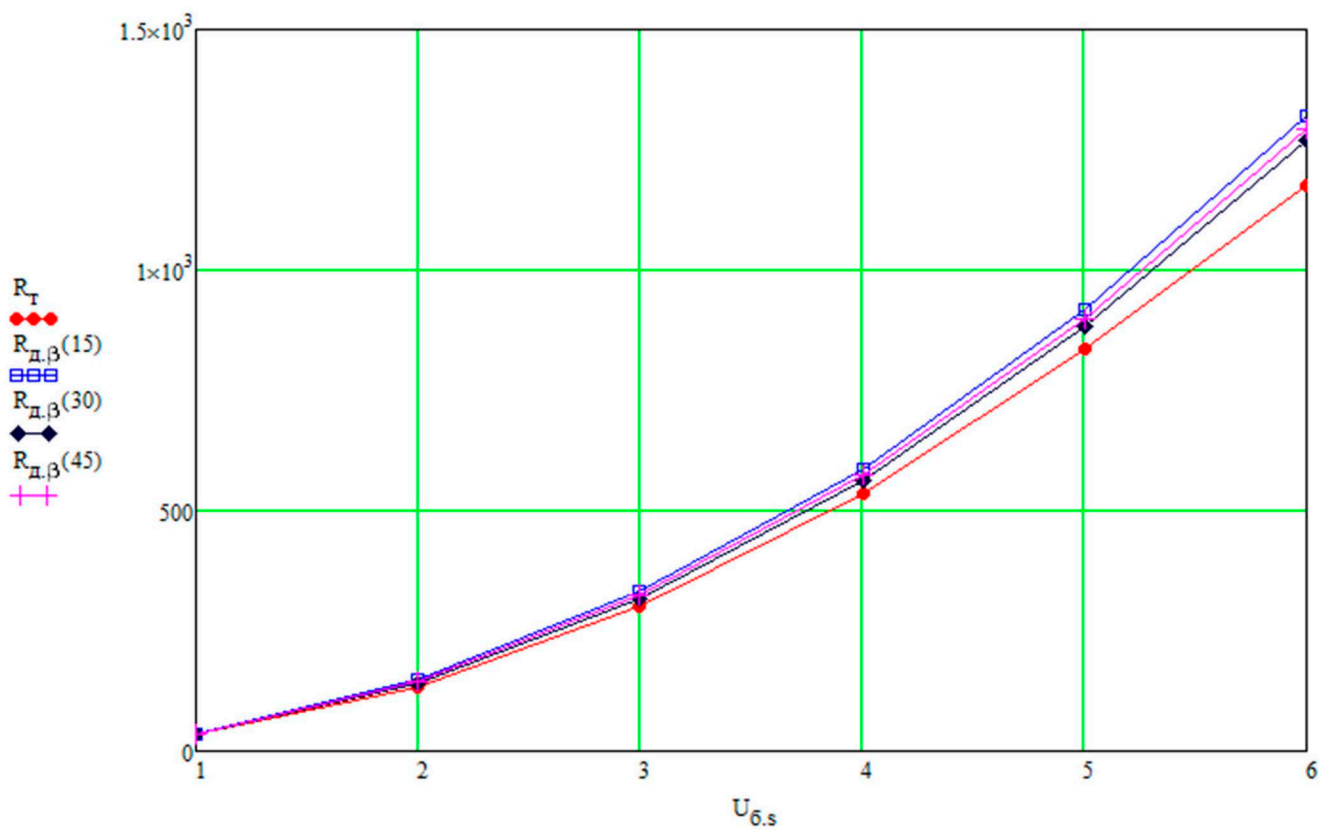


Рисунок 3.3 – Графік буксирувального опору СПБУ на тихій воді для різних кутів дрейфу

Інв. № ориг.	Керівник	Зайцев В.В.			Розрахунок сил на навантажень, що діють на якірний пристрій СПБУ та вибір його елементів	Літ.	Арк.	Аркушів
	Зав.каф.	Зайцев В.В.					41	8
	Студент	Міляєв В.О.						
	Консульт.	Зайцев В.В.						
Інв. № докл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	12.KP.135.4 111.16.ПЗ.04					
Підп. і дата								

