

**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 якорного пристрою плавучої бурової**  
**установки**

Виконав: студент 4117ст групи

\_\_\_\_\_ **Майнгард Д.В.**  
(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 \_\_\_\_\_ Майнгард Данило Вадимовичу \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект якорного пристрою плавучої 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. Район експлуатації                     | <u>Чорне море</u> |
| 3.2. Дедвейт                                | <u>4500 т</u>     |
| 3.3. Глибина буріння                        | <u>7250 м</u>     |
| 3.4. Глибина моря при експлуатації          | <u>260 м</u>      |
| 3.5. Глибина моря при якорній стоянці       | <u>60 м</u>       |
| 3.6. Загальна кількість членів екіпажу      | <u>90 чел</u>     |
| 3.7. Швидкість течії в режимі буріння       | <u>2,0 м/с</u>    |
| 3.8. Швидкість течії в режимі виживання     | <u>4,2 м/с</u>    |
| 3.9. Швидкість вітру в режимі буріння       | <u>30,0 м/с</u>   |
| 3.10. Швидкість вітру в режимі виживання    | <u>40,0 м/с</u>   |
| 3.11. Швидкість вітру при стоянці на якорях | <u>20,0 м/с</u>   |
| 3.12. Швидкість МПБУ у режимі переходу      | <u>4,7 вуз</u>    |

3.13. Термін дії вітру – 16,5 годин.

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

- 4.1. Визначення головних елементів і розмірів ПБУ.
- 4.2. Визначення параметрів хвилювання для режимів буріння та виживання.
- 4.3. Розрахунки сил та навантажень, що діють на ПБУ в режимі буріння та виживання.
- 4.4. Вибір елементів якорного пристрою ПБУ.
- 4.5. Розрахунок якорної стоянки ПБУ на двох якорях та оцінка її зміщення під час якорної стоянки.
- 4.6. Розрахункове проектування конструкції стабілізуючої колони ПБУ.

5. Перелік графічного матеріалу:

- 5.1. Презентація

## 6 Консультанти розділів роботи:

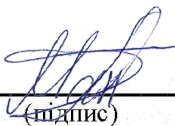
| Розділ                                                                                         | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                                                                                |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| 1. Визначення головних елементів і розмірів МПБУ.                                              | Зайцев В.В., зав. кафедри                 |                |                  |
| 2. Визначення параметрів хвилювання для режимів буріння та виживання.                          | Зайцев В.В., зав. кафедри                 |                |                  |
| 3. Розрахунки сил та навантажень, що діють на МПБУ в режимі буріння та виживання.              | Зайцев В.В., зав. кафедри                 |                |                  |
| 4. Вибір елементів якорного пристрою ПБУ.                                                      | Зайцев В.В., зав. кафедри                 |                |                  |
| 5 Розрахунок якорної стоянки ПБУ на двох якорях та оцінка її зміщення під час якорної стоянки. | Зайцев В.В., зав. кафедри                 |                |                  |
| 6. Розрахункове проєктування конструкції стабілізуючої колони ПБУ.                             | Зайцев В.В., зав. кафедри                 |                |                  |

7. Дата видачі завдання 02.09.2025

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломної роботи                                                                            | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Видача завдання, збір і вивчення матеріалу та літератури. Огляд прототипів.                              | 15.10.25-16.11.25             |          |
| 2     | Вступ, 1-й розділ. Визначення головних елементів і розмірів ПБУ.                                         | 17.11.25-01.12.25             |          |
| 3     | 2-й розділ. Визначення параметрів хвилювання для режимів буріння та виживання.                           | 02.12.25-15.12.25             |          |
| 4     | 3-й розділ. Розрахунки сил та навантажень, що діють на ПБУ в режимі буріння та виживання.                | 16.12.25-31.12.25             |          |
| 5     | 4-й розділ. Вибір елементів якорного пристрою ПБУ.                                                       | 01.01.26-31.01.26             |          |
| 6     | 5-й розділ. Розрахунок якорної стоянки ПБУ на двох якорях та оцінка її зміщення під час якорної стоянки. | 01.02.26-15.02.26             |          |
| 7.    | 6-й розділ. Розрахункове проєктування конструкції стабілізуючої колони ПБУ.                              | 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 презентації.                                                                    | 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)

Майнгард Данило Вадимович

(ПІБ)

Керівник роботи

  
 (підпис)

Зайцев Володимир Васильович

(ПІБ)

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»: 74 с., 5 креслень, 9 джерел.

Об'єкт дослідження – якірний пристрій плавучої бурової установки.

Мета досліджень – визначення проектних параметрів якірного пристрою та ПБУ.

Методика досліджень – аналітична, числова.

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

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

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

Виконано проектування якірного пристрою ПБУ, вибрані елементи якірного пристрою.

Поведено розрахунок якірної стоянки ПБУ на двох якорях та оцінка зміщення ПБУ під час якірної стоянки.

Виконане розрахункове проектування конструкції стабілізуючої колони ПБУ.

**ПЛАВУЧА БУРОВА УСТАНОВКА, СТАБІЛІЗУЮЧА КОЛОНА, СИЛИ ТА НАВАНТАЖЕННЯ, ЯКІРНИЙ ПРИСТРІЙ, ЕЛЕМЕНТИ ЯКІРНОГО ПРИСТРОЮ, МЕТОД КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

## ABSTRACT

Research object – jack-up drilling rig.

Purpose of research – determination of design parameters of jack-up drilling rig.

Methodology of research – analytical, numerical.

**JACK-UP DRILLING RIG, TOWING RESISTANCE, SUPPORTING COLUMNS, DRILLING DERRICK, ANCHORING DEVICE.**

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>12.KP.135.4117см.07.ПЗ</b> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 3    |



# ЗМІСТ

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ .....                                                                                         | 6  |
| 1 Визначення головних елементів і розмірів ПБУ .....                                                | 9  |
| 1.1 Основні характеристики прототипу ПБУ .....                                                      | 10 |
| 1.2 Визначення повної водотоннажності проекту .....                                                 | 10 |
| 1.3 Визначення вимірювачів мас .....                                                                | 11 |
| 1.4 Вирішення рівняння плавучості .....                                                             | 15 |
| 1.5 Визначення головних розмірів проекту ПБУ .....                                                  | 16 |
| 1.6 Визначення розмірів понтонів, колон, осадки .....                                               | 17 |
| 1.7 Вирішення рівняння місткості .....                                                              | 18 |
| 1.8 Визначення рівняння остійності .....                                                            | 19 |
| 2 Визначення параметрів хвилювання для режимів буріння та виживання..                               | 23 |
| 3 Розрахунки сил та навантажень, що діють на ПБУ в режимі буріння та виживання .....                | 29 |
| 3.1 Визначення вітрового навантаження .....                                                         | 30 |
| 3.2 Визначення навантаження від течії .....                                                         | 33 |
| 3.3 Визначення хвильового навантаження .....                                                        | 34 |
| 4 Вибір елементів якорного пристрою ПБУ .....                                                       | 37 |
| 4.1 Характеристики постачання .....                                                                 | 38 |
| 4.2 Визначення якорно-швартовного постачання .....                                                  | 39 |
| 4.3 Визначення основних характеристик якоря АС-14 .....                                             | 40 |
| 4.4 Якорні ланцюги та розміри його елементів .....                                                  | 41 |
| 5 Розрахунок якорної стоянки ПБУ на двох якорях та оцінка її зміщення під час якорної стоянки ..... | 45 |
| 5.1 Опис статичних розрахунків якорної системи ПБУ .....                                            | 46 |
| 5.2 Програма розрахунку якорної системи ПБУ .....                                                   | 49 |
| 6 Розрахункове проектування конструкції стабілізуючої колони МПБУ.....                              | 54 |
| 6.1 Головні розміри та основні характеристики установки.....                                        | 55 |
| 6.2 Матеріал корпусу.....                                                                           | 57 |
| 6.3 Розрахунок елементів корпусних конструкцій стабілізуючої                                        |    |

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

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                         | 4    |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| колони .....                                                    | 57 |
| 6.4 Перевірочний розрахунок міцності стабілізуючої колони ..... | 62 |
| 6.5 Висновки про результати розрахунку міцності.....            | 71 |
| Висновок .....                                                  | 72 |
| Перелік посилань .....                                          | 74 |

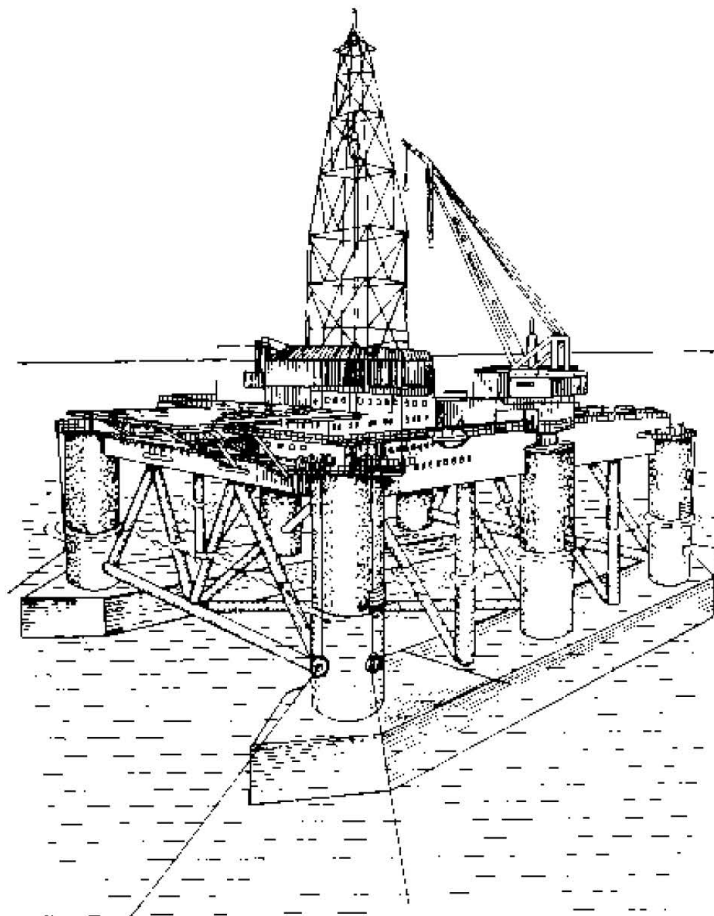
|              |              |              |             |              |     |      |          |        |      |                         |   |
|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|---|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дцдл | Підп. і дата |     |      |          |        |      | Арк.                    |   |
|              |              |              |             |              |     |      |          |        |      | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ | 5 |
|              |              |              |             |              |     |      |          |        |      |                         |   |
|              |              |              |             |              | Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |   |

## ВСТУП

Плавуча бурова установка - це технічна система, що включає комплекс технологічного устаткування, яка, взаємодіючи з буровим інструментом та іншими технічними системами, здійснює технологічний процес будівництва свердловини.

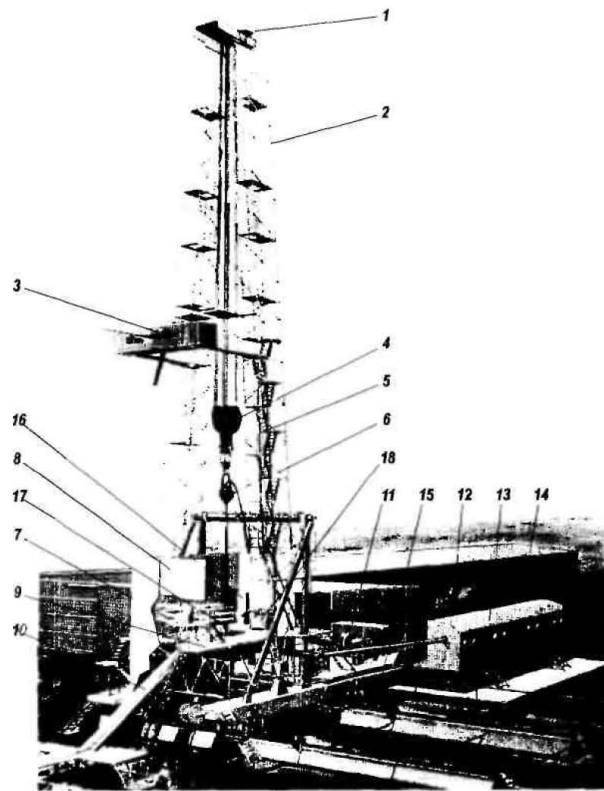
Склад вузлів бурової установки, їх конструкція визначаються призначенням свердловини, умовами і способом буріння. За призначенням установки, застосовувані для розвідки і розробки родовищ нафти і газу, поділяються на такі групи:

- установки для експлуатаційного і глибокого розвідувального буріння;
- установки для структурного та пошукового буріння;
- агрегати для освоєння, випробування і ремонту свердловин.



Загальний вид ПБУ типу «Шельф»

|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                        |   |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|--|------------------------|---|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |  |  |  |  |  | Арк.                   |   |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  | 12.KP.135.4117см.07.ПЗ | 6 |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                        |   |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                        |   |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |  |  |  |  |  |                        |   |



### Загальний вигляд установки глибокого буріння

1 – кронблоки, 2 – вишка, 3 – комплекс механізації спуско-підіймальних операцій АСП, 4 – талевий блок, 5 – автоматичний елеватор, 6 – вертлюг; 7 – свічки для труб; 8 – укриття бурової площадки; 9 – бурова площадка, 10 – приймальний міст зі стелажамі і похилим жолобом; 11 – бурова лебідка, 12 – буровий насос, 13 – циркуляційна система; 14 – укриття насосного блоку; 15 – основа; 16 – пульт управління, 17 – ротор, 18 – допоміжна лебідка



Бурова платформа на Кірінському родовищі (проект «Сахалін - 3»)

|              |              |              |              |              |                                    |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------------|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | <div>12.KP.135.4 117см.07.ПЗ</div> | Арк. |
|              |              |              |              |              |                                    | 7    |
|              |              |              |              |              |                                    |      |
|              |              |              |              |              |                                    |      |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |                                    |      |



Плавуча бурова установка Deepsea Delta

У світовій практиці буріння велике значення приділяється питанням класифікації ПБУ. За способом установки над свердловиною в процесі буріння їх поділяють:

- такі, що спираються при бурінні на морське дно (плавучі бурові установки самопідйомного і зануреного типів);
- такі, що проводять буріння в плавучому стані (напівзанурені бурові установки та бурові судна).

Відмітна особливість ПБУ - відносна легкість переміщення, постановки на точку буріння та зняття з неї, підвищена стійкість до впливу вітру, хвилювання і течій, можливість буріння на глибинах акваторій до 6000 м, а також незначне збільшення вартості за мірою зростання глибин моря.

До теперішнього часу розроблено ряд самохідних ПБУ та таких, що буксируються. За способом утримання над свердловиною в процесі буріння їх можна розділити на три типи:

- з якірної системою утримання;
- з динамічним позиціонуванням;
- на натяжних опорах.

|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                         |   |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|--|-------------------------|---|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |  |  |  |  |  | Арк.                    |   |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ | 8 |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                         |   |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                         |   |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |  |  |  |  |  |                         |   |

|              |              |               |                            |  |                                              |      |      |         |
|--------------|--------------|---------------|----------------------------|--|----------------------------------------------|------|------|---------|
| Інв. № ориг. | Керівник     | Зайцев В.В.   |                            |  | Визначення головних елементів і розмірів ПБУ | Літ. | Арк. | Аркучів |
|              | Зав.каф.     | Зайцев В.В.   |                            |  |                                              |      | 9    | 14      |
|              | Студент      | Майнгард Д.В. |                            |  |                                              |      |      |         |
|              | Консульт.    | Зайцев В.В.   |                            |  |                                              |      |      |         |
|              |              |               |                            |  |                                              |      |      |         |
| Інв. № докл. | Взам. інв. № | Підп. і дата  | 12.КР.135.4 117см.07.ПЗ.01 |  |                                              |      |      |         |
| Підп. і дата |              |               |                            |  |                                              |      |      |         |



# 1 ВИЗНАЧЕННЯ ГОЛОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ І РОЗМІРІВ ПБУ

## 1.1 Основні характеристики прототипу ПБУ

Прототипом для даного проекту є плавуча бурова установка "Шельф-6". Її основні характеристики наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні характеристики ПБУ "Шельф-6"

|                                            |              |          |
|--------------------------------------------|--------------|----------|
| Габаритні розміри:                         |              |          |
| довжина з вертолітним майданчиком, м       |              | 98,00    |
| довжина, м                                 | $L_0$        | 91,96    |
| ширина (без кронштейнів для якорів), м     | $B_0$        | 64,20    |
| висота (з буровою вишкою), м               |              | 94,00    |
| осадка експлуатаційна, м                   | $T_0$        | 14,30    |
| висота без бурової вежі, м                 | $H_0$        | 29,50    |
| осадка при буксируванні (переході), м      |              | 5,60     |
| водотонажність при переході, т             | $D_{бк.0}$   | 13800,00 |
| потужність енергетичної установки, кВт     | $N_{э.0}$    | 5350,00  |
| дедвейт, т                                 | $DW_0$       | 3519,20  |
| паливо, вода, мастила, т                   |              | 1130,00  |
| постачання, екіпаж, провізія, т            |              | 252,70   |
| технологічні запаси при експлуатації, т    | $P_{тех.0}$  | 2136,50  |
| водотоннажність "порожнем", т              |              | 11602,40 |
| чисельність екіпажу, чол                   | $n_{эк.0}$   | 81,00    |
| автономність, діб                          |              | 30,00    |
| повна водотонажність (при експлуатації), т | $D_0$        | 19770,00 |
| глибина буріння, м                         | $H_{бур.0}$  | 6000,00  |
| глибина моря, м                            | $H_{моря.0}$ | 200,00   |
| розміри верхнього корпусу, м               | $L'_0$       | 62,40    |
|                                            | $B'_0$       | 49,20    |
|                                            | $H'_0$       | 6,00     |

## 1.2 Визначення повної водотоннажності проекту

Обчислимо повну водотоннажність проекту:

Коефіцієнт утилізації прототипу дорівнює

|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                            |    |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|------|----------|--------|------|----------------------------|----|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |     |      |          |        |      | Арк.                       |    |
|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.01 | 10 |
|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                            |    |
|              |              |              |              |              | Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                            |    |

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

де  $DW_0$  - дедвейт прототипу, т;

$D_0$  - повна водотоннажність прототипу, т;

Дедвейт проєкту  $DW = 4500$  т; густина води  $\gamma = 1,025$  т/м<sup>3</sup>.

Таким чином, повна водотоннажність проєкту

$$D = \frac{DW}{\eta} = \frac{4500}{0,178} = 25280,9 \text{ т};$$

$$V = \frac{D}{\gamma} = \frac{25280,9}{1,025} = 24664,3 \text{ м}^3.$$

### 1.3 Визначення вимірювачів мас

Вагові характеристики

Металевий корпус з фундаментами.

