

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
« _____ » _____ 2026 р.

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

Виконав: студент 4117ст групи

_____ **Нікітенко С.І.**
(підпис)

Керівник роботи:

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

(посада, науковий ступень вчене звання)

_____ **....Зайцев В.В.**
(підпис)

Миколаїв – 2026 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 _____ Кораблі та океанотехніка _____

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри д.т.н., професор Зайцев В.В.

" 02 " вересня 2025 року

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

Студенту _____ Нікітенко Станіславу Ігоровичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект якорного пристрою морської трьохопорної 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: _____ 25.06.2026 р. _____

3. Вихідні дані по роботі:

3.1. Конструктивний тип МБУ – трьохопорна з аутригерами та консольним розташуванням вежі

3.2. Район експлуатації _____ Чорне море _____

3.3. Глибина буріння _____ 6600 м _____

3.4. Глибина моря при експлуатації _____ 55 м _____

3.5. Глибина моря при якорній стоянці _____ 65 м _____

3.6. Загальна кількість членів екіпажу _____ 95 чол _____

3.7. Швидкість течії в режимі буріння _____ 0,8 м/с _____

3.8. Швидкість вітру в режимі буріння _____ 37,0 м/с _____

3.8. Швидкість вітру при стоянці на якорях _____ 20 м/с _____

3.9. Швидкість вітру в режимі виживання _____ 47,0 м/с _____

3.10. Швидкість МБУ у режимі переходу _____ 5,1 вуз _____

3.11. Термін дії вітру – 18,5 годин.

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

4.1. Визначення головних розмірів морської трьохопорної бурової установки вирішенням рівняння вагів.

4.2. Визначення зовнішніх навантажень на морську трьохопорну бурову установку.

4.3. Визначення буксируваного опору на тихій воді.

4.4. Вибір елементів якорного пристрою.

4.5. Розрахунок якорної стоянки морської трьохопорної бурової установки на двох якорях та оцінка зміщення її під час якорної стоянки.

4.6. Розрахункове проектування конструкції башмака опорної колони морської трьохопорної бурової установки.

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 МБУ вирішенням рівняння вагів.	Зайцев В.В., зав. кафедри		
2. Визначення зовнішніх навантажень на МБУ.	Зайцев В.В., зав. кафедри		
3. Визначення буксируваного опору на тихій воді.	Зайцев В.В., зав. кафедри		
4. Вибір елементів якорного пристрою.	Зайцев В.В., зав. кафедри		
5 Розрахунок якорної стоянки МБУ на двох якорях та оцінка зміщення її під час якорної стоянки.	Зайцев В.В., зав. кафедри		
6. Розрахункове проектування конструкції башмака опорної колони МБУ.	Зайцев В.В., зав. кафедри		

7. Дата видачі завдання 02.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача завдання, збір і вивчення матеріалу та літератури. Огляд прототипів.	15.10.25-15.11.25	
2	Вступ, 1-й розділ. Визначення головних розмірів МБУ вирішенням рівняння вагів.	17.11.25-01.12.25	
3	2-й розділ. Визначення зовнішніх навантажень на МБУ.	02.12. 25-15.12.25	
4	3-й розділ. Визначення буксируваного опору на тихій воді.	16.12.25-31.12.25	
5	4-й розділ. Вибір елементів якорного пристрою.	01.01.26-31.01.26	
6	5-й розділ. Розрахунок якорної стоянки МБУ на двох якорях та оцінка зміщення її під час якорної стоянки.	01.02.26-15.02.26	
7.	6-й розділ. Розрахункове проектування конструкції башмака опорної колони МБУ..	16.03.26-16.04.26	
8	Виконання графічної роботи.	17.04.26-31.05.26	
9	Оформлення та узгодження розділів пояснювальної записки.	01.06.26-05.06.26	
10	Оформлення та узгодження графічної частини.	07.06.26-14.06.26	
11	Кафедральний захист.	25.06.26	
12	Відзив та рецензія. Усунення зауважень кафедрального захисту.	25.06.26	
13	Захист кваліфікаційної роботи на ДЕК.	30.06.26	

Студент
(підпис)

(ПІБ)

Нікітенко Станіслав Ігорович

Керівник роботи

(підпис)

Зайцев Володимир Васильович
(ПІБ)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота : 78 с., 5 креслень, 12 джерел.

Об'єкт дослідження – якорний пристрій морської трьохопорна бурової установки

Мета досліджень – визначення проектних параметрів МБУ та її якорного пристрою.

Методика досліджень – аналітична, числова.

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

У кваліфікаційній роботі визначено головні розміри МБУ вирішенням рівняння вагів, а також проведено розробку загального розташування МБУ. За допомогою розрахунку на ЕОМ визначено зовнішні навантаження на МБУ для режимів буріння та виживання. Розраховано буксирувальний опір на тихій воді та проведено вибір елементів якорного пристрою.

Виконано розрахунок якорної стоянки МБУ на двох якорях та проведено оцінку зміщення її під час якорної стоянки. Також виконано розрахунок остійності МБУ.

Проведено розрахункове проектування конструкції башмака опорної колони МБУ.

МОРСЬКА БУРОВА УСТАНОВКА, БУКСИРОВАЛЬНИЙ ОПІР, ОПОРНА КОЛОНА, БУРОВА ВЕЖА, ЯКІРНИЙ ПРИСТРІЙ.

ABSTRACT

Research object – anchor device of a marine three-support drilling rig.

Purpose of research – determination of design parameters of an offshore drilling rig and its anchoring device.

Methodology of research – analytical, numerical.

OFFSHORE DRILLING RIG, TOWING RESISTANCE, SUPPORTING COLUMNS, DRILLING DERRICK, ANCHORING DEVICE.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Визначення головних розмірів МБУ вирішенням рівняння вагів	8
1.1 Укрупнені статті навантаження рівняння ваг	9
1.2 Визначення статей навантаження, що залежать від глибини буріння	10
1.3 Вибір головних розмірів	17
1.4 Вагові навантаження, що залежать від головних розмірів.....	24
2 Визначення зовнішніх навантажень на МБУ	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 Вибір елементів якірного пристрою	41
4.1 Характеристика постачання	42
4.2 Визначення якірно-швартовного постачання	43
4.3 Визначення основних характеристик якоря АС-14	44
4.4 Якірний ланцюг та розміри його елементів.....	45
5 Розрахунок якірної стоянки МБУ на двох якорях та оцінка зміщення її під час якірної стоянки	49
5.1 Опис статичних розрахунків якірної системи	50
5.2 Програма розрахунку якірної системи МБУ	53
6 Розрахункове проектування конструкції башмака опорної колони МБУ...	58
6.1 Основні характеристики башмака та опорної колони.....	59
6.2 Матеріал опорних колон та башмаків.....	61
6.3 Створення конструкції башмака опорної колони.....	61

Підп. і дата	
Інв. № з/д/л.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № ориг.	

Зм.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата

12.КР.135.4 117см.09.ПЗ.02

Арк.

6.4	Перевірний розрахунок міцності башмака.....	66
6.5	Висновки по розділу.....	76
Висновок		77
Перелік посилань		78

Інв. № орг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дудл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.КР.135.4117см.09.ПЗ.02					5

ВСТУП

Плаваючі бурові засоби (морські бурові установки – МБУ) 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 підіймаємого 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...75 м – установки з циліндричними і ферменними опорами, а на глибинах понад 75 м використовують установки тільки з ферменними опорами. Конструкції фермових опор проектує 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 механічним механізмів підйому. 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.КР.135.4 117ст.09.ПЗ.01									
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення головних розмірів морської трьохопорної бурової установки вирішенням рівняння вагів					Літ.		Арк.	Аркушів	
Студент		Нікітенко С.І.											8	19
Консульт.		Зайцев В.В.								НУК ім. адм. Макарова				
Керівник.		Зайцев В.В.												
Зав.каф.		Зайцев В.В.												

1 ВИЗНАЧЕННЯ ГОЛОВНИХ РОЗМІРІВ МОРСЬКОЇ ТРЬОХОПРНОЇ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ ВИРІШЕННЯМ РІВНЯННЯ ВАГІВ

1.1 Укрупнені статті навантаження рівняння вагів

У практиці проектування суден прийнято оперувати з водотоннажністю судна для різних експлуатаційних станів навантаження. Для морської трьохопорної бурової установки (МБУ) поняття водотоннажність прийнято для транспортного положення і для операцій зняття-постановки в точці буріння, коли корпус МБУ знаходиться на плаву. При знятті МБУ з точки буріння для забезпечення необхідного зусилля витягування опорних колон з ґрунту корпус МБУ повинен володіти надлишковою плавучістю, для трьохопорних МБУ вона становить 60000 ... 75000 кН. 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 МБУ 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 $P_{зв}$, $P_{зо}$ та ін.

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

$$P_{\Pi} = P_{\text{коб}} + P_{\text{опу}} + P_{\text{то}} + P_{\text{зу}} + P_{\text{зо}},$$

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

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

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

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

$P_{\text{зо}}$ – 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:

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

					12.KP.135.4117ст.09.ПЗ.01	Арк.
						10
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де X_k - глибина буріння 6,6 тыс. м.

У зв'язку з тим, що на МБУ 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 МБУ

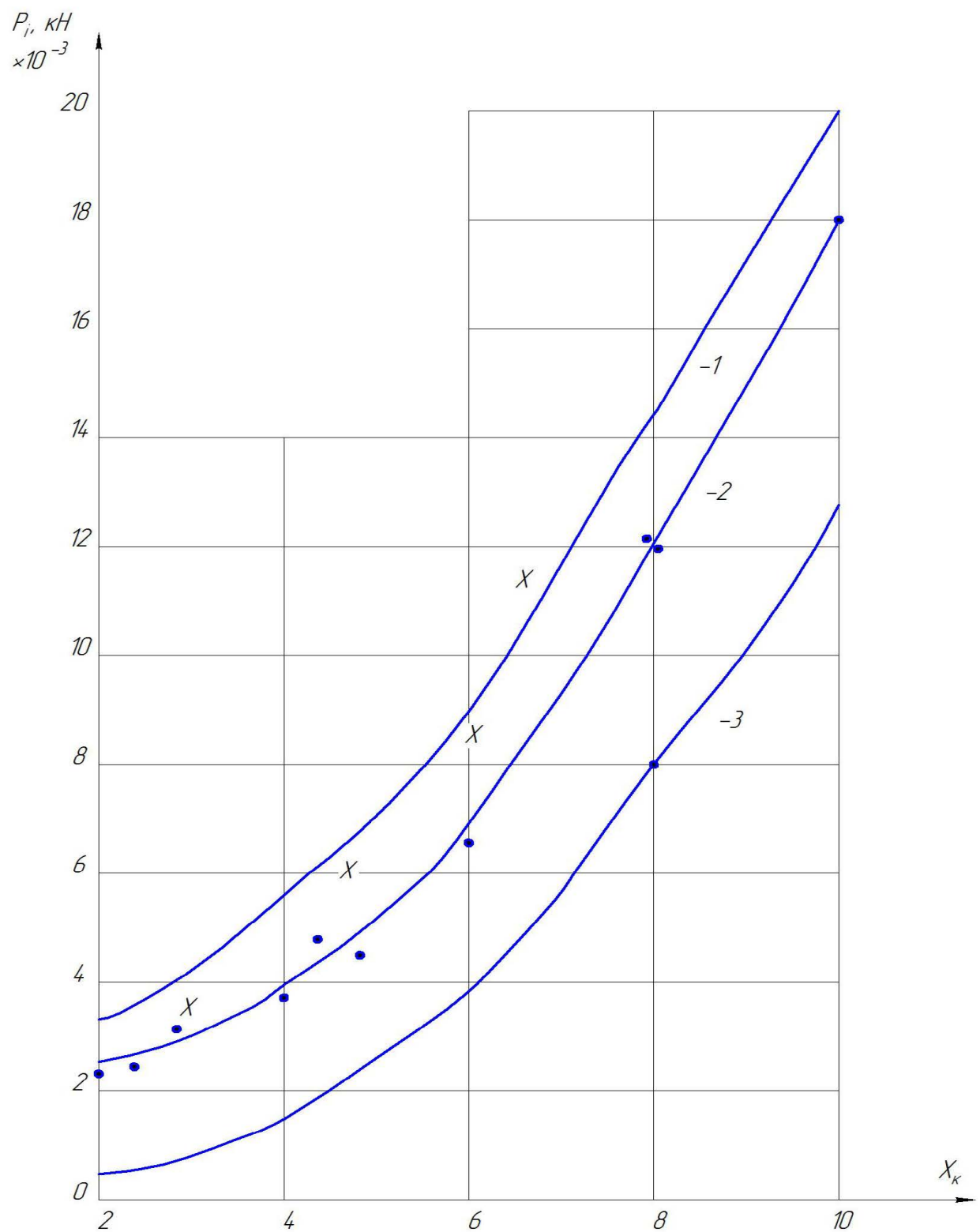
Найменування елементів		Розрахункова формула	Результат
1	Вантажопідйомність вежі, кН	$Q_k = 200 + 473,2 X_k$	3323,1
2	Позначка підлоги бурової (висота порталу) від ВП, м	$h_k = 4,84 + 0,348 X_k$	7,1
3	Вага вежі з обладнанням, кН	$P_{в0} = 23,8 + 307,0 X_k$	2050
4	Апліката ЦВ вежі з обладнанням від ВП, м	$Z_{дво} = 24,27 + 1,44 X_k$	33,77
5	Вага порталу, кН	$P_n = -198,1 + 368,5 X_k$	2234
6	Апліката ЦВ порталу від ВП, м	$Z_{дп} = 1,54 + 0,621 X_k$	5,64
7	Вага обладнання порталу, кН	$P_{обп} = 810,6 + 158,0 X_k$	1853,4
8	Апліката ЦВ обладнання порталу, кН	$Z_{добп} = 5,65 + 0,746 X_k$	10,57
9	Вага вежево-лебідочного блоку, кН	$P_{вл} = 965,5 + 783,1 X_k$	6134
10	Апліката ЦВ вежево-лебідочного блоку, м	$Z_{двл} = 10,29 + 0,926 X_k$	16,4
11	Висота вежі, м	$h_v = 34,89 + 2,97 X_k$	54,5

Вагу технологічного обладнання може бути визначено за формулою:

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

$$P_{то} = 2166 + 94,2 \cdot 6,5 + 188 \cdot 6,5 = 10977 \text{ кН.}$$

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- МБУ

Рисунок 1.1 – Аналіз ваги наземних бурових установок з технологічним обладнанням

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

12.KP.135.4117см.09.ПЗ.01

Арк.

12

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

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

$$N = 4571,8 \text{ кВт.}$$

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;

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

$$a_{\text{эу}} = 0,571 - 2,526 \cdot 10^{-5}N = 0,571 - 2,526 \cdot 10^{-5}4571,8 = 0,456 \text{ кН/кВт,}$$

тоді вага енергетичної установки МБУ описується виразом:

$$P_{\text{эу}} = a_{\text{эу}}N = 0,456 \cdot 4571,8 = 2084,7 \text{ кН.}$$

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

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

$$P_{\text{эу}} = 2084,7 \text{ кН.}$$

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

$$a_{\text{эо}} = 1,177 \cdot 10^{-4}N = 1,177 \cdot 10^{-4}4571,8 = 0,538 \text{ кН/кВт,}$$

					12.KP.135.4117ст.09.ПЗ.01	Арк.
						13
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тоді вага електроустаткування

$$P_{\text{зо}} = a_{\text{зо}} N = 0,538 \cdot 4571,8 = 2459,6 \text{ кН.}$$

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

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

$$P_{\text{зо}} = 2459,6 \text{ кН.}$$

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:

$$a'_{\text{ж}} = \frac{P_{\text{ж}}}{S_{\text{ж}}} = 0,025n_{\text{э}} + 2,5 = 0,025 \cdot 95 + 2,5 = 4,875 \text{ кН/м}^2, \quad (1.3)$$

де

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

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

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

$n_{\text{э}}$ – 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:

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

					12.KP.135.4117ст.09.ПЗ.01	Арк.
						14
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 проектованої установки.