4 РОЗРАХУНОК СИЛ ТА НАВАНТАЖЕНЬ, ЩО ДІЮТЬ НА ЯКІРНИЙ ПРИСТРІЙ СПБУ ТА ВИБІР ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ

4.1 Характеристика постачання

Характеристика постачання для вибору якірного постачання повинна розраховуватися за формулою

$$N_c = K_1 \cdot K_2 \cdot \Delta^{2/3} + K_3 \cdot A,$$

де

$K_1 = 1,75$ – коефіцієнт форми для бурових катамаранів та інших подібних типів ПБУ;

$K_2 = 1,2$ – коефіцієнт хвильового впливу;

$K_3 = 2,1$ – коефіцієнт вітрового впливу;

$\Delta = 14460$ – об'ємна водотоннажність (із роділу 1), м^3 ;

A – сумарна площа проекцій конструкцій, що піднімаються над ватерлінією (що проходить через центр знака вантажний марки), на площину, нормальну до горизонтальної проекції якірної лінії, м^2 .

$D_k = 6,0$ – діаметр колон, м;

$h_k = 28,5$ – висота колон, м;

$H_{\Pi} = 10,5$ – висота понтону, м;

$T = 5,75$ – осадка при бурінні (експлуатаційна), м;

$L_k = 61$ – відстань між вісями колон (по довжині понтону), м;

$b_M = 2 \cdot L_k + D_k = 128$ – довжина мосту, м;

$h_M = 6$ – висота мосту, м;

$b_{\text{вс.ня}} = b_M = 128$ – довжина нижнього ярусу верхньої споруди, м;

$h_{\text{вс.ня}} = 6$ – висота нижнього ярусу верхньої споруди, м;

$b_{\text{вс.вя}} = L_k + D_k = 67$ – довжина верхнього ярусу верхньої споруди, м;

$h_{\text{вс.вя}} = 6$ – висота верхнього ярусу верхньої споруди, м;

Підп. і дата		Інв. № дцдл.		Взам. інв. №		Підп. і дата		Інв. № ориг.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.4111.16.ПЗ.04				Арк.
									42

Розміри бурової вежі (згідно ескізу), м:

$$b_{B.0} = 19,8;$$

$$b_{B.1} = 10,391;$$

$$h_{B.1} = 25;$$

$$b_{B.2} = 12,517;$$

$$h_{B.2} = 8,991;$$

$$b_{B.3} = 8,958;$$

$$h_{B.2.2} = 2,645;$$

$$b_{B.4} = 5,377;$$

$$h_{B.3} = 30,98.$$

Площа парусності, м²:

$$A = \sum \begin{bmatrix} 3 \cdot D_K(h_K + H_{\Pi} - T) \\ b_M \cdot h_M \\ b_{BC.HA} \cdot h_{BC.HA} \\ b_{BC.BA} \cdot h_{BC.BA} \\ 0,5 \cdot h_{B.1}(b_{B.0} + b_{B.1}) \cdot 0,6 \\ h_{B.2} \cdot b_{B.2} \\ 0,5 \cdot h_{B.2.2}(b_{B.2} + b_{B.3}) \\ 0,5 \cdot h_{B.3}(b_{B.3} + b_{B.4}) \cdot 0,6 \end{bmatrix} = \sum \begin{bmatrix} 3 \cdot 6(28,5 + 10,5 - 5,8) \\ 128 \cdot 6 \\ 128 \cdot 6 \\ 67 \cdot 6 \\ 0,5 \cdot 25(19,8 + 10,4) \cdot 0,6 \\ 9 \cdot 12,5 \\ 0,5 \cdot 2,6(12,5 + 9) \\ 0,5 \cdot 31(9 + 5,4) \cdot 0,6 \end{bmatrix} = 3037,1.$$

Характеристика постачання, м²:

$$N_c = K_1 \cdot K_2 \cdot \Delta^{2/3} + K_3 \cdot A = 1,8 \cdot 1,2 \cdot 14525^{2/3} + 2,1 \cdot 3037,1 = 7628,1.$$

4.2 Визначення якірно-швартовного постачання

Відповідно до характеристики постачання обрано наступні значення елементів якірно-швартовного постачання бурової.