маса

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

модуль

$$LBH_0 = L_0 B_0 H_0 = 91,96 \cdot 64,2 \cdot 29,5 = 174163 \text{ м}^3.$$

вимірювач

$$p_{mk} = \frac{P_{mk.0}}{LBH_0} = \frac{5931,3}{174163} = 0,03406 \text{ т/м}^3.$$

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

корпусу, обладнання приміщень:

маса

$$P_{об.суд.0} = 562,3 \text{ т};$$

модуль

$$LBH_{0.2\_3} = LBH_0^{2/3} = 174163^{2/3} = 3118,7 \text{ м}^2.$$

|              |      |              |        |              |  |              |  |              |  |                           |  |  |  |  |      |
|--------------|------|--------------|--------|--------------|--|--------------|--|--------------|--|---------------------------|--|--|--|--|------|
| Підп. і дата |      | Підп. і дата |        | Взам. інв. № |  | Підп. і дата |  | Інв. № ориг. |  |                           |  |  |  |  | Арк. |
|              |      |              |        |              |  |              |  |              |  |                           |  |  |  |  | 11   |
|              |      |              |        |              |  |              |  |              |  | 12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01 |  |  |  |  |      |
| Зм.          | Арк. | № докум.     | Підпис | Дата         |  |              |  |              |  |                           |  |  |  |  |      |

вимірювач

$$p_{\text{об.суд}} = \frac{P_{\text{об.суд}0}}{LBH_0^{2/3}} = \frac{562.3}{174163^{2/3}} = 0.1803 \text{ Т/М}^2.$$

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

Maca

$$P_{\text{об.тех.0}}=1288,9 \text{ Т};$$

## МОДУЛЬ

$$L_{\text{кол.0}} = H_{\text{бур.0}} + H_{\text{моря.0}} = 6000 + 200 = 6200 \text{ м.}$$

вимірювач

$$p_{\text{об.тех}} = \frac{P_{\text{об.тех.0}}}{L_{\text{кол.0}}} = \frac{1288,9}{6200} = 0.208 \text{ т/м.}$$

### Суднові пристрої:

maca

$$P_{\text{устр.0}}=2236,8 \text{ Т};$$

$$\delta_0 = 0,197,$$

## МОДУЛЬ

$$LBH\delta_{0,2\,3} = (L_0B_0H_0\delta_0)^{2/3} = (91,96 \cdot 64,2 \cdot 14,3 \cdot 0,197)^{2/3} = 651,6 \text{ м}^2.$$

вимірювач

$$p_{\text{yчp}} = \frac{P_{\text{yчp.0}}}{LBT\delta_{0,23}} = \frac{2236,8}{651,6} = 3.433 \text{ Т/М}^2.$$

## Системи загальносуднові:

Maca

$$P_{\text{с.т.0}}=330,7 \text{ Т};$$

## МОДУЛЬ

$$LBH_{0.2\ 3}=LBH_0^{2/3}=174163^{2/3}=3118,7\text{ м}^2;$$

вимірювач

$$p_{\text{CT}} = \frac{P_{\text{CT},0}}{LBH_0^{2/3}} = \frac{330,7}{174163^{2/3}} = 0.106 \text{ Т/М}^2.$$

Енергетична установка:

maca

|     |      |          |        |      |                           |      |
|-----|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|     |      |          |        |      | 12.КР.135.4117см.07.ПЗ.01 | Арк. |
|     |      |          |        |      |                           |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 12   |

$$P_{\text{э.0}}=372,9 \text{ т};$$

модуль

$$N_{\text{э.0}}= 5350 \text{ кВт};$$

вимірювач

$$p_{\text{э}} = \frac{P_{\text{э.0}}}{N_{\text{э.0}}} = \frac{372,9}{5350} = 0,0697 \text{ т/кВт.}$$

Обладнання електроенергетичної системи:

маса

$$P_{\text{эл.м.0}}=258,6 \text{ т};$$

модуль

$$N_{\text{э.0}}= 5350 \text{ кВт};$$

вимірювач

$$p_{\text{эл.м}} = \frac{P_{\text{эл.м.0}}}{N_{\text{э.0}}} = \frac{258,6}{5350} = 0,0483 \text{ т/кВт.}$$

Електричний кабель:

маса

$$P_{\text{эл.каб.0}}=172,4 \text{ т};$$

модуль

$$LBH_0=L_0B_0H_0=91.96 \cdot 64.2 \cdot 29.5=174163 \text{ м}^3;$$

вимірювач

$$p_{\text{эл.каб}} = \frac{P_{\text{эл.каб.0}}}{LBH_0} = \frac{172,4}{174163} = 9,899 \times 10^{-4} \text{ т/м}^3.$$

Радіоозброєння:

маса

$$P_{\text{рад.0}}=9,4 \text{ т};$$

модуль

$$LBH_0=L_0B_0H_0=91.96 \cdot 64.2 \cdot 29.5=174163 \text{ м}^3;$$

вимірювач

|              |  |  |  |  |  |                           |            |        |      |
|--------------|--|--|--|--|--|---------------------------|------------|--------|------|
| Підп. і дата |  |  |  |  |  | 12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01 | Арк.<br>13 |        |      |
|              |  |  |  |  |  |                           |            |        |      |
|              |  |  |  |  |  |                           |            |        |      |
| Інв. № дубл. |  |  |  |  |  | 12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01 | 13         |        |      |
|              |  |  |  |  |  |                           |            |        |      |
|              |  |  |  |  |  |                           |            |        |      |
| Взам. інв. № |  |  |  |  |  | 12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01 | 13         |        |      |
|              |  |  |  |  |  |                           |            |        |      |
|              |  |  |  |  |  |                           |            |        |      |
| Підп. і дата |  |  |  |  |  | 12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01 | 13         |        |      |
|              |  |  |  |  |  |                           |            |        |      |
|              |  |  |  |  |  |                           |            |        |      |
| Інв. № ориг. |  |  |  |  |  | 12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01 | 13         |        |      |
|              |  |  |  |  |  |                           |            |        |      |
|              |  |  |  |  |  |                           |            |        |      |
| Зм.          |  |  |  |  |  | Арк.                      | № докум.   | Підпис | Дата |

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

Запасні частини:

маса

$$P_{\text{зч.0}}=36,9 \text{ т};$$

модуль

$$LBH_0=L_0B_0H_0=91.96 \cdot 64.2 \cdot 29.5=174163 \text{ м}^3;$$

вимірювач

$$p_{\text{зч}} = \frac{P_{\text{зч.0}}}{LBH_0} = \frac{36,9}{174163} = 2,119 \times 10^{-4} \text{ т/м}^3.$$

Постачання (що витрачається) у складі навантаження "порожнем":

$$P_{\text{сн}}=40 \text{ т (const).}$$

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

маса

$$P_{\text{жг.0}}=241,1 \text{ т};$$

модуль

$$LBH_0=L_0B_0H_0=91.96 \cdot 64.2 \cdot 29.5=174163 \text{ м}^3;$$

вимірювач

$$p_{\text{жг}} = \frac{P_{\text{жг.0}}}{LBH_0} = \frac{241,1}{174163} = 1,384 \times 10^{-3} \text{ т/м}^3.$$

Технологічні запаси:

$$p_{\text{тех.з}} = \frac{P_{\text{тех.0}}}{DW_0} = \frac{2136,5}{3519,2} = 0,607 ;$$

$$p_{\text{техн}} = p_{\text{тех.з}} \cdot DW = 0,607 \cdot 4500 = 2731,5 \text{ т};$$

маса

$$P_{\text{тр.0}}=840 \text{ т};$$

|              |              |              |              |              |      |                                  |                                      |      |      |          |        |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|----------------------------------|--------------------------------------|------|------|----------|--------|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | маса | $P_{\text{тр.0}}=840 \text{ т};$ | <div>12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01</div> | Арк. |      |          |        |      |
|              |              |              |              |              |      |                                  |                                      | 14   |      |          |        |      |
|              |              |              |              |              |      |                                  |                                      | Зм.  | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|              |              |              |              |              |      |                                  |                                      |      |      |          |        |      |

модуль

$$L_{\text{кол.0}}=6200 \text{ м.}$$

вимірювач

$$p_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{тр.0}}}{L_{\text{кол.0}}} = \frac{840}{6200} = 0,135 \text{ т/м.}$$

Запас водотонажності:

4% від повної водотоннажності

$$P_{\text{зп}}=0,04 \cdot D = 0,04 \cdot 24719,1 = 988,8 \text{ т.}$$

Екіпаж з багажем і провізією:

маса

$$P_{\text{эк.0}}=17,7 \text{ т;}$$

модуль

$$n_{\text{эк.0}} = 81 \text{ чол;}$$

вимірювач

$$p_{\text{эк}} = \frac{P_{\text{эк.0}}}{n_{\text{эк.0}}} = \frac{17,7}{81} = 0,219 \text{ т/чол.}$$

Запас палива:

$$P_{\text{топл}}=1015,7 \text{ т.}$$

1.4 Вирішення рівняння плавучості

Рівняння плавучості:

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

Підсумовуємо всі ваги, що дорівнюють добутку величин обчисленого

|              |              |              |              |              |                           |      |          |        |      |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------|------|----------|--------|------|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | 12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01 |      |          |        |      | Арк. |
|              |              |              |              |              |                           |      |          |        |      | 15   |
|              |              |              |              |              |                           |      |          |        |      |      |
|              |              |              |              |              | Зм.                       | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |      |



вимірювача на відомий модуль. В результаті отримуємо рівняння плавучості:

$$n_{\text{ЭК}} = 90 \text{ чол};$$

$$N_{\text{ЭУ}} = N_{\text{ЭУ.0}} = 5350 \text{ кВт.}$$

глибина буріння,  $H_{\text{бур}} = 7250 \text{ м};$

глибина моря,  $H_{\text{моря}} = 260 \text{ м};$

$$L_{\text{кол}} = H_{\text{бур}} + H_{\text{моря}} = 7250 + 260 = 7510 \text{ м.}$$

Враховуючи, що  $\delta = \delta_0$  отримуємо  $LBH\delta = V$

$$\begin{aligned} D = & p_{mk} \cdot LBH + p_{\text{об.суд}} \cdot LBH^{\frac{2}{3}} + p_{\text{об.тех}} \cdot L_{\text{кол}} + p_{\text{устр}} \cdot V^{\frac{2}{3}} + p_{\text{ст}} \cdot LBH^{\frac{2}{3}} + p_{\text{ЭУ}} \cdot N_{\text{ЭУ}} \\ & + p_{\text{эл.м}} \cdot N_{\text{ЭУ}} + p_{\text{эл.каб}} \cdot LBH + p_{\text{рад}} \cdot LBH + p_{\text{зч}} \cdot LBH + P_{\text{сн}} + p_{\text{жг}} \cdot LBH \\ & + p_{\text{тр}} \cdot L_{\text{кол}} + P_{\text{зп}} + p_{\text{ЭК}} \cdot n_{\text{ЭК}} + P_{\text{топл}} + P_{\text{техн}}. \end{aligned}$$

Після спрощення:

$$D = 0,0367 \cdot LBH + 0,2863 \cdot LBH^{\frac{2}{3}} + 10934,1789.$$

Вирішення рівняння наступне:

$$LBH = 352025 \text{ м}^3.$$

### 1.5 Визначення головних розмірів проекту ПБУ

Вирішимо рівняння вагів. Для цього виразимо  $B$  і  $H$  через  $L$ . Для прототипу

$$L\_B = \frac{L_0}{B_0} = \frac{91,96}{64,2} = 1,432 \quad L\_H = \frac{L_0}{H_0} = \frac{91,96}{29,5} = 3,117.$$

|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |    |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|--|---------------------------|----|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |  |  |  |  |  | Арк.                      |    |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  | 12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01 | 16 |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |    |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |    |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |  |  |  |  |  |                           |    |

Тоді

$$B = \frac{L}{L_{\text{B}}} = \frac{L}{1,432} = 0,698L \quad H = \frac{L}{L_{\text{H}}} = \frac{L}{3,117} = 0,321L.$$

Підставивим ці значення в рівняння ваг и отримаємо значення для  $L, B, H$ :

$$L \cdot \frac{L}{L_{\text{B}}} \cdot \frac{L}{L_{\text{H}}} = LBH;$$

$$L = \sqrt[3]{LBH \cdot L_{\text{B}} \cdot L_{\text{H}}} = \sqrt[3]{352025 \cdot 1,432 \cdot 3,117} = 116,3 \text{ м};$$

$$B = \frac{L}{L_{\text{B}}} = \frac{116,3}{1,432} = 81,2 \text{ м}; \quad H = \frac{L}{L_{\text{H}}} = \frac{116,3}{3,117} = 37,3 \text{ м}.$$

#### 1.6 Визначення розмірів понтонів, колон, осадки

$$k_D = \frac{D_{\text{бк.0}}}{D_0} = \frac{13800}{19770} = 0,698.$$

Водотоннажність при буксируванні, т

$$D_{\text{бк}} = k_D \cdot D = 0,698 \cdot 25280,9 = 17646,1.$$

Густина води  $\rho_{\text{в}} = 1,025 \text{ т/м}^3$ ;

Довжина понтону  $L_{\text{п}} = L = 116,3 \text{ м}$ ;

Коефіцієнт повноти понтону  $\beta = 0,85$ .

Осадка при буксируванні, м,

$$T_{\text{бк}} = \sqrt{\frac{D_{\text{бк}}}{5 \cdot \rho_{\text{в}} \cdot L_{\text{п}} \cdot \beta}} = \sqrt{\frac{17646,1}{5 \cdot 1,025 \cdot 116,3 \cdot 0,85}} = 5,9.$$

|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------|--|--|--|--|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |                           |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  |      |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         | 12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01 |  |  |  |  | Арк. |
|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  | 17   |

Висота понтону, м

$$H_{\Pi} = T_{\text{БК}} + 0,6 = 5,9 + 0,6 = 6,5.$$

Ширина понтону, м,

$$B_{\Pi} = 2,5 \cdot T_{\text{БК}} = 2,5 \cdot 5,9 = 14,75.$$

Діаметр колони, м,

$$D_{\text{К}} = 0,9 \cdot B_{\Pi} = 0,9 \cdot 14,75 = 13,3.$$

Осадка при бурінні (експлуатаційна), м,

$$T = H_{\Pi} + \frac{\frac{D}{\rho_{\text{В}}} - 2L_{\Pi}B_{\Pi}H_{\Pi}\beta}{1,5 \cdot \pi \cdot D_{\text{К}}^2} = 6,5 + \frac{\frac{25280,9}{1,025} - 2 \cdot 116,3 \cdot 14,75 \cdot 6,5 \cdot 0,85}{1,5 \cdot \pi \cdot 13,3^2} = 13,35.$$

## 1.7 Вирішення рівняння місткості

Об'ємні характеристики.

Оскільки характеристики  $N_{\text{зу}}$ ,  $n_{\text{эк}}$ ,  $L_{\text{кол}}$  приймаються такими ж як і у прототипа, то перерахунок через вимірювачі робити не потрібно.

Приміщення МКВ:

$$W_{\text{МКО}} = 4789,26 \text{ м}^3.$$

Допоміжні приміщення:

$$W_{\text{вспом}} = 2539,56 \text{ м}^3.$$

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

$$W_{\text{тех.об}} = 5619,18 \text{ м}^3.$$

|              |      |          |        |      |  |                           |            |
|--------------|------|----------|--------|------|--|---------------------------|------------|
| Підп. і дата |      |          |        |      |  | 12.КР.135.4117см.07.ПЗ.01 | Арк.<br>18 |
|              |      |          |        |      |  |                           |            |
|              |      |          |        |      |  |                           |            |
|              |      |          |        |      |  |                           |            |
| Інв. № дцдл. |      |          |        |      |  |                           |            |
| Взам. інв. № |      |          |        |      |  |                           |            |
| Підп. і дата |      |          |        |      |  |                           |            |
| Інв. № ориг. |      |          |        |      |  |                           |            |
| Зм.          | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                           |            |

Житлові приміщення:

$$W_{\text{жил}} = 2577,42 \text{ м}^3.$$

де  $W_i$  - об'єми приміщень, що розміщуються в основному корпусі;

$W_{\text{пл}}$  - підпалубний об'єм (об'єм основного корпусу до верхньої палуби).

Загальний об'єм приміщень

$$\sum W = \sum \begin{pmatrix} W_{\text{мко}} \\ W_{\text{вспом}} \\ W_{\text{тех.об}} \\ W_{\text{жил}} \end{pmatrix} = \sum \begin{pmatrix} 4789,26 \\ 2539,56 \\ 5619,18 \\ 2577,42 \end{pmatrix} = 15525,42 \text{ м}^3;$$

$$\sum W \leq \left( \delta_{\text{нс}} + \frac{H - T}{10 \cdot T} \right) \cdot L' B' H'.$$

$\delta_{\text{нс.0}} = 0,9$  – коефіцієнт повноти надбудови прототипу.

$\delta_{\text{нс}} = \delta_{\text{нс.0}} = 0,9$  – коефіцієнт повноти надбудови проекту.

## 1.8 Визначення рівняння остійності

Початкова остійність

$$Kz c_0 \cdot \frac{T}{B} + K\rho_0 \cdot \frac{B}{T} - Kz g_0 \cdot \frac{H}{B} > \left( \frac{h}{B} \right),$$

де  $Kz c_0$  – частковий коефіцієнт аплікати ЦТ по відношенню до осадки;

$K\rho_0$  – частковий коефіцієнт метацентричного радіусу по відношенню до  $B^2/T$  прототипу;

$Kz g_0$  – частковий коефіцієнт аплікати ЦТ по відношенню до висоти конструкції;

$\frac{h}{B}$  – нормоване значення метацентричної висоти.

|              |              |      |              |  |              |  |              |  |                           |  |  |  |  |      |  |
|--------------|--------------|------|--------------|--|--------------|--|--------------|--|---------------------------|--|--|--|--|------|--|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата |      | Інв. № дубл. |  | Взам. інв. № |  | Підп. і дата |  |                           |  |  |  |  | Арк. |  |
|              |              |      |              |  |              |  |              |  |                           |  |  |  |  | 19   |  |
|              |              |      |              |  |              |  |              |  |                           |  |  |  |  |      |  |
|              |              |      |              |  |              |  |              |  |                           |  |  |  |  |      |  |
| Зм.          |              | Арк. | № докум.     |  | Підпис       |  | Дата         |  | 12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01 |  |  |  |  |      |  |

$$Kz c_0 = \frac{Z c_0}{T_0}; \quad K \rho_0 = \frac{\rho_0}{\left(\frac{B_0^2}{T_0}\right)}; \quad Kz g_0 = \frac{Z g_0}{H_0}.$$

Визначимо  $Z c_0$ ,  $\rho_0$ ,  $Z g_0$  прототипу.

$$Z c_0 = \frac{M_{xy}}{V_0},$$

де  $M_{xy}$  – статичний момент зануреного об'єму щодо координатної осі xOy;

$$V_0 = \frac{D_0}{\gamma} = \frac{19770}{1,025} = 19287,8 \text{ – об'ємна водотоннажність прототипу, м}^3.$$

$$M_{xy} = 2V_{\Pi}Z_1 + 6V_KZ_2,$$

де

$$V_{\Pi} = L_{\Pi}B_{\Pi}H_{\Pi}\beta = 116,3 \cdot 14,75 \cdot 6,5 \cdot 0,85 = 9477,7 \text{ – об'єм понтону, м}^3;$$

$$Z_1 = 3 \text{ – відстань центру тяжіння понтону від осі порівняння, м};$$

$$V_K = \frac{\pi D_K^2}{4}(T - H_{\Pi}) = \frac{\pi \cdot 13,3^2}{4}(13,35 - 6,5) = 951,7 \text{ – об'єм колони, м}^3;$$

$$Z_2 = 10,15 \text{ – відстань центру тяжіння колони від осі порівняння, м.}$$

$$M_{xy} = 2V_{\Pi}Z_1 + 6V_KZ_2 = 2 \cdot 9477,7 \cdot 3 + 6 \cdot 951,7 \cdot 10,15 = 114824,73 \text{ м}^4;$$

$$Z c_0 = \frac{M_{xy}}{V_0} = \frac{114824,73}{19287,8} = 5,95 \text{ м};$$

$$Z g_0 = \frac{\sum m_i \cdot z_i}{D_0},$$

де  $z_i$  – апліката центру тяжіння i-ої статті навантаження, м.

