Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут нафти і газу

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НГІТ.601МН.020-00.00.000 МР

Група 601-МН

Паламарчук Валерій Олександрович

Полтава, 2025

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра нафтогазової інженерії та технологій
Спеціальність 185 Нафтогазова інженерія та технології

До захисту

Завідувач кафедри
В.о. директора ННІНГ
С. ГАВРИК

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: Модернізація конструкції та дослідження роботи пристрою для очищення бурового розчину від механічних домішок

Пояснювальна записка

Керівник
Доцент Савик В.М.
посада, наук. ступінь, ПІБ
підпис, дата.

Виконавець роботи
Паламарчук Валерій Олександрович
студент, ПІБ
група 601-МН
підпис, дата

Консультант за 1 розділом
доц. Рубель В.П.
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом
доц. Савик В.М.
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом
доц. Михайловська О.В
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 4 розділом
доц. Дмитрик В.І.
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту 22.01.2025 р.

Полтава, 2025

АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі розроблені наступні розділи:

1. У розділі "Вибір та опис технологічного обладнання" проведено порівняльно-критичний аналіз технологічних комплексів для буріння свердловин, обґрунтовано вибір бурового та насосно-циркуляційного комплексів бурової установки. Коротко описано призначення, будову, комплектність та принцип дії вибраного обладнання.

2. В розділі "Опис технічної пропозиції" проведено обґрунтування доцільності та економічної ефективності введення запропонованих технічних рішень із модернізації конструкції гідроциклона, обґрунтовано технічну доцільність модернізованої конструкції. Розрахований економічний ефект від впровадження модернізованого гідроциклона.

3. В розділі "Дослідно-конструкторська робота" проведено дослідження зношення внутрішньої поверхні гідроциклона по висоті апарата і куту, розроблена методика розрахункового визначення коефіцієнта гідравлічного опору гідроциклона, побудовані графічні залежності зміни продуктивності гідроциклона по лініях шламової та зливної насадок при зміні перепаду тиску на гідроциклоні.

4. В розділі "Розрахунки працездатності" проведені проектні розрахунки розмірів елементів гідроциклона; перевірочний розрахунок стійкості форми стінки гідроциклона.

5. В розділі "Монтаж і експлуатація обладнання" розроблений комплекс робіт з підготовки до проведення монтажних робіт з обладнанням бурової установки НБО-3Д, особливості проведення монтажу обладнання для очищення бурового розчину та порядок дій під час проведення підготовчих робіт перед експлуатацією вібросита та гідроциклонної установки. За даними експлуатації описано план-графік планово-попереджувальних ремонтів, технічні заходи з обслуговування та ремонту обладнання насосно-циркуляційного комплексу. Було розглянуто види й причини спрацювання і відмов елементів обладнання, проаналізовано деталі, які необхідно зміцнювати. Також проаналізовані потенційні небезпеки при експлуатації обладнання насосно-циркуляційного комплексу бурової установки, методи і засоби для забезпечення нормальних умов праці, наведені інженерні розрахунки, розроблені заходи з пожежної безпеки.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра нафтогазової інженерії та технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень: *Магістр*
Спеціальність *185 Нафтогазова інженерія та технології*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри НГІТ
В.о. завідувача кафедри НГІТ
_____ С. Говдяк
"__" _____ 20___ року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Паламарчук Валерій Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація конструкції та дослідження роботи пристрою для очищення бурового розчину від механічних домішок

Керівник роботи доцент Савик Василь Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом закладу вищої освіти від "29" 08 2024 року №818-ст

2. Строк подання студентом роботи_____ 20___ року
3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1 Вибір та опис технологічного обладнання: 1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання. 1.2 Опис вибраного технологічного обладнання. 2 Опис технічної пропозиції: 2.1 Опис модернізованої конструкції. 2.2 Оцінка економічної ефективності. 3 Дослідно-конструкторська робота. 4 Розрахунки працездатності. 5 Монтаж і експлуатація обладнання: 5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу обладнання. 5.2 Експлуатація та ремонт обладнання. 5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання. Висновки. Список використаної літератури. Додатки
5. Перелік графічного матеріалу