Підп. і дата						
Інв. № дцбл.						
Взам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.4 111.16.ПЗ.04	Арк.
						43

$N_{\text{як}} = 3$ – кількість станових якорів;

$M_{\text{як}} = 23000$ – маса кожного якоря, кг (без прив'язки до типу якоря);

$d_{\text{ц}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 132 \\ 117 \end{pmatrix}$ – калібр ланцюга за категоріями міцності, мм;

$N_{\text{кан}} = 11$ – кількість швартовних канатів.

Категорії міцності ланцюга=2.

Категорії міцності ланцюга:

1 - звичайної міцності (вже не застосовується);

2 - підвищеної міцності;

3 - особливої міцності.

$d_{\text{ц}} = 132$ – калібр ланцюга, мм.

4.3 Визначення основних характеристик якоря АС-14

$M_{\text{як}} = 23000$ – маса якоря АС-14, кг

Розміри якоря АС-14, мм:

$$A_{\text{AC14}} = 4528; \quad B_{\text{AC14}} = 4095;$$

$$C_{\text{AC14}} = 1229; \quad D_{\text{AC14}} = 783;$$

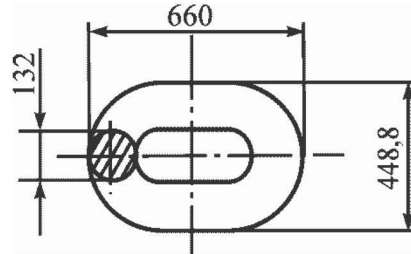
$$E_{\text{AC14}} = 2787; \quad F_{\text{AC14}} = 2194;$$

$$G_{\text{AC14}} = 630; \quad H_{\text{AC14}} = 880.$$

Підп. і дата						
Інв. № дубл.						
Взам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.4 111.16.ПЗ.04	Арк.
						44

інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	інв. № дубл.	Підп. і дата

$$3,4 \cdot d_{\text{ц}} = 448,8 \text{ мм};$$



Скоба кінцева, мм:

$$1,4 \cdot d_{\text{ц}} = 184,8 \text{ мм};$$

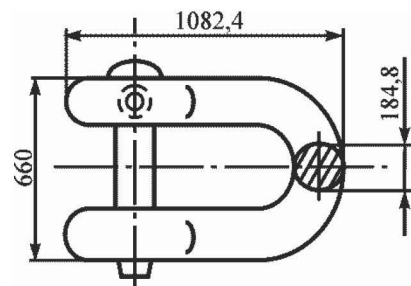


Рисунок 4.4 – Скоба кінцева

$$4 \cdot d_{\text{II}} = 528 \text{ мм};$$

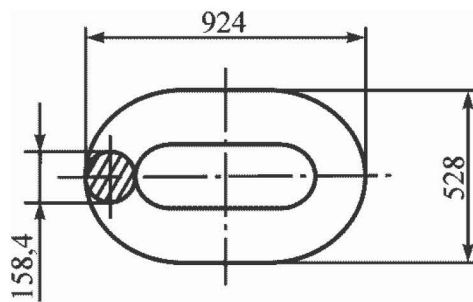


Рисунок 4.5 – Звено кінцеве

Ланка сполучне Кентера, мм:

$$4 \cdot d_{\text{ц}} = 528 \text{ мм};$$

$$6 \cdot d_{\text{ц}} = 792 \text{ мм};$$

$$d_{\text{ц}} = 132 \text{ мм};$$

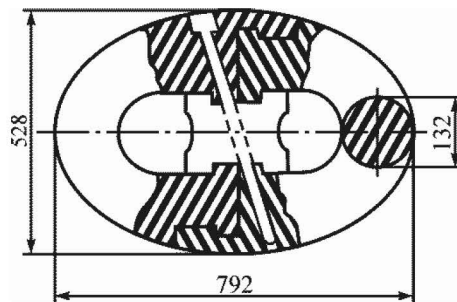


Рисунок 4.6 – Звено сполучне Кентера

Вертлюг, мм:

$$4,7 \cdot d_{\text{ц}} = 620,4 \text{ мм};$$

$$1,2 \cdot d_{\text{ц}} = 158,4 \text{ мм};$$

$$1,1 \cdot d_{\text{ц}} = 145,2 \text{ мм};$$

$$9,8 \cdot d_{\text{ц}} = 1293,6 \text{ мм};$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.4 111.16.ПЗ.04				
					Арк.				
					47				