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 проектованої 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

$$S_{ж} = 2,9 \cdot 509,8 = 1478,4 \text{ м}^2.$$

тоді

$$P_{ж} = 4,875 \cdot 1478,4 = 7207,2 \text{ кН.}$$

1.2.4 Вага вертолітного майданчика. На МБУ побудованих останнім часом вага вертолітного майданчика коливається від 1120 до 1630 кН і залежить від району експлуатації МБУ 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 $P_{вп} = 1300 \text{ кН.}$

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

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

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;

$q_T = 260$ – питома витрата палива і масла (для дизелів, що застосовуються на сучасних МБУ, приблизно дорівнює 260 г / кВт.год);

$N=4918,3$ – встановлена потужність енергетичної установки, кВт;

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

$$P_T = 7400 \text{ кН.}$$

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

$$P_{эк} = 71 + 14,5x_{к} = 71 + 14,5 \cdot 6,6 = 166,7 \text{ кН.}$$

1.3 Вибір головних розмірів

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

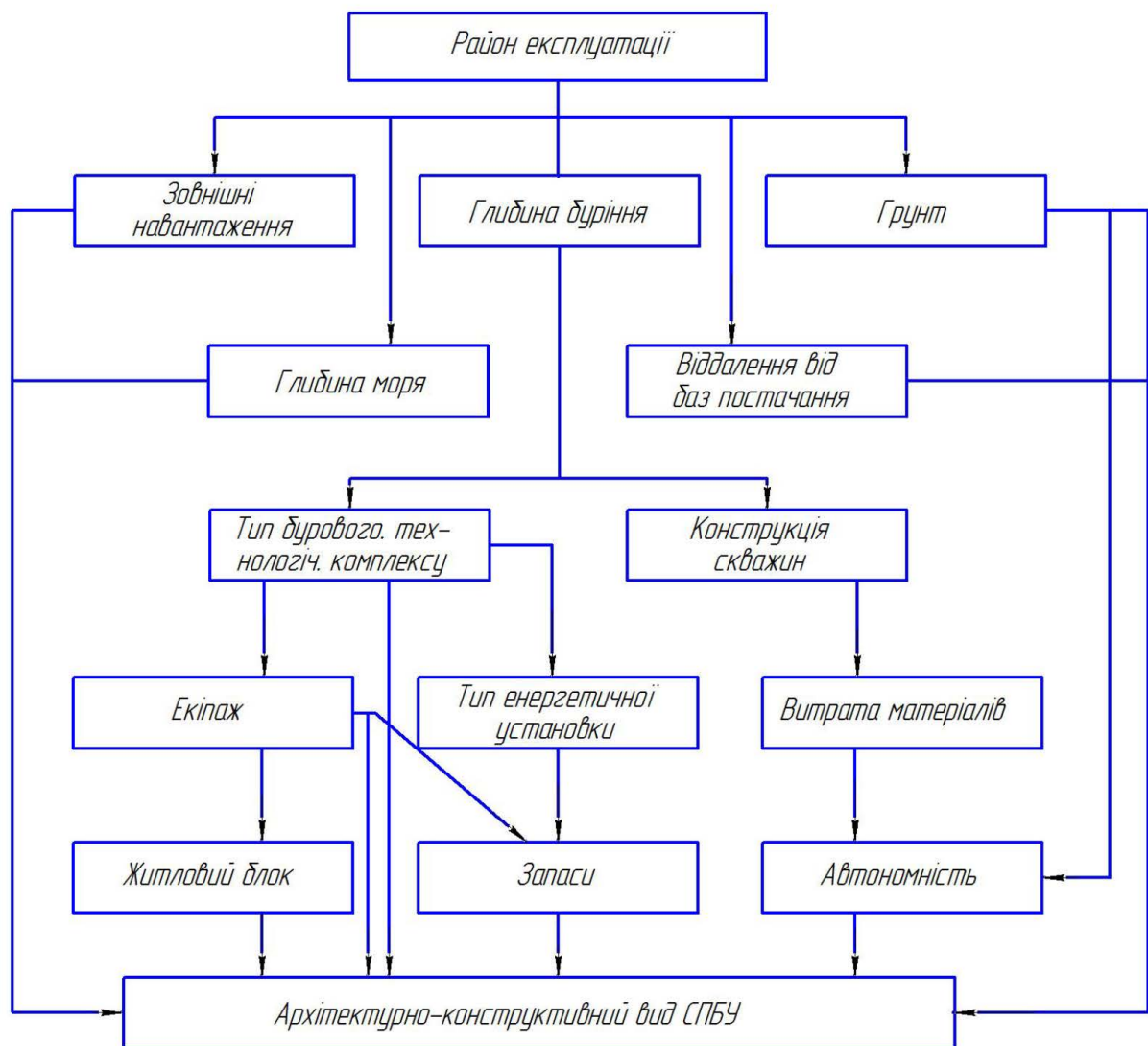


Рисунок 1.2 – Функціональна схема вибору основних характеристик МБУ

Головні розміри МБУ 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 МБУ - Чорне море.

Глибина моря – $H_0 = 55$ м.

Глибина буріння – $X_k = 6,6$ тыс. м.

Опорні колони – циліндричні.

Механізми підйому – гідравлічні.

Розрахункова швидкість вітру – $V=37$ м/с.

Висота хвилі 1% забезпеченості – $h_{1\%} = 12,01$ м.

Період хвилювання – $\tau = 10,64$ с.

Довжина хвилі – $\lambda = 176,76$ 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 – $L/B = 2,1$.

Відношення бази між опорними колонами по ширині до ширини корпусу – $B_0/B = 1,55$.

Відношення бази між опорними колонами по довжині до довжини корпусу – $l_0/L = 0,94$.

Розрахункова схема вибору головних розмірів (рис. 1.3)

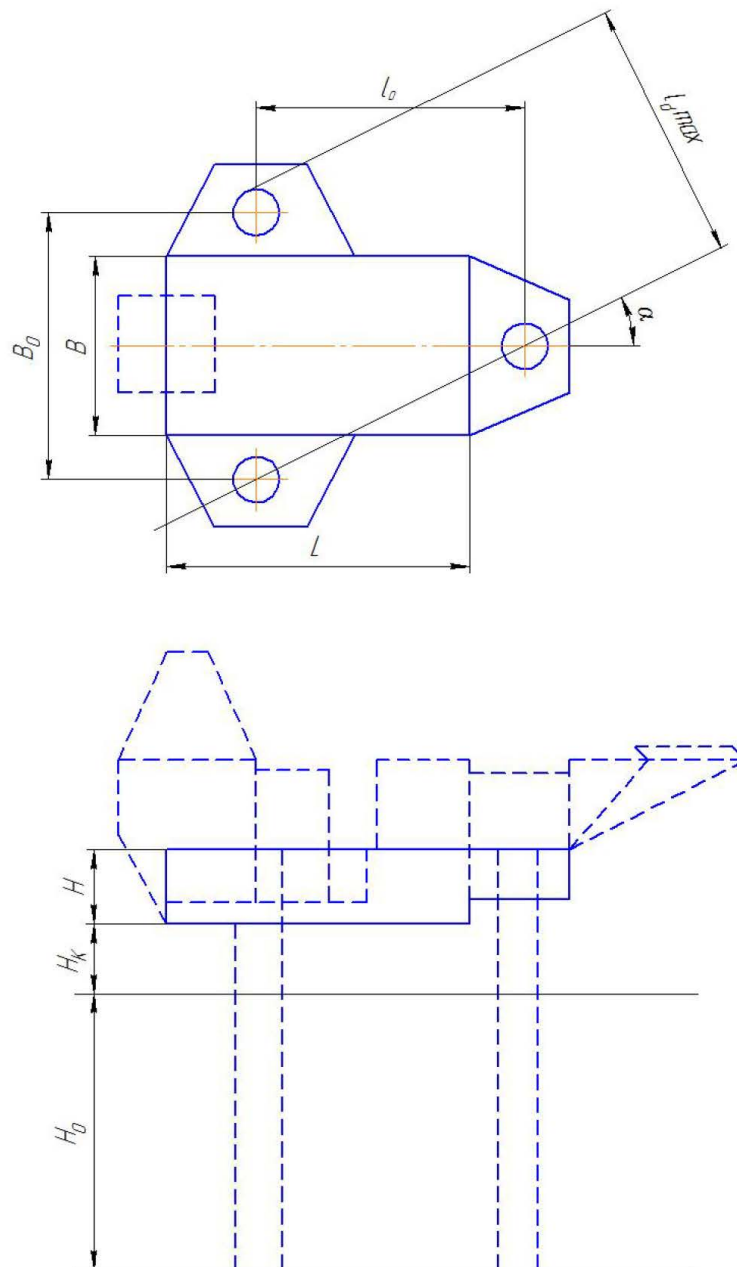


Рисунок 1.3 – Розрахункова схема вибору головних розмірів

1.3.2 Основні характеристики МБУ що не залежать від головних розмірів.

Чисельність екіпажу - 95 осіб.

Потужність енергетичної установки – 4571,8 кВт.

Вага технологічного обладнання – 10977 кН.

Вага енергетичної установки – 2084,7 кН

Вага електрообладнання – 2459,6 кН.

Вага житлового блоку – 7207,2 кН.

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

12.KP.135.4117см.09.ПЗ.01

Арк.

19

Вага вертолітного майданчика – 1300 кН.

Разом незалежні ваги – $P_0 = 24028,5$ кН.

Вага технологічних запасів є функцією конструкції свердловини, для спрощення приймемо кількість технологічних запасів постійним і рівним $P_{ТЗ} = 18000$ кН. На переході кількість запасів, що знаходяться на МБУ, 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 $P_0 = P_{ЭУ} + P_{ЭО} + P_{ВП} + P_{ТО} + P_{Ж} = 24028,5$ 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 металлоконструкції 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 $P'_0 = (P_0 + 0,3P_{ТЗ}) \cdot (1 + a_{КСК} + a_{КА}) = 34431,3$ 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 МБУ 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, вирішуя рівняння (2.9), визначимо P_0^* .

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

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

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

З умови забезпечення стійкості МБУ [1] визначимо B_0

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

Перекидаючий момент від хвильової навантаження визначимо за прототипом

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

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

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

де

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

$k_q = 1,4$ – коефіцієнт динамічності;

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

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

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

Вітровий момент на МБУ 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;

$V=47$ м/с – швидкість вітру;

$H_0 = 55$ 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

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

Перетин кривих $V_{0\text{мин}}$, $V_{0\text{макс}}$, із v_0 визначає висоту борту МБУ з умови забезпечення стійкості установки. Точка перетину $L'_{\text{мин}}$ із V_0 визначає висоту борту установки з умови забезпечення стійкості в поздовжньому напрямку за умови, що вітро-хвильові навантаження на МБУ в поздовжньому напрямку рівні вітро-хвильовим навантаженням в поперечному напрямку.

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

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

					12.КР.135.4117ст.09.ПЗ.01	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

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

Висота борту МБУ обмежується зліва за умови мінімальної висоти приміщення, необхідного для розміщення обладнання. Приймаємо висоту другого дна що дорівнює $h_{\text{вд}} = 1,2$, а висоту ярусу $h_{\text{я}} = 3,2$ м, тоді $H'_1 = 4.4$ м, $H'_2 = 7,6$ м.

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

$$LBH = 27690,9 \text{ м}^3, L = 74,11 \text{ м}, B = 35,29 \text{ м}, H = 10,59 \text{ м.}$$

Прийmemo:

$$L = 74 \text{ м}, B = 35 \text{ м}, H = 10,6 \text{ м}, B_0 = 54,25 \text{ м}, L_0 = 69,56 \text{ м.}$$

					12.KP.135.4117ст.09.ПЗ.01	Арк.
						23
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Вагові навантаження, що залежать від головних розмірів

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

$$P_K = a_K LBH,$$

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 $\sigma_{To} = 240 \text{ МПа}$. У проектованій МБУ $\sigma_T = 300 \text{ МПа}$, тому вводимо коефіцієнт $K_M = 240/\sigma_T$, тоді вагу корпусу без атрігерів можна визначити за формулою:

$$P_{K0} = 240/\sigma_T (LBH + 1,5 \cdot 10^{-5} (LBH)^2),$$

$$P_K = 31007,9 \text{ кН}.$$

Вага аутригерів дорівнює

$$P_{aK} = a_K P_{K0},$$

де $a_K = 0,33$.

$$P_{aK} = 0,3 \cdot 31007,9 = 10232,6 \text{ кН}.$$

Вага корпусу з аутригерами дорівнює $P_K = 41240,5 \text{ кН}$.

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

$$P_{из} = 0,04 P_K ;$$

					12.KP.135.4117ст.09.ПЗ.01	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$P_{из} = 1649,6 \text{ кН.}$$

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

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

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

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

$$P_{cy} = 3933,2 \text{ кН.}$$

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

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

$$P_{cc} = 1746,1 \text{ кН.}$$

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

$$P_{об} = 0,45 P_{к};$$

$$P_{об} = 18558,2 \text{ кН.}$$

1.4.6 Вага опорної колони. При діаметрі опорної колони 6м, довжині 88 м, з урахуванням несучих елементів і опорною рейки $P_{ок}=9800 \text{ кН}$ (з розрахунку ваги металоконструкції колони прототипу).

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

					12.KP.135.4117ст.09.ПЗ.01	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

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

$$P_{\text{МП}} = 9153,2 \text{ кН}.$$

1.4.8 Озброєння

$$P_{\text{в}} = 117,6 \text{ кН (за прототипом)}.$$

Таблиця 1.2 – Зведена таблиця вагів

Найменування статей навантаження	Вага, кН	Маса, т
Технологічне обладнання	10977	1119
Енергетична установка	2084,7	212,5
Електрообладнання	2459,6	250,7
Житловий блок	7207,2	734,7
Вертолітний майданчик	1300	132,5
Корпус	41240,5	4203,9
Дельні речі, забарвлення, ізоляція	1649,6	168,2
Суднові пристрої	3933,2	400,9
Суднові системи	1746,1	178
Устаткування корпусу	18558,2	1891,8
Опорні колони	29400	2996,9
Механізми підйому	9153,2	933
Озброєння	117,6	12
Разом МБУ порожнем	129826,9	13234,1

Інв. № ориг.	Зав.каф.	Зайцев В.В.				12.КР.135.4 117ст.09.ПЗ.02 Визначення зовнішніх навантажень на морську трьохопорну дурову установку	Літ.	Арк.	Аркучів
	Керівник	Зайцев В.В.						27	6
	Консульт.	Зайцев В.В.							
	Студент	Нікітенко С.І.							
Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						

ТРЪХОПОРНУ БУРОВУ УСТАНОВКУ

Параметри хвилювання будемо визначати тільки для двох режимів роботи бурової установки: режим буріння і режим виживання (режими перегону та штормового відстою ми не розглядаємо).

Зробимо розрахунок для режиму буріння.

Вихідні дані:

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

$\nu = 10^{-5}$ – коэффициент кинематической вязкости воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$;

Швидкість вітру: $V_{w,6} = 37,0 \text{ м/с}$;

Розгін: $L_6 = k_{vis} \frac{v}{v_{w6} \cdot 1000} = 135,1 \text{ км};$

Термін дії вітру: $t_6 = 18,5$ год;

Глибина в місці установки: $H = 55$ м;

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

Обчислимо коефіцієнти для графіків:

$$k_{1.6} = \frac{g \cdot t_6 \cdot 3600}{V_{w6}} = \frac{9,81 \cdot 18,5 \cdot 3600}{37,0} = 17658;$$

$$k_{2.6} = \frac{g \cdot L_6 \cdot 10^3}{V_{w_6}^2} = \frac{9,81 \cdot 135,1 \cdot 10^3}{37,0^2} = 968,1;$$

$$k_{3.6} = \frac{g \cdot H}{V_{w,6}^2} = \frac{9,81 \cdot 55}{37,0^2} = 0,39.$$

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

$$gh_{w2.6} = gh_{w2}(k_{2.6}) = 0,045;$$

$$gT_{w6} = gT_w(k_{2.6}) = 2,82;$$

$$h_{.6} = \frac{gh_{w2.6} \cdot V_{w.6}^2}{g} = \frac{0,045 \cdot 37,0^2}{9,81} = 6,28 \text{ м};$$

$$T_{.6} = \frac{gT_{w6} \cdot V_{w.6}}{g} = \frac{2,82 \cdot 37,0}{9,81} = 10,64 \text{ с};$$

$$\frac{gH}{V_{w.6}^2} = 0,39.$$

Середня довжина хвилі:

$$\lambda_{.6} = \frac{g \cdot T_{.6}^2}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 10,64^2}{2\pi} = 176,76 \text{ м}.$$

Зробимо розрахунок для режиму виживання.
Вихідні дані:

Швидкість вітру: $V_{w.B} = 47,0 \text{ м/с};$

Розгін: $L_B = k_{vis} \frac{v}{V_{w.B} \cdot 1000} = 106,4 \text{ км};$

Термін дії вітру: $t_B = 18,5 \text{ год};$

Глибина в місці установки: $H = 55 \text{ м};$

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

Обчислимо коефіцієнти для графіків:

$$k_{1.B} = \frac{g \cdot t_B \cdot 3600}{V_{w.B}} = \frac{9,81 \cdot 18,5 \cdot 3600}{47} = 13900,98;$$

$$k_{2.B} = \frac{g \cdot L_B \cdot 10^3}{V_{w.B}^2} = \frac{9,81 \cdot 106,4 \cdot 10^3}{47^2} = 472,5;$$

$$k_{3.B} = \frac{g \cdot H}{V_{w.B}^2} = \frac{9,81 \cdot 55}{47^2} = 0,24.$$

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

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	12.КР.135.4117см.09.ПЗ.02					Арк.
										29
					Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$gh_{-}Vw2_B = gh_{-}Vw2(k_{2.B}) = 0,034;$$

$$gT_{-}Vw_B = gT_{-}Vw(k_{2.B}) = 2,39;$$

$$h_{-B} = \frac{gh_{-}Vw2_B \cdot V_{W.B}^2}{g} = \frac{0,034 \cdot 47^2}{9,81} = 7,66 \text{ м};$$

$$T_{-B} = \frac{gT_{-}Vw_B \cdot V_{W.B}}{g} = \frac{2,39 \cdot 47}{9,81} = 11,45 \text{ с};$$

$$\frac{gH}{V_{W.B}^2} = 0,244.$$

Середня довжина хвилі:

$$\lambda_{-B} = \frac{g \cdot T_{-B}^2}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 11,45^2}{2\pi} = 204,69 \text{ м}.$$

Таким чином, було отримано середні значення висоти хвилі h_{-} та періоду T_{-} :
Режим буріння

$$h_{-6} = 6,28 \text{ м};$$

$$T_{-6} = 10,64 \text{ с};$$

$$\lambda_{-6} = 176,76 \text{ м}.$$

Режим виживання

$$h_{-B} = 7,66 \text{ м};$$

$$T_{-B} = 11,45 \text{ с};$$

$$\lambda_{-B} = 204,69 \text{ м}.$$

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

$$h_{i\%} = k_i \cdot h_{-},$$

де k_i – коефіцієнт, що визначається за графіком (СНиП 2-57-75 стор.36, рис.39).

$$k_{2.6} = \frac{g \cdot L_6 \cdot 10^3}{V_{W.6}^2} = 968,1; \quad k_{0,1\%}(k_{2.6}) = 2,549;$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	12.КР.135.4117см.09.ПЗ.02					Арк.
										30
					Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$k_{2.B} = \frac{g \cdot L_B \cdot 10^3}{V_{W.B}^2} = 472,5; \quad k_{0,1\%}(k_{2.B}) = 2,481;$$

$$h_{0,1\%.6}(k_{2.6}) = k_{0,1\%}(k_{2.6}) \cdot h_6 = 16,0 \text{ м};$$

$$h_{0,1\%.B}(k_{2.6}) = k_{0,1\%}(k_{2.B}) \cdot h_6 = 19,0 \text{ м};$$

$$h_{1\%.6}(k_{2.6}) = k_{1\%}(k_{2.6}) \cdot h_6 = 13,52 \text{ м};$$

$$h_{1\%.B}(k_{2.6}) = k_{1\%}(k_{2.B}) \cdot h_6 = 16,16 \text{ м}.$$

Перевищення вершини 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 буріння:

$$\frac{h_{0,1\%.6}}{g \cdot T_{.6}^2} = \frac{16,0}{9,81 \cdot 10,64^2} = 0,0144 \quad \text{приймаємо} \quad \frac{\eta_{c.6}}{h_i} = 0,59;$$

$$\eta_{c.6} = h_{0,1\%.6} \cdot 0,59 = 16,0 \cdot 0,59 = 9,44 \text{ м}.$$

- для режиму виживання:

$$\frac{h_{0,1\%.B}}{g \cdot T_{.B}^2} = \frac{19}{9,81 \cdot 11,45^2} = 0,0148 \quad \text{приймаємо} \quad \frac{\eta_{c.B}}{h_i} = 0,59;$$

$$\eta_{c.B} = h_{0,1\%.B} \cdot 0,59 = 19 \cdot 0,59 = 11,21 \text{ м}.$$

Визначимо кліренс l_1 :

$$l_{1.6} = \eta_{c.6} + 1,5 = 9,44 + 1,5 = 10,94;$$

$$l_{1.B} = \eta_{c.B} + 1,5 = 11,21 + 1,5 = 12,71,$$

де 1.5 м - величина запасу.

Визначимо висоту колон h_K :

$$l_{2.6} = 0,1 \cdot \lambda_6 = 0,1 \cdot 176,76 = 17,68;$$

Підп. і дата					
	Інв. № дцбл.				
		Взам. інв. №			
Підп. і дата					
	Інв. № ориг.				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.КР.135.4117см.09.ПЗ.02
					Арк.
					31

$$l_{2.B} = 0,1 \cdot \lambda_B = 0,1 \cdot 204,69 = 20,47;$$

$$h_{K.6} = l_{1.6} + l_{2.6} + H = 10,94 + 17,68 + 55 = 83,62;$$

$$h_{K.B} = l_{1.B} + l_{2.B} + H = 12,71 + 20,47 + 55 = 88,18.$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дудл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.КР.135.4117см.09.ПЗ.02	32
					Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					12.КР.135.4 117см.09.ПЗ.03		
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Студент		Нікітенко С.І.			Визначення діючого опору тижі воді Літ. Арк. Аркушів 33 8 НУК ім. адм. Макарова		
Консульт.		Зайцев В.В.					
Керівник		Зайцев В.В.					
Зав.каф.		Зайцев В.В.					

3 ВИЗНАЧЕННЯ БУКСИРУВАЛЬНОГО ОПОРУ НА ТИХІЙ ВОДІ

3.1 Вихідні дані для розрахунку

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

Буксирувальний опір МБУ визначено стосовно до руху установки з кутами дрейфу 0, 15, 30 і 45 градусів.

Довжина корпусу розрахункова, м	$L := 74$
Ширина корпусу з аутригерами, м	$B := 54.25$
Осадка при переході, м	$d := 5.11$
Осадка габаритна, м	$d_M := 5.818$
Водотоннажність при переході, м ³	$\Delta := 12911.4$
Висота борту, м	$D := 10.60$
Діаметр опорної колони, м	$D_K := 6.0$
Густина морської води, т/м ³	$\rho := 1.025$
Густина повітря, т/м ³	$\rho_A := 1.226 \times 10^3$

3.2 Буксирувальний опір на тихій воді

Буксирувальний опір МБУ на тихій воді представлено в наступному вигляді:

$$R_T = R_K + R_{\text{КОЛ}}, \text{ кН}$$

де

R_K - опір корпусу (понтона) установки без опорних колон, кН;

$R_{\text{КОЛ}}$ - опір опорних колон, кН.

Це припущення прийнято з огляду на те, що нижні частини опорних колон з башмаками значно виступають за ОП МБУ, а їх конфігурація істотно відрізняється від колон базового варіанту МБУ пр. 1540 і МБУ пр. 15401.

Буксирувальний опір корпусу установки визначено перерахунком результатів модельних випробувань понтона МБУ пр. 15401 за такою формулою:

$$R_K = R_{K.0} \times \frac{A_X}{A_{X.0}}, \text{ кН}$$

де

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

$A_{х.0}$ - характерна площа прототипу, м²;

$A_{х}$ - характерна площа МБУ, м²

$$A_{х} := B \times d = 54.25 \times 5.11 = 277.2$$

Ширина корпусу з аутригерами (прототип), м

$$B_0 := 66.0$$

Осадка при переході (прототип), м

$$d_0 := 5.03$$

Характерна площа МБУ (прототип), м²

$$A_{х.0} := B_0 \times d_0 = 66.0 \times 5.03 = 332$$

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

Розрахунок буксирувального опору корпусу МБУ 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 собою круговий циліндр, екранований по торцях днищем понтона і поверхнею башмака.

Елемент ІІ - башмак, що представляє 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:

$$R_{кол} = n \times 0.5 \times \rho \times U_{б.ч} \times \sum_{i=1}^n (C_{х_i} \times A_i) \quad , \text{кН}$$

де

$n := 3$ - кількість колон МБУ

- $U_{б.ч}$ - швидкість буксирування, м/с;
- C_{x_i} - коефіцієнт лобового опору i -го елемента
- A_i - площа перерізу i -го елемента, орієнтована перпендикулярно набігаючому потоку.

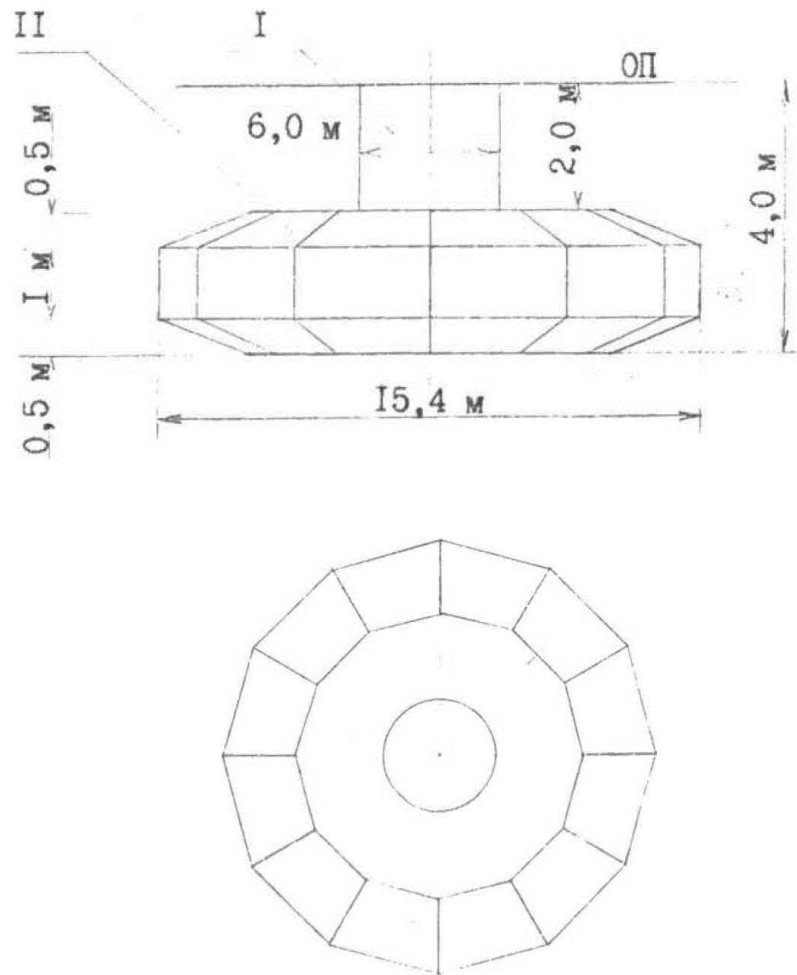


Рисунок 3.1 - Геометрична схема колони

$A_I := 11.7$ - характерна площа елемента I, m^2 ;

$A_{II} := 28.0$ - характерна площа елемента II, m^2 ;

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

$$C_{x.I} := 0.60 \quad C_{x.II} := 0.47$$

$$i := 0 .. 5$$

$$U_{б.s_i} := i + 1$$

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

12.KP.135.4117см.09.ПЗ.03

Арк.

36

$$U_{\text{б.с}} := U_{\text{б.с}} \cdot 0.514$$

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

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

$$R_I := C_{x.I} \cdot \frac{n \cdot p}{2} \cdot U_{\text{б}}^2 \cdot A_I$$

$$R_{II} := C_{x.II} \cdot \frac{n \cdot p}{2} \cdot U_{\text{б}}^2 \cdot A_{II}$$

$$R_{\text{КОЛ}} := R_I + R_{II}$$

$$R_T := R_K + R_{\text{КОЛ}}$$

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

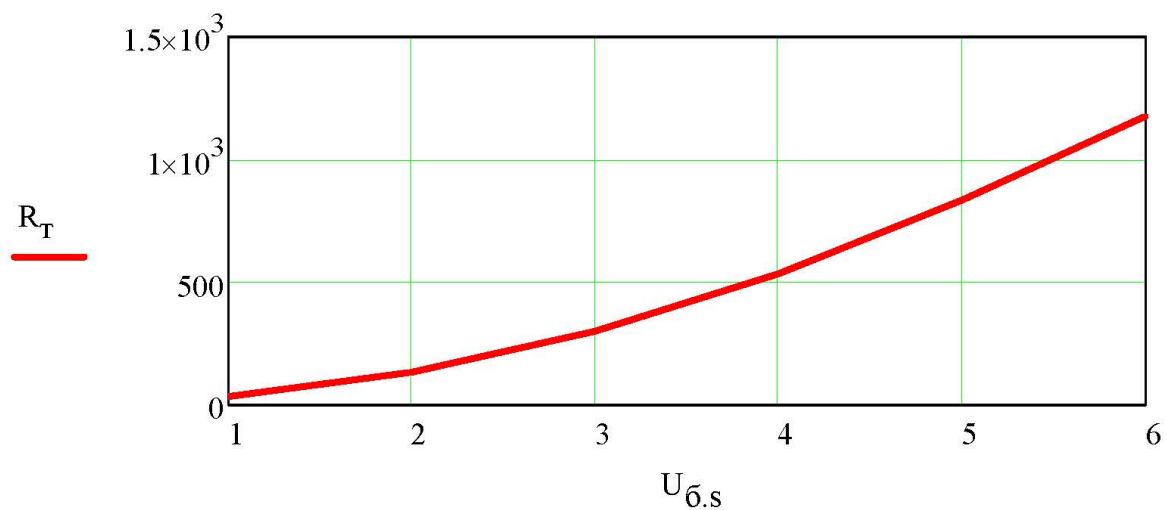


Рисунок 3.2 - Графік буксирувального опору на тихій воді без дрейфу

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

$$R_{д\beta} = R_{к\beta} + R_{кол}, \text{ кН}$$

де

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

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

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

Значення $R_{x\beta}$ і $R_{y\beta}$ розраховано за наступними формулами

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

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

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

$C_{y\beta}$ - гідродинамічний коефіцієнт бічної сили опору корпусу МБУ;

$A_y := L \times d = 378.14$ - площа зануреної частини ДП установки без урахування виступаючих частин опорних колон, м^2

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

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

$\beta' := (15 \ 30 \ 45)^T$ - кути дрейфу

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

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

$$R_X(\beta) := 0.5 \times C_X(\beta) \times U_6^2 \times A_X$$

$$R_Y(\beta) := 0.5 \times C_Y(\beta) \times U_6^2 \times A_Y$$

$$R_{K\beta}(\beta) := \sqrt{R_X(\beta)^2 + R_Y(\beta)^2}$$

$$R_{д\beta}(\beta) := R_{K\beta}(\beta) + R_{КОЛ}$$

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

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

$$R_X(\beta) = \begin{pmatrix} 21.7 \\ 86.6 \\ 194.9 \\ 346.5 \\ 541.4 \\ 779.6 \end{pmatrix} \quad R_Y(\beta) = \begin{pmatrix} 5.2 \\ 20.7 \\ 46.5 \\ 82.7 \\ 129.3 \\ 186.2 \end{pmatrix} \quad R_{K\beta}(\beta) = \begin{pmatrix} 22.3 \\ 89.1 \\ 200.4 \\ 356.2 \\ 556.6 \\ 801.6 \end{pmatrix} \quad R_{д\beta}(\beta) = \begin{pmatrix} 30.5 \\ 121.9 \\ 274.2 \\ 487.4 \\ 761.6 \\ 1096.7 \end{pmatrix}$$

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

$$R_X(\beta) = \begin{pmatrix} 18.4 \\ 73.7 \\ 165.9 \\ 294.9 \\ 460.7 \\ 663.4 \end{pmatrix} \quad R_Y(\beta) = \begin{pmatrix} 12.8 \\ 51.2 \\ 115.2 \\ 204.8 \\ 320 \\ 460.8 \end{pmatrix} \quad R_{K\beta}(\beta) = \begin{pmatrix} 22.4 \\ 89.8 \\ 201.9 \\ 359 \\ 560.9 \\ 807.8 \end{pmatrix} \quad R_{д\beta}(\beta) = \begin{pmatrix} 30.6 \\ 122.5 \\ 275.7 \\ 490.2 \\ 765.9 \\ 1102.9 \end{pmatrix}$$

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

$$R_X(\beta) = \begin{pmatrix} 14.3 \\ 57.4 \\ 129 \\ 229.4 \\ 358.4 \\ 516.2 \end{pmatrix} \quad R_Y(\beta) = \begin{pmatrix} 20.5 \\ 82.1 \\ 184.8 \\ 328.5 \\ 513.3 \\ 739.1 \end{pmatrix} \quad R_{K\beta}(\beta) = \begin{pmatrix} 25 \\ 100.2 \\ 225.4 \\ 400.7 \\ 626.1 \\ 901.5 \end{pmatrix} \quad R_{д\beta}(\beta) = \begin{pmatrix} 33.2 \\ 133 \\ 299.2 \\ 531.8 \\ 831 \\ 1196.6 \end{pmatrix}$$