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Етапи підготовки	Термін виконання
1	Інформаційно-оглядова частина	14.10-03.11
2	Експериментальна частина	04.11-24.11
3	Теоретична частина (Аналітика. Статистика. Моделювання)	25.11-15.12
4	Впровадження результатів досліджень	16.12-05.01
5	Оформлення та узгодження роботи	06.01-12.01
6	Попередні захисти робіт	13.01-17.01
7	Захист магістерської роботи	

Студент _____ Пламарчук В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Савчук В.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	4
1. Вибір та опис технологічного обладнання	6
1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання	6
1.2 Конструкція вибраного обладнання	16
2. Опис технічної пропозиції	20
2.1 Опис модернізованої конструкції гідро циклона	20
2.2 Оцінка економічної ефективності	23
3. Дослідно-конструкторська робота	32
3.1 Дослідження зношення внутрішньої поверхні гідроциклона по висоті апарата і куту	32
3.2 Розроблення методики розрахункового визначення коефіцієнта гідравлічного опору гідроциклона	36
4. Розрахунки працездатності	44
4.1 Розрахунок стійкості форми стінки модернізованого гідроциклона	44
4.2 Проектні розрахунки розмірів елементів гідроциклона	46
4.2.1 Розрахунок товщини стінок	46
4.2.2 Розрахунок штуцерів виходу очищеного бурового розчину, виводу шламу бурового розчину	47
5. Монтаж і експлуатація обладнання	49
5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу обладнання	49
5.2 Експлуатація та ремонт обладнання	55
5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання	66
Висновки	77
Список використаної літератури	79

ВСТУП

Актуальність теми. Насосно-циркуляційні комплекси бурових установок призначені для виконання наступних основних функцій: приготування бурових розчинів, їх очищення від вибуреної породи та інших шкідливих й небажаних домішок, прокачування і оперативного регулювання фізико-механічних властивостей бурового розчину. Циркуляційні комплекси також мають у своєму складі всмоктувальні та напірні лінії бурових насосів, ємності для зберігання розчину і матеріалів для їх приготування, жолоби, відстійники, контрольно-вимірювальні прилади. Блочний принцип виготовлення циркуляційного комплексу забезпечує його компактність, спрощує монтаж і технічне обслуговування.

Якісне приготування, контроль і підтримання складу і фізико-механічних властивостей промивальної рідини є найважливішими вимогами, які ставляться до циркуляційного комплексу бурових установок. При виконанні цих вимог досягаються високі швидкості буріння і попереджаються аварії та ускладнення в свердловині в процесі її спорудження [30].

Ефективність функціонування насосно-циркуляційного комплексу напряму залежить від конструктивних особливостей обладнання, яке входить у його склад. Недоліком гідроциклона, який використовується в блоках очищення, є недостатня ефективність очищення промивальної рідини через недостачу відцентрових сил, які діють на частинки шламу при низькому тиску насоса, і також відбувається закупорювання отвору в шламовій насадці [30].

Це підтверджує актуальність проблеми і необхідність подальших науково-дослідницьких робіт, направлених на удосконалення конструкції гідроциклона з метою підвищення степені очищення бурового розчину, яка суттєво залежить від ефективності налаштувань та надійності роботи насосно-циркуляційного комплексу бурової установки.

Мета роботи. Модернізація гідроциклона та дослідження роботи пристроїв для очищення бурового розчину від механічних домішок.

Об'єкт дослідження. Процеси руху бурового розчину в насосно-циркуляційному комплексі бурової установки.

Предмет дослідження. Властивості і характеристики гідроциклона, оснащеного додатковим приводом корпуса з можливістю його обертання, за допомогою клинопасової передачі.

Можливі результати, які очікуються при виконанні роботи, їхня новизна та значення. При запровадженні модернізованої конструкції гідроциклона, який оснащений додатковим приводом корпуса з можливістю його обертання за допомогою клинопасової передачі, очікується: підвищення ефективності очищення бурового розчину від твердої фази; забезпечення можливості регулювання ступеня очищення бурового розчину; підвищення ефективності роботи модернізованого гідроциклона.

Наукова новизна отриманих результатів.

- досліджено глибинний знос внутрішньої поверхні гідроциклона, що дозволило виявити зони апарату з різним співвідношення сил, які беруть участь в процесі сепарації;

- отримана залежність для визначення коефіцієнта гідравлічного опору гідроциклона, який визначається коефіцієнтами опору по лініях зливної та шламової насадок.