За прототипом  $\sum m_i \cdot z_i = 296425,5$

|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |    |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|--|---------------------------|----|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |  |  |  |  |  | Арк.                      |    |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  | 12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01 | 20 |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |    |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |    |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |  |  |  |  |  |                           |    |



Тоді безрозмірні коефіцієнти дорівнюють

$$K_{zc_0} = \frac{Zc_0}{T_0} = \frac{5,95}{14,3} = 0,416; \quad K\rho_0 = \frac{\rho_0}{\left(\frac{B_0^2}{T_0}\right)} = \frac{26,42}{\left(\frac{64,2^2}{14,3}\right)} = 0,092;$$

$$Kzg_0 = \frac{Zg_0}{H_0} = \frac{14,99}{29,5} = 0,51.$$

Рівняння остійності

$$K_{zc_0} \frac{T}{B} + K\rho_0 \frac{B}{T} - Kzg_0 \frac{H}{B} > \left(\frac{h}{B}\right);$$

$$0,416 \frac{13,35}{81,2} + 0,092 \frac{81,2}{13,35} - 0,51 \frac{37,3}{81,2} > \left(\frac{h}{81,2}\right);$$

Тепер проведемо перевірку за умовами остійності:

$$K_{zc_0} \frac{T}{B} + K\rho_0 \frac{B}{T} - Kzg_0 \frac{H}{B} \geq 0,05;$$

$$K_{zc_0} \frac{T}{B} + K\rho_0 \frac{B}{T} - Kzg_0 \frac{H}{B} = 0,406 \frac{13,35}{81,2} + 0,09 \frac{81,2}{13,35} - 0,51 \frac{37,3}{81,2} = 0,394;$$

місткості:

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

$$L' = L'_0 = 62,4; \quad B' = B'_0 = 42,9; \quad H' = H'_0 = 6;$$

$$\Sigma W \leq \left(\delta_{\text{нс}} + \frac{H - T}{10 \cdot T}\right) \cdot L' B' H' = 15525,42 \leq \left(0,9 + \frac{37,3 - 13,35}{10 \cdot 13,35}\right) \cdot 62,4 \cdot 49,2 \cdot 6;$$

$$\left(\delta_{\text{нс}} + \frac{H - T}{10 \cdot T}\right) \cdot L' B' H' = \left(0,9 + \frac{37,3 - 13,35}{10 \cdot 13,35}\right) \cdot 62,4 \cdot 49,2 \cdot 6 = 19883,08.$$

Умова місткості виконується.

|                                                                                                                         |                           |      |          |        |      |                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------|----------|--------|------|-------------------------------|
| <div>Підп. і дата</div> <div>Інв. № дудл.</div> <div>Взам. інв. №</div> <div>Підп. і дата</div> <div>Інв. № ориг.</div> |                           |      |          |        |      | <div>Арк.</div> <div>22</div> |
|                                                                                                                         | 12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.01 |      |          |        |      |                               |
|                                                                                                                         | Зм.                       | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |
|                                                                                                                         |                           |      |          |        |      |                               |

|              |              |               |              |  |                                                                                                          |                                 |      |         |
|--------------|--------------|---------------|--------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|---------|
| Інв. № ориг. | Керівник     | Зайцев В.В.   |              |  | 12.КР.135.4117см.07.ПЗ.02<br><br>Визначення параметрів<br>хвилювання для режимів буріння<br>та виживання | Літ.                            | Арк. | Аркушів |
|              | Зав.каф.     | Зайцев В.В.   |              |  |                                                                                                          |                                 | 23   | 6       |
|              | Студент      | Майнгард Д.В. |              |  |                                                                                                          | <b>НУК</b><br>ім. адм. Макарова |      |         |
|              | Консульт.    | Зайцев В.В.   |              |  |                                                                                                          |                                 |      |         |
|              |              |               |              |  |                                                                                                          |                                 |      |         |
| Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл.  | Підп. і дата |  |                                                                                                          |                                 |      |         |



## 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ХВИЛЮВАННЯ ДЛЯ РЕЖИМІВ БУРІННЯ ТА ВИЖИВАННЯ

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:

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

$\nu = 10^{-5}$  – коефіцієнт кинематической вязкости воздуха, м<sup>2</sup>/с;

Швидкість вітру:  $V_{w.6} = 30,0$  м/с;

Розгін:  $L_6 = k_{vis} \frac{\nu}{V_{w.6} \cdot 1000} = 166,7$  км;

Термін дії вітру:  $t_6 = 16,5$  год;

Глибина в місці установки:  $H = 260$  м;

Прискорення вільного падіння:  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Обчислимо коефіцієнти для графіків:

$$k_{1.6} = \frac{g \cdot t_6 \cdot 3600}{V_{w.6}} = \frac{9,81 \cdot 16,5 \cdot 3600}{30} = 25427,52;$$

$$k_{2.6} = \frac{g \cdot L_6 \cdot 10^3}{V_{w.6}^2} = \frac{9,81 \cdot 166,7 \cdot 10^3}{30^2} = 1817;$$

$$k_{3.6} = \frac{g \cdot H}{V_{w.6}^2} = \frac{9,81 \cdot 260}{30^2} = 2,83.$$

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

$$gh\_Vw2_6 = gh\_Vw2(k_{2.6}) = 0,058;$$

$$gT\_Vw_6 = gT\_Vw(k_{2.6}) = 3,26;$$

|              |      |          |        |      |                                                                                   |
|--------------|------|----------|--------|------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Підп. і дата |      |          |        |      |                                                                                   |
| Інв. № дубл. |      |          |        |      |                                                                                   |
| Взам. інв. № |      |          |        |      |                                                                                   |
| Підп. і дата |      |          |        |      |                                                                                   |
| Інв. № ориг. |      |          |        |      |                                                                                   |
|              |      |          |        |      |                                                                                   |
| Зм.          | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | <div style="font-weight: bold; font-size: 1.2em;">12.KP.135.4117cm.07.ПЗ.02</div> |
|              |      |          |        |      | <div style="font-weight: bold;">24</div>                                          |

$$h_{\text{г}} = \frac{gh_{\text{в}} V_{\text{в}}^2}{g} = \frac{0,06 \cdot 30^2}{9,81} = 5,5 \text{ м};$$

$$T_{\text{г}} = \frac{gT_{\text{в}} V_{\text{в}}}{g} = \frac{3,26 \cdot 30}{9,81} = 9,97 \text{ с};$$

$$\frac{gH}{V_{\text{в}}^2} = 2,83.$$

Середня довжина хвилі:

$$\lambda_{\text{г}} = \frac{gT_{\text{г}}^2}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 9,97^2}{2\pi} = 155,2 \text{ м}.$$

Зробимо розрахунок для режиму виживання.

Вихідні дані:

Швидкість вітру:  $V_{\text{в.в}} = 40,0 \text{ м/с};$

Розгін:  $L_{\text{в}} = k_{\text{vis}} \frac{v}{V_{\text{в.в}} \cdot 1000} = 125,0 \text{ км};$

Термін дії вітру:  $t_{\text{в}} = 16,5 \text{ год};$

Глибина в місці установки:  $H = 260 \text{ м};$

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

Обчислимо коефіцієнти для графіків:

$$k_{1,\text{в}} = \frac{g \cdot t_{\text{в}} \cdot 3600}{V_{\text{в.в}}} = \frac{9,81 \cdot 16,5 \cdot 3600}{40} = 14567,85;$$

$$k_{2,\text{в}} = \frac{g \cdot L_{\text{в}} \cdot 10^3}{V_{\text{в.в}}^2} = \frac{9,81 \cdot 125 \cdot 10^3}{40^2} = 766,4;$$

$$k_{3,\text{в}} = \frac{g \cdot H}{V_{\text{в.в}}^2} = \frac{9,81 \cdot 260}{40^2} = 1,59.$$

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

$$gh_{\text{в}} V_{\text{в}}^2 = gh_{\text{в}} V_{\text{в}}^2 (k_{2,\text{в}}) = 0,041;$$

$$gT_{\text{в}} V_{\text{в}} = gT_{\text{в}} V_{\text{в}} (k_{2,\text{в}}) = 2,62;$$

$$h_{\text{в}} = \frac{gh_{\text{в}} V_{\text{в}}^2}{g} = \frac{0,04 \cdot 40^2}{9,81} = 6,52 \text{ м};$$

|                                                                                                                         |     |      |          |        |      |                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|
| <div>Підп. і дата</div> <div>Інв. № дубл.</div> <div>Взам. інв. №</div> <div>Підп. і дата</div> <div>Інв. № ориг.</div> |     |      |          |        |      | <div>Арк.</div> <div>25</div> |
|                                                                                                                         |     |      |          |        |      |                               |
|                                                                                                                         |     |      |          |        |      |                               |
|                                                                                                                         | Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |

12.КР.135.4117см.07.ПЗ.02

$$T_{\text{Б}} = \frac{gT_{\text{В}} \cdot V_{\text{W.Б}} \cdot V_{\text{W.Б}}}{g} = \frac{2,62 \cdot 40}{9,81} = 10,68 \text{ с};$$

$$\frac{gH}{V_{\text{W.Б}}^2} = 1,594.$$

Середня довжина хвилі:

$$\lambda_{\text{Б}} = \frac{g \cdot T_{\text{Б}}^2}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 10,68^2}{2\pi} = 178,09 \text{ м.}$$

Таким чином, було отримано середні значення висоти хвилі  $h_{\text{Б}}$  та періоду  $T_{\text{Б}}$ :  
Режим буріння

$$h_{\text{Б}} = 5,50 \text{ м};$$

$$T_{\text{Б}} = 9,97 \text{ с};$$

$$\lambda_{\text{Б}} = 155,2 \text{ м.}$$

Режим виживання

$$h_{\text{Б}} = 6,52 \text{ м};$$

$$T_{\text{Б}} = 10,68 \text{ с};$$

$$\lambda_{\text{Б}} = 178,09 \text{ м.}$$

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

$$h_{i\%} = k_i \cdot h_{\text{Б}}$$

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

$$k_{2,6} = \frac{g \cdot L_{\text{Б}} \cdot 10^3}{V_{\text{W.Б}}^2} = 1817 \quad k_{0,1\%}(k_{2,6}) = 2,618;$$

$$k_{2,Б} = \frac{g \cdot L_{\text{Б}} \cdot 10^3}{V_{\text{W.Б}}^2} = 766,406; \quad k_{0,1\%}(k_{2,Б}) = 2,521;$$

$$h_{0,1\%,6}(k_{2,6}) = k_{0,1\%}(k_{2,6}) \cdot h_{\text{Б}} = 14,4 \text{ м};$$

$$h_{0,1\%,Б}(k_{2,6}) = k_{0,1\%}(k_{2,Б}) \cdot h_{\text{Б}} = 16,44 \text{ м};$$

|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| Підп. і дата | Інв. № дудл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № ориг. |     |      |          |        |      | 12.КР.135.4117см.07.ПЗ.02 | Арк. |
|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |      |
|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |      |
|              |              |              |              |              | Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 26   |

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

- для режиму буріння:

$$\frac{h_{0,1\%_6}}{g \cdot T_6^2} = \frac{14,4}{9,81 \cdot 9,97^2} = 0,0148 \quad \text{приймаємо} \quad \frac{\eta_{c,6}}{h_i} = 0,59;$$

$$\eta_{c,6} = h_{0,1\%_6} \cdot 0,59 = 14,4 \cdot 0,59 = 8,5 \text{ м.}$$

- для режиму виживання:

$$\frac{h_{0,1\%_B}}{g \cdot T_B^2} = \frac{16,44}{9,81 \cdot 10,68^2} = 0,0147 \quad \text{приймаємо} \quad \frac{\eta_{c,B}}{h_i} = 0,59;$$

$$\eta_{c,B} = h_{0,1\%_B} \cdot 0,59 = 16,44 \cdot 0,59 = 9,7 \text{ м.}$$

Визначимо кліренс  $l_1$ :

$$l_{1,6} = \eta_{c,6} + 1,5 = 8,5 + 1,5 = 10,0;$$

$$l_{1,B} = \eta_{c,B} + 1,5 = 9,7 + 1,5 = 11,2,$$

де 1.5 м - величина запасу.

Визначимо висоту колон  $h_K$ :

$$l_{2,6} = 0,1 \cdot \lambda_6 = 0,1 \cdot 155,2 = 15,52;$$

$$l_{2,B} = 0,1 \cdot \lambda_B = 0,1 \cdot 178,09 = 17,81;$$

$$h_{K,6} = l_{1,6} + l_{2,6} = 10 + 15,52 = 25,52;$$

$$h_{K,B} = l_{1,B} + l_{2,B} = 11,2 + 17,81 = 29,01.$$

$L = 116,3$  – довжина понтона, м (из разд. 1).

$$L_K = \frac{0,65L}{2} = \frac{0,65 \cdot 116,3}{2} = 37,8 \text{ – відстань між колонами, м.}$$

$$\frac{L_K}{2} = \frac{37,8}{2} = 18,9;$$

|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |    |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|--|---------------------------|----|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |  |  |  |  |  | Арк.                      |    |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  | 12.КР.135.4117см.07.ПЗ.02 | 27 |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |    |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |    |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |  |  |  |  |  |                           |    |

$$h_{к.б} \leq \frac{L_{к}}{2} \quad 25,52 \leq \frac{37,8}{2};$$

$$h_{к.в} \leq \frac{L_{к}}{2} \quad 29,01 \leq \frac{37,8}{2}.$$

Висоту колон обираємо згідно з режимом буріння та обмеженням.  
Таким чином приймаємо висоту колон:

$$h_{к} = \frac{L_{к}}{2} = \frac{37,8}{2} = 18,9 \text{ м.}$$

Таким чином, умову виконано.

|              |              |          |        |      |                           |              |              |              |              |      |
|--------------|--------------|----------|--------|------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата |          |        |      |                           | Інв. № дудл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № ориг. |      |
|              |              |          |        |      |                           |              |              |              |              |      |
|              |              |          |        |      |                           |              |              |              |              |      |
|              |              |          |        |      |                           |              |              |              |              |      |
| Зм.          | Арк.         | № докум. | Підпис | Дата | 12.КР.135.4117см.07.ПЗ.02 |              |              |              |              | Арк. |
|              |              |          |        |      |                           |              |              |              |              | 28   |

|              |              |               |                           |  |  |                                                                              |      |      |         |
|--------------|--------------|---------------|---------------------------|--|--|------------------------------------------------------------------------------|------|------|---------|
| Інв. № ориг. | Керівник     | Зайцев В.В.   |                           |  |  | Розрахунки сил та навантажень, що діють на ПБУ в режимі буріння та виживання | Літ. | Арк. | Аркцшів |
|              | Зав.каф.     | Зайцев В.В.   |                           |  |  |                                                                              |      | 29   | 8       |
|              | Студент      | Майнгард Д.В. |                           |  |  |                                                                              |      |      |         |
|              | Консульт.    | Зайцев В.В.   |                           |  |  |                                                                              |      |      |         |
|              |              |               |                           |  |  |                                                                              |      |      |         |
| Інв. № докл. | Взам. інв. № | Підп. і дата  | 12.КР.135.4117см.07.ПЗ.03 |  |  |                                                                              |      |      |         |
| Підп. і дата |              |               |                           |  |  |                                                                              |      |      |         |

# 3 РОЗРАХУНКИ СИЛ ТА НАВАНТАЖЕНЬ, ЩО ДІЮТЬ НА ПБУ В РЕЖИМІ БУРІННЯ ТА ВИЖИВАННЯ

## 3.1 Визначення вітрового навантаження

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

$$P_v = K_z \cdot K_v \cdot K_\phi \cdot q \cdot A,$$

де

$$q = \frac{v_i^2}{16} \cdot 10^{-3} \text{ – швидкісний напір;}$$

$v_i$  – середня швидкість вітру;

$K_z$  – коефіцієнт зони, який враховує, що швидкість вітру змінюється з висотою;

| $z, \text{ м}$ | 0 - 10 | 11 - 30 | 31 - 50 | 51 - ... |
|----------------|--------|---------|---------|----------|
| $K_z$          | 1      | 1,15    | 1,35    | 1,6      |

$K_\phi$  – коефіцієнт форми:

$K_\phi = 1$  – для колон;

$K_\phi = 1,2$  – для прямокутних елементів;

$K_\phi = 0,6$  – для кожної панелі вишки;

$K_v$  – коефіцієнт взаємного впливу:

$K_v = ((L/D)-1)/6$  – для колон;

$K_v = 0$  – для  $L/D = 1$ ;

$K_v = 1$  – для  $L/D \geq 6$ ;

$A$  – проекція площі обтікаємого елемента (надводної частини) на напрямок перпендикулярний вітру (парусність) (рис. 3.1);

$A = h \cdot D$  – для колон;

|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------|--|--|--|--|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |                           |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  |      |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         | 12.KP.135.4117см.07.ПЗ.03 |  |  |  |  | Арк. |
|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  | 30   |

$A = (a + b) \cdot 0,5h$  – для вишки;

$A = b \cdot h$  – для верхньої будови і житлових будов;

або формулу можна представити так:

$$P_B = 0,625 \cdot v_i^2 \cdot 10^{-3} \cdot \sum A_i \cdot k_{zi} \cdot k_{\phi i} \cdot k_{\beta i}.$$

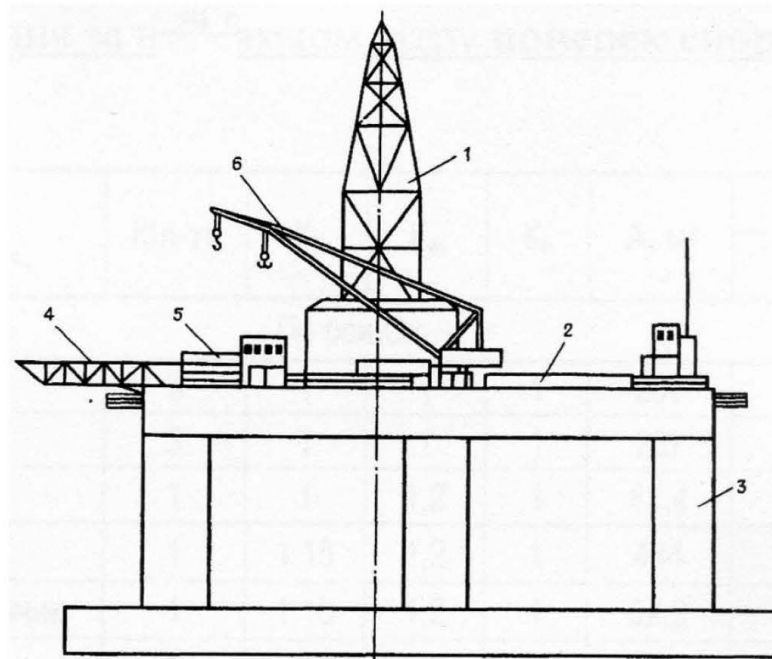


Рисунок 3.1 - До визначення площі парусності

Підрахування  $P_B$  виконаємо в табличній формі.

Визначимо навантаження за напрямком вітру вздовж споруди.

Вихідні данні:

$D_K = 13,3$  – діаметр колон, м;

$h_K = 18,9$  – висота колон, м;

$L_{\Pi} = 116,3$  – довжина понтону, м;

$H_{\Pi} = 6,5$  – висота понтону, м;

$B_{\Pi} = 14,75$  – ширина понтону, м;

$T_{\text{бур}} = 13,35$  – осадка при бурінні, м;

$$l_1 = h_K + H_{\Pi} - T_{\text{бур}} = 12,05 \text{ м.}$$

|                                                                                                                         |     |      |          |        |      |                                       |      |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|----------|--------|------|---------------------------------------|------|----|
| <div>Підп. і дата</div> <div>Інв. № дцбл.</div> <div>Взам. інв. №</div> <div>Підп. і дата</div> <div>Інв. № ориг.</div> |     |      |          |        |      | <div>12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.03</div> | Арк. |    |
|                                                                                                                         |     |      |          |        |      |                                       |      | 31 |
|                                                                                                                         | Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                       |      |    |
|                                                                                                                         |     |      |          |        |      |                                       |      |    |



$$B_{\text{м}} = 81,2 - \text{ширина моста, м;}$$
$$L_M = 88,9 - \text{довжина моста, м;}$$
$$h_{\text{м}} = 6 - \text{висота мосту, м;}$$
$$S_{\text{выш1}} = 252,45 - \text{площа першого рівня вежі, м}^2;$$
$$S_{\text{выш2}} = 227,29 - \text{площа другого рівня вежі, м}^2;$$
$$S_{\text{вышз}} = 338,58 - \text{площа третього рівня вежі, м}^2;$$
$$U_{\text{бур}} = 30 - \text{швидкість вітру при бурінні, м/с;}$$
$$U_{\text{в}} = 40 - \text{швидкість вітру при виживанні, м/с;}$$

Таблиця 3.1 - Вітрові навантаження вздовж споруди

|                |                       |        |                |                |                |        | Буріння               | Вижи-вання          |
|----------------|-----------------------|--------|----------------|----------------|----------------|--------|-----------------------|---------------------|
| Зона           | Елемент               | Кіл-ть | K <sub>з</sub> | K <sub>ф</sub> | K <sub>в</sub> | A, м²  | P <sub>бур</sub> , кН | P <sub>в</sub> , кН |
| <b>Вісь ОУ</b> |                       |        |                |                |                |        |                       |                     |
| 0-10           | Передні колони        | 2      | 1              | 1              | 1              | 160,3  | 180,298               | 320,530             |
|                | Другий ряд колон      | 2      | 1              | 1              | 0,31           | 160,3  | 55,892                | 99,364              |
|                | Третій ряд колон      | 2      | 1              | 1              | 0,31           | 160,3  | 55,892                | 99,364              |
|                | Верхня будова         | 1      | 1              | 1,2            | 1              | 487,2  | 328,860               | 584,640             |
| 10-30          | Верхня будова         | 1      | 1,15           | 1,2            | 1              | 487,2  | 378,189               | 672,336             |
|                | Вертолітний майданчик | 1      | 1,15           | 1,2            | 1              | 67,2   | 52,164                | 92,736              |
|                | Вишка                 | 1      | 1,15           | 0,6            | 1              | 252,45 | 97,982                | 174,191             |
|                | Надбудова             | 1      | 1,15           | 1,2            | 1              | 204,4  | 158,666               | 282,072             |
| 30-50          | Вишка                 | 1      | 1,35           | 0,6            | 1              | 227,29 | 103,559               | 184,105             |
|                | Надбудова             | 1      | 1,35           | 1,2            | 1              | 102,2  | 93,130                | 165,564             |
| >50            | Вишка                 | 1      | 1,6            | 0,6            | 1              | 338,58 | 182,833               | 325,037             |
| <b>Всього:</b> |                       |        |                |                |                |        | <b>1687,5</b>         | <b>2999,9</b>       |

Отже, вітрове навантаження вздовж споруди, кН:

режим буріння  $P_{\text{бур.вд}} = 1687,5$ ;

режим виживання  $P_{\text{в.вд}} = 2999,9$ .