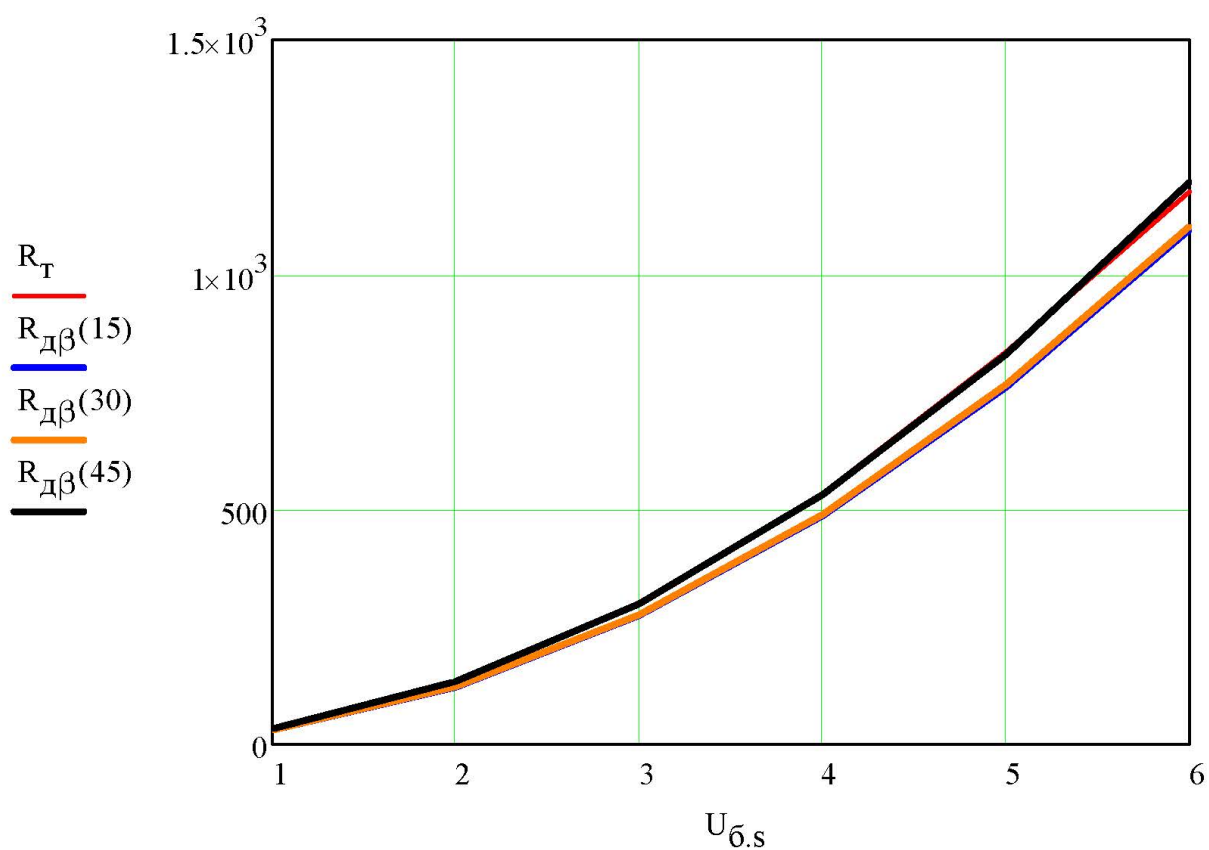


Рисунок 3.3 - Графіки буксирувального опору МБУ на тихій воді для різних кутів дрейфу

Інв. № ориг.	Керівник	Зайцев В.В.			12.КР.135.4117ст.09.ПЗ.04	Вибір елементів якірного пристрою	Літ.	Арк.	Аркушів
	Зав.каф.	Зайцев В.В.						41	8
	Студент	Нікітенко С.І.							
	Консульт.	Зайцев В.В.							
	Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			Дата		
Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дудл.	Підп. і дата						
НУК ім. адм. Макарова									

4 ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ЯКІРНОГО ПРИСТРОЮ

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 СПБУ;

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

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

$\Delta = 14701$ – 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;

$h_k = 31,86$ – висота колон, м;

$H_{\text{п}} = 10,6$ – висота понтону, м;

$T = 5,82$ – 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;

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.4 117ст.09.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:

$$A = \sum \begin{bmatrix} 3 \cdot D_K(h_K + H_{II} - T) \\ b_M \cdot h_M \\ b_{BC.HA} \cdot h_{BC.HA} \\ b_{BC.BA} \cdot h_{BC.BA} \\ 0,5 \cdot h_{B.1}(b_{B.0} + b_{B.1}) \cdot 0,6 \\ h_{B.2} \cdot b_{B.2} \\ 0,5 \cdot h_{B.2.2}(b_{B.2} + b_{B.3}) \\ 0,5 \cdot h_{B.3}(b_{B.3} + b_{B.4}) \cdot 0,6 \end{bmatrix} = \sum \begin{bmatrix} 3 \cdot 6(31,9 + 10,6 - 5,8) \\ 128 \cdot 6 \\ 128 \cdot 6 \\ 67 \cdot 6 \\ 0,5 \cdot 25(19,8 + 10,4) \cdot 0,6 \\ 9 \cdot 12,5 \\ 0,5 \cdot 2,6(12,5 + 9) \\ 0,5 \cdot 31(9 + 5,4) \cdot 0,6 \end{bmatrix} = 3098,1.$$

Характеристика постачання, м²:

$$N_c = K_1 \cdot K_2 \cdot \Delta^{2/3} + K_3 \cdot A = 1,8 \cdot 1,2 \cdot 14701^{2/3} + 2,1 \cdot 3098,1 = 7766,2.$$

4.2 Визначення якірно-швартовного постачання

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

Підп. і дата					12.KP.135.4117ст.09.ПЗ.04	Арк. 43
Інв. № дцбл.					12.KP.135.4117ст.09.ПЗ.04	Арк. 43
Взам. інв. №					12.KP.135.4117ст.09.ПЗ.04	Арк. 43
Підп. і дата					12.KP.135.4117ст.09.ПЗ.04	Арк. 43
Інв. № ориг.					12.KP.135.4117ст.09.ПЗ.04	Арк. 43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

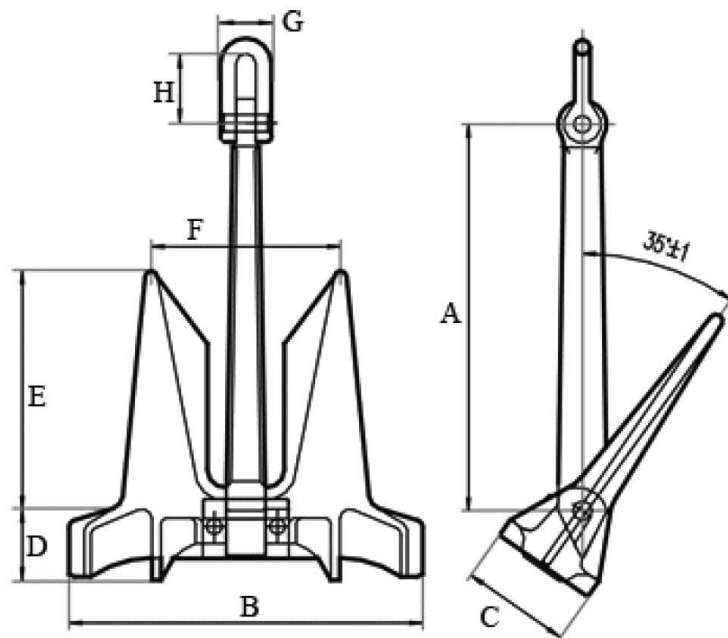


Рисунок 4.1 – Ескіз якорю АС-14

4.4 Якірний ланцюг та розміри його елементів

Категорії міцності ланцюга=2

$$d_{\text{ц}} = 132 - \text{калібр ланцюга, мм.}$$
$$T_p = 8000 - \text{розривне зусилля ланцюга, кН}$$

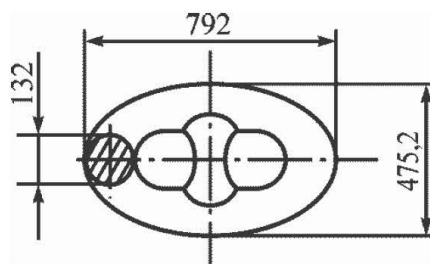
Обираємо розміри елементів якірного ланцюгу.

Загальне звено якісного ланцюгу з контрфорсом, мм:

$$d_{\text{II}} = 132 \text{ мм};$$

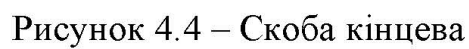
$$6 \cdot d_{\text{ц}} = 792 \text{ мм};$$

$$3,6 \cdot d_{\text{ц}} = 475,2 \text{ мм};$$



Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № зчдл.	Підп. і дата

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


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

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

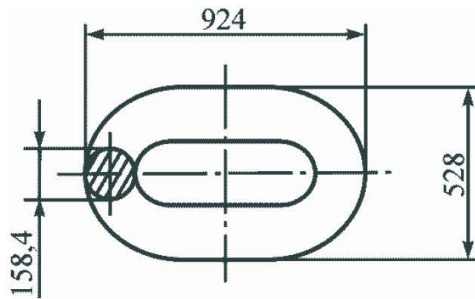


Рисунок 4.5 – Звено кінцеве

Ланка сполучне Кентера, мм:

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

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

$$d_{\text{ц}} = 132 \text{ мм};$$

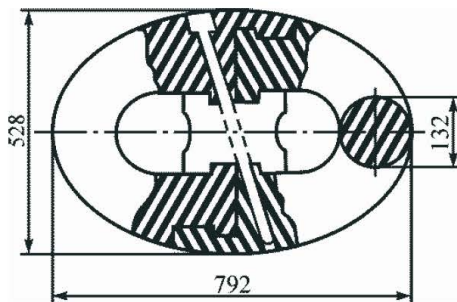


Рисунок 4.6 – Звено сполучне Кентера

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.135.4117ст.09.ПЗ.04				
					Арк.				
					47				

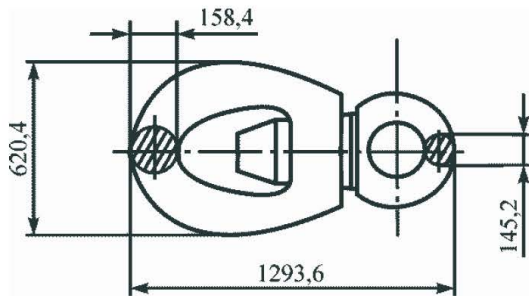


Рисунок 4.7 – Вертлюг

Вертлюг-скоба, мм:

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

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

$$d_{\text{ц}} = 132 \text{ мм};$$

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

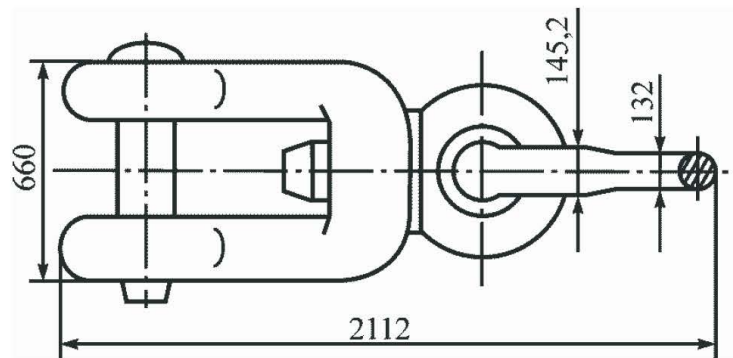


Рисунок 4.8 – Вертлюг-скоба

Інв. № ориг.	Підп. і дата				Інв. № дудл.	Взам. інв. №				Підп. і дата	Інв. № ориг.								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.4117см.09.ПЗ.04							Арк.							
												48							

Technical drawing of a vertical hook bracket (Вертлюг-скоба). The drawing shows a side view of the component. A vertical dimension line on the left indicates a height of 660. A horizontal dimension line at the bottom indicates a width of 2112. The bracket features a curved base, a central vertical shaft with a flange, and a horizontal arm with a hook at the end. Arrows point to specific features on the horizontal arm.

Рисунок 4.8 – Вертлюг-скоба

Інв. № ориг.	Керівник	Зайцев В.В.			12.КР.135.4117ст.09.ПЗ.05 Розрахунок якірної стоянки морської трьохопорної дурової установки на двох якорях та оцінка зміщення її під час якірної стоянки	Літ.	Арк.	Аркушів
	Зав.каф.	Зайцев В.В.					49	9
	Студент	Нікітенко С.І.						
	Консульт.	Зайцев В.В.						
Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					

5 РОЗРАХУНОК ЯКІРНОЇ СТОЯНКИ МОРСЬКОЇ ТРЬОХОПОРНОЇ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ НА ДВОХ ЯКОРЯХ ТА ОЦІНКА ЗМІЩЕННЯ ЇЇ ПІД ЧАС ЯКІРНОЇ СТОЯНКИ

5.1 Опис статичних розрахунків якірної системи

Розрахункову схему якірної стоянки Морської Трьохопорної бурової установки (МБУ) на двох якорях – пряму якірну систему МБУ з довгими ланцюгами без підвісних вантажів показано на рис. 5.1.

Прийнято, що зовнішнє горизонтальне навантаження R , яке діє на плаваючий об'єкт, направлено зліва направо. При прийнятому такому напрямленню навантаження ланцюгові зв'язки A_1B_1 будуть передніми, а зв'язки $\bar{A}_1\bar{B}_1$ – тиловими.

В початковому стані спокою, тобто при відсутності зовнішнього горизонтального навантаження R , положення МБУ показано на рис. 5.1 безперервними лініями. В робочому стані, тобто при дії зовнішнього горизонтального навантаження R , положення МБУ показано пунктиром.

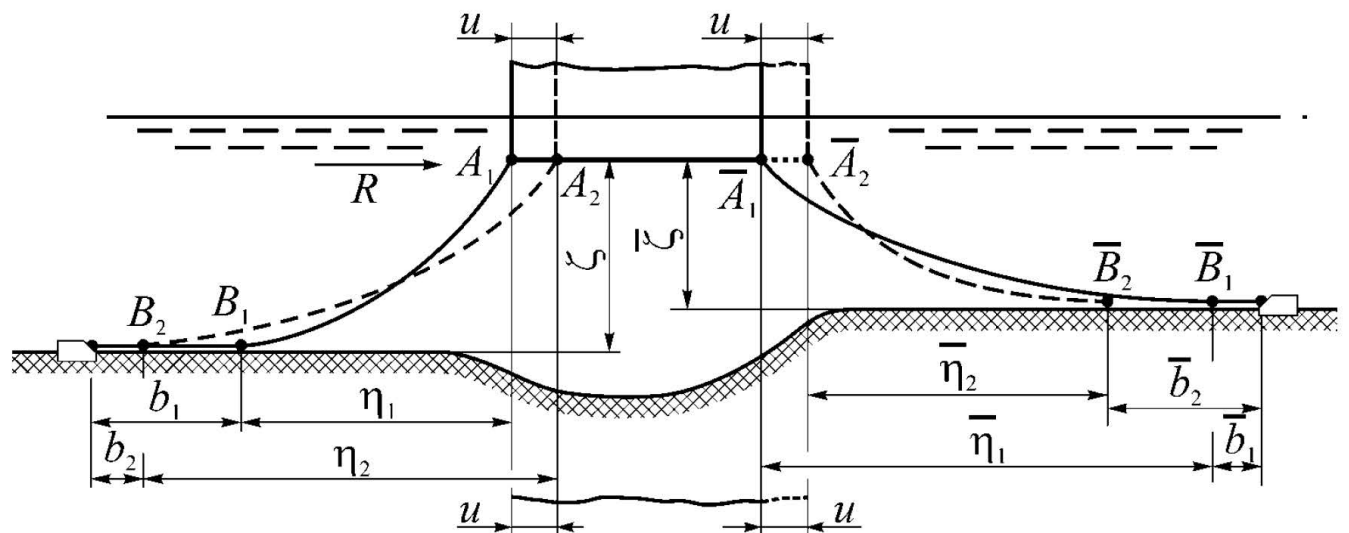


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема якірної стоянки МБУ на двох якорях (пряма якірна система МБУ з довгими ланцюгами без підвісних вантажів)

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

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.4 117ст.09.ПЗ.05	Арк.
						50

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

Прийняті допущення:

- МБУ – 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 подвійній силі тяжіння якоря якірного пристрою МБУ, 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 МБУ), 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.КР.135.4117см.09.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 I повинен бути змінено на індекс 2:

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.
										52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.4 117см.09.ПЗ.05					

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

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

Горизонтальне переміщення u МБУ 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 МБУ

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

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

$H_{\text{моря}} = 65$ – глибина моря, м;

$T = 5,82$ – 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;

$\zeta = H_{\text{моря}} = 65$ – вертикальна проекція вільного провису для переднього ланцюга (відстань від поверхні дна до клюзової точки якірного пристрою МБУ), м;

$\zeta = \zeta - 10 = 55$ – вертикальна проекція вільного провису для тилового ланцюга (відстань від поверхні дна до клюзової точки якірного пристрою МБУ), 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 МБУ, кН;

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

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.КР.135.4117см.09.ПЗ.05	53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$q_{\text{—}} = q = 3,24$ – сила тяжіння (ваги) одиниці довжини тилового ланцюга у воді, кН;

$R = P_{\text{wnd}} + P_{\text{т}} + P_{\text{хв}}$ – зовнішнє горизонтальне навантаження (загальний вигляд).