Апробація роботи. Основні положення магістерської роботи доповідались та обговорювались на 76-й науковій конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», секція нафтогазова інженерія та технології, м. Полтава, 20.05.2024 р.

Структура й обсяг магістерської роботи.

Магістерська робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел, який містить 59 найменувань. Основна частина магістерської роботи викладена на 78 сторінках комп'ютерного набору і містить 11 рисунків і 17 таблиць. Повний обсяг магістерської роботи становить 83 сторінки.

1 ВИБІР ТА ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання

1.1.1 Вихідні дані для магістерської роботи

Конструкція свердловини глибиною 4930 м подана на рис. 1.1.

Рисунок 1.1 – Конструкція свердловини

Кондуктор d = 426 мм спускається на глибину 150 м з метою перекриття верхніх нестійких порід. Цементується по всій довжині.

Проміжна колона d = 324 мм спускається на глибину 2400 м з метою перекриття відкладів пермі, схильних до поглинань, а також кам'яно-вугільних

відкладів, схильних до обсипань і обвалів, ізоляції пластів з нижчим пластовим тиском. Цементується колона по всій довжині.

Проміжна колона d = 245 мм спускається на глибину 3900 м двома секціями із стиковкою на глибині 2100 м з метою перекриття частини стрийських відкладів з аномально-високим пластовим тиском. Цементується колона по всій довжині.

Експлуатаційна колона d = 168/140 мм спускається до проектної глибини 4930 м двома секціями із стиковкою на глибині 3150 м і переходом на глибині 3600 м. Цементується колона по всій довжині.

1.1.2 Розрахунок діаметрів доліт

Діаметр долота при бурінні під кожну обсадну колону визначаємо за формулою:

$$D_{дол} = D_{м} + 2\Delta, \qquad (1.1)$$

де $D_{м}$ – зовнішній діаметр муфти колони обсадних труб [11];

2Δ – величина проміжку між муфтою і стінками свердловини [11].

Під кондуктор $D_{дол}^{426} = 451 + 48 = 499$ мм; приймаємо $D_{дол}^{426} = 490$ мм.

Під проміжну колону $D_{дол}^{324} = 351 + 40 = 391$ мм; приймаємо $D_{дол}^{324} = 394$ мм.

Під проміжну колону $D_{дол}^{245} = 270 + 27 = 297$ мм; приймаємо $D_{дол}^{245} = 295$ мм.

Під експлуатаційну колону $D_{дол}^{140} = 156 + 13 = 169$ мм; приймаємо $D_{дол}^{140} = 172$ мм.

1.1.3 Розрахунки обсадних і бурильних колон

1.1.3.1 Визначення довжини ОБТ

Довжину ОБТ при бурінні під кожну обсадну колону визначаємо за формулою

$$\ell_{ОБТ} = \frac{K \cdot G}{q_{ОБТ}\left(1 - \frac{j_{б.р.}}{j_м}\right)}, \qquad (1.2)$$

де К – коефіцієнт, який ураховує перевищення ваги ОБТ над навантаженням на долото; приймаємо К=1,25;

G – осьове навантаження на долото [11];

$q_{ОБТ}$ – вага 1м.п. ОБТ [11];

$j_{б.р.}$ – питома вага бурового розчину; приймаємо згідно ГТН;

$j_м$ – питома вага матеріалу труб; приймаємо $j_м$=7850кг/м^3.

Під кондуктор:

$$\ell_{ОБТ}^{426} = \frac{1,25 \cdot 45 \cdot 10^3}{1920\left(1 - \frac{1190}{7850}\right)} = 35 \text{ м}$$

Під проміжну колону ǿ 324 мм:

$$\ell_{ОБТ}^{324} = \frac{1,25 \cdot 210 \cdot 10^3}{1920\left(1 - \frac{1260}{7850}\right)} = 162 \text{ м}$$

Під проміжну колону ǿ 245 мм:

$$\ell_{ОБТ}^{245} = \frac{1.25 \cdot 190 \cdot 10^3}{1890\left(1 - \frac{1280}{7850}\right)} = 150 \text{ м}$$

Під експлуатаційну колону:

$$\ell_{ОБТ}^{127} = \frac{1,25 \cdot 190 \cdot 10^3}{970\left(1 - \frac{1720}{7850}\right)} = 313 \text{ м.}$$

1.1.3.2 Визначення довжини бурильного інструменту

Розраховуємо бурильний інструмент при бурінні під експлуатаційну колону.