Визначимо навантаження за напрямком вітру поперек споруди.

Таблиця 3.2 - Вітрові навантаження поперек споруди

|         |                       |        |       |          |       |          | Буріння       | Вижи-<br>вання |
|---------|-----------------------|--------|-------|----------|-------|----------|---------------|----------------|
| Зона    | Елемент               | Кіл-ть | $K_3$ | $K_\Phi$ | $K_B$ | $A, m^2$ | $P_{Бур}, кН$ | $P_B, кН$      |
| Вісь ОУ |                       |        |       |          |       |          |               |                |
| 0-10    | Передні колони        | 3      | 1     | 1        | 1     | 160,3    | 270,447       | 480,795        |
|         | Задні колони          | 3      | 1     | 1        | 1     | 160,3    | 270,447       | 480,795        |
|         | Верхня будова         | 1      | 1     | 1,2      | 1     | 533,4    | 360,045       | 640,080        |
| 10-30   | Верхня будова         | 1      | 1,15  | 1,2      | 1     | 533,4    | 414,052       | 736,092        |
|         | Вертолітний майданчик | 1      | 1,15  | 1,2      | 1     | 67,2     | 52,164        | 92,736         |
|         | Вишка                 | 1      | 1,15  | 0,6      | 1     | 252,45   | 97,982        | 174,191        |
|         | Надбудова             | 1      | 1,15  | 1,2      | 1     | 518      | 402,098       | 714,840        |
| 30-50   | Вишка                 | 1      | 1,35  | 0,6      | 1     | 227,29   | 103,559       | 184,105        |
|         | Надбудова             | 1      | 1,35  | 1,2      | 1     | 245      | 223,256       | 396,900        |
| >50     | Вишка                 | 1      | 1,6   | 0,6      | 1     | 338,58   | 182,833       | 325,037        |
| Всього: |                       |        |       |          |       |          | <b>2376,9</b> | <b>4225,6</b>  |

Отже, вітрове навантаження поперек споруди, кН:

режим буріння  $P_{Бур,шп} = 2376,9$ ;

режим виживання  $P_{B,шп} = 4225,6$ .

### 3.2 Визначення навантаження від течії

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

$$P_T = \frac{\rho \cdot U_T^2}{2} \cdot \sum k_i \cdot A_i,$$

де

$\rho$  – густина води;

$A_i$  – площа  $i$ -го елемента підводної частини конструкції,  $m^2$ ;

$K_{\Phi,i}$  – коефіцієнт форми:

$K_\Phi = 1$  – для круглих елементів;

$K_\Phi = 1,2$  – для прямокутних елементів;

|              |              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |    |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|------|----------|--------|------|---------------------------|----|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | Інв. № ориг. |     |      |          |        |      | Арк.                      |    |
|              |              |              |              |              |              |     |      |          |        |      | 12.KP.135.4117см.07.ПЗ.03 | 33 |
|              |              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |    |
|              |              |              |              |              |              | Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |    |

$U_T$  – швидкість течії, м/с.

$$U_{T.бур} = 3,9 \cdot 0,514 = 2,0 \text{ – для режиму буріння, м/с;}$$

$$U_{T.выж} = 8,2 \cdot 0,514 = 4,2 \text{ – для режиму виживання, м/с;}$$

Визначимо площу елементів в проекції перпендикулярній течії:

Довжина підводної частини колони, м:

$$l_{к.подв} = T_{бур} - H_{п} = 13,35 - 6,5 = 6,85 \text{ м;}$$

$$A_{колон} = 6 \cdot D_K \cdot l_{к.подв} = 6 \cdot 13,3 \cdot 6,85 = 546,63 \text{ м}^2;$$

$$A_{понт} = 2 \cdot L_{п} \cdot H_{п} = 2 \cdot 116,3 \cdot 6,5 = 1511,9 \text{ м}^2;$$

Знайдемо навантаження для двох режимів:

$$\Sigma K_{\Phi} A_i = 1 \cdot A_{колон} + 1,2 \cdot A_{понт} = 546,63 + 1,2 \cdot 1511,9 = 2360,91 \text{ м}^2;$$

- режим буріння:

$$P_{T.бур} = \frac{\rho \cdot U_{T.бур}^2}{2} \cdot \Sigma K_{\Phi} A_i = \frac{1,025 \cdot 2^2}{2} \cdot 2360,91 = 4839,87 \text{ кН;}$$

- режим виживання:

$$P_{T.выж} = \frac{\rho \cdot U_{T.выж}^2}{2} \cdot \Sigma K_{\Phi} A_i = \frac{1,025 \cdot 4,2^2}{2} \cdot 2360,91 = 21343,81 \text{ кН;}$$

### 3.3 Визначення хвильового навантаження

Хвильове навантаження визначається за формулою:

$$P_{хв} = \gamma_B \cdot k \cdot h \cdot 2 : (2 \cdot V_{п} \cdot \eta_1 + 2 \cdot n \cdot V_{кол} \cdot \eta_2) \cdot \sqrt{2 \cdot (1 + \cos(k \cdot B))},$$

|              |      |              |        |              |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |                           |    |
|--------------|------|--------------|--------|--------------|--|--------------|--|--------------|--|--|--|--|--|--|---------------------------|----|
| Підп. і дата |      | Підп. і дата |        | Взам. інв. № |  | Підп. і дата |  | Інв. № ориг. |  |  |  |  |  |  | Арк.                      |    |
|              |      |              |        |              |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  | 12.КР.135.4117см.07.ПЗ.03 | 34 |
|              |      |              |        |              |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |                           |    |
|              |      |              |        |              |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |                           |    |
| Зм.          | Арк. | № докум.     | Підпис | Дата         |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |                           |    |

де

$\gamma_v = 1,025$  – питома вага води;

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

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

$T$  – період коливання, с;

$B$  – відстань між осями колон, м.

З розділу 2 маємо:

$$h_{\text{б}} = 5,5 \text{ м};$$

$$T_{\text{б}} = 9,97 \text{ с};$$

$$\lambda_{\text{б}} = 155,2 \text{ м};$$

$$h_{\text{б}\%} = 14,4 \text{ м};$$

$$\omega_{\text{б}} = \frac{2 \cdot \pi}{T_{\text{б}}} = 0,63;$$

$$h_{\text{в}} = 6,52 \text{ м};$$

$$T_{\text{в}} = 10,68 \text{ с};$$

$$\lambda_{\text{в}} = 178,09 \text{ м};$$

$$h_{\text{в}\%} = 16,44 \text{ м};$$

$$\omega_{\text{в}} = \frac{2 \cdot \pi}{T_{\text{в}}} = 0,588.$$

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

- об'єм понтону,  $\text{м}^3$ ;

$$V_{\text{п}} = L_{\text{п}} B_{\text{п}} H_{\text{п}} \beta = 116,3 \cdot 14,75 \cdot 6,5 \cdot 0,85 = 9477,7;$$

- об'єм колони,  $\text{м}^3$ ;

$$V_{\text{кол}} = l_{\text{к.подв}} \frac{\pi \cdot D_{\text{к}}^2}{4} = 6,85 \cdot \frac{\pi \cdot 13,3^2}{4} = 951,7;$$

$L_{\text{к}} = 37,8$  – відстань між колонами, м (див. розділ 2).

|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |      |  |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|--|---------------------------|------|--|
| Підп. і дата | Інв. № дудл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № ориг. |  |  |  |  |  | 12.КР.135.4117см.07.ПЗ.03 | Арк. |  |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |      |  |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |      |  |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |      |  |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |  |  |  |  |  |                           | 35   |  |

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

$$\eta_2(\omega) = g^2 \left( 1 - e^{-\omega^2 \frac{l_{\text{к.подв}}}{g}} \right) \cdot \frac{2 \cdot \sin\left(\frac{\omega^2 \cdot H_{\text{п}}}{2g}\right)}{\omega^4 \cdot l_{\text{к.подв}} \cdot D_{\text{к}}};$$

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

Розрахунок для режиму буріння

$$T = \begin{pmatrix} T_{\text{б}} \\ 0,8 \cdot T_{\text{б}} \\ 1,2 \cdot T_{\text{б}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 9,97 \\ 7,976 \\ 11,964 \end{pmatrix}; \quad \lambda = \frac{\overrightarrow{g \cdot T^2}}{2 \cdot \pi} = \begin{pmatrix} 155,196 \\ 99,325 \\ 223,482 \end{pmatrix}; \quad k = \overrightarrow{\left(2 \frac{\pi}{\lambda}\right)} = \begin{pmatrix} 0,04 \\ 0,063 \\ 0,028 \end{pmatrix};$$

$$\omega = \frac{\overrightarrow{2 \cdot \pi}}{T} = \begin{pmatrix} 0,63 \\ 0,788 \\ 0,525 \end{pmatrix}; \quad \overrightarrow{\eta_1(\omega)} = \begin{pmatrix} 0,63 \\ 0,501 \\ 0,714 \end{pmatrix}; \quad \overrightarrow{\eta_2(\omega)} = \begin{pmatrix} 0,426 \\ 0,394 \\ 0,444 \end{pmatrix};$$

$$P_{\text{хв.б}} = \overrightarrow{P_{\text{хв}}(T, h_{\text{б}\%})} = \begin{pmatrix} 28981,0 \\ 19150,5 \\ 26631,7 \end{pmatrix}.$$

Розрахунок для режиму виживання

$$T = \begin{pmatrix} T_{\text{в}} \\ 0,8 \cdot T_{\text{в}} \\ 1,2 \cdot T_{\text{в}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 10,68 \\ 8,544 \\ 12,816 \end{pmatrix}; \quad \lambda = \frac{\overrightarrow{g \cdot T^2}}{2 \cdot \pi} = \begin{pmatrix} 178,087 \\ 113,976 \\ 256,445 \end{pmatrix}; \quad k = \overrightarrow{\left(2 \frac{\pi}{\lambda}\right)} = \begin{pmatrix} 0,035 \\ 0,055 \\ 0,025 \end{pmatrix};$$

$$\omega = \frac{\overrightarrow{2 \cdot \pi}}{T} = \begin{pmatrix} 0,588 \\ 0,735 \\ 0,490 \end{pmatrix}; \quad \overrightarrow{\eta_1(\omega)} = \begin{pmatrix} 0,664 \\ 0,544 \\ 0,741 \end{pmatrix}; \quad \overrightarrow{\eta_2(\omega)} = \begin{pmatrix} 0,433 \\ 0,405 \\ 0,449 \end{pmatrix};$$

$$P_{\text{хв.в}} = \overrightarrow{P_{\text{хв}}(T, h_{\text{в}\%})} = \begin{pmatrix} 32781,3 \\ 27994,0 \\ 28334,2 \end{pmatrix}.$$

|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| Підп. і дата | Інв. № дудл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № ориг. |     |      |          |        |      | 12.КР.135.4117см.07.ПЗ.03 | Арк. |
|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |      |
|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |      |
|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |      |
|              |              |              |              |              | Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 36   |

|              |              |               |              |  |                            |                                       |      |      |        |
|--------------|--------------|---------------|--------------|--|----------------------------|---------------------------------------|------|------|--------|
| Інв. № ориг. | Керівник     | Зайцев В.В.   |              |  | 12.КР.135.4 117см.07.ПЗ.04 | Видір елементів якірного пристрою ПБУ | Літ. | Арк. | Аркшів |
|              | Зав.каф.     | Зайцев В.В.   |              |  |                            |                                       |      | 37   | 8      |
|              | Студент      | Майнгард Д.В. |              |  |                            |                                       |      |      |        |
|              | Консульт.    | Зайцев В.В.   |              |  |                            |                                       |      |      |        |
|              |              |               |              |  |                            |                                       |      |      |        |
| Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дудл.  | Підп. і дата |  |                            |                                       |      |      |        |

## 4 ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ЯКІРНОГО ПРИСТРОЮ ПБУ

### 4.1 Характеристики 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;

$\Delta = 24664,3$  – об'ємна водотоннажність (із розділу 1),  $\text{м}^3$ ;

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

$D_k = 13,3$  – діаметр колон, м;

$h_k = 18,9$  – висота колон, м;

$H_{\text{п}} = 6,5$  – висота понтону, м;

$T = 13,35$  – осадка при бурінні (експлуатаційна), м;

$L_k = 37,8$  – відстань між вісями колон (по довжині понтону), м;

$b_m = 2 \cdot L_k + D_k = 88,9$  – довжина мосту, м;

$h_m = 6$  – висота мосту, м;

$b_{\text{вс.ня}} = b_m = 88,9$  – довжина нижнього ярусу верхньої споруди, м;

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

$b_{\text{вс.вя}} = L_k + D_k = 51,1$  – 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 |                            |  |  |  |  | Арк. |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         | 12.КР.135.4 117см.07.ПЗ.04 |  |  |  |  | 38   |

Розміри бурової вежі (згідно ескізу), м:

$$b_{B.0} = 18,457;$$

$$b_{B.1} = 12,476;$$

$$h_{B.1} = 28,7;$$

$$b_{B.2} = 15,73;$$

$$h_{B.2} = 9,272;$$

$$b_{B.3} = 12,338;$$

$$h_{B.2.2} = 2,727;$$

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

$$h_{B.3} = 32,877.$$

Площа парусності, м<sup>2</sup>:

$$A = \sum \begin{bmatrix} 3 \cdot D_K(h_K + H_{II} - T) \\ b_M \cdot h_M \\ b_{BC.HA} \cdot h_{BC.HA} \\ b_{BC.BA} \cdot h_{BC.BA} \\ 0,5 \cdot h_{B.1}(b_{B.0} + b_{B.1}) \cdot 0,6 \\ h_{B.2} \cdot b_{B.2} \\ 0,5 \cdot h_{B.2.2}(b_{B.2} + b_{B.3}) \\ 0,5 \cdot h_{B.3}(b_{B.3} + b_{B.4}) \cdot 0,6 \end{bmatrix} = \sum \begin{bmatrix} 3 \cdot 13,3 \cdot (18,9 + 6,5 - 13,4) \\ 88,9 \cdot 6 \\ 88,9 \cdot 6 \\ 51,1 \cdot 6 \\ 0,5 \cdot 28,7 \cdot (18,5 + 12,5) \cdot 0,6 \\ 9,3 \cdot 15,7 \\ 0,5 \cdot 2,7 \cdot (15,7 + 12,3) \\ 0,5 \cdot 32,9 \cdot (12,3 + 4,4) \cdot 0,6 \end{bmatrix} = 2469,7.$$

Характеристика постачання, м<sup>2</sup>,

$$N_c = K_1 \cdot K_2 \cdot \Delta^{2/3} + K_3 \cdot A = 1,8 \cdot 1,2 \cdot 24664,3^{2/3} + 2,1 \cdot 2469,7 = 6965,7.$$

#### 4.2 Визначення якірно-швартовного постачання

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

$$N_{як} = 3 \quad - \text{мінімальна кількість станових якорів, приймаємо } N_{як} = 8;$$

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

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

12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.04

Арк.

39



$M_{\text{як}} = 21500$  – маса кожного якоря, кг (без прив'язки до типу якоря);

$d_{\text{ц}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 127 \\ 114 \end{pmatrix}$  – калібр ланцюга за категоріями міцності, мм;

$N_{\text{кан}} = 10$  – кількість швартовних канатів.

Категорії міцності ланцюга=2

Категорії міцності ланцюга:

1 - звичайної міцності (вже не застосовується);

2 - підвищеної міцності;

3 - особливої міцності.

$d_{\text{ц}} = 127$  – 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:

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

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

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

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

|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |      |  |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|------|----------|--------|------|---------------------------|------|--|
| Підп. і дата | Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № ориг. |     |      |          |        |      | 12.КР.135.4117см.07.ПЗ.04 | Арк. |  |
|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |      |  |
|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |      |  |
|              |              |              |              |              |     |      |          |        |      |                           |      |  |
|              |              |              |              |              | Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 40   |  |

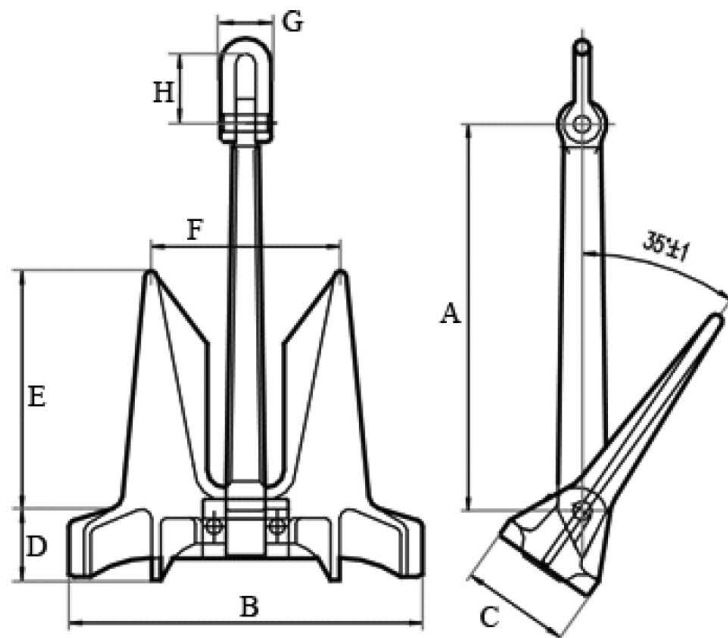


Рисунок 4.1 – Ескіз якоря АС-14

#### 4.4 Якірні ланцюги та розміри його елементів

Категорії міцності ланцюга=2;

$$d_{\text{ц}} = 127 - \text{калібр ланцюга, мм;}$$

$T_p = 7490$  – розривне зусилля ланцюга, кН.

Обираємо розміри елементів якірного ланцюга.