Зовнішнє горизонтальне навантаження (для різних режимів и напрямків).

$P_{\text{бур.вд}} = 2367,2$ – вітрове навантаження вздовж споруди (режим буріння), кН;

$P_{\text{в.вд}} = 3819,7$ – вітрове навантаження вздовж споруди (режим виживання), кН;

$P_{\text{бур.пп}} = 3706,3$ – вітрове навантаження поперек споруди (режим буріння), кН;

$P_{\text{в.пп}} = 5980,4$ – вітрове навантаження поперек споруди (режим виживання), кН;

$P_{\text{т.бур}} = 180,24$ – навантаження від течії (режим буріння), кН;

$P_{\text{т.выж}} = 180,24$ – навантаження від течії (режим виживання), кН;

$P_{\text{хв.б}} = 28003$ – хвильове навантаження (режим буріння), кН;

$P_{\text{хв.в}} = 27492,7$ – хвильове навантаження (режим буріння), кН;

Зовнішнє горизонтальне навантаження, кН

$$R := \begin{pmatrix} P_{\text{бур.вд}} + P_{\text{т.бур}} + P_{\text{хв.б}} \\ P_{\text{бур.пп}} + P_{\text{т.бур}} + P_{\text{хв.б}} \\ P_{\text{в.вд}} + P_{\text{т.выж}} + P_{\text{хв.в}} \\ P_{\text{в.пп}} + P_{\text{т.выж}} + P_{\text{хв.в}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2367.2 + 180.24 + 28003 \\ 3706.3 + 180.24 + 28003 \\ 3819.7 + 180.24 + 27492.7 \\ 5980.4 + 180.24 + 27492.7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 30550.4 \\ 31889.5 \\ 31492.6 \\ 33653.3 \end{pmatrix}$$

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

Величина горизонтальної проекції вільного провісу ланцюга

$$\eta_1 := a_1 \cdot \operatorname{acosh} \left(1 + \frac{\zeta}{a_1} \right) = 139.29 \cdot \operatorname{acosh} \left(1 + \frac{65}{139.29} \right) = 129.82$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.
										54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.КР.135.4 117см.09.ПЗ.05					

Горизонтальне навантаження на якір при дії зовнішнього горизонтального навантаження, кН

$$T_1 := q \cdot (a_1 + \zeta) = 3.24 \cdot (139.29 + 65) = 661.9$$

Горизонтальне навантаження на якір при дії зовнішнього горизонтального навантаження, кН

$$a_2 := \frac{\overrightarrow{H_2}}{q} = \frac{\begin{pmatrix} 31001.7 \\ 32340.8 \\ 31943.9 \\ 34104.6 \end{pmatrix}}{3.24} = \begin{pmatrix} 9568.4 \\ 9981.7 \\ 9859.2 \\ 10526.1 \end{pmatrix} \text{ - параметр ланцюгової лінії;}$$

12.KP.135.4117cm.09.ПЗ.05

$$\eta_2 := \overrightarrow{\left(a_2 \cdot \operatorname{acosh} \left(1 + \frac{\zeta}{a_2} \right) \right)} = \begin{pmatrix} 9568.4 \\ 9981.7 \\ 9859.2 \\ 10526.1 \end{pmatrix} \cdot \operatorname{acosh} \left[1 + \frac{65}{\begin{pmatrix} 9568.4 \\ 9981.7 \\ 9859.2 \\ 10526.1 \end{pmatrix}} \right] = \begin{pmatrix} 1114.7 \\ 1138.5 \\ 1131.5 \\ 1169.2 \end{pmatrix}$$

Довжина вільного провісу ланцюга в ключовій точці A_1 :

$$S_2 := \overrightarrow{\left(a_2 \cdot \sinh \left(\frac{\eta_2}{a_2} \right) \right)} = \begin{pmatrix} 9568.4 \\ 9981.7 \\ 9859.2 \\ 10526.1 \end{pmatrix} \cdot \sinh \frac{\begin{pmatrix} 1114.7 \\ 1138.5 \\ 1131.5 \\ 1169.2 \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} 9568.4 \\ 9981.7 \\ 9859.2 \\ 10526.1 \end{pmatrix}} = \begin{pmatrix} 1117.2 \\ 1141 \\ 1134 \\ 1171.6 \end{pmatrix}$$

Найбільша величина повного натягу ланцюга (в ключовій точці):

$$T_2 := \overrightarrow{[q \cdot (a_2 + \zeta)]} = 3.24 \cdot \begin{pmatrix} 9568.4 \\ 9981.7 \\ 9859.2 \\ 10526.1 \end{pmatrix} + 65 = \begin{pmatrix} 31212.2 \\ 32551.3 \\ 32154.4 \\ 34315.2 \end{pmatrix}$$

Горизонтальне переміщення МБУ під дією зовнішнього горизонтального навантаження, м,

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.KP.135.4117cm.09.ПЗ.05	56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Інв. № ориг.	Керівник	Зайцев В.В.			Розрахункове проектування конструкції башмака опорної колони МБУ	Літ.	Арк.	Аркцшів
	Зав.каф.	Зайцев В.В.					58	19
	Студент	Нікітенко С.І.				НУК ім. адм. Макарова		
	Консульт.	Зайцев В.В.						
Дата	Підпис	№ докум.	Арк.	Зм.	12.КР.135.4117см.09.ПЗ.06			
Інв. № ориг.	Зав.каф.	Зайцев В.В.			12.КР.135.4117см.09.ПЗ.06			
Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					

6 РОЗРАХУНКОВЕ ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ БАШМАКА ОПОРНОЇ КОЛОНИ МОРСЬКОЇ ТРЬОХОПОРНОЇ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ

6.1 Основні характеристики башмака та опорної колони

У даному розділі визначено розміри зв'язків та товщини листів обшивки башмака опорної колони морської триопорної бурової установки відповідно до вимог Частици II “Корпус” “Правила класифікації, будівництва та обладнання плавучих бурових установок та морських стаціонарних платформ” Регістру судноплавства України, вид. 2020р. (називаються надалі Правилами Регістру судноплавства України).

Тип платформи: плавуча, морська триопорна бурова установка, несамохідна з водотоннажними понтонами, трьома аутригерами, верхньою будовою і розташованою на ньому бурової вежі. Креслення загального розташування (12.КР.135.4111.03.05.01) виконано з урахуванням розрахунків по вибору основних розмірів, рис.6.1. Основні геометричні характеристики проектованої МБУ показані у табл.6.1.

Система набору корпусу змішана.

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ориг.						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.КР.135.4117см.09.ПЗ.06					59

6.2 Матеріал опорних колон та башмаків

Для виготовлення конструкцій МБУ повинна застосовуватися допущена Регістром сталь, яка відповідає вимогам частини XIII «Матеріали» Правил класифікації та спорудження морських суден та частини XII «Матеріали» Правил МПБУ.

Як матеріал для опорних колон і башмаків установки прийнята суднобудівна сталь підвищеної міцності категорії PC D32 (DH) з межею плинності 380 МПа.

6.3 Створення конструкції башмака опорної колони

Розрахунок напружено-деформованого стану конструкції МБУ в цілому та окремих її елементів рекомендується виконувати за методом кінцевих елементів.

Для цього необхідно створити 3D модель конструкції з усіма елементами набору. На підставі розрахунків основних розмірів та конструкції прототипів.

Для цієї бурової установки була створена 3D-модель башмака та опорної колони проектованої МБУ, рис. 6.2 – 6.3.

Башмак опорної колони в горизинтальній проекції має форму 12-кутника. У центральній частині є сферичне заглиблення, але в верхній поверхні встановлені 4 пари римів кріплення опорної колони до башмака, рис. 6.3.

Розподіл товщин зовнішньої обшивки показано на рис. 6.4.

На рис. 6.5 показаний башмак без зовнішньої обшивки.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.
										61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.4 117ст.09.ПЗ.06					

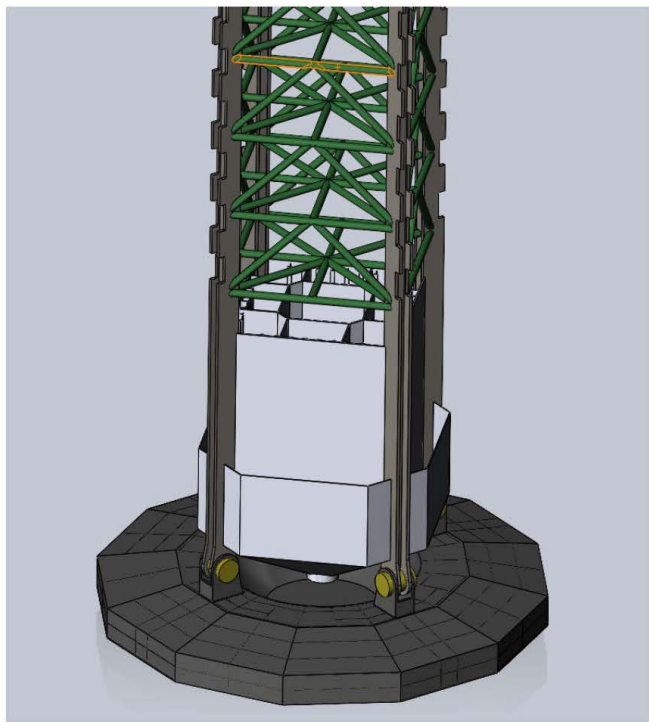


Рисунок 6.2 – 3D-модель збирання опорної колони та башмака

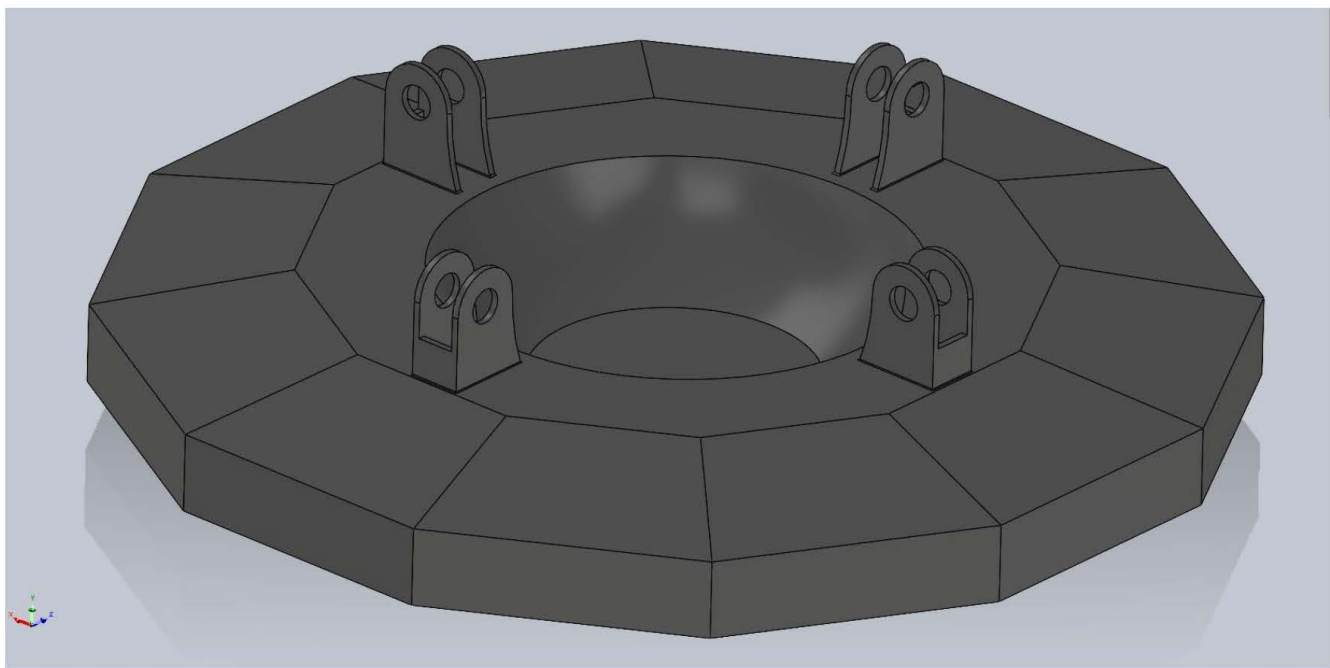


Рисунок 6.3 – 3D-модель башмака

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.KP.135.4 117см.09.ПЗ.06	62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

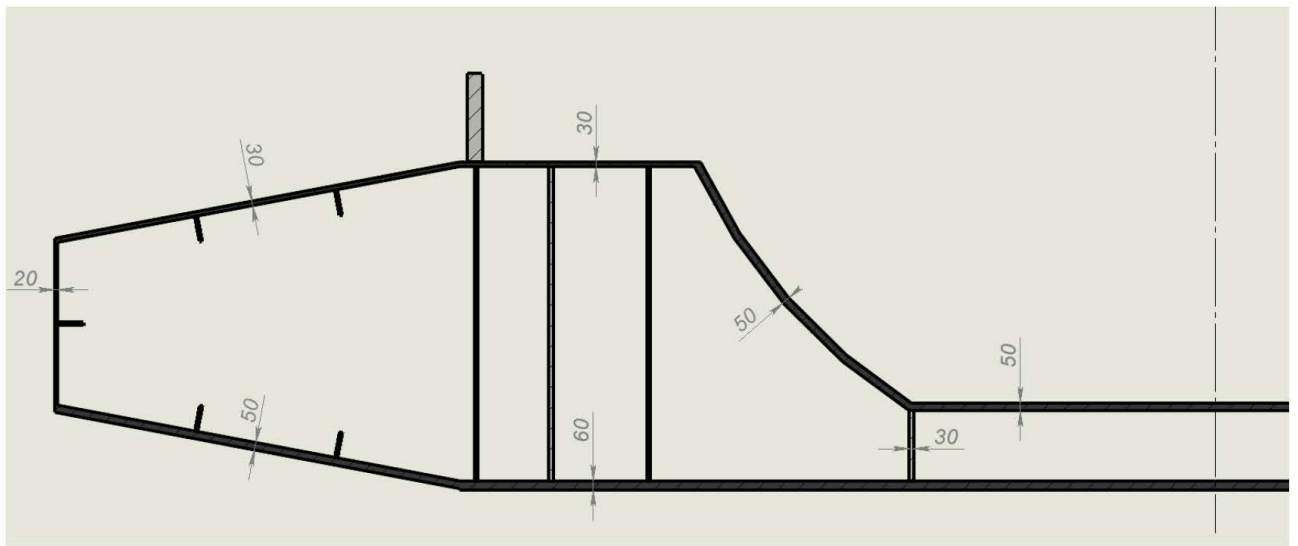


Рисунок 6.4 – Товщини обшивки

Радіальний набір опорного башмака має 3 характерні перерізи, рис. 6.6. Переріз I – I – це переріз, який проходить через діаметральну або міделеву площину опорного башмаку. У районі цих перерізів розташовані рими для кріплення башмака до опорної колони.