Для І-ої секції бурильної колони приймаємо бурильну трубу ǿ 114мм із товщиною стінки 8 мм групи міцності Л. Визначаємо допустиму глибину

бурильних труб за формулою:

$$\ell_{доп} = \frac{Q^{I}_{доп} - \ell_{ОБТ} \cdot q_{ОБТ}\left(1 - \frac{j_{б.р.}}{j_{м}}\right)}{q^{I}_{пр}\left(1 - \frac{j_{б.р.}}{j_{м.}}\right)} + \ell_{ОБТ}, \qquad (1.3)$$

де $q^{I}_{пр.}$ – вага 1 м.п. бурильної труби [11];

$Q^{I}_{доп.}$ – допустиме розтягуюче навантаження на тілі труби; визначаємо за формулою

$$Q^{I}_{доп} = \frac{Q^{I}_{р.}}{K}, \qquad (1.4)$$

де $Q_р$ – розтягуюче навантаження, при якому напруження у тілі труби досягає межі текучості [11];

К – коефіцієнт запасу міцності; приймаємо для роторного буріння К=1,4.

$$Q^{I}_{доп} = \frac{2150}{1,4} = 1535,7 \text{ кН};$$

$$\ell^{I}_{доп} = \frac{1535,7 \cdot 10^{3} - 313 \cdot 970\left(1 - \frac{1720}{7850}\right)}{254 \cdot \left(1 - \frac{1720}{7850}\right)} + 313 = 6860 \text{ м}$$

Верхню частину колони складаємо із труб діаметром 127 мм із товщиною стінки 9 мм групи міцності К. Визначаємо допустиму довжину 2-ої секції за формулою

$$\ell^{II}_{доп.} = \frac{Q^{II}_{доп.} - Q^{I}_{доп.}}{q^{II}_{пр.}\left(1 - \frac{j_{б.р.}}{j_{м.}}\right)}, \qquad (1.5)$$

де $q^{II}_{пр.}$ – вага 1 м.п. бурильної труби 2–ої секції;

$Q^{II}_{доп.}$ – допустиме розтягуюче навантаження на тілі труби 2-ої секції.

$$Q^{II}_{доп.} = \frac{Q^{II}_{р.}}{K}. \qquad (1.6)$$

$$Q^{II}_{доп} = \frac{2300}{1,4} = 1642,8\,кН;$$

$$\ell^{II}_{доп} = \frac{1642,8 \cdot 10^3 - 1535,7 \cdot 10^3}{305 \cdot \left(1 - \frac{1720}{7850}\right)} = 450\,м$$

Третю секцію бурильних труб складемо із труб діаметром 140 мм із товщиною стінки 9 мм групи міцності К. Допустиму довжину визначаємо аналогічно допустимій довжині 2-ої секції за формулами

$$\ell^{III}_{доп} = \frac{Q^{III}_{доп} - Q^{II}_{доп}}{q^{III}_{пр}\left(1 - \frac{j_{б.р}}{j_м}\right)}; \qquad (1.7)$$

де $q^{III}_{пр.}$ – вага 1 м.п. бурильної труби 3–ї секції;

$Q^{III}_{доп.}$ – допустиме розтягуюче навантаження на тілі труби 3-ї секції

$$Q^{III}_{доп.} = \frac{Q^{III}_{р}}{K}. \qquad (1.8)$$

$$Q^{III}_{доп.} = \frac{2600}{1,4} = 1857,2\,кН;$$

$$\ell^{II}_{доп.} = \frac{1857,2 \cdot 10^3 - 1642,8 \cdot 10^3}{360 \cdot \left(1 - \frac{1720}{7850}\right)} = 763\,м$$

Відповідно проведених розрахунків складаємо таблиці вибору компонування бурильного інструменту.