Загальна ланка якірного ланцюга з контрфорсом, мм:

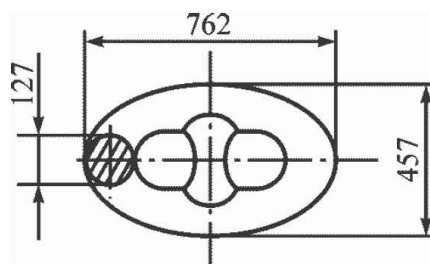
$$d_{\text{II}} = 127 \text{ мм};$$
$$6 \cdot d_{\text{ц}} = 762 \text{ мм};$$
$$3,6 \cdot d_{\text{ц}} = 457 \text{ мм};$$


Рисунок 4.2 – Загальне ланка якірного ланцюгу з контрфорсом

Загальна ланка якірного ланцюга без контрфорсу, мм:

$$d_{\text{ц}} = 127 \text{ мм};$$

$$5 \cdot d_{\text{ц}} = 635 \text{ мм};$$

$$3,4 \cdot d_{\text{ц}} = 432 \text{ мм};$$

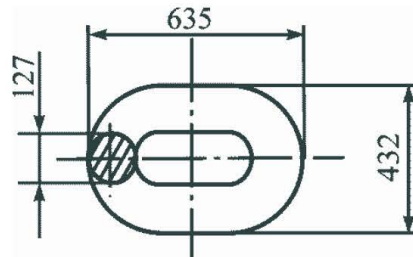


Рисунок 4.3 – Загальна ланка якірного ланцюга без контрфорсу

Скоба кінцева, мм:

$$5 \cdot d_{\text{ц}} = 635 \text{ мм};$$

$$8,2 \cdot d_{\text{ц}} = 1041 \text{ мм};$$

$$1,4 \cdot d_{\text{ц}} = 178 \text{ мм};$$

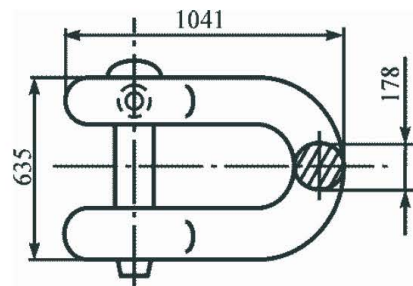


Рисунок 4.4 – Скоба кінцева

Ланка кінцева, мм:

$$1,2 \cdot d_{\text{ц}} = 152 \text{ мм};$$

$$7 \cdot d_{\text{ц}} = 889 \text{ мм};$$

$$4 \cdot d_{\text{ц}} = 508 \text{ мм};$$

|                                                                                                                                      |      |          |        |      |                                      |  |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|--------|------|--------------------------------------|--|------|
| <div> <div>Підп. і дата</div> <div>Інв. № дубл.</div> <div>Взам. інв. №</div> <div>Підп. і дата</div> <div>Інв. № ориг.</div> </div> |      |          |        |      |                                      |  |      |
|                                                                                                                                      |      |          |        |      |                                      |  |      |
|                                                                                                                                      |      |          |        |      |                                      |  |      |
|                                                                                                                                      |      |          |        |      |                                      |  |      |
| Зм.                                                                                                                                  | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | <div>12.КР.135.4117см.07.ПЗ.04</div> |  | Арк. |
|                                                                                                                                      |      |          |        |      |                                      |  | 42   |

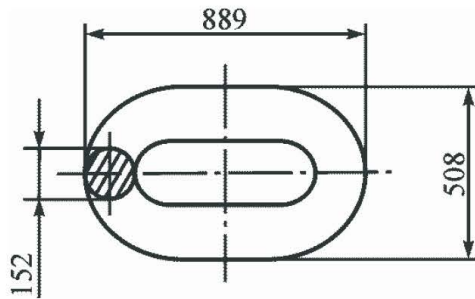


Рисунок 4.5 – Ланка кінцева

Ланка сполучна Кентера, мм:

$$4 \cdot d_{\text{ц}} = 508 \text{ мм};$$

$$6 \cdot d_{\text{ц}} = 762 \text{ мм};$$

$$d_{\text{ц}} = 127 \text{ мм};$$

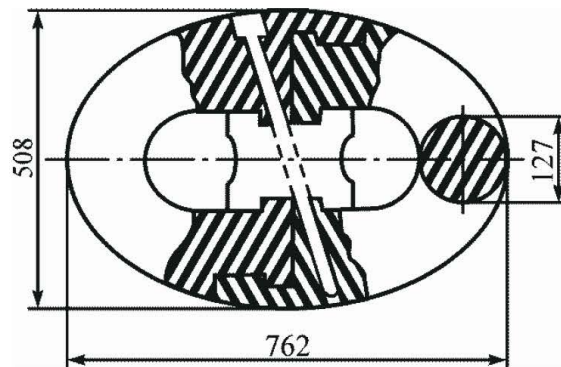


Рисунок 4.6 – Ланка сполучна Кентера

Вертлюг, мм:

$$4,7 \cdot d_{\text{ц}} = 597 \text{ мм};$$

$$1,2 \cdot d_{\text{ц}} = 152 \text{ мм};$$

$$1,1 \cdot d_{\text{ц}} = 140 \text{ мм};$$

$$9,8 \cdot d_{\text{ц}} = 1245 \text{ мм};$$

|                            |              |              |              |              |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Підп. і дата               | Інв. № дцдл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № ориг. |
|                            |              |              |              |              |
| Зм.                        | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |
| 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.04 |              |              |              | Арк.         |
|                            |              |              |              | 43           |

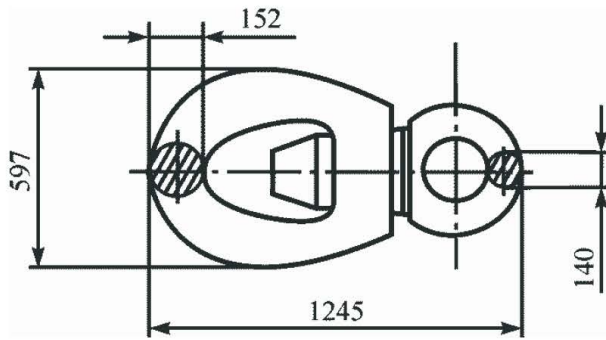


Рисунок 4.7 – Вертлюг

Вертлюг-скоба, мм:

$$5 \cdot d_{\text{ц}} = 635 \text{ мм};$$

$$1,1 \cdot d_{\text{ц}} = 140 \text{ мм};$$

$$d_{\text{ц}} = 127 \text{ мм};$$

$$16 \cdot d_{\text{ц}} = 2032 \text{ мм};$$

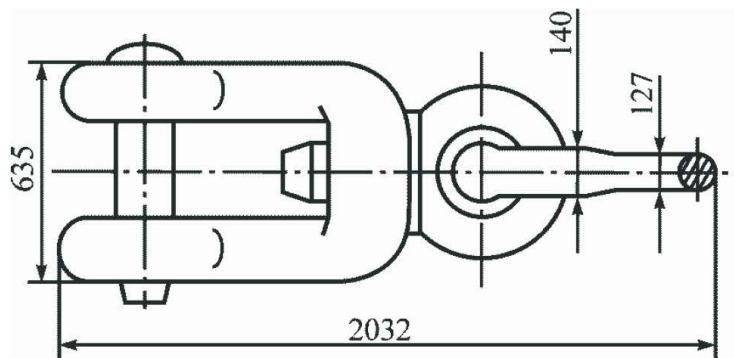


Рисунок 4.8 – Вертлюг-скоба

|              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |

**12.КР.135.4117см.07.ПЗ.04**

|      |    |
|------|----|
| Арк. | 44 |
|------|----|

|              |           |               |  |  |                                                                                                   |                          |      |         |
|--------------|-----------|---------------|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------|---------|
| Інв. № ориг. | Керівник  | Зайцев В.В.   |  |  | Розрахунок якірної стоянки ПБУ<br>на двох якорях та оцінка її<br>зміщення під час якірної стоянки | Літ.                     | Арк. | Аркушів |
|              | Зав.каф.  | Зайцев В.В.   |  |  |                                                                                                   |                          | 45   | 9       |
|              | Студент   | Майнгард Д.В. |  |  |                                                                                                   | НУК<br>ім. адм. Макарова |      |         |
|              | Консульт. | Зайцев В.В.   |  |  |                                                                                                   |                          |      |         |
|              |           |               |  |  |                                                                                                   |                          |      |         |
|              |           |               |  |  |                                                                                                   |                          |      |         |
| Підп. і дата |           |               |  |  | 12.КР.135.4117см.07.ПЗ.05                                                                         |                          |      |         |
| Взам. інв. № |           |               |  |  |                                                                                                   |                          |      |         |
| Інв. № додл. |           |               |  |  |                                                                                                   |                          |      |         |
|              |           |               |  |  |                                                                                                   |                          |      |         |
| Підп. і дата |           |               |  |  |                                                                                                   |                          |      |         |



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

Прийняті допущення:

- ПБУ – 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 (розпір), приймається такою, що дорівнює подвійної силі тяжіння якоря якірного пристрою ПБУ, 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 ПБУ), 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  $H_1, q, \zeta$ . 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 | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.05 |  |  |  |  | Арк. |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  | 47   |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |                            |  |  |  |  |      |



Далі необхідно визначити величину горизонтальної проекції  $\eta_1$  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 (розпір у ланцюзі)

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

Величини  $a_2$ ,  $\eta_2$ ,  $S_2$ ,  $T_2$  визначаються послідовно відповідно до залежностей (5.1), (5.3)-(5.5), в яких індекс  $1$  повинен бути змінено на індекс  $2$ :

|             |              |              |              |              |                                       |  |  |  |  |      |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--|--|--|--|------|
| Інв. № орг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | <div>12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.05</div> |  |  |  |  | Арк. |
|             |              |              |              |              |                                       |  |  |  |  | 48   |
|             |              |              |              |              |                                       |  |  |  |  |      |
|             |              |              |              |              |                                       |  |  |  |  |      |
| 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  $u$  ПБУ 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 ПБУ

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

$d_{\text{ц}} = 127$  – калібр ланцюга, мм;

$H_{\text{моря}} = 260$  – глибина моря, м;

$T = 13.35$  – осадка при бурінні (експлуатаційна), м

$m_{\text{ц.вод}} = 0,87 \cdot 0,0218 \cdot d_{\text{ц}}^2 = 305,9$  – лінійна маса якірного ланцюга у воді, кг/м;

$\zeta = H_{\text{моря}} = 260$  – вертикальна проекція вільного провису для переднього ланцюга (відстань від поверхні дна до клюзової точки якірного пристрою ПБУ), м;

$\zeta_{\text{—}} = \zeta - 10 = 250$  – вертикальна проекція вільного провису для тилового ланцюга (відстань від поверхні дна до клюзової точки якірного пристрою ПБУ), 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 ПБУ, кН;

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

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

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

|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--|--|--|--|------|
| Підп. і дата | Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № ориг. | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.05 |  |  |  |  | Арк. |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  | 49   |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |                            |  |  |  |  |      |

Зовнішнє горизонтальне навантаження (для різних режимів и напрямків).

$P_{\text{бур.вд}} = 1687,5$  – вітрове навантаження вздовж споруди (режим буріння), кН;

$P_{\text{в.вд}} = 2999,9$  – вітрове навантаження вздовж споруди (режим виживання), кН;

$P_{\text{бур.пп}} = 2375,9$  – вітрове навантаження поперек споруди (режим буріння), кН;

$P_{\text{в.пп}} = 4225,6$  – вітрове навантаження поперек споруди (режим виживання), кН;

$P_{\text{т.бур}} = 4839,87$  – навантаження від течії (режим буріння), кН;

$P_{\text{т.выж}} = 21343,81$  – навантаження від течії (режим виживання), кН;

$P_{\text{хв.б}} = 19611$  – хвильове навантаження (режим буріння), кН;

$P_{\text{хв.в}} = 28389,1$  – хвильове навантаження (режим виживання), кН;

Зовнішнє горизонтальне навантаження, кН

$$R := \begin{pmatrix} P_{\text{бур.вд}} + P_{\text{т.бур}} + P_{\text{хв.б}} \\ P_{\text{бур.пп}} + P_{\text{т.бур}} + P_{\text{хв.б}} \\ P_{\text{в.вд}} + P_{\text{т.выж}} + P_{\text{хв.в}} \\ P_{\text{в.пп}} + P_{\text{т.выж}} + P_{\text{хв.в}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1687.5 + 4839.87 + 19611 \\ 2375.9 + 4839.87 + 19611 \\ 2999.9 + 21343.81 + 28389.1 \\ 4225.6 + 21343.81 + 28389.1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 26138.4 \\ 26826.8 \\ 52732.8 \\ 53958.5 \end{pmatrix}$$

$$a_1 = \frac{H_1}{q} = \frac{451,3}{3} = 150,43 \text{ – параметр ланцюгової лінії для переднього ланцюга;}$$

Величина горизонтальної проекції вільного провісу ланцюга

$$\eta_1 := a_1 \cdot \operatorname{acosh} \left( 1 + \frac{\zeta}{a_1} \right) = 150.43 \cdot \operatorname{acosh} \left( 1 + \frac{260}{150.43} \right) = 249.93$$

Довжина вільного провісу ланцюга в ключовій точці  $A_1$ :

|              |              |              |        |      |                           |
|--------------|--------------|--------------|--------|------|---------------------------|
| Підп. і дата |              |              |        |      |                           |
|              | Інв. № дцбл. |              |        |      |                           |
|              |              | Взам. інв. № |        |      |                           |
|              |              |              |        |      |                           |
| Підп. і дата |              |              |        |      |                           |
|              | Інв. № ориг. |              |        |      |                           |
|              |              |              |        |      |                           |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис | Дата | 12.КР.135.4117ст.07.ПЗ.05 |
|              |              |              |        |      | Арк.                      |
|              |              |              |        |      | 50                        |

$$S_1 := a_1 \cdot \sinh\left(\frac{\eta_1}{a_1}\right) = 150.43 \cdot \sinh\left(\frac{249.93}{150.43}\right) = 381.87$$

Найбільша величина повного натягу ланцюга (в клізівій точці):

$$T_1 := q \cdot (a_1 + \zeta) = 3 \cdot (150.43 + 260) = 1231.29$$

Горизонтальне навантаження на якір при дії зовнішнього горизонтального навантаження, кН

$$H_2 := H_1 + R = 451.3 + \begin{pmatrix} 26138.4 \\ 26826.8 \\ 52732.8 \\ 53958.5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 26589.7 \\ 27278.1 \\ 53184.1 \\ 54409.8 \end{pmatrix}$$

$$a_2 := \frac{\overrightarrow{H_2}}{q} = \frac{\begin{pmatrix} 26589.7 \\ 27278.1 \\ 53184.1 \\ 54409.8 \end{pmatrix}}{3} = \begin{pmatrix} 8863.2 \\ 9092.7 \\ 17728 \\ 18136.6 \end{pmatrix} \text{ - параметр ланцюгової лінії;}$$

### Величина горизонтальної проекції вільного провісу ланцюга

$$a_2 := \frac{H_2}{q} = \frac{\begin{pmatrix} 26589.7 \\ 27278.1 \\ 53184.1 \\ 54409.8 \end{pmatrix}}{3} = \begin{pmatrix} 8863.2 \\ 9092.7 \\ 17728 \\ 18136.6 \end{pmatrix} \text{ - параметр ланцюгової лінії;}$$

Величина горизонтальної проекції вільного провісу ланцюга

$$\eta_2 := \overrightarrow{\left( a_2 \cdot \operatorname{acosh} \left( 1 + \frac{\zeta}{a_2} \right) \right)} = \begin{pmatrix} 8863.2 \\ 9092.7 \\ 17728 \\ 18136.6 \end{pmatrix} \cdot \operatorname{acosh} \left[ 1 + \frac{260}{\begin{pmatrix} 8863.2 \\ 9092.7 \\ 17728 \\ 18136.6 \end{pmatrix}} \right] = \begin{pmatrix} 2141.6 \\ 2169.3 \\ 3032.5 \\ 3067.3 \end{pmatrix}$$

Довжина вільного провісу ланцюга в ключовій точці  $A_1$ :

$$S_2 := \overrightarrow{\left( a_2 \cdot \sinh \left( \frac{\eta_2}{a_2} \right) \right)} = \begin{pmatrix} 8863.2 \\ 9092.7 \\ 17728 \\ 18136.6 \end{pmatrix} \cdot \sinh \frac{\begin{pmatrix} 2141.6 \\ 2169.3 \\ 3032.5 \\ 3067.3 \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} 8863.2 \\ 9092.7 \\ 17728 \\ 18136.6 \end{pmatrix}} = \begin{pmatrix} 2162.5 \\ 2189.9 \\ 3047.3 \\ 3081.9 \end{pmatrix}$$

Найбільша величина повного натягу ланцюга (в ключовій точці):

$$T_2 := \overrightarrow{\left[ q \cdot (a_2 + \zeta) \right]} = 3 \cdot \begin{pmatrix} 8863.2 \\ 9092.7 \\ 17728 \\ 18136.6 \end{pmatrix} + 260 = \begin{pmatrix} 27369.6 \\ 28058.1 \\ 53964 \\ 55189.8 \end{pmatrix}$$

Горизонтальне переміщення ПБУ під дією зовнішнього горизонтального навантаження, м

|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |    |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|--|---------------------------|----|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |  |  |  |  |  | Арк.                      |    |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  | 12.KP.135.4117см.07.ПЗ.05 | 52 |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |    |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                           |    |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |  |  |  |  |  |                           |    |

$$\mathbf{u} := \overrightarrow{[(S_1 - \eta_1) - (S_2 - \eta_2)]} = 381.87 - 249.93 - \left[ \begin{pmatrix} 2162.5 \\ 2189.9 \\ 3047.3 \\ 3081.9 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 2141.6 \\ 2169.3 \\ 3032.5 \\ 3067.3 \end{pmatrix} \right] = \begin{pmatrix} 111 \\ 111.3 \\ 117.1 \\ 117.3 \end{pmatrix}$$

## Розрахунок для тилового ланцюга

$$a_{1\_} = \frac{H_1}{q\_} = \frac{451,3}{3} = 150,43 - \text{параметр ланцюгової лінії для тилового ланцюга};$$

### Величина горизонтальної проекції вільного провісу ланцюга

$$\eta_{1\_} := a_{1\_} \cdot \operatorname{acosh}\left(1 + \frac{\zeta}{a_1}\right) = 150.4 \cdot \operatorname{acosh}\left(1 + \frac{250}{150.4}\right) = 245.91$$

Довжина вільного провісу ланцюга в клюзовій точці  $A_1$ :

$$S_{1\_} := a_{1\_} \cdot \sinh\left(\frac{\eta_{1\_}}{a_{1\_}}\right) = 150.4 \cdot \sinh\left(\frac{245.91}{150.4}\right) = 371.09$$

Найбільша величина повного натягу ланцюга (в ключовій точці):

$$T_1 := q_- \cdot (a_1 + \zeta_-) = 3 \cdot (150.4 + 250) = 1201.2$$

Горизонтальне переміщення ПБУ під дією горизонтального навантаження, м

$$u_- := S_1 - \eta_1 = 371.09 - 245.91 = 125.18$$

[illegible]

|              |           |               |  |  |                                                                      |                                 |      |         |
|--------------|-----------|---------------|--|--|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|---------|
| Інв. № ориг. | Керівник  | Зайцев В.В.   |  |  | Розрахункове проектування<br>конструкції стабілізуючої колони<br>ПБУ | Літ.                            | Арк. | Аркцшів |
|              | Зав.каф.  | Зайцев В.В.   |  |  |                                                                      |                                 | 54   | 18      |
|              | Студент   | Майнгард Д.В. |  |  |                                                                      | <b>НУК</b><br>ім. адм. Макарова |      |         |
|              | Консульт. | Зайцев В.В.   |  |  |                                                                      |                                 |      |         |
|              |           |               |  |  |                                                                      |                                 |      |         |
| Дата         |           |               |  |  | <b>12.КР.135.4117см.07.ПЗ.06</b>                                     |                                 |      |         |
| Підпис       |           |               |  |  |                                                                      |                                 |      |         |
| № докум.     |           |               |  |  |                                                                      |                                 |      |         |
| Арк.         |           |               |  |  |                                                                      |                                 |      |         |
| Зм.          |           |               |  |  |                                                                      |                                 |      |         |
| Підп. і дата |           |               |  |  |                                                                      |                                 |      |         |
| Взам. інв. № |           |               |  |  |                                                                      |                                 |      |         |
| Інв. № дубл. |           |               |  |  |                                                                      |                                 |      |         |
| Підп. і дата |           |               |  |  |                                                                      |                                 |      |         |
|              |           |               |  |  |                                                                      |                                 |      |         |

## 6 РОЗРАХУНКОВЕ ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ СТАБІЛІЗУЮЧОЇ КОЛОНИ ПБУ

## 6.1 Головні розміри та основні характеристики установки

У даному розділі визначено розміри зв'язків корпусних конструкцій стабілізуючої колони морської плавучої бурової установки відповідно до вимог Частини II “Корпус” “ПРАВИЛА КЛАСИФІКАЦІЇ, БУДІВНИЦТВА ТА ОБЛАДНАННЯ ПЛАВУЧИХ БУРОВИХ УСТАНОВОК І МОРСКИХ СТАЦІОНАРНИХ ПЛАТФОРМ”. 2020р. (надалі Правила Регістру судноплавства України).

Тип установки: плавуча, напівзанурювальна установка, несамохідна з двома водотонажними понтонами, шістьма стабілізуючими колонами (по три стабілізуючі колони на кожен понтон), верхньою будовою, яка змонтована на колонах, і на якій розташовано бурову вежу. Креслення загального розташування (12.КР.135.4111.02.05.01) виконано на основі розрахунків вибору основних розмірів та прототипу ПБУ "Шельф-6", див. рис.6.1. Основні геометричні характеристики ПБУ, яку спроектовано, показано у табл.6.1.