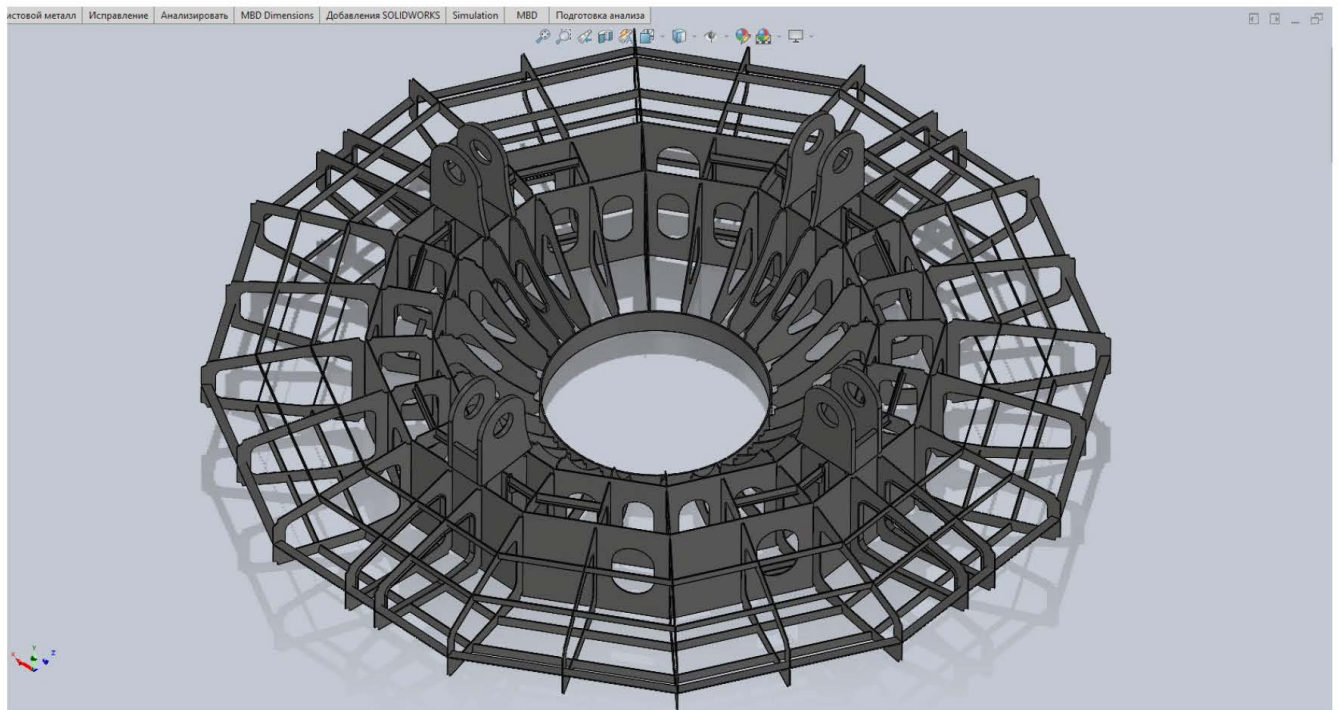


Рисунок 6.5 – Набір башмака без зовнішньої обшивки

Підп. і дата	Інв. № дцдл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

12.KP.135.4 117см.09.ПЗ.06

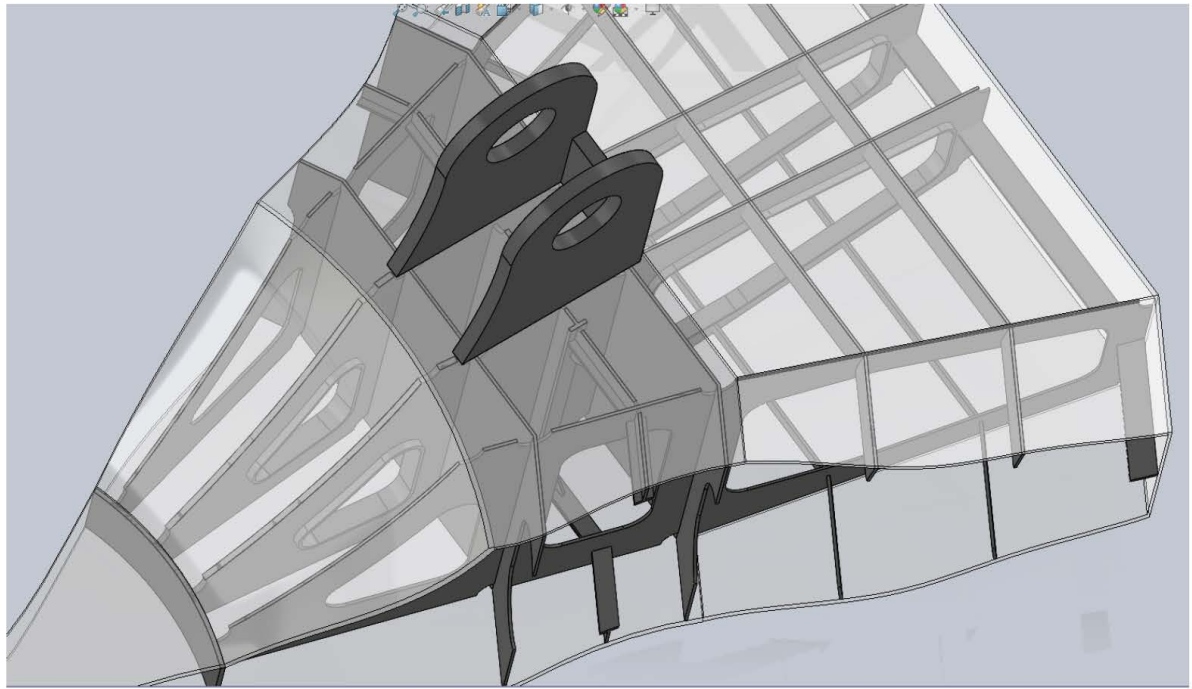


Рисунок 6.8 – 3D-модель башмака в районі встановлення римів

Переріз II – II – це переріз, який розташований поза зоною установки римів, і який проходить через центр башмака та середину однієї із сторін багатокутника, перпендикулярно до неї. Розміри набору та товщини листів показані на рис. 6.9.

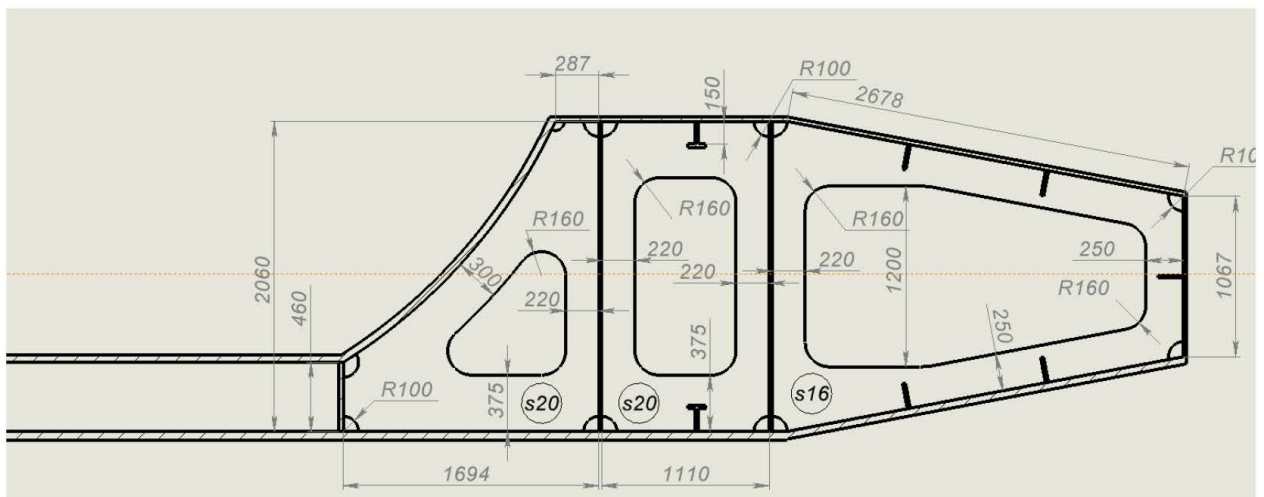


Рисунок 6.9 – Переріз II – II

Переріз III – III – це переріз, що розташований поза зоною установки римів, який проходить через центр башмака і вершину багатокутника. Розміри набору та

	Підп. і дата				
	Інв. № дубл.				
	Взам. інв. №				
	Підп. і дата				
	Інв. № орг.				

перпендикулярно до неї. Розміри набору та товщини листів показані на рис. 6.9.

Рисунок 6.9 – Переріз ІІ – ІІ

Переріз III – III – це переріз, що розташований поза зоною установки римів, який проходить через центр башмака і вершину багатокутника. Розміри набору та

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<i>Арх.</i>
					12.KP.135.4117cm.09.P3.06	65

[illegible]

6.4 Перевірний розрахунок міцності башмака

Розрахункова модель башмака та опорної колони, а також зовнішні навантаження та закріплення, показані на рис. 6.11. Для коректної передачі навантаження від маси всієї установки, було створено 3D-модель опорної колони.

12.KP.135.4117см.09.ПЗ.06

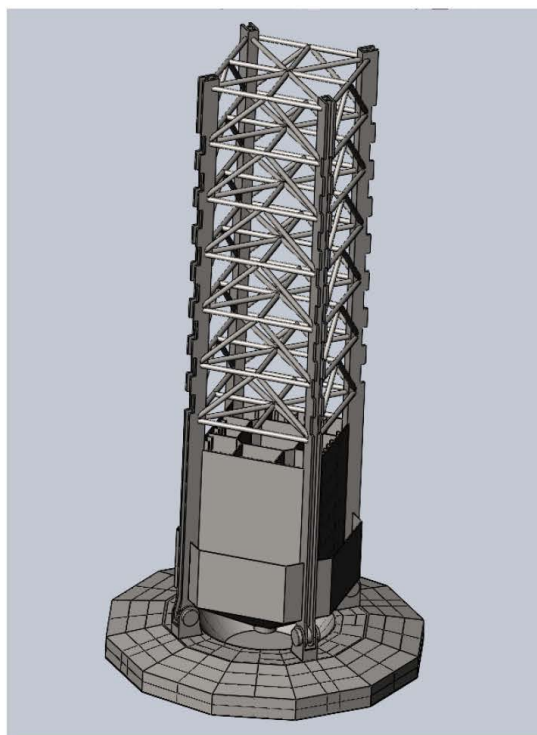


Рисунок 6.11 – Розрахункова модель башмака та опорної колони

Марка матеріалу та його властивості, прийняті у розрахунку, зазначені у табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Властивості матеріалу

Ім'я:	1.8901 (S460N)
Тип моделі:	Лінійний Пружний Ізотропний
Критерій міцності за промовчанням:	Максимальне напруження von Mises
Межа плинності:	$3,8e+08 \text{ N/m}^2$
Межа міцності при розтягуванні:	$5,3e+08 \text{ N/m}^2$
Модуль пружності:	$2,1e+11 \text{ N/m}^2$
Коефіцієнт Пуассона:	0,28
Масова щільність:	$7\,800 \text{ kg/m}^3$
Модуль зсуву:	$8e+10 \text{ N/m}^2$
Коефіцієнт теплового розширення:	$1,1e-05 / \text{Kelvin}$

Так як розрахункова модель складається з складання двох деталей – опорної колони та башмака, то у місцях їх з'єднання необхідно встановити правильний тип контакту, рис. 6.12. Тип цього з'єднання у програмі SolidWorks Simulation називається "штирбок".

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.KP.135.4 117см.09.ПЗ.06	67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

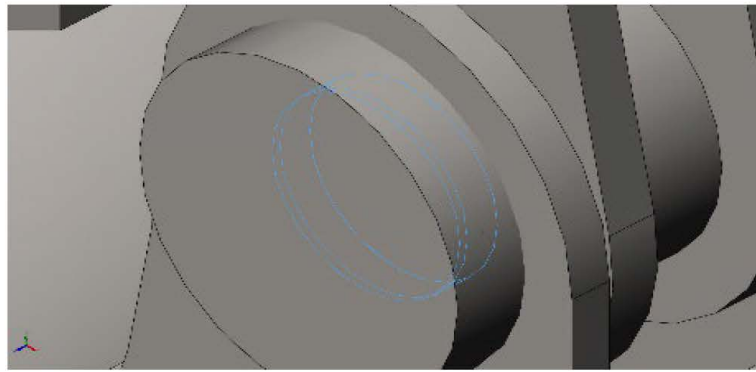


Рисунок 6.12 – Район застосування властивості з'єднання деталей у складання

Параметри цього типу з'єднання описані в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Властивості з'єднання

Тип	X-складова	Y-складова	Z-складова	Результуюча
Осьове зусилля (N)	0	0	5,7847e+06	5,7847e+06
Поперечна сила (N)	3,1519e+05	1,271e+07	0	1,2714e+07
Обертний момент (N·m)	-0	-0	-1,6615e-13	-1,6615e-13
Згинальний момент (N·m)	-6,7411e+05	-1,705e+05	0	6,9534e+05

Властивості сітки вказані у табл. 6.4, кінцево-елементна модель складання башмака і опорної колони показані на рис. 6.13.

Таблиця 6.4 – Властивості сітки

Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Використовуване розбиття:	Сітка на основі змішаної кривизни
Точки Якобіана для сітки високої якості.	16 Точки
Максимальний розмір елемента	100 mm
Мінімальний розмір елемента	5 mm
Якість сітки	Высокая
Усього вузлів	3361791
Усього елементів	1756561
Максимальне співвідношення сторін	90,55
% елементів із співвідношенням сторін ≤ 3	70,9

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ориг.						Арк.		
										68		
					Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.4 117см.09.ПЗ.06		

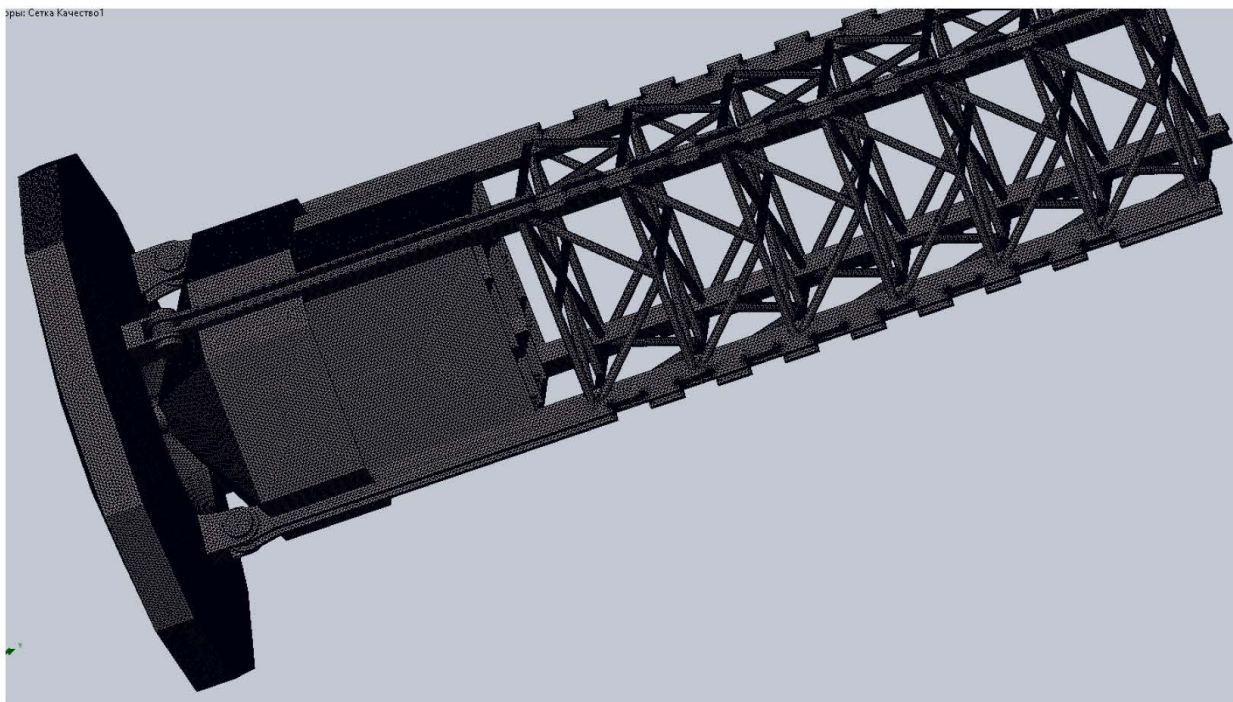


Рисунок 6.13 – Кінцево-елементна модель

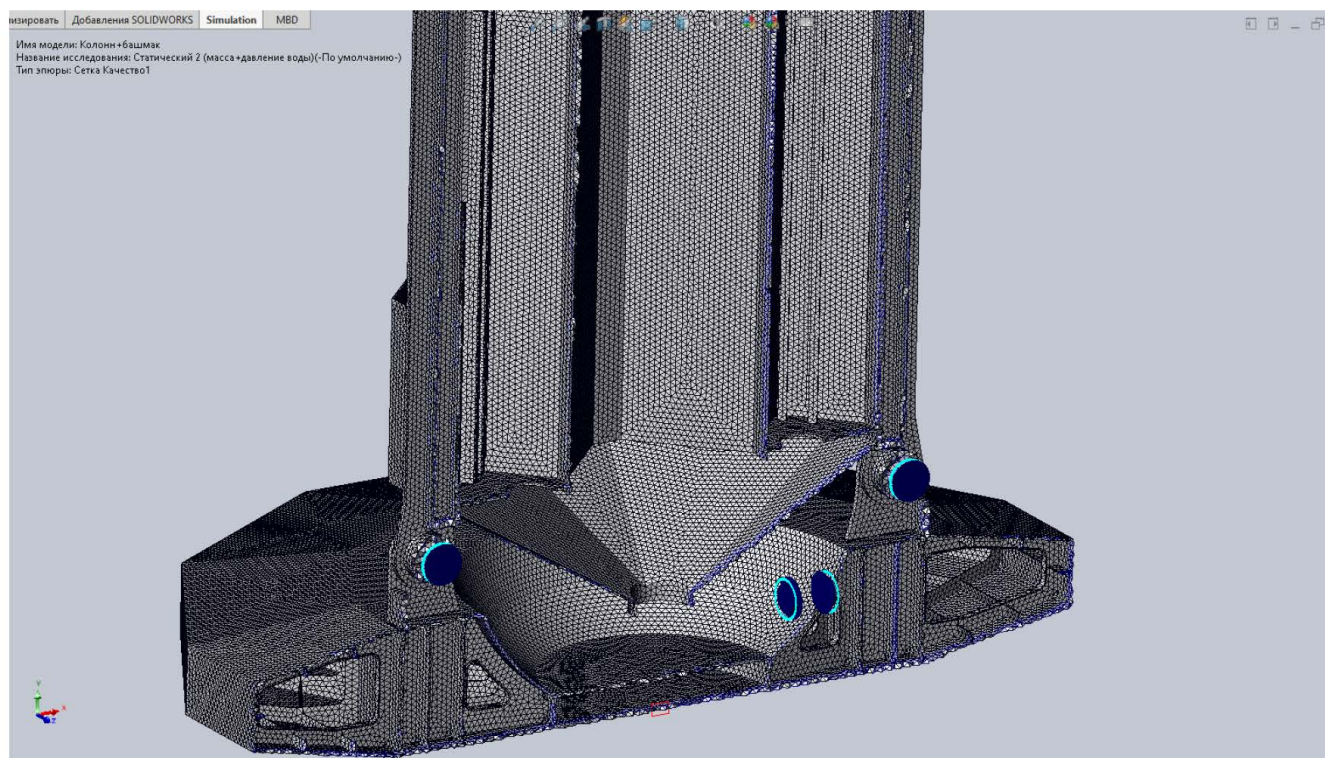


Рисунок 6.14 – Кінцево-елементна модель (переріз)

Як граничні умови встановлюємо тип кріплення "Зафіксований" для нижньої поверхні башмаку (рис. 6.15).