Таблиця 1.1 – Робочий інструмент при бурінні під експлуатаційну колону

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2	3	4
140	9К	360	763
127	9К	305	450
114	8Л	254	3404
ОБТ-108	-	970	313

Таблиця 1.2 – Робочий інструмент при бурінні під проміжну колону ǿ 245 мм

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2	3	4
127	9К	305	346
114	8Л	254	3404
ОБТ-197	-	1890	150

Таблиця 1.3 – Робочий інструмент при бурінні під проміжну колону ǿ 324 мм

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2	3	4
114	8Л	254	2238
ОБТ-203	-	1920	162

Таблиця 1.4 – Робочий інструмент при бурінні під кондуктор

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2	3	4
114	8Л	254	115
ОБТ-203	-	1920	35

1.1.3.3 Визначення ваги колони бурильних і обсадних труб

Вагу бурильного інструмента при бурінні під кожну обсадну колону визначаємо за формулою:

$$Q_{б.к.} = (Q_{б.тр.} + Q_{ОБТ})K; \qquad (1.9)$$

де $Q_{б.тр.}$ – вага колони бурильних труб;

$Q_{ОБТ}$ – вага колони ОБТ;

К – коефіцієнт прихвату; приймаємо К=1,3

Під експлуатаційну колону:

$$Q^{е}_{б.к.} = (360 \cdot 763 + 305 \cdot 450 + 254 \cdot 3404 + 970 \cdot 313) \cdot 1,3 = 2054202,8 \text{ Н} \approx 2054 \text{ кН}$$

Під проміжну колону ø 245 мм:

$$Q^{пр}_{б.к.} = (305 \cdot 346 + 254 \cdot 3404 + 1890 \cdot 150) \cdot 1,3 = 1629739,8 \text{ Н} \approx 1630 \text{ кН}$$

Під проміжну колону ø 324 мм:

$$Q^{пр}_{б.к} = (254 \cdot 2238 + 1920 \cdot 162) \cdot 1,3 = 1143339,6 \text{ Н} \approx 1143 \text{ кН}$$

Під кондуктор:

$$Q^{к}_{б.к.} = (254 \cdot 115 + 1920 \cdot 35) \cdot 1,3 = 125333 \text{ Н} \approx 125 \text{ кН}$$

Вагу кожної секції обсадних колон визначаємо згідно з конструкцією свердловини, приймаючи коефіцієнт запасу допустимого навантаження на гаку для обсадної колони $k = 1,15$.

Визначаємо вагу кожної секції експлуатаційної колони діаметром 168/140 мм, яка спускається двома секціями:

1-ша секція довжиною 1780 м:

$$Q^{I}_{е.} = (3150 \cdot 254 + 450 \cdot 435 + 1330 \cdot 336) \cdot 1,15 = 1659139,5 \text{ Н} \approx 1659 \text{ кН}$$

2-га секція довжиною 3150 м:

$$Q^{II}_{е.} = (1350 \cdot 435 + 800 \cdot 499 + 1000 \cdot 435) \cdot 1,15 = 1634667,5 \text{ Н} \approx 1635 \text{ кН}$$

Визначаємо вагу кожної секції проміжної колони діаметром 245 мм, яка спускається двома секціями:

1-ша секція довжиною 1800 м:

$$Q^{I}_{пр.} = (2100 \cdot 254 + 200 \cdot 693 + 670 \cdot 627 + 930 \cdot 568) \cdot 1,15 = 1719928,5 \text{ Н} \approx 1720 \text{ кН}$$

2-га секція довжиною 2100 м:

$$Q^{II}_{пр.} = (1100 \cdot 787 + 1000 \cdot 693) \cdot 1,15 = 1792505 \text{ Н} \approx 1793 \text{ кН}$$

Визначаємо вагу проміжної колони діаметром 324 мм, яка спускається на глибину 2400 м:

$$Q_{пр.} = (800 \cdot 845 + 1000 \cdot 696 + 600 \cdot 845) \cdot 1,15 = 2160850 \text{ Н} \approx 2161 \text{ кН}$$

Визначаємо вагу кондуктора діаметром 426 мм і довжиною 150 м:

$$Q_{к.} = 150 \cdot 1062 \cdot 1,15 = 183195 \text{ Н} \approx 183 \text{ кН}$$

На основі розрахунку обсадних колон і вибору бурильного інструмента складаємо зведену таблицю ваги всіх колон (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Зведена вагова характеристика обсадних і бурильних колон