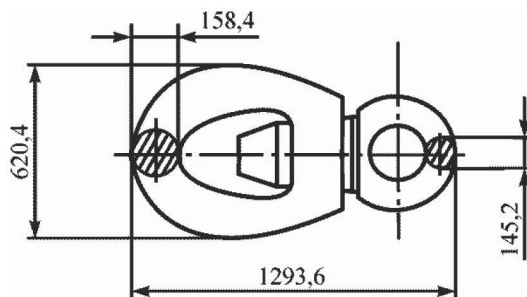


Рисунок 4.7 – Вертлюг

Вертлюг-скоба, мм:

$$5 \cdot d_{\text{ц}} = 660 \text{ мм};$$

$$1,1 \cdot d_{\text{ц}} = 145,2 \text{ мм};$$

$$d_{\text{ц}} = 132 \text{ мм};$$

$$16 \cdot d_{\text{ц}} = 2112 \text{ мм};$$

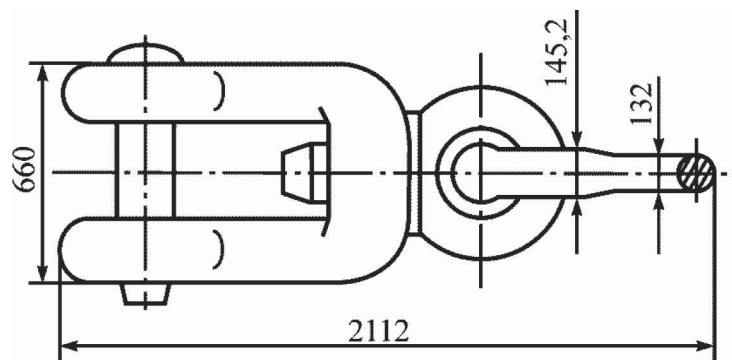


Рисунок 4.8 – Вертлюг-скоба

Інв. № ориг. Підп. і дата Взам. інв. № Інв. № дудл.						12.KP.135.4 111.16.ПЗ.04 48
	Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Інв. № ориг.	Керівник	Зайцев В.В.			Розрахунок якірної стоянки СПБУ на двох якорях та оцінка зміщення СПБУ під час якірної стоянки	Літ.	Арк.	Аркушів
	Зав.каф.	Зайцев В.В.					49	9
	Студент	Міляєв В.О.						
	Консульт.	Зайцев В.В.						
Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	12.КР.135.4 111.16.ПЗ.05				

В результаті дії зовнішнього горизонтального навантаження R відбулося зміщення корпусу СПБУ в горизонтальному напрямі на величину u .

Прийняті допущення:

- СПБУ – жорстке (тверде) тіло;
- якірні зв'язки – гнучкі, важкі і нерозтягнуті зв'язки, які провисають по ланцюговим лініям;
- положення якорів стабілізоване.

Вихідні дані для розрахунків:

H_1 – горизонтальна складова натягу ланцюгів в початковому стані (распір), приймається такою, що дорівнює подвійної силі тяжіння якоря якірного пристрою НЗБУ, кН;

$q, \bar{q}$ – сили тяжіння (ваги) одиниці довжини переднього і тилового ланцюга у воді, кН;

$\zeta, \bar{\zeta}$ – вертикальні проекції вільних провисів для переднього і тилового ланцюга (відстань від поверхні дна до ключової точки якірного пристрою НЗБУ), м; для переднього ланцюга глибина моря задана в завданні на проектування, для тилового ланцюга – 10 м менше.

Відповідно до властивостей ланцюгової лінії значення H_1 одне і теж у всіх вільних провисах ланцюгів і, відповідно, є навантаження на якоря в початковому стані, якщо зневажати тертям о ґрунт ділянки ланцюга перед якорем.