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.KP.135.4 117см.09.ПЗ.06	69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

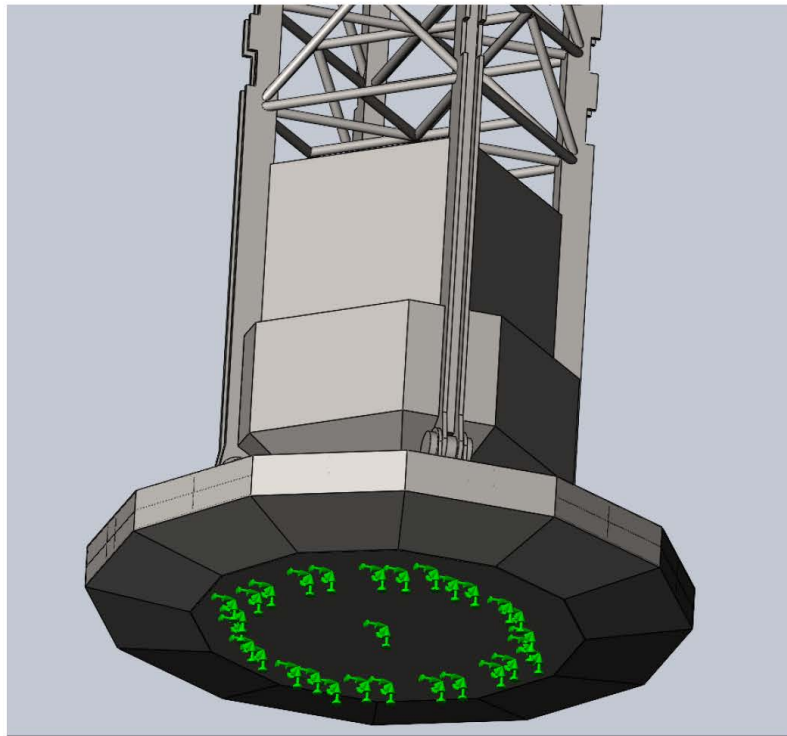


Рисунок 6.15 – Закріплення у розрахунковій моделі

Наступним етапом підготовки розрахунку було встановлення та завдання величин зовнішніх навантажень, що діють на розрахункову модель.

На башмак діє навантаження від маси опорної колони та верхньої будови бурової установки та всього обладнання, яке знаходиться на ньому. Також на башмак діє гідростатичне навантаження морської води. За вимогами Правил Регістру Судноплавства України як розрахункове навантаження, що діє на опорну колону, необхідно приймати масову водотоннажність.

Повна масова водотоннажність проекту (див. розділ 1)

$$D = LBH * \rho_v = 27690,9 * 1,025 = 28383,173 \text{ т.}$$

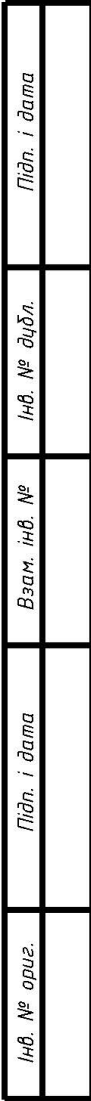
Приймаємо як розрахункове навантаження масу для однієї опорної колони, яка становить 1/3 від повної водотоннажності

$$D_{1к} = \frac{D}{3} = \frac{28383,173}{3} = 9461,058 \text{ т.}$$

Підп. і дата Інв. № дцбл. Взам. інв. № Підп. і дата Інв. № ориг.						12.KP.135.4117cm.09.ПЗ.06	Арк.
							70
	Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № змод.	Підп. і дата

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № змод.	Підп. і дата



Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № змод.	Підп. і дата

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № змод.	Підп. і дата

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № змод.	Підп. і дата

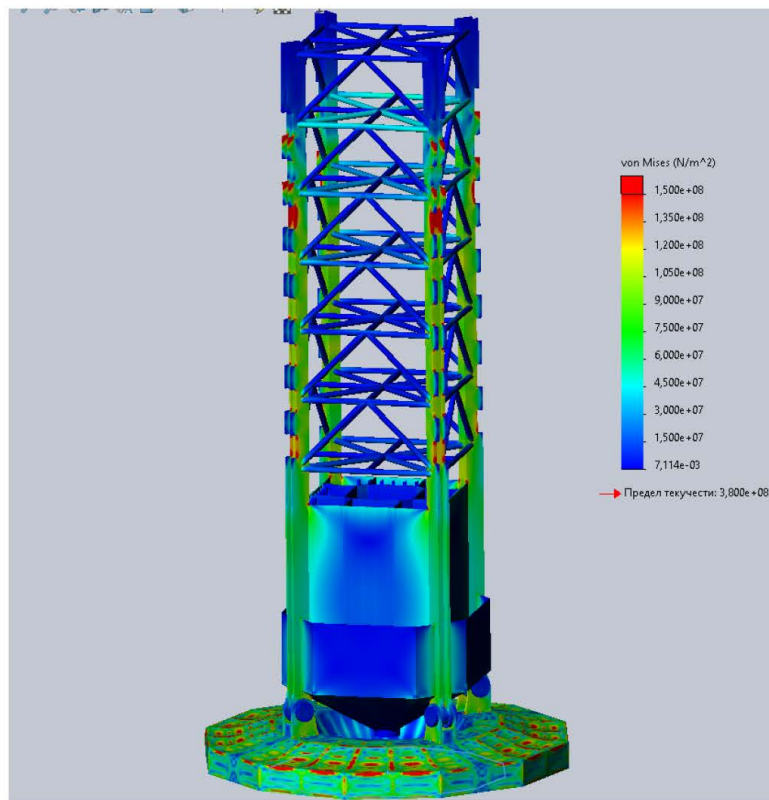


Рисунок 6.17 – Напруження (за Мізесом) у конструкції розрахункової моделі

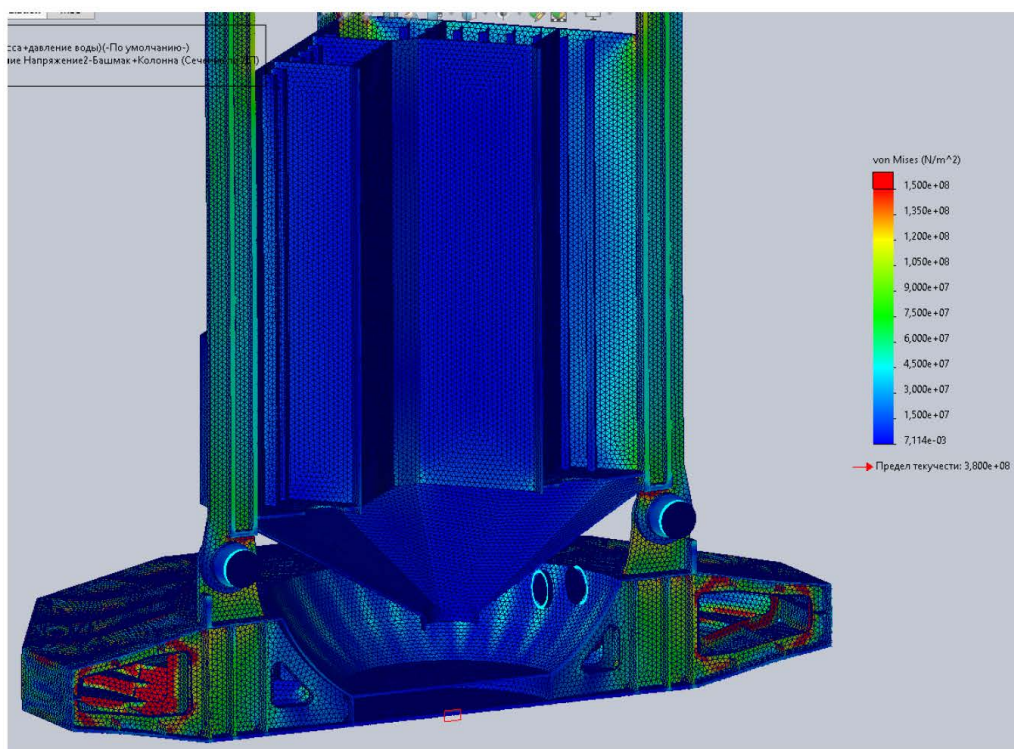
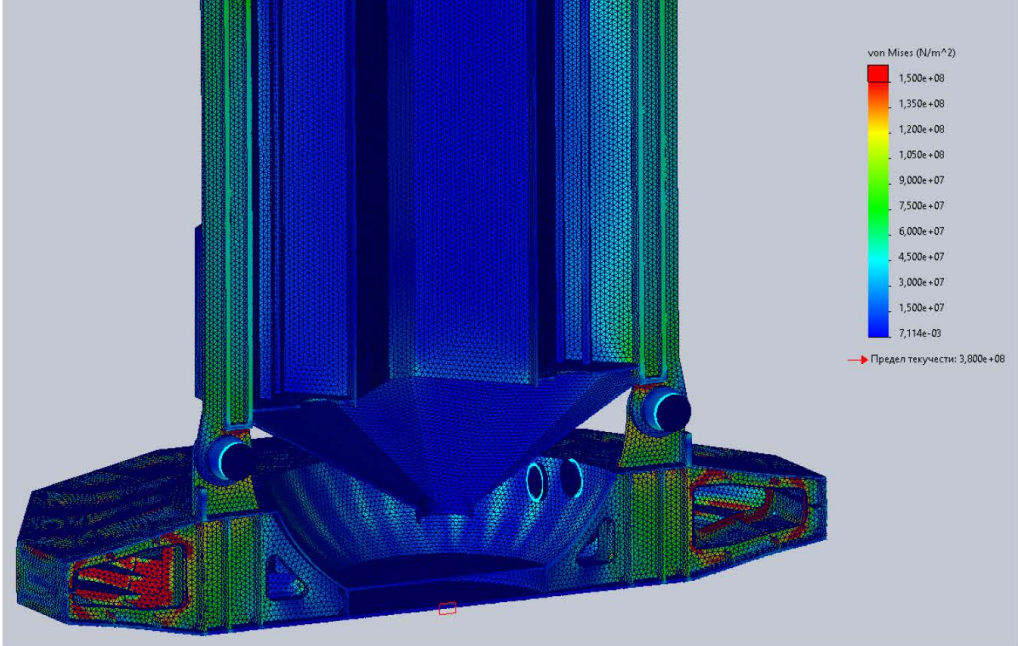


Рисунок 6.18 – Напруження (за Мізесом) у конструкції розрахункової моделі (подовжній переріз, сітка)

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Рисунок 6.18 – Напруження (за Мізесом) у конструкції розрахункової моделі (подовжній переріз, сітка)										
					12.KP.135.4 117см.09.ПЗ.06					Арк.
										72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

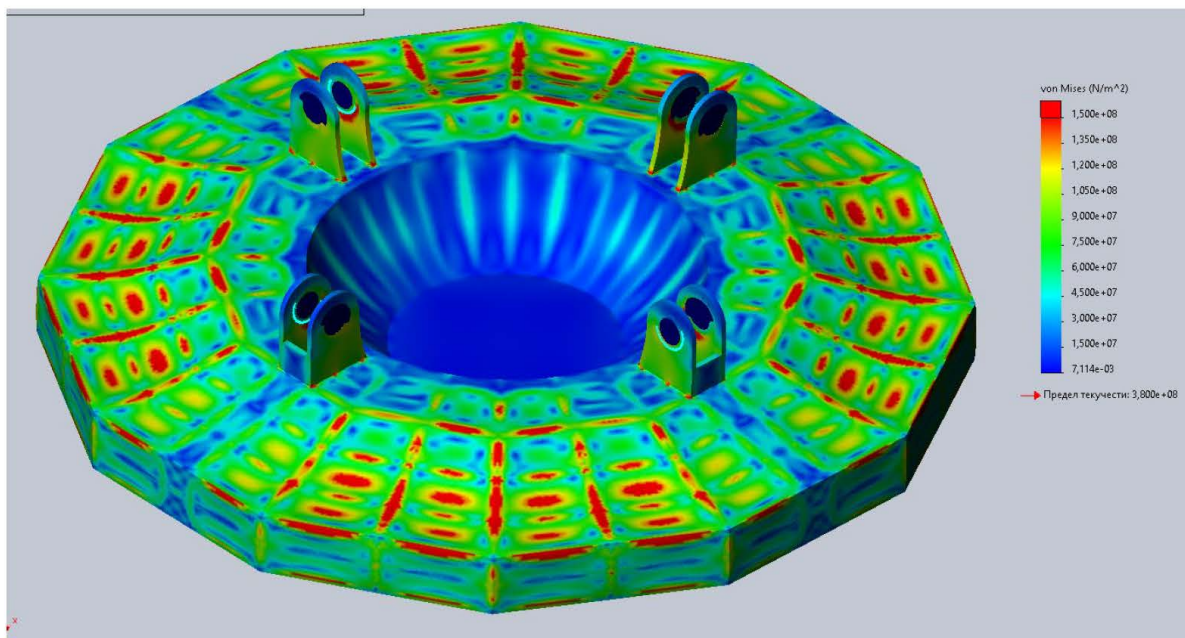


Рисунок 6.19 – Напруження (за Мізесом) у конструкції башмака

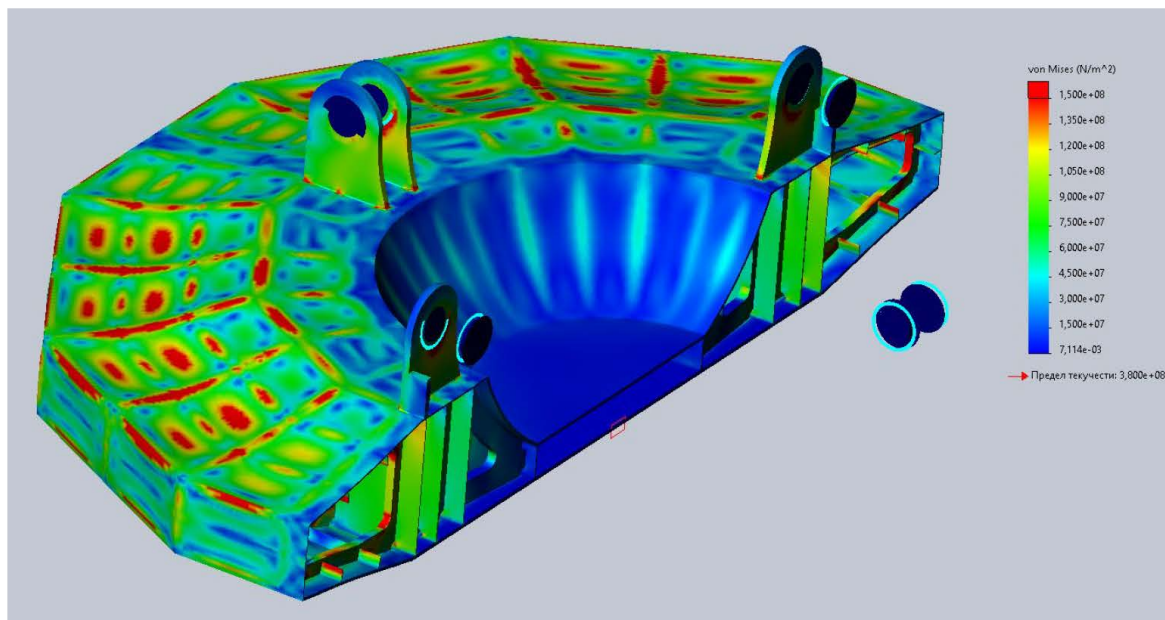


Рисунок 6.20 – Напруження (за Мізесом) у конструкції башмака (перетин у ДП)