№ п/п	Назва колони	Діаметр труб, мм	Товщина стінки, мм і група міцн.	Глибина спуску, м	Вага колони, кН
1	2	3	4	5	7
1	Бурильний інструмент під експлуатаційну колону	140 127 114 ОБТ-146	9К 9К 8Л -	763 450 3404 313	2054
2	Бурильний інструмент під проміжну колону ǿ 245 мм	127 114 ОБТ-197	9К 8Л -	346 3404 150	1630
3	Бурильний інструмент під проміжну колону ǿ 324 мм	114 ОБТ-203	8Л -	2238 162	1143
4	Бурильний інструмент під кондуктор	114 ОБТ-203	8Л -	115 35	125
5	Експлуатаційна колона	114 168 140	8Л 11Д 10,54Р110	3150 450 1330	1659
		168	11К 12Д 11Д	1350 800 1000	1635
6	Проміжна колона ǿ 245 мм	114 245	8Л 11Д 10К 9Д 9К	2100 200 670 740 190	1720
		245	13,84Р110 11Д	1100 1000	1793
7	Проміжна колона ǿ 324 мм	324	12Д 10Д 12Д	800 1000 600	2161
8	Кондуктор	426	12Д	150	183

1.1.4 Вибір категорії, класу та основних параметрів бурової установки

Таким чином, після проведення розрахунків в пункті 1.3, найважчою

колоною є проміжна колона з діаметром 324 мм. Її вага складає 2161 кН. Згідно цих даних вибираємо бурову установку з дизельним приводом НБО-3Д, яка задовольняє розрахункам [3].