Система набору корпусу змішана.

|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|-----------------|
| <div>Підп. і дата</div> | <div>Інв. № дудл.</div> | <div>Взам. інв. №</div> | <div>Підп. і дата</div> | <div>Інв. № орг.</div> | (12.КР.135.4111.02.05.01) виконано на основі розрахунків вибору основних розмірів та прототипу ПБУ "Шельф-6", див. рис.6.1. Основні геометричні характеристики ПБУ, яку спроектовано, показано у табл.6.1. |  |  |  |  | <div>Арк.</div> |
|                         |                         |                         |                         |                        | Система набору корпусу змішана.                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |
|                         |                         |                         |                         |                        |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |                 |





## 6.2 Матеріал корпусу

Для виготовлення конструкцій ПБУ необхідно застосовувати сталь, яка допущена Регістром, яка відповідає вимогам частини XIII «Матеріали» Правил класифікації та спорудження морських суден та частини XII «Матеріали» Правил ПБУ.

Як матеріал для основних зв'язків корпусу, прийнята суднобудівна сталь підвищеної міцності категорії РС D32 (DH) з межею плинності 315МПа.

## 6.3 Розрахунок елементів корпусних конструкцій стабілізуючої колони

Розрахунок напружено-деформованого стану конструкції ПБУ загалом рекомендується виконувати за методом кінцевих елементів.

Для цього необхідно створити 3D модель конструкції з усіма елементами набору. На підставі розрахунків головних розмірів та конструкції обраного прототипу ПБУ «Шельф-6» було створено 3D модель стабілізуючої колони проєктованої ПБУ, рис. 6.2–6.3.

В якості основного набору зовнішньої обшивки циліндричної частини стабілізуючої колони прийнято зварний тавровий профіль  $I \frac{250 \times 16}{150 \times 20}$ , рис.6.4-6.5.

Товщина зовнішньої обшивки циліндричної частини стабілізуючої колони складає 10 мм.

|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------|--|--|--|--|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |                           |  |  |  |  | Арк. |
|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  | 57   |
|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                           |  |  |  |  |      |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         | 12.КР.135.4117ст.07.ПЗ.06 |  |  |  |  |      |

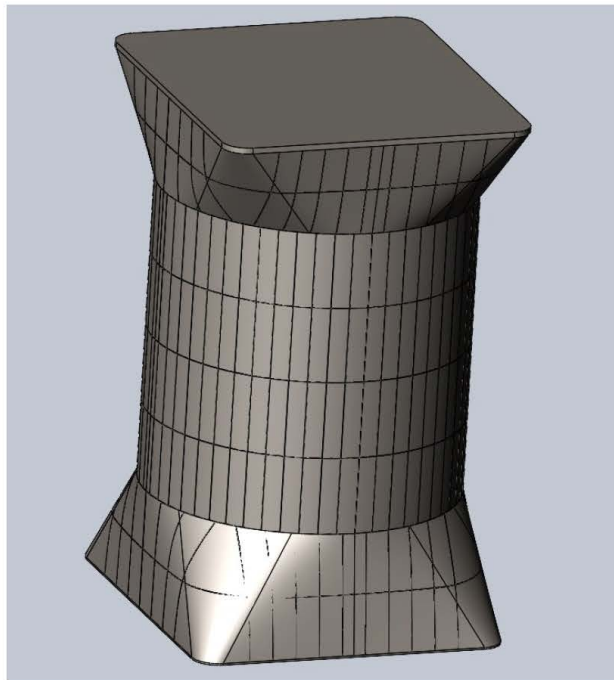


Рисунок 6.2 – 3D модель стабілізуючої колони

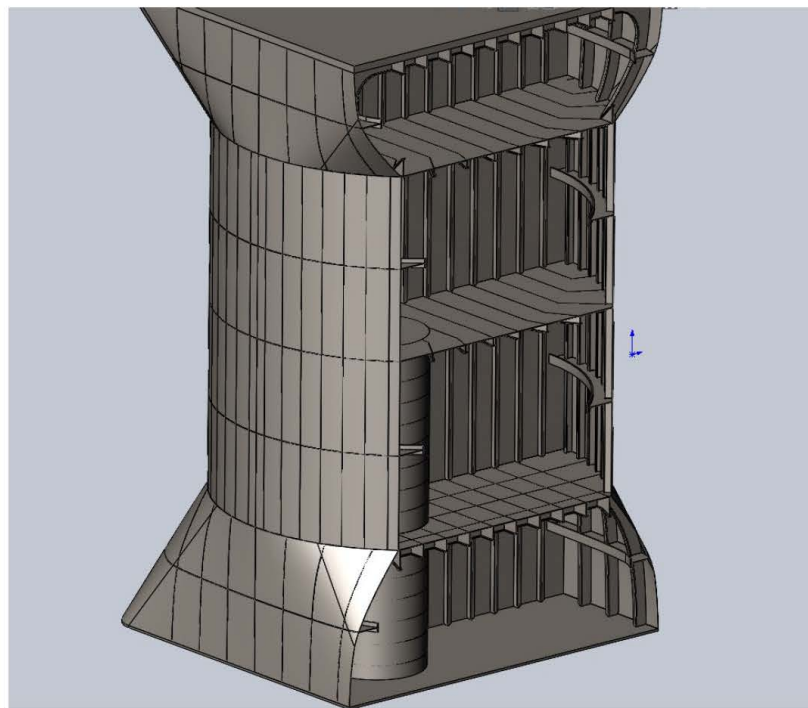
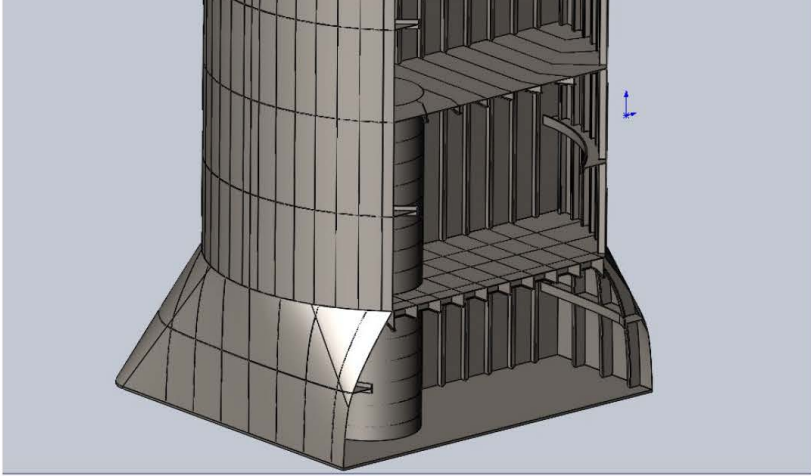


Рисунок 6.3 – 3D модель стабілізуючої колони (перетин, який паралельний ДП)

|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Рисунок 6.3 – 3D модель стабілізуючої колони (перетин, який паралельний ДП) |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             |  |  |  |  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

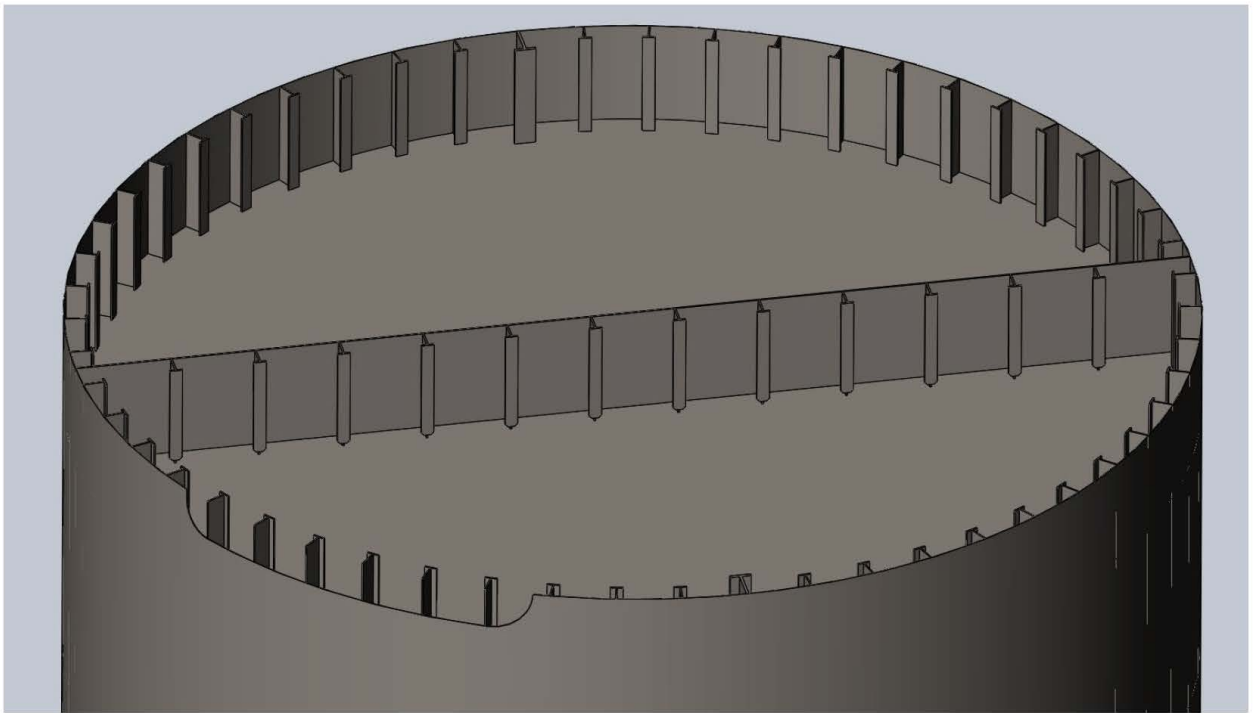


Рисунок 6.4 – Набір зовнішньої обшивки циліндричної частини стабілізуючої колони

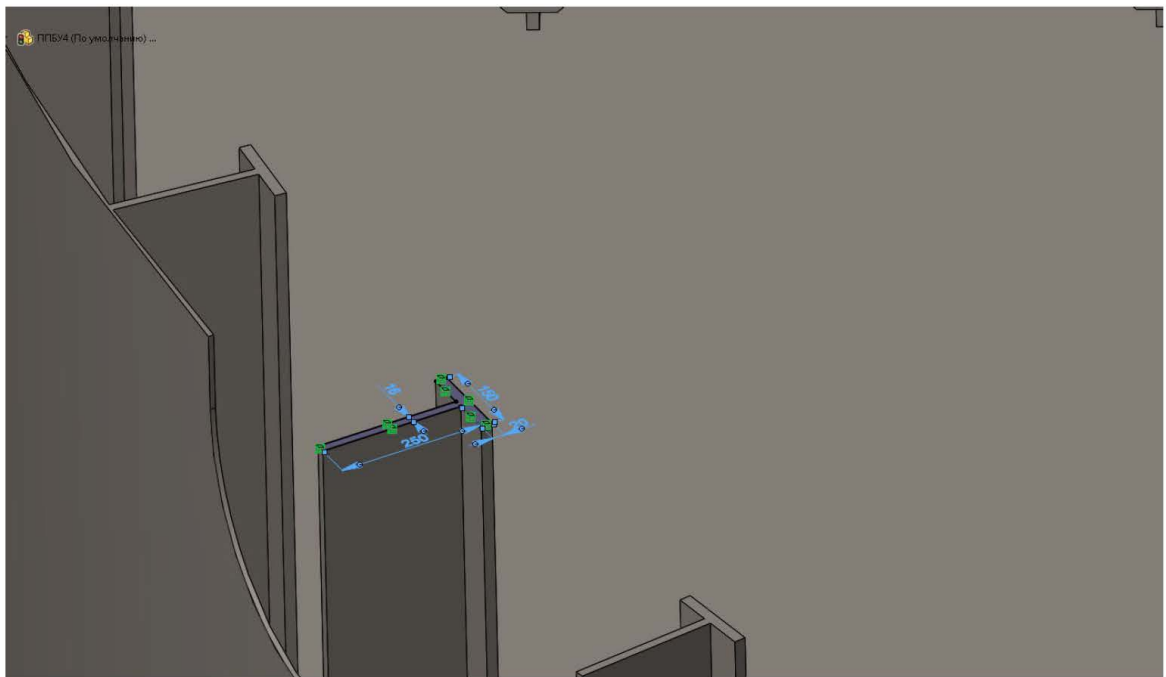
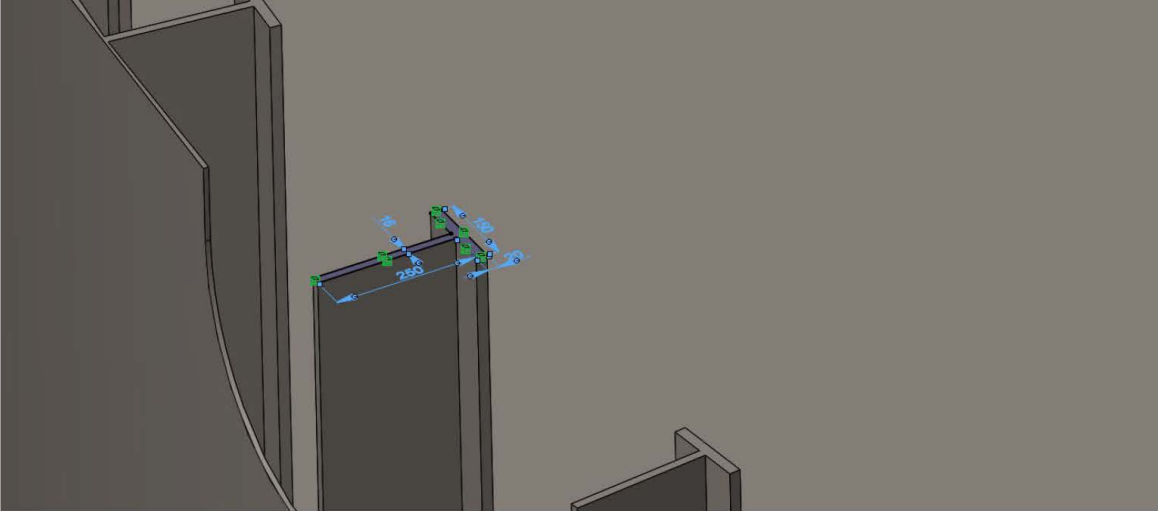


Рисунок 6.5 – Зварний тавровий профіль бортової обшивки

В якості набору проміжних перекриттів стабілізуючої колони в циліндричній частині прийнято зварний тавровий профіль  $\Gamma \frac{250 \times 16}{150 \times 20}$ , рис.6.6.

|                                                                |                                                                                                                                                                                         |              |                                                                                      |      |                            |  |  |  |  |  |  |  |      |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|------|
| Підп. і дата                                                   | Інв. № дубл.                                                                                                                                                                            | Взам. інв. № |  |      |                            |  |  |  |  |  |  |  |      |
| <p>Рисунок 6.5 – Зварний тавровий профіль бортової обшивки</p> |                                                                                                                                                                                         |              |                                                                                      |      |                            |  |  |  |  |  |  |  |      |
| Підп. і дата                                                   | <p>В якості набору проміжних перекриттів стабілізуючої колони в циліндричній частині прийнято зварний тавровий профіль <math>T \frac{250 \times 16}{150 \times 20}</math>, рис.6.6.</p> |              |                                                                                      |      |                            |  |  |  |  |  |  |  |      |
| Інв. № ориг.                                                   |                                                                                                                                                                                         |              |                                                                                      |      |                            |  |  |  |  |  |  |  |      |
|                                                                |                                                                                                                                                                                         |              |                                                                                      |      | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.06 |  |  |  |  |  |  |  | Арк. |
|                                                                |                                                                                                                                                                                         |              |                                                                                      |      |                            |  |  |  |  |  |  |  | 59   |
| Зм.                                                            | Арк.                                                                                                                                                                                    | № докум.     | Підпис                                                                               | Дата |                            |  |  |  |  |  |  |  |      |

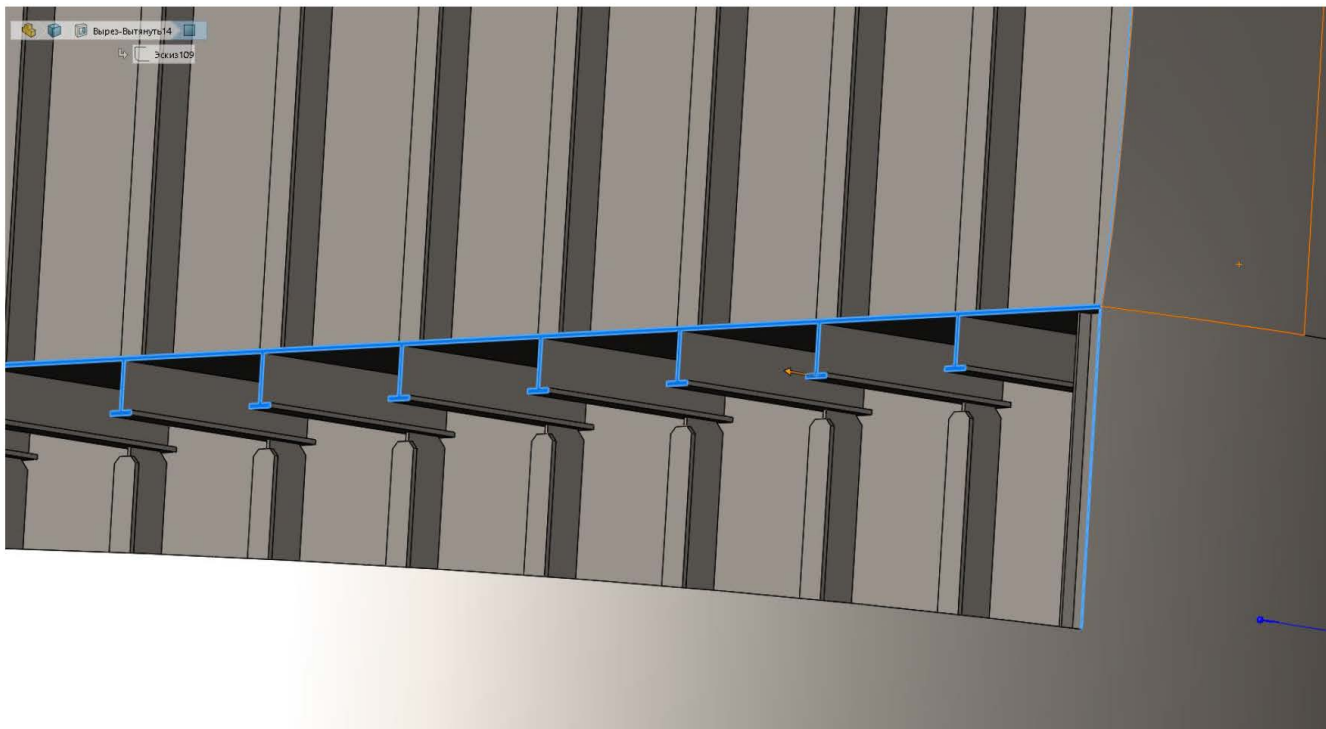


Рисунок 6.6 – Набір проміжних перекриттів стабілізуючої колони

Як набір верхньої частини стабілізуючої колони прийнятий зварний тавровий профіль  $\Gamma \frac{450 \times 20}{150 \times 25}$ , рис.6.7. Зварний профіль утворює рамну конструкцію, яка підкріплює зовнішню обшивку та перекриття.