Інв. № ориг.	Підп. і дата					12.KP.135.4 117cm.09.ПЗ.06	Арк. 73
	Інв. № дубл.						
	Взам. інв. №						
	Підп. і дата						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Рисунок 6.20 – Напруження (за Мізесом) у конструкції башмака (перетин у ДП)

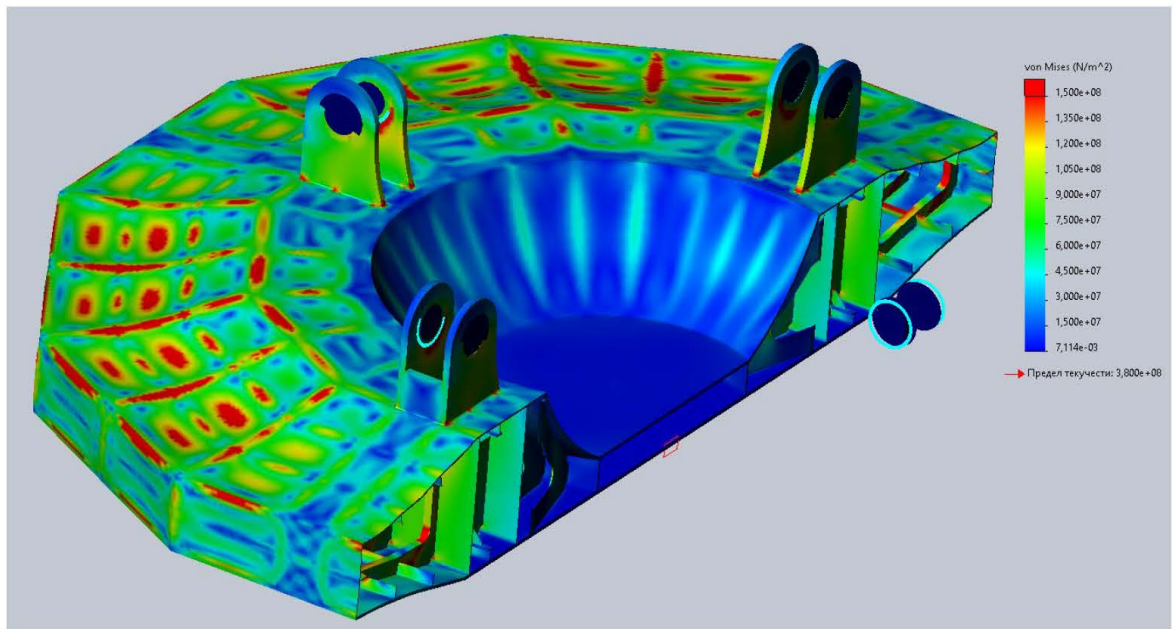


Рисунок 6.21 – Напруження (за Мізесом) у конструкції башмака (переріз 900мм від ДП)

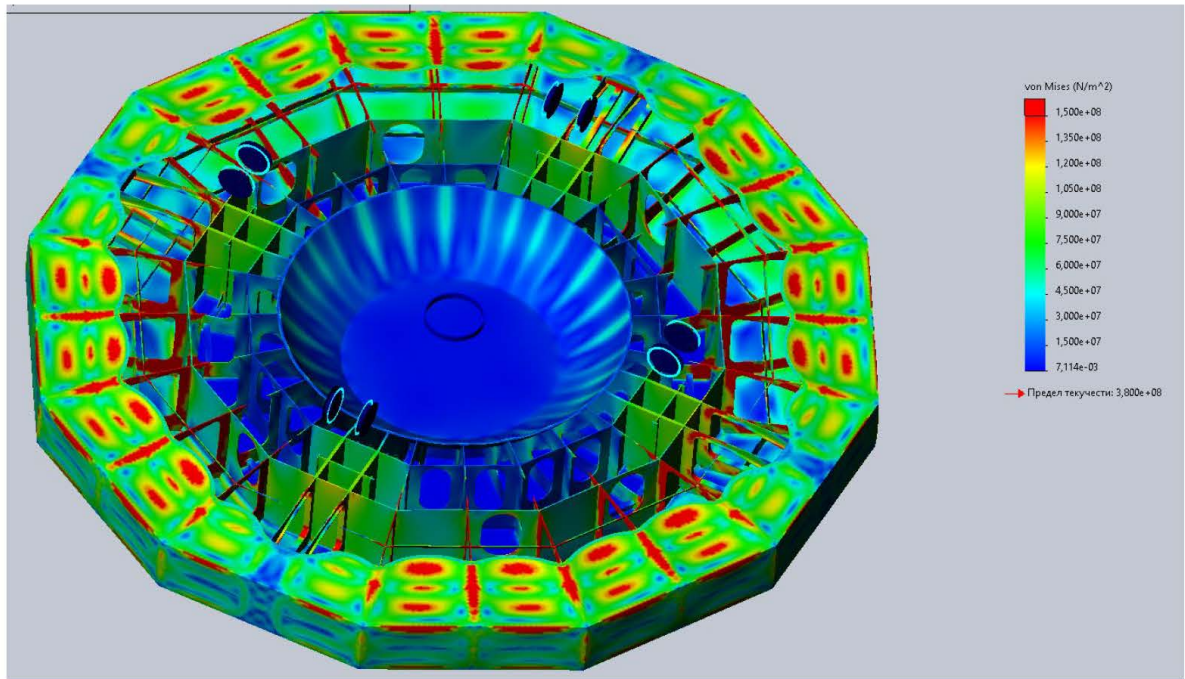


Рисунок 6.22 – Напруження (за Мізесом) у конструкції башмака (переріз 1700мм від ОП)

Підп. і дата	
Інв. № дцдл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № ориг.	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

12.KP.135.4 117см.09.ПЗ.06

Арк.

74

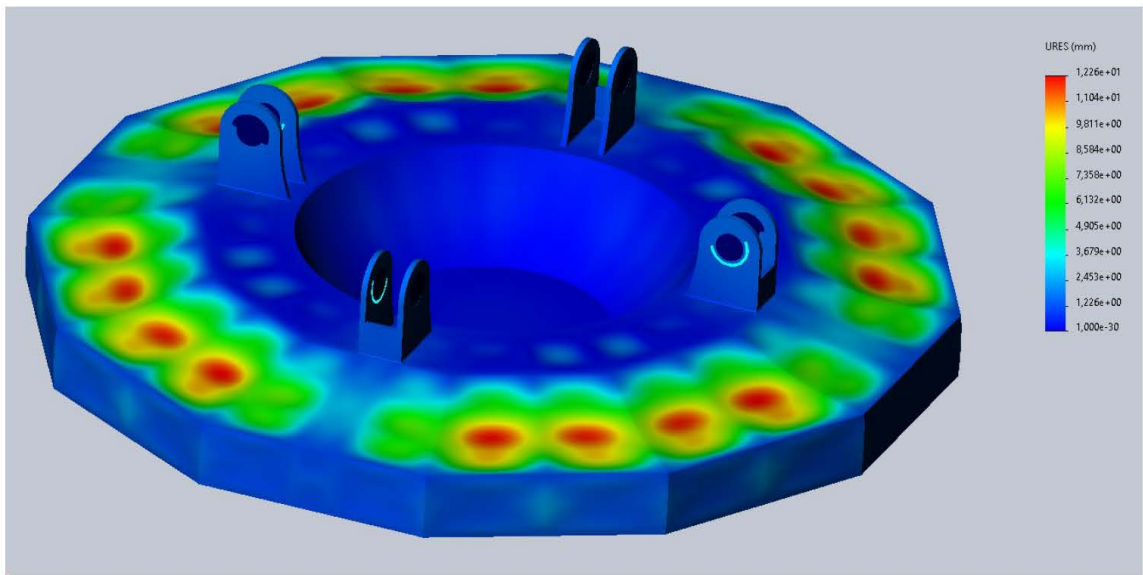


Рисунок 6.22 – Переміщення в конструкції башмака

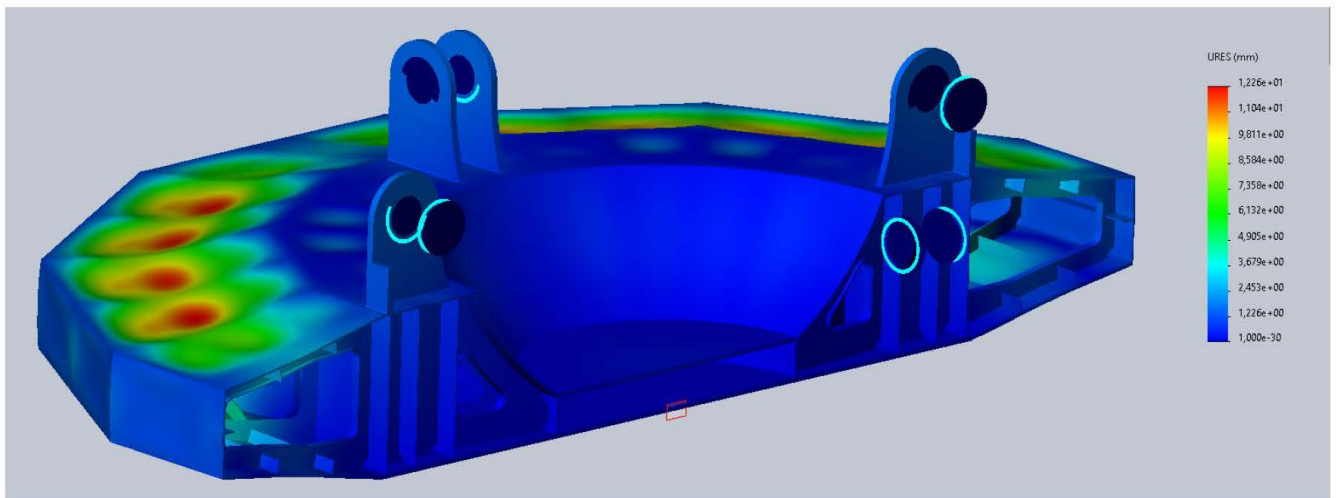


Рисунок 6.23 – Переміщення в конструкції башмака (переріз в ДП)

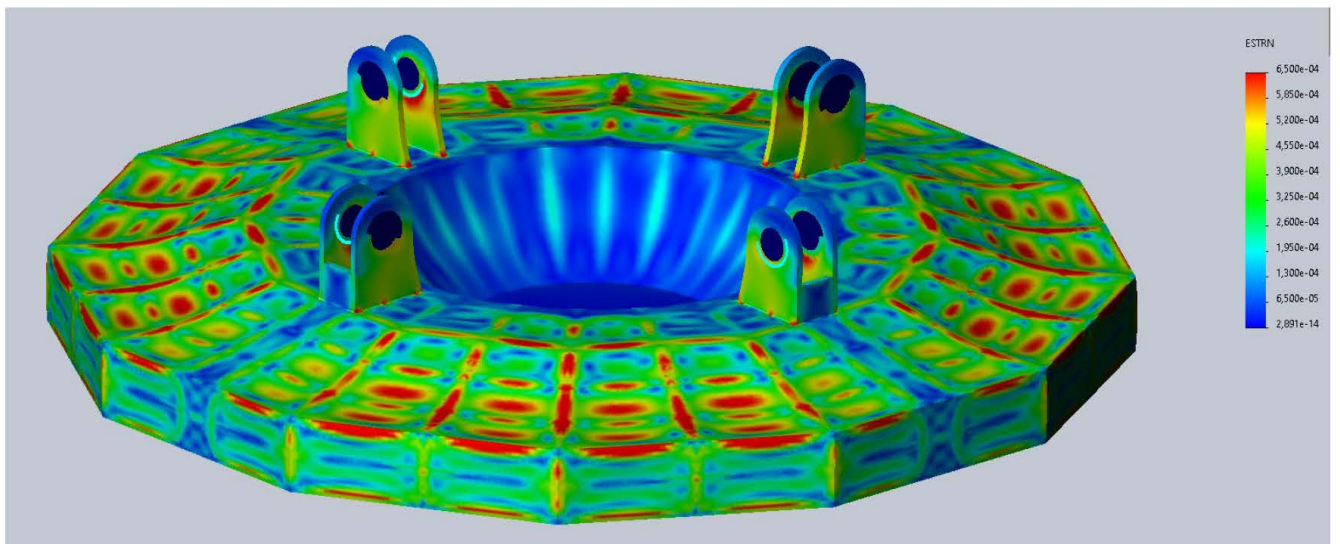


Рисунок 6.24 – Деформації у конструкції башмаку

Підп. і дата	
Інв. № дцдл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № ориг.	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

12.KP.135.4 117см.09.ПЗ.06

6.5 Висновки по розділу

На підставі епюр напружень (див. рис. 6.17 – 6.22), побудованих за результатами розрахунку, можна зробити висновок, що максимальне напруження, яке діє в обшивці та наборі башмака не більше 150,0 МПа, що є допустимим значенням.

Епюри переміщень (див. рис. 6.22 – 6.23) показують характер та напрямок переміщень, що відбуваються у розрахунковій моделі. Максимальний розмір переміщень становить близько 12 мм у верхній частині розрахункової моделі. Це відбувається під дією маси платформи, яка стискає опорну колону та її башмак.

Провівши аналіз епюри деформацій (див. рис. 6.24), можна зробити висновок, що деформації у конструкції теж незначні (у межах допустимих значень).

Отже, конструкція башмака відповідає умовам міцності.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.КР.135.4 117см.09.ПЗ.06					76

Πιστ. i θατα

Инв. № дудл.

Взам. інв. №

Πιόν. i δαμα

Инв. № оплг.

Характеристики морської трьохопорної бурової установки	Проект
Глибина моря, м	55
Глибина буріння, м	6600
Швидкість вітру для режиму буріння, м/с	37,0
Швидкість течії для режиму буріння, м/с	0,8
Довжина корпусу, м	74,0
База між опорними колонами по довжині, L_0 , м	69,56
Ширина корпусу, м	35,0
База між опорними колонами по ширині, B_0 , м	54,25
Висота корпусу, м	10,6
Кількість опор	3
Чисельність екіпажу, осіб	95
Водотоннажність, т	28140
Система утримання до постановки:	
Тип	якірна
Маса якорів, т	3 x 23

В цілому розроблений проєкт задовольняє вимогам нормативних документів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бреббіа К., Уокер С. Динамика морських споруд, пер. с англ. К. «Наукова Думка», 1983.
2. Буксирувальний опір, розрахунок. Проект 15402.
3. Вітрові та хвильові навантаження в морях. Регистр ССРСР - К., «Транспорт» 1962.
4. Девнін С.І. Аеродинаміка плоху обтічних конструкцій. К. «Наукова Думка», 1983.
5. Железняк В.Г. Розробка методики обґрунтування основних проектних характеристик СПБУ. ЦКБ «Корал», 1983.
6. Морські технології. Збірник наук. праць. МКІ. Миколаїв, 1993.
7. Навантаження мас порожнем. Проект 15402.
8. Сімаков Г.В., Шхинець К.Н., і др., Морські гідротехнічні споруди на континентальному шельфі. К «Наукова думка», 1989.
9. Шостак В.П. Проектування НДС. Миколаїв. УДМТУ, 1998.
10. Шостак В.П. Альбом бурового обладнання. Миколаїв. УДМТУ, 1999.
11. Шостак В.П. Конструктивні ознаки та особливості технології побудови бурових суден та платформ. Миколаїв. УДМТУ, 1997.
12. Шостак В.П. Технологія морського буріння нафтових та газових свердловин. Миколаїв, УДМТУ, 1998.