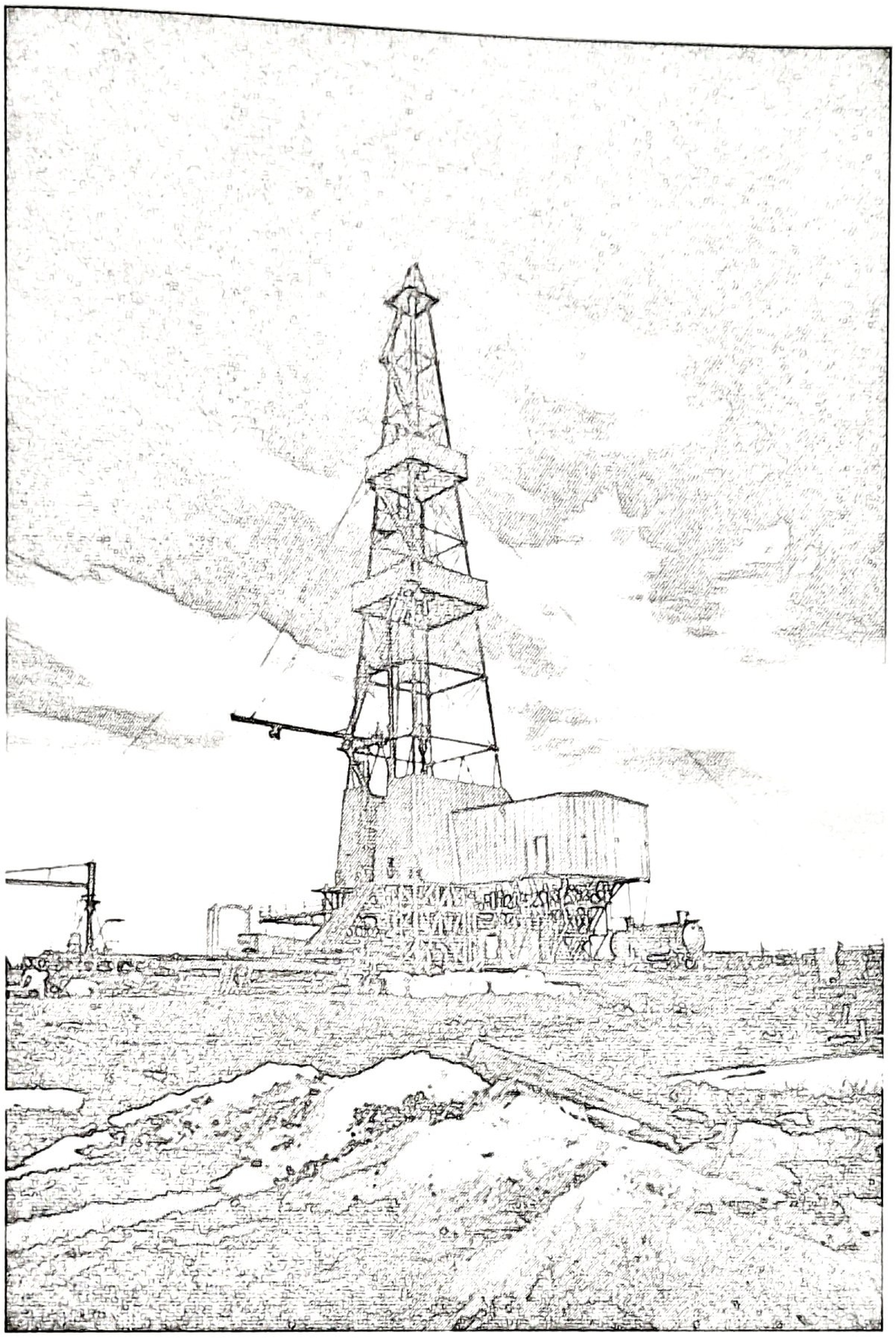

Рисунок 1.2 – Бурова установка НБО-3Д

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика бурової установки НБО-3Д

№	Параметри	НБО-3Д
1	2	3
1	Загальна встановлена потужність приводу лебідки, кВт	993
2	Максимальна вантажопідйомність, т	250
3	Рекомендована глибина буріння, м	5000
4	Максимальна оснастка талевої системи	5*6

1	2	3
6	Діаметр талевого канату, мм	32
7	Вид приводу	Дизельний
8	Тип приводу	груповий
9	Кількість двигунів в приводі :	
	Лебідки	3
	Бурових насосів	3+2
10	Лебідка (шифр)	У2-5-5
11	Потужність на барабані лебідки, кВт	809
12	Буровий насос (шифр)	У8-6МА2
13	Кількість насосів	2
14	Привідна потужність бурового насосу, кВт	585
15	Гідравлічна потужність насосу, кВт	500
16	Максимальна подача при тиску 10 МПа, л/с	51
17	Максимальний тиск при подачі 19,7 л/с, МПа	25
18	Ротор (шифр)	Р-560
19	Діаметр прохідного отвору стола ротора, мм	560
20	Статична вантажопідйомність ротора, т	320
21	Потужність приводу ротору, кВт	368
22	Вертлюг (шифр)	В-250
23	Статична вантажопідйомність вертлюга, т	250
24	Вишка (шифр)	Не поставляється
26	Максимальна вантажопідйомність вишки, т	-
27	Крон блок (шифр)	УКБА-6-270
28	Вантажопідйомність крон блока, т	270
29	Талевий блок	УТБА-5-225
30	Вантажопідйомність талевого блоку, т	225
31	Дизель-генераторні станції	
	число	2
	шифр	ТМЗ-ДЄ-104С3
32	Потужність станції, кВт	2*100=200
33	Компресори	
	З механічним приводом	К-5М
	З індивідуальним електродвигуном	КСЕ-5М
34	Максимальний робочий тиск, МПа	0,8
35	Засоби механізації:	
	Розстановки свічок	-
	Виконування допоміжних операцій :	
	Утримання колони	ПКР-560
	Згвинчування і розгвинчування свічок	АКБ-3М2
	Регулятор подачи долота	-
	Розкріплювання замків	Пневморозкріп-лювач

1	2	3
36	Вантажопідйомні засоби :	
	Для обслуговування обладнання	Консольно-поворотний кран ручний, вантажопідйомністю 3 т, кран ручний на насосах
	Метод монтажу	Крупноблоковий
	На містках	В об`єм поставки Уралмашзаводу не входить
	Метод транспортування	Транспорт загального призначення, ваговози

1.2 Конструкція вибраного обладнання

У склад пісковідділювача ПГ-50 (рис. 1.3) входить чотири гідроциклони діаметром 150 мм, які розміщені в один ряд.