Вважається, що зовнішнє горизонтальне навантаження R сприймається тільки переднім ланцюгом, який характеризується величинами H_1, q, ζ . Спочатку повинен проводитися розрахунок ланцюга в початковому стані, а потім – в одному або декількох робочих станах. У зв'язку з цим в позначеннях відповідних величин при розрахунках в початковому стані використовується індекс 1, а при розрахунках в робочому стані – індекс 2.

Начальний стан. Параметр a_1 ланцюгової лінії для переднього ланцюга

$$a_1 = \frac{H_1}{q}. \quad (5.1)$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.KP.135.4 111.16.ПЗ.05	51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Далі необхідно визначити величину горизонтальної проекції η_1 вільного провисання ланцюга. Для цього в рівнянні ланцюгової лінії (5.1) необхідно підставити координати ключової точки, тобто прийняти $x = \eta_1$, $z = a_1 + \zeta$, $a = a_1$.

Таким чином,

$$\operatorname{ch} \frac{\eta_1}{a_1} = 1 + \frac{\zeta}{a_1}; \quad (5.2)$$

Із (5.2) визначається величина горизонтальної проекції вільного провісу ланцюга (див. рис. 5.1):

$$\eta_1 = a_1 \operatorname{Arch} \left(1 + \frac{\zeta}{a_1} \right). \quad (5.3)$$

Довжина вільного провісу ланцюга в ключовій точці A_1 :

$$S_1 = a_1 \operatorname{sh} \frac{\eta_1}{a_1}. \quad (5.4)$$

Найбільша величина повного натягу T_1 ланцюга має місце в ключовій точці і дорівнює

$$T_1 = q(a_1 + \zeta). \quad (5.5)$$

Робочий стан. При дії зовнішнього горизонтального навантаження R , горизонтальне навантаження на якір (распір в ланцюзі)

$$H_2 = H_1 + R. \quad (5.6)$$

Величини a_2 , η_2 , S_2 , T_2 визначаються послідовно відповідно до залежностей (5.1), (5.3)-(5.5), в яких індекс 1 повинен бути змінено на індекс 2 :

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.KP.135.4 111.16.ПЗ.05	52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$a_2 = \frac{H_2}{q}; \quad \eta_2 = a_2 \operatorname{Arch} \left(1 + \frac{\zeta}{a_2} \right); \quad (5.7)$$

$$S_2 = a_2 \operatorname{sh} \frac{\eta_2}{a_2}; \quad T_2 = q(a_2 + \zeta). \quad (5.8)$$

Горизонтальне переміщення u СПБУ під дією зовнішнього горизонтального навантаження R

$$u = (S_1 - \eta_1) - (S_2 - \eta_2). \quad (5.9)$$

Для тилового ланцюга вихідні дані: H_1 , $\bar{q}$, $\bar{\zeta}$.

5.2 Програма розрахунку якірної системи СПБУ

$M_{\text{як}} = 23000$ – маса якоря АС-14, кг;

$d_{\text{ц}} = 132$ – калібр ланцюга, мм;

$H_{\text{моря}} = 90$ – глибина моря, м;

$T = 5,75$ – осадка, м

$m_{\text{ц,вод}} = 0,87 \cdot 0,0218 \cdot d_{\text{ц}}^2 = 330,46$ – лінійна маса якірного ланцюга у воді, кг/м;

$\zeta = H_{\text{моря}} = 90$ – вертикальна проекція вільного провису для переднього ланцюга (відстань від поверхні дна до клюзової точки якірного пристрою СПБУ), м;

$\zeta = \zeta - 10 = 80$ – вертикальна проекція вільного провису для тилового ланцюга (відстань від поверхні дна до клюзової точки якірного пристрою СПБУ), м;

$H_1 = 2 \cdot g \cdot M_{\text{як}} \cdot 10^{-3} = 451,3$ – горизонтальна складова натягу ланцюгів в початковому стані (распір), приймається такою, що дорівнює подвійної силі тяжіння якоря якірного пристрою СПБУ, кН;

$q = m_{\text{ц,вод}} \cdot g \cdot 10^{-3} = 3,24$ – сила тяжіння (ваги) одиниці довжини переднього ланцюга у воді, кН;

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ориг.		12.KP.135.4 111.16.ПЗ.05	Арк.
							53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$q_- = q = 3,24$ – сила тяжіння (ваги) одиниці довжини тилового ланцюга у воді, кН;

$R = P_{wnd} + P_T + P_{xв}$ – зовнішнє горизонтальне навантаження (загальний вигляд).