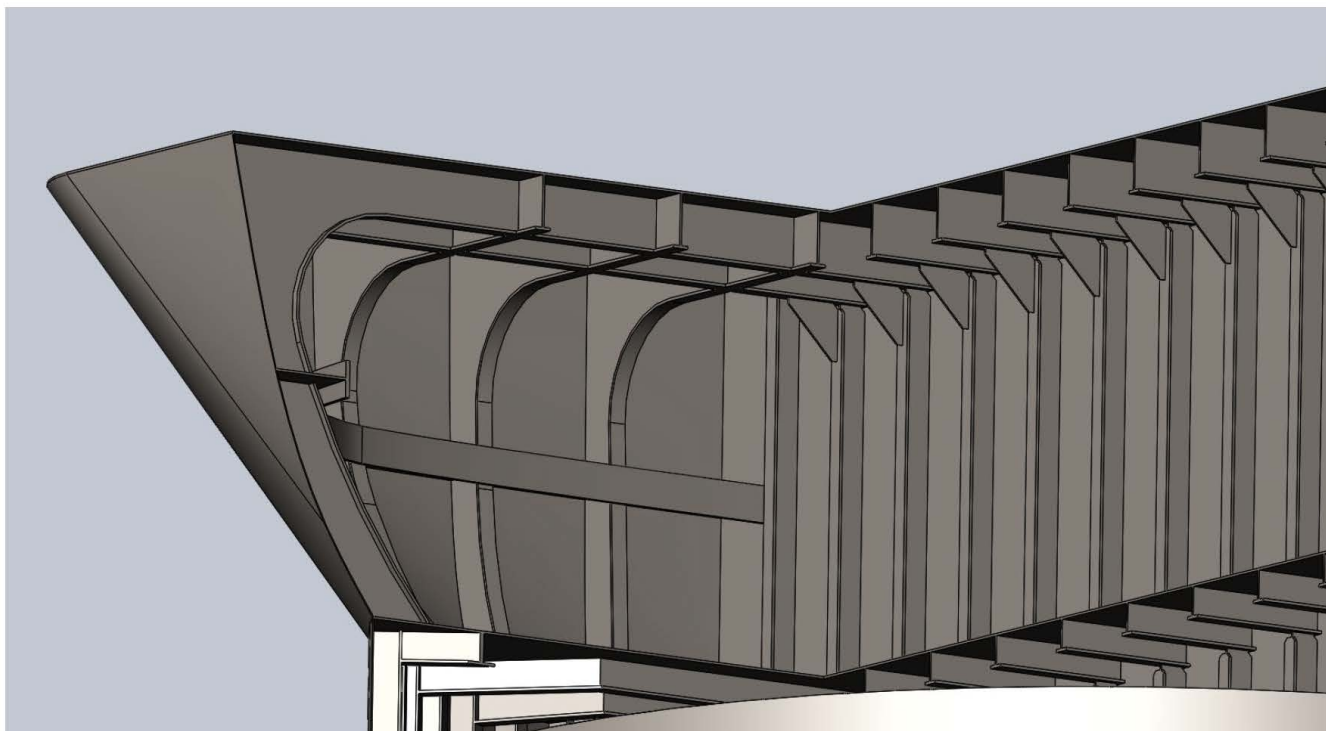


Рисунок 6.7 – Набір верхньої частини стабілізуючої колони (в районі з'єднання з верхньою будовою)

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

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

12.KP.135.4 117ст.07.ПЗ.06

Арк.

60

Як набір нижньої частини стабілізуючої колони прийнятий зварний тавровий профіль  $\Gamma \frac{450 \times 20}{150 \times 25}$ , рис.6.8. Зварний профіль утворює рамну конструкцію, яка підкріплює зовнішню обшивку та перекриття.

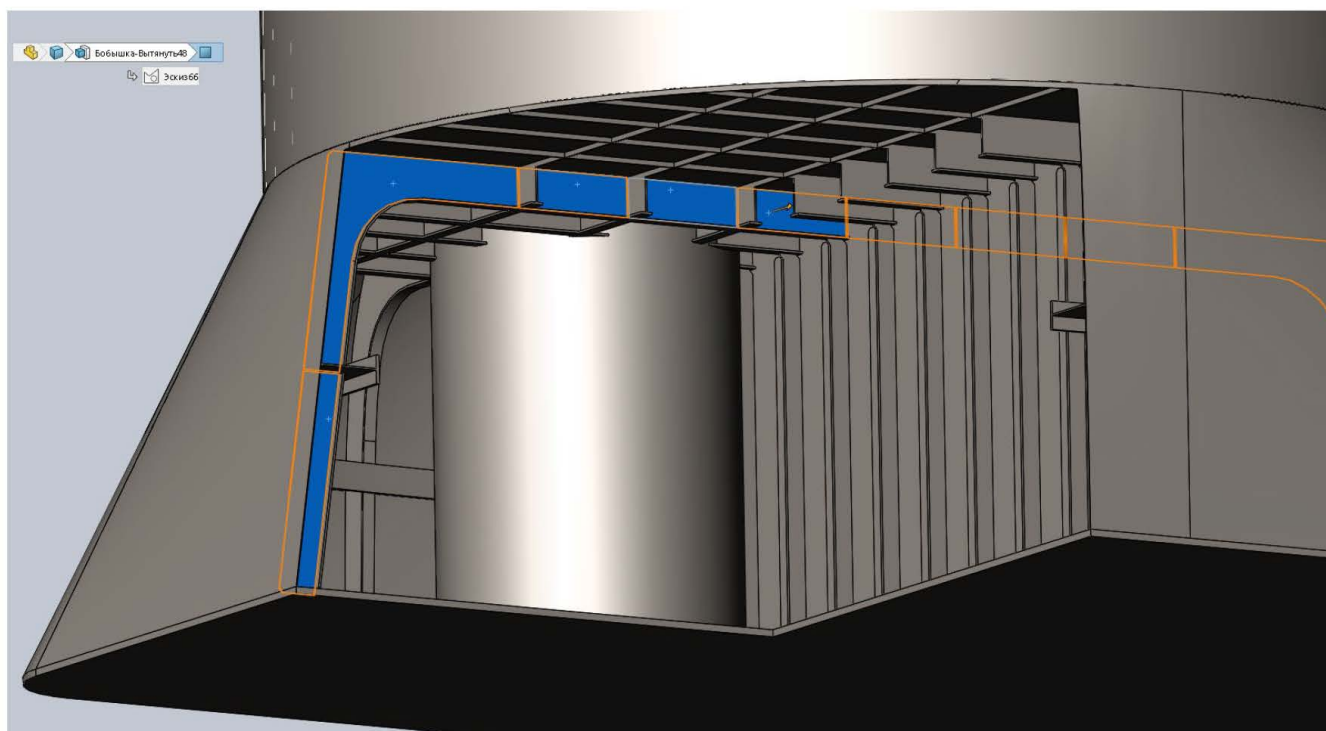


Рисунок 6.8 – Набір нижньої частини стабілізуючої колони (в районі з'єднання з понтоном)

Як набір перебірок стабілізуючої колони прийнятий зварний тавровий профіль  $\Gamma \frac{250 \times 20}{150 \times 25}$ , рис.6.9.

|              |              |              |              |              |                                                                                          |                            |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--|--|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | Рисунок 6.8 – Набір нижньої частини стабілізуючої колони (в районі з'єднання з понтоном) |                            |  |  |      |
|              |              |              |              |              | Як набір перебірок стабілізуючої колони прийнятий зварний тавровий                       |                            |  |  |      |
|              |              |              |              |              | профіль $T \frac{250 \times 20}{150 \times 25}$ , рис.6.9.                               |                            |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                                                                                          |                            |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                                                                                          |                            |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                                                                                          | 12.KP.135.4 117ст.07.ПЗ.06 |  |  | Арк. |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |                                                                                          |                            |  |  | 61   |





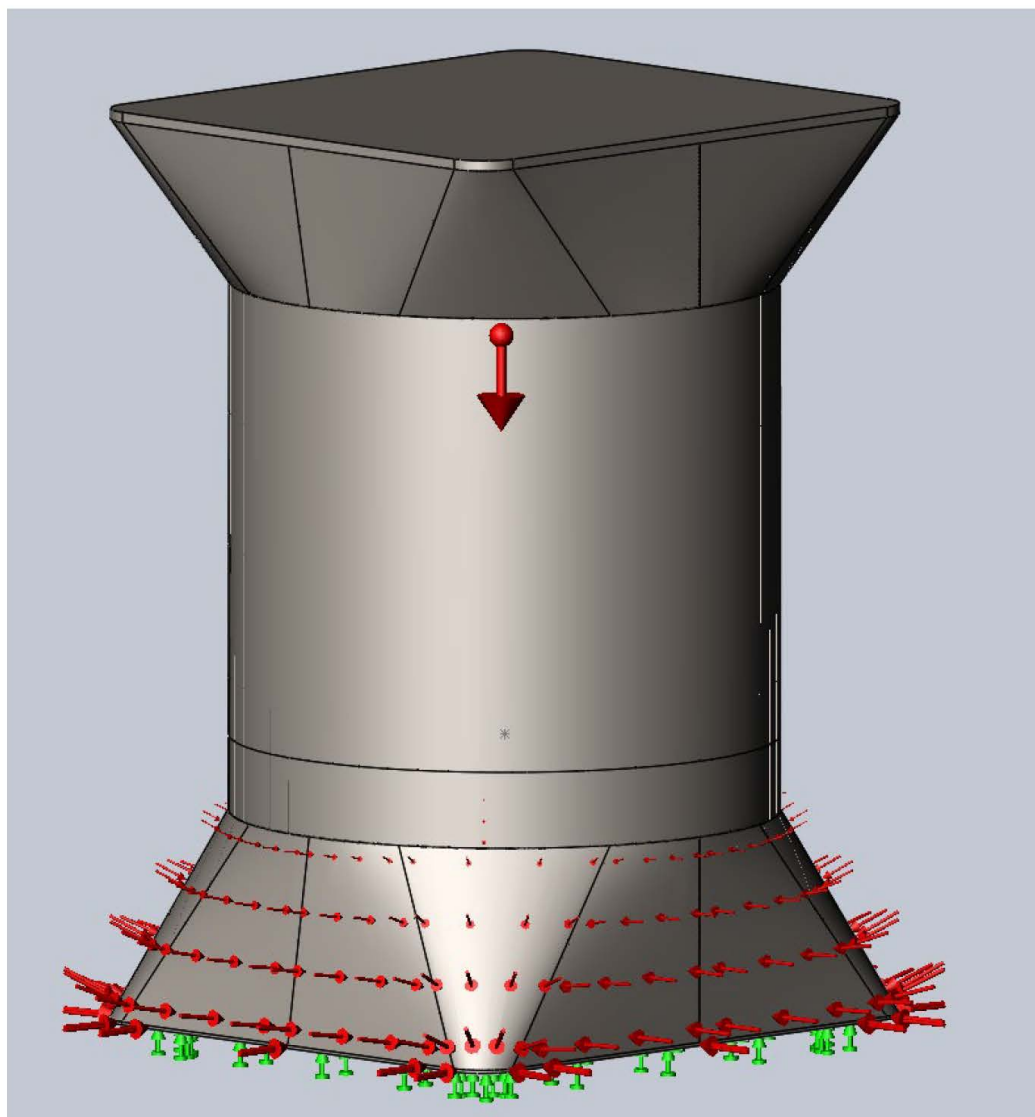


Рисунок 6.10 – Розрахункова модель стабілізуючої колони

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

Таблиця 6.2 – Властивості матеріалу

|                                         |                                     |
|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Назва:</b>                           | AISI 1015 Сталь холоднотягнута (SS) |
| <b>Тип моделі:</b>                      | Лінійний пружний ізотропний         |
| <b>За умовчанням критерій міцності:</b> | Невідомо                            |
| <b>Межа плинності:</b>                  | $3,25e+08 \text{ N/m}^2$            |
| <b>Межа міцності при розтягуванні:</b>  | $3,85e+08 \text{ N/m}^2$            |
| <b>Модуль пружності:</b>                | $2,05e+11 \text{ N/m}^2$            |
| <b>Коефіцієнт Пуассона:</b>             | 0,29                                |
| <b>Масова густина:</b>                  | $7\,870 \text{ kg/m}^3$             |
| <b>Модуль зсуву:</b>                    | $8e+10 \text{ N/m}^2$               |
| <b>Коефіцієнт теплового розширення:</b> | $1,2e-05 / \text{Kelvin}$           |

|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--|--|--|--|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |                            |  |  |  |  | Арк. |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.06 |  |  |  |  | 63   |



Властивості сітки вказані у табл. 6.3, кінцево-елементна модель стабілізуючої колони показана на рис. 6.11.

Таблиця 6.3 – Властивості сітки

|                                           |                                   |
|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| Тип сітки                                 | Сітка на твердому тілі            |
| Використовуване розбиття:                 | Сітка на основі змішаної кривизни |
| Крапки Якобіана для сітки високої якості  | 16 Точки                          |
| Максимальний розмір елемента              | 300 mm                            |
| Мінімальний розмір елемента               | 15 mm                             |
| Якість сітки                              | Висока                            |
| Усього вузлів                             | 764347                            |
| Усього елементів                          | 392758                            |
| Максимальне співвідношення сторін         | 771,37                            |
| % елементів із співвідношенням сторін < 3 | 4,72                              |

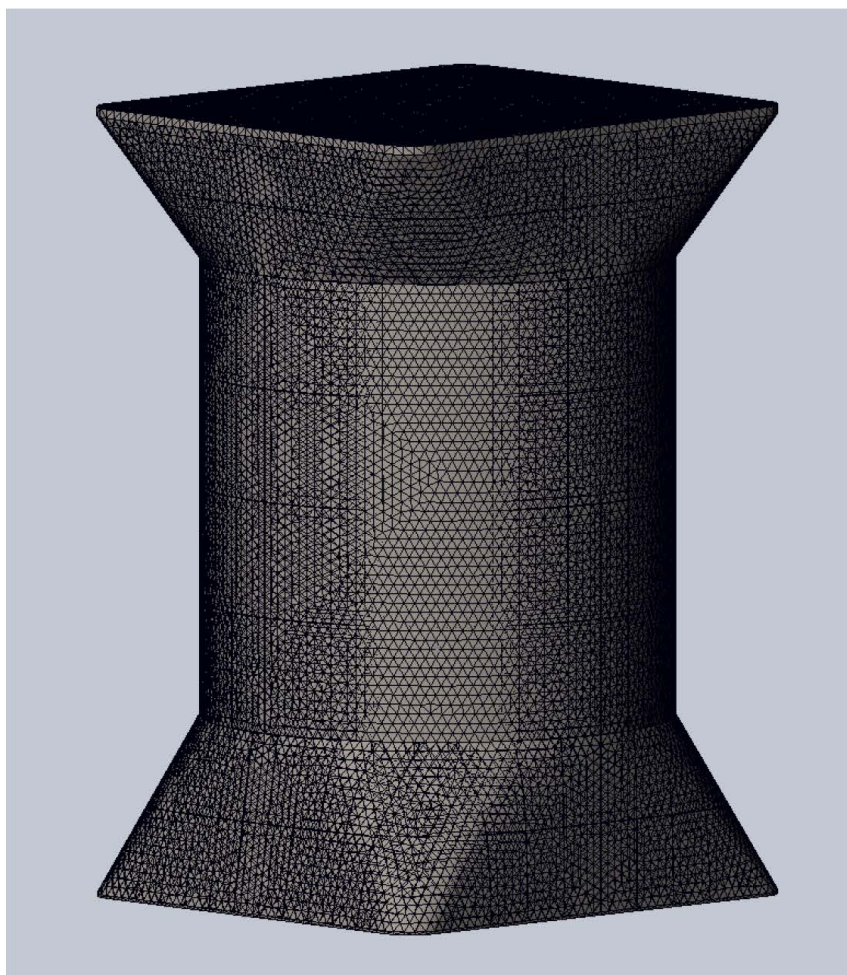


Рисунок 6.11 – Зовнішньо-елементна модель

|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                            |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|--|----------------------------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |  |  |  |  |  | Арк.                       |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.06 |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                            |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                            |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |  |  |  |  |  | 64                         |

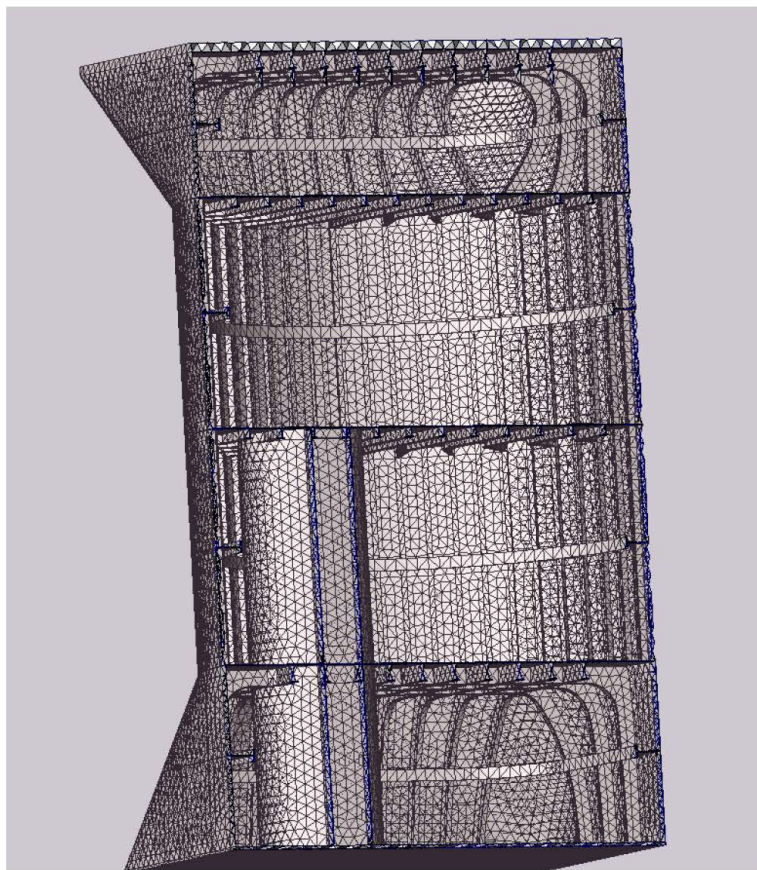


Рисунок 6.12 – Звичайно-елементна модель (перетин)

Як граничні умови встановлюємо тип кріплення "Зафіксований" для нижньої поверхні стабілізуючої колони. (рис. 6.13).

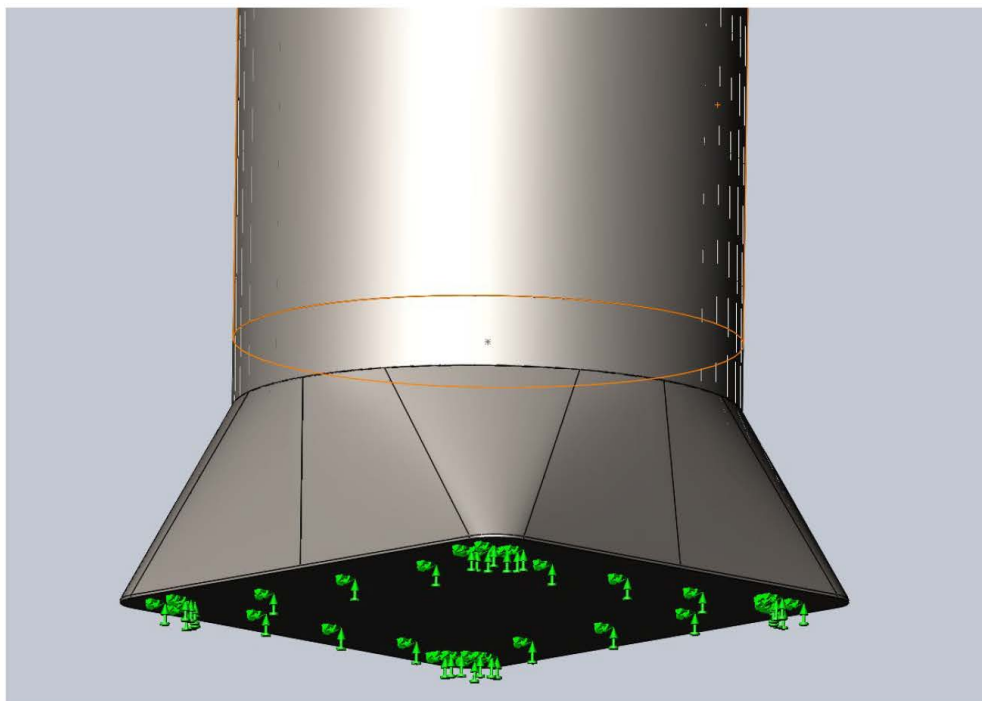


Рисунок 6.13 – Закріплення у розрахунковій моделі

|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--|--|--|--|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |                            |  |  |  |  | Арк. |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  | 65   |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.06 |  |  |  |  |      |

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

На стабілізуючу колону діє навантаження від верхньої будови бурової платформи і всього обладнання, і матеріалів, що знаходиться на ньому. Також на занурену частину стабілізуючої колони діє гідростатичне навантаження морської води.

Повна водотоннажність проекту (див. розділ 1)

$$D = \frac{DW}{\eta} = \frac{4500}{0,178} = 25280,9 \text{ т.}$$

З урахуванням запасу міцності приймаємо як розрахункове навантаження силу, яка становить 1/6 від повної водотоннажності

$$F = \frac{D}{6} g = \frac{25280,9}{6} 9,81 = 41334,272 \text{ кН.}$$

Сила  $F$ , яка прикладена до верхньої поверхні стабілізуючої колони показана на рис. 6.14.