Зовнішнє горизонтальне навантаження (для різних режимів и напрямків).

$P_{бур.вд} = 2190$ – вітрове навантаження вздовж споруди (режим буріння), кН;

$P_{в.вд} = 3420$ – вітрове навантаження вздовж споруди (режим виживання), кН;

$P_{бур.пп} = 3410$ – вітрове навантаження поперек споруди (режим буріння), кН;

$P_{в.пп} = 5330$ – вітрове навантаження поперек споруди (режим виживання), кН;

$P_{т.бур} = 276$ – навантаження від течії (режим буріння), кН;

$P_{т.выж} = 1126$ – навантаження від течії (режим виживання), кН;

$P_{хв.б} = 89000$ – хвильове навантаження (режим буріння), кН;

$P_{хв.в} = 122600$ – хвильове навантаження (режим буріння), кН;

Зовнішнє горизонтальне навантаження, кН

$$\underline{R} := \begin{pmatrix} P_{бур.вд} + P_{т.бур} + P_{хв.б} \\ P_{бур.пп} + P_{т.бур} + P_{хв.б} \\ P_{в.вд} + P_{т.выж} + P_{хв.в} \\ P_{в.пп} + P_{т.выж} + P_{хв.в} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2190 + 276 + 89000 \\ 3410 + 276 + 89000 \\ 3420 + 1126 + 122600 \\ 5330 + 1126 + 122600 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 91466 \\ 92686 \\ 127146 \\ 129056 \end{pmatrix}$$

$a_1 = \frac{H_1}{q} = \frac{451,3}{3,24} = 139,29$ - параметр ланцюгової лінії для переднього ланцюга;

Величина горизонтальної проекції вільного провісу ланцюга

$$\eta_1 := a_1 \cdot \operatorname{acosh} \left(1 + \frac{\zeta}{a_1} \right) = 139.29 \cdot \operatorname{acosh} \left(1 + \frac{60}{139.29} \right) = 125.04$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Зовнішнє горизонтальне навантаження, кН
$R := \begin{pmatrix} P_{\text{бур.вд}} + P_{\text{т.бур}} + P_{\text{хв.б}} \\ P_{\text{бур.пп}} + P_{\text{т.бур}} + P_{\text{хв.б}} \\ P_{\text{в.вд}} + P_{\text{т.выж}} + P_{\text{хв.в}} \\ P_{\text{в.пп}} + P_{\text{т.выж}} + P_{\text{хв.в}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2190 + 276 + 89000 \\ 3410 + 276 + 89000 \\ 3420 + 1126 + 122600 \\ 5330 + 1126 + 122600 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 91466 \\ 92686 \\ 127146 \\ 129056 \end{pmatrix}$					
$a_1 = \frac{H_1}{q} = \frac{451,3}{3,24} = 139,29$ - параметр ланцюгової лінії для переднього ланцюга;					
Величина горизонтальної проекції вільного провісу ланцюга					
$\eta_1 := a_1 \cdot \operatorname{acosh}\left(1 + \frac{\zeta}{a_1}\right) = 139.29 \cdot \operatorname{acosh}\left(1 + \frac{60}{139.29}\right) = 125.04$					
					Арк.
12.KP.135.4 111.16.ПЗ.05					54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Довжина вільного провісу ланцюга в ключовій точці A_1 :

$$S_1 := a_1 \cdot \sinh\left(\frac{\eta_1}{a_1}\right) = 139.29 \cdot \sinh\left(\frac{125.04}{139.29}\right) = 142.52$$

Найбільша величина повного натягу ланцюга (в ключовій точці):

$$T_1 := q \cdot (a_1 + \zeta) = 3.24 \cdot (139.29 + 60) = 645.7$$

Горизонтальне навантаження на якір при дії зовнішнього горизонтального навантаження, кН

$$H_2 := H_1 + R = 451.3 + \begin{pmatrix} 91466 \\ 92686 \\ 127146 \\ 129056 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 91917.3 \\ 93137.3 \\ 127597.3 \\ 129507.3 \end{pmatrix}$$

$$a_2 := \frac{\vec{H_2}}{q} = \frac{\begin{pmatrix} 91917.3 \\ 93137.3 \\ 127597.3 \\ 129507.3 \end{pmatrix}}{3.24} = \begin{pmatrix} 28369.5 \\ 28746.1 \\ 39381.9 \\ 39971.4 \end{pmatrix} \quad \text{- параметр ланцюгової лінії;}$$

Величина горизонтальної проекції вільного провісу ланцюга

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	
					$H_2 := H_1 + R = 451.3 + \begin{pmatrix} 127146 \\ 129056 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 127597.3 \\ 129507.3 \end{pmatrix}$ $a_2 := \frac{\overrightarrow{H_2}}{q} = \frac{\begin{pmatrix} 91917.3 \\ 93137.3 \\ 127597.3 \\ 129507.3 \end{pmatrix}}{3.24} = \begin{pmatrix} 28369.5 \\ 28746.1 \\ 39381.9 \\ 39971.4 \end{pmatrix}$ - параметр ланцюгової лінії; Величина горизонтальної проекції вільного провісу ланцюга

Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

12.KP.135.4 111.16.ПЗ.05

Арк.
55

[illegible]

6 РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ЯКОРЯ

Схема випробувань якоря АС-14 ННР пробним навантаженням і зусилля, що виникають в деталях якоря, показані на рис. 6.1.

Оскільки кути розташування деталей якоря при випробуванні є цілком певними, то сили, що діють на елементи якоря, будуть:

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= R \times \sin 19^\circ = 0,326 R ; \quad P_2 = R \times \cos 19^\circ = 0,946 R ; \\ P_3 &= \frac{P_1 \times L_1}{l_0} ; \quad P_4 = R \times \sin 64^\circ = 0,438 R ; \\ P_5 &= R \times \sin 64^\circ = 0,899 R ; \quad P_1 = P_1 + P_3 . \end{aligned} \right\} \quad (6.1)$$

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

Сумарні напруження від вигину і стиснення визначаються у вигляді

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W} + \frac{P_4}{F} = \frac{R}{b \times h} \times (5,39 \times \frac{l_1}{h} + 0,44) . \quad (6.2)$$

Допустимі напруження 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.

Підп. і дата	згинає лапи. Сумарні напруження від вигину і стиснення визначаються у вигляді $\sigma_{\max} = \frac{M}{W} + \frac{P_4}{F} = \frac{R}{b \times h} \times (5,39 \times \frac{l_1}{h} + 0,44) . \quad (6.2)$ Допустимі напруження для лап якоря, як і для інших його елементів, при розрахунку на пробне навантаження приймають $\sigma_{\sigma_{\text{дон}}} = 0,8 \times \sigma_m = 0,8 \times 650 = 520_{\text{дон}} = 0,8 \times \sigma_m = 0,8 \times 650 = 520 \text{ МПа},$ де σ_m - межа плинності матеріалу елементів якоря.
Інв. № докл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № орг.	

					12.KP.135.4 111.16.ПЗ.06	Арк. 59
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Валик кріплення веретена до голови якоря розраховують як вільно оперту балку, навантажену рівномірно розподіленим навантаженням Q на довжині l_4 . Навантаження Q є рівнодіюча сил P_2 і P_3 .

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

Згинальний момент в небезпечному перерізі визначають за формулою

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

а напруження у валику

$$\sigma = 0,81 \times \frac{R}{l_0 \times d^3} \times (l_3 - 0,5 \times l_4) \times \sqrt{8,45 \times l_0^2 + L_1^2}, \quad (6.7),$$

де d - діаметр валика.

Умова міцності має вигляд

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

де σ - напруження у розрахункових перетинах елементів.