Осада бурової платформи в робочому стані становить 13,35 м. Від основної площини платформи побудована площина ватерлінії, від якої до нижньої кромки розрахункової моделі прикладено гідростатичний тиск, див. рис. 6.15.

|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                            |    |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|--|----------------------------|----|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |  |  |  |  |  | Арк.                       |    |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  | 12.КР.135.4 117см.07.ПЗ.06 | 66 |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                            |    |
|              |              |              |              |              |  |  |  |  |  |                            |    |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |  |  |  |  |  |                            |    |





Після того, як всі початкові та граничні умови задані, створена сітка кінцевих елементів, можна виконати вирішення поставленого завдання з перевірки міцності стабілізуючої колони.

Результати розрахунку представлені на рис. 6.16–6.21

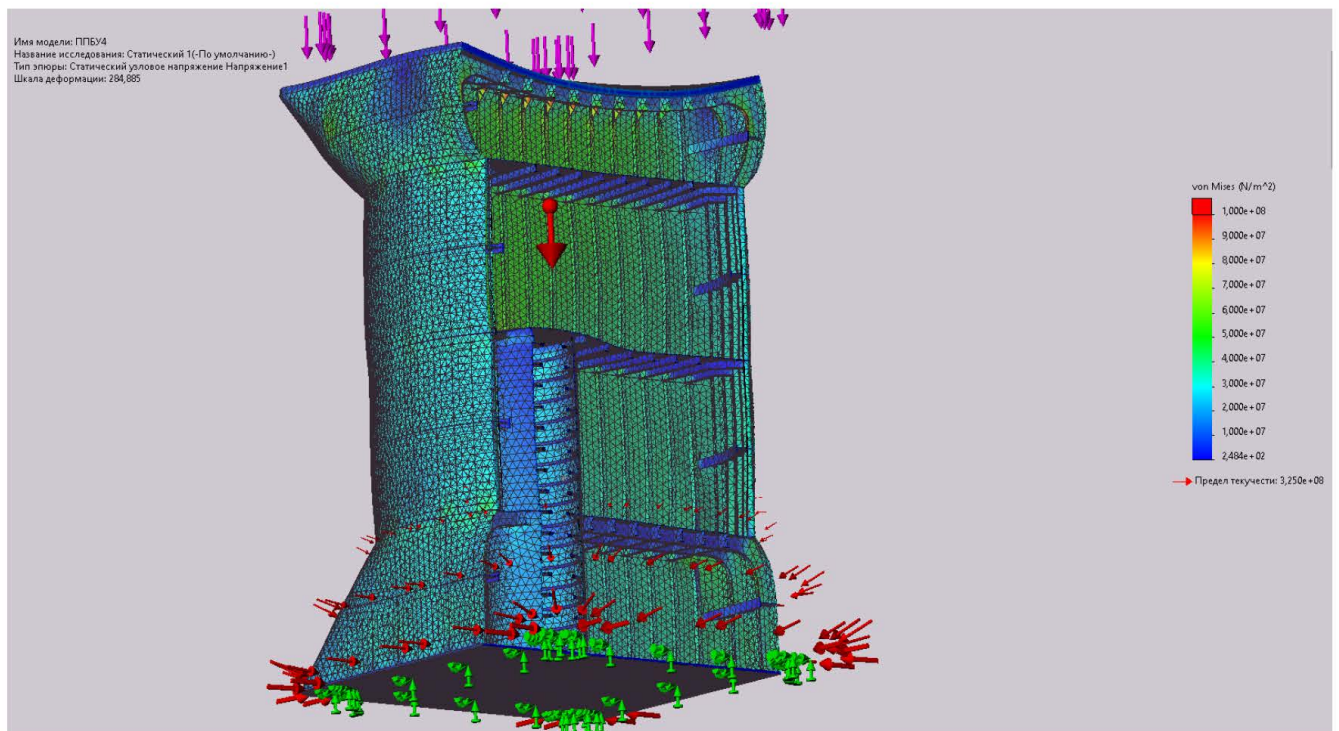


Рисунок 6.16 – Напруження в конструкції розрахункової моделі (подовжній перетин, сітка)

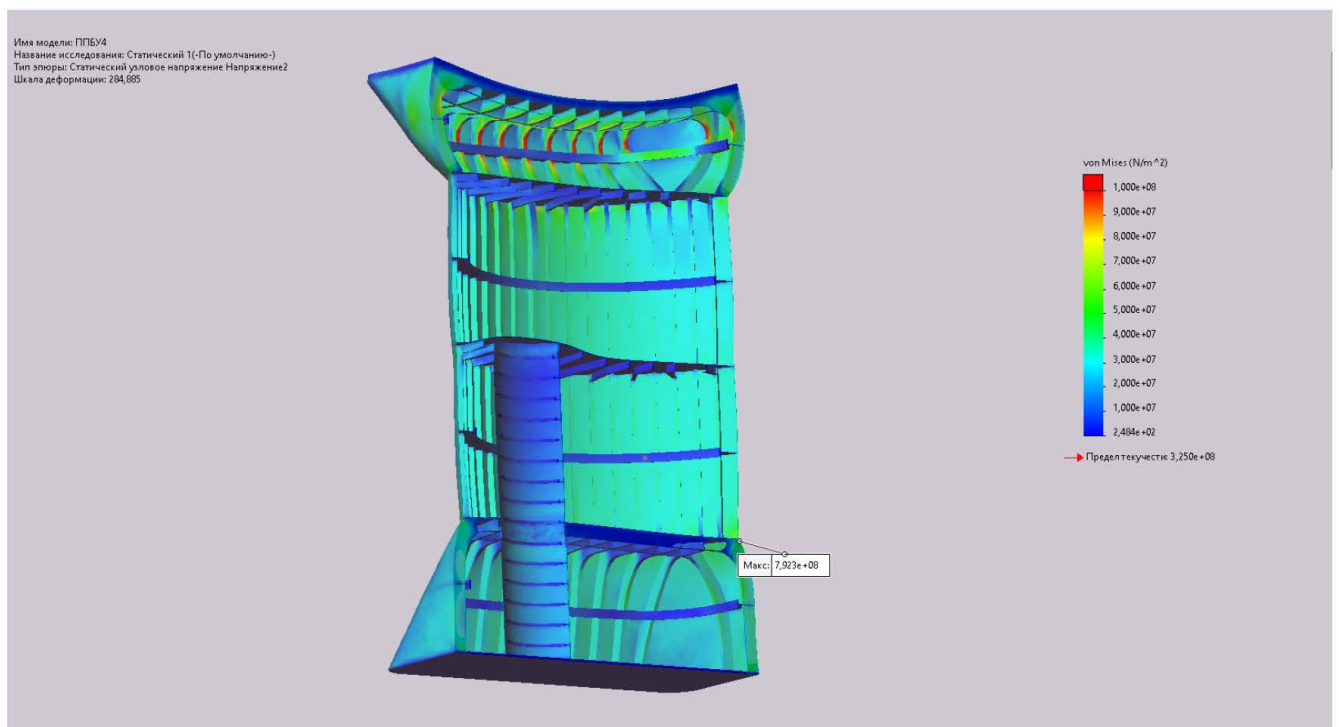


Рисунок 6.17 – Напруження в конструкції розрахункової моделі (подовжній переріз)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |              |              |              |                                                                                         |  |  |  |  |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|------|
| Інв. № ориг.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | Рисунок 6.16 – Напруження в конструкції розрахункової моделі (подовжній перетин, сітка) |  |  |  |  |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |              |              |              |                                                                                         |  |  |  |  |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |              |              |              |                                                                                         |  |  |  |  |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |              |              |              |                                                                                         |  |  |  |  |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |              |              |              |                                                                                         |  |  |  |  |      |
| <div><div>Імя моделі: ППБУ4<br/>Назва дослідження: Статичний 1 (-По умовчано-)<br/>Тип елери: Статичний уловое напруження Напруження2<br/>Шкала деформації: 204,855</div><div><p>von Mises (N/m<sup>2</sup>)</p><p>1.000e+08<br/>9.000e+07<br/>8.000e+07<br/>7.000e+07<br/>6.000e+07<br/>5.000e+07<br/>4.000e+07<br/>3.000e+07<br/>2.000e+07<br/>1.000e+07<br/>2.484e+02</p><p>→ Предел текучести: 3.250e+08</p><p>Макс: 7.973e+08</p></div></div> |              |              |              |              |                                                                                         |  |  |  |  |      |
| Рисунок 6.17 – Напруження в конструкції розрахункової моделі (подовжній переріз)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              |              |              |              |                                                                                         |  |  |  |  |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |              |              |              | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.06                                                              |  |  |  |  | Арк. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |              |              |              |                                                                                         |  |  |  |  | 68   |
| Зм.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         |                                                                                         |  |  |  |  |      |





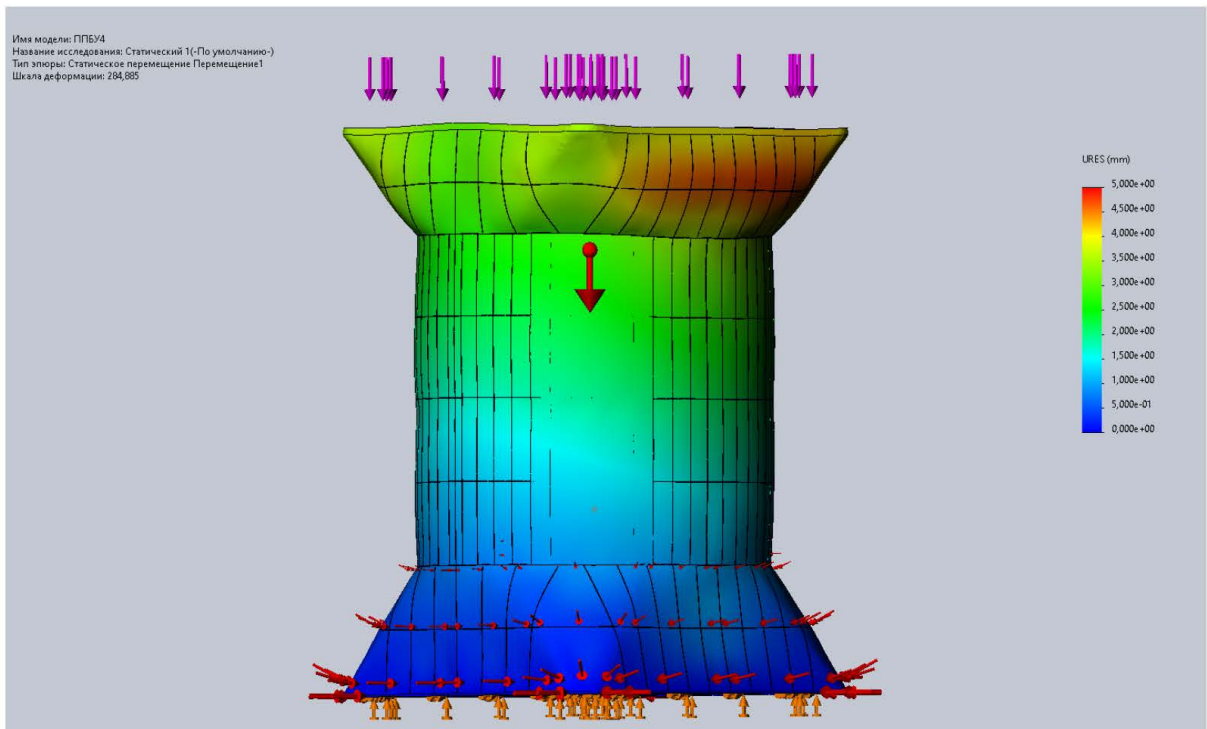


Рисунок 6.20 – Переміщення у конструкції розрахункової моделі

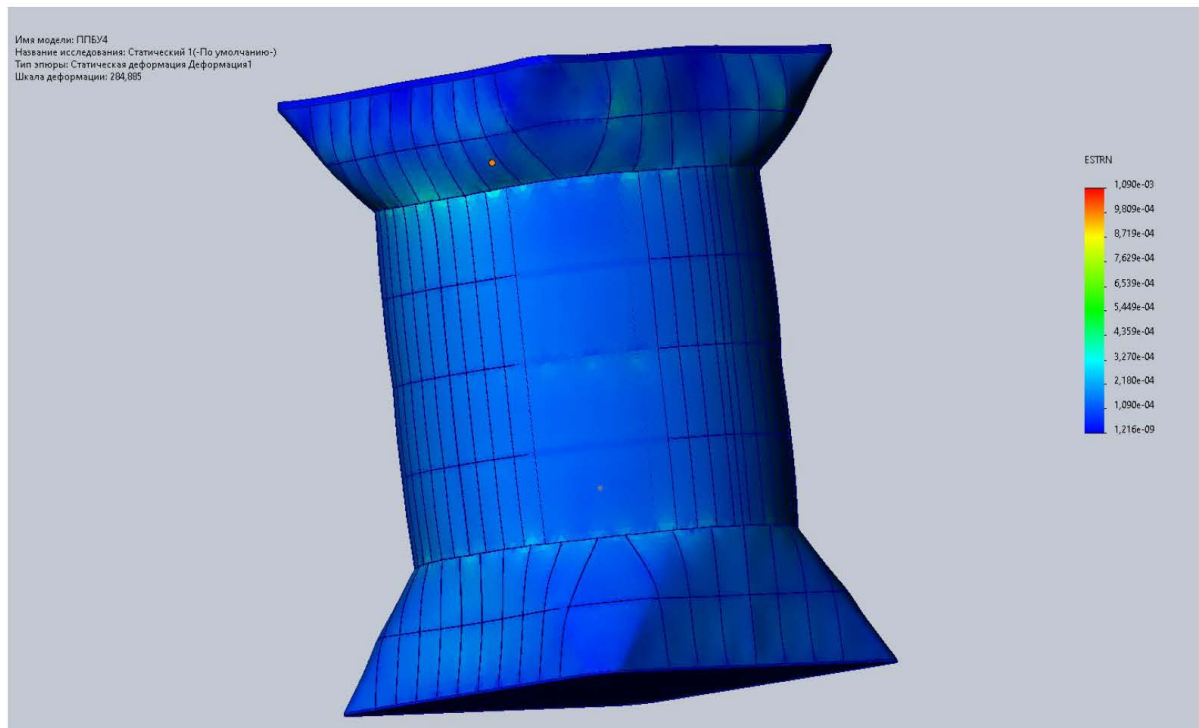


Рисунок 6.21 – Деформації у конструкції розрахункової моделі

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

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

12.КР.135.4 117см.07.ПЗ.06

Арк.

70

## 6.5 Висновки про результати розрахунку міцності

На підставі епюр напруження (див. рис. 6.16 - 6.20), побудованих за результатами розрахунку, можна зробити висновок, що максимальна напруження, що діє в фундаментах, становить близько 100,0 МПа. Епюра переміщень (див. рис. 6.20) показує характер та напрямок переміщень, що відбуваються у розрахунковій моделі. Максимальний розмір переміщень становить близько 5 мм у верхній частині розрахункової моделі. Це відбувається під дію маси платформи, яка стискає стабілізуючу колону. Провівши аналіз епюри деформацій (див. рис. 6.21), можна дійти невтішного висновку, що деформації у конструкції теж незначні. Отже, конструкція стабілізуючої колони та обраний як основний набір зварний тавровий профіль  $I \frac{250 \times 16}{150 \times 20}$ , задовольняє умовам міцності.

|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--|--|--|--|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |                            |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  |      |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ.06 |  |  |  |  | Арк. |
|              |              |              |              |              |                            |  |  |  |  | 71   |



# ВИСНОВОК

Результатом кваліфікаційної роботи є проєкт якорного пристрою плавучої бурової установки для глибини моря 260 м та її головних елементів, який відповідає по своїм головним розмірам та технічним даним завданню до кваліфікаційної роботи, яке було видано кафедрою морських технологій та океанотехніки. Основні технічні характеристики наведено у таблиці.

**ТАБЛИЦЯ ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

| Характеристики ПБУ                        |  | Проект |
|-------------------------------------------|--|--------|
| Глибина моря, м                           |  | 260    |
| Глибина буріння, м                        |  | 7250   |
| Швидкість вітру для режиму буріння, м/с   |  | 30,0   |
| Швидкість вітру для режиму виживання, м/с |  | 40,0   |
| Швидкість течії для режиму буріння, м/с.  |  | 2,0    |
| Швидкість течії для режиму виживання, м/с |  | 4,2    |
| <b>Понтони :</b>                          |  |        |
| Кількість                                 |  | 2      |
| Довжина, м                                |  | 116,30 |
| Ширина, м                                 |  | 14,75  |
| Висота, м                                 |  | 6,50   |
| <b>Стабілізуючі колони:</b>               |  |        |
| Кількість                                 |  | 6      |
| Діаметр, м                                |  | 13,30  |
| <b>Установка в цілому:</b>                |  |        |
| Довжина, м                                |  | 136,00 |
| Ширина, м                                 |  | 88,20  |
| Висота (з буровою вишкою), м              |  | 115,76 |
| Висота (без бурової вишки), м             |  | 37,30  |
| Осадка при бурінні, м                     |  | 13,35  |
| Осадка при буксируванні, м                |  | 5,90   |
| Водотоннажність, т                        |  | 25281  |
| <b>Система утримання:</b>                 |  |        |
| Тип                                       |  | якорна |
| Маса якорів, т                            |  | 8 x 23 |

В даній роботі визначено оптимальний варіант конструкції лавучої бурової установки для глибини моря 260 м та розраховані її основні характеристики.

Розраховано навантаження на установку.

|              |              |              |              |              |                         |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|--|--|--|--|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата |                         |  |  |  |  | Арк. |
|              |              |              |              |              |                         |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                         |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                         |  |  |  |  |      |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ |  |  |  |  | 72   |

Спроектовано та перевірено міцність набору та зовнішньої обшивки стабілізуючої колони відповідно до вимог Регістра судноплавства України.

В цілому розроблений проєкт задовольняє вимогам нормативних документів.

|              |              |              |              |              |                         |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|--|--|--|--|------|
| Інв. № ориг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дцйл. | Підп. і дата |                         |  |  |  |  | Арк. |
|              |              |              |              |              |                         |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                         |  |  |  |  |      |
|              |              |              |              |              |                         |  |  |  |  |      |
| Зм.          | Арк.         | № докум.     | Підпис       | Дата         | 12.KP.135.4 117см.07.ПЗ |  |  |  |  | 73   |

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. СНиП 2.06.04-89\* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения.
2. Бреббиа К., Уокер С. Динамика морських споруд: Пер. С англ. - , 1983 г., 232 с.
3. Бородавкін П.П. Морські нафтогазові спорудження: Підручник для вишів. Ч. 1. Конструювання. - «Недра-Бізнесцентр», 2006 г., 555 с.
4. Бородавкін П.П. Морські нафтогазові спорудження: Підручник для вишів. Ч. 2. Технологія виготовлення. - «Недра-Бізнесцентр», 2006 г., 555 с.
5. Визначення проєктних характеристик напівзанурених плавучих споруд на ранніх стадіях проєктування / Вісник СевНТУ. Вип. 106: Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр. — Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2010.
6. Потапов В.М. Особливості побудови плавучих бурових установок для експлуатації північних морей. / Технологія суднобудування № 9, 1990 г, с. 21-24.
7. Ажермачев Г.А. Особливості проєктування морських платформ для умов Арктики. / Технологія суднобудування № 9, 1990 г, с. 26-27.
8. Картамишев П.П., Благовідов Л.Б., Морозов Е.П, Перец Н.Я. Перспективи направлення проєктування та побудови морських платформ. / Технологія суднобудування № 9, 1990 г, с. 24-26.
9. Кульмач П.П. Якорні системи утримування плавучих об'єктів – К.:Наукова думка, - 1980. 336 с.,

|                               |      |              |        |              |            |              |  |              |  |
|-------------------------------|------|--------------|--------|--------------|------------|--------------|--|--------------|--|
| Підп. і дата                  |      | Інв. № дудл. |        | Взам. інв. № |            | Підп. і дата |  | Інв. № ориг. |  |
|                               |      |              |        |              |            |              |  |              |  |
| <b>12.KP.135.4117ст.07.ПЗ</b> |      |              |        |              |            |              |  |              |  |
| Зм.                           | Арк. | № док.       | Підпис | Дата         |            |              |  |              |  |
|                               |      |              |        |              | Арк.<br>74 |              |  |              |  |