Для перевірки умови міцності необхідно розрахувати величини напружень σ при відповідних зусиллях в залежності від швидкості течії води в режимах буріння $V_{\text{бур.Т}}$ і виживання $V_{\text{выжиг.Т}}$ і швидкості вітру при бурінні $V_{\text{бур.В}}$ і виживання $V_{\text{выжиг.В}}$. Такі розрахунки виконані з використанням формул (6.1) - (6.7) і представлені в таблиці 6.1.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	де d - діаметр валика.
					Умова міцності має вигляд
					$\sigma \leq [\sigma],$
					де σ - напруження у розрахункових перетинах елементів.
Для перевірки умови міцності необхідно розрахувати величини напружень σ при відповідних зусиллях в залежності від швидкості течії води в режимах буріння $V_{\text{бур.Т}}$ і виживання $V_{\text{выжив.Т}}$ і швидкості вітру при бурінні $V_{\text{бур.В}}$ і виживання $V_{\text{выжив.В}}$. Такі розрахунки виконані з використанням формул (6.1) - (6.7) і представлені в таблиці 6.1.					
					Арк.
12.КР.135.4 111.16.ПЗ.06					61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 6.1 - Результат сил, що діють на елементи якоря, коли швидкість течії води в режимі буріння $V_{\text{бур.Т}} = 0$ вузл.

$V_{\text{бур.В}}, \text{ м/с}$	20	22	24	26	28	30
$R, \text{ кН}$	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

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дцдл.	Підп. і дата						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.4 111.16.ПЗ.06					Арк.
										62

ВИСНОВОК

Результатом виконання кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» є проєкт якірного пристрою самопідйомної бурової установки, який відповідає по своїм головним розмірам та технічним даним завданню на виконання роботи, яке було видано кафедрою морських технологій та океанотехніки. Основні технічні характеристики наведено у таблиці.

ТАБЛИЦЯ ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Характеристики СПБУ	Проект
Глибина моря, м	55
Глибина буріння, м	6500
Швидкість вітру для режиму буріння, м/с	36,0
Швидкість течії для режиму буріння, м/с	1,0
Довжина корпусу, м	75,0
База між опорними колонами по довжині, L_0 , м	71,25
Ширина корпусу, м	36,0
База між опорними колонами по ширині, B_0 , м	56,16
Висота корпусу, м	10,8
Кількість опор, шт	3
Висота опор, м	88
Кліренс, м	13,6
Чисельність екіпажу, осіб	95
Водотоннажність, т	13995,6
Система утримання до постановки:	
Тип	якірна
Кількість якорів	4
Тип якоря	АС-14
Маса якорів, т	4 x 23
Ланцюг калібр, мм	132
Категорія міцності ланцюга	2
Довжина ланцюга, м	300

В роботі розраховано водотоннажність СПБУ, її головні розміри, а також проведено розробку загального розташування трьохопорної бурової установки. За допомогою розрахунку на ЕОМ визначено параметри хвилювання для режимів буріння та виживання.

Проведено розрахунки сил та навантажень, що діють на трьохопорну СПБУ в режимі буріння та виживання.

Виконано проектування якірного пристрою трьохопорну СПБУ та розрахунок якірної стоянки СПБУ на двох якорях та оцінка зміщення СПБУ під час якірної стоянки.

В цілому робота задовольняє вимогам нормативних документів, які є у суднобудуванні.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дцйл.	Підп. і дата					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.4 111.16.ПЗ			Арк.	
								64	

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бреббиа К., Уокер С. Динамика морских сооружений, пер. с англ. Л. «Судостроение», 1983.
2. Буксировочное сопротивление, расчет. Проект 15402.
3. Железняк В.Г. Разработка методики обоснования основных проектных характеристик СПБУ. ЦКБ «Корал», 1983.
4. Морські техноогії. Збірник наукових праць. МКІ. Миколаїв, 1993.
5. Нагрузка Навантаження мас порожнем. Проєкт 15402.
6. Рашковский А. Сварные соединения стальных конструкций. НКИ. Николаев, 1993
7. Шостак В.П. Проектування НДС. Микоаїв. УДМТУ, 1998.
8. Шостак В.П. Альбом бурового обладнання. Миколаїв. УДМТУ, 1999.
9. Шостак В.П. Конструктивные признаки и особенности технологии постройки буровых судов и платформ. Миколаїв. УДМТУ, 1997.
10. Шостак В.П. Технологія морського буріння нафтових та газових скважин. Миколаїв, УДМТУ, 1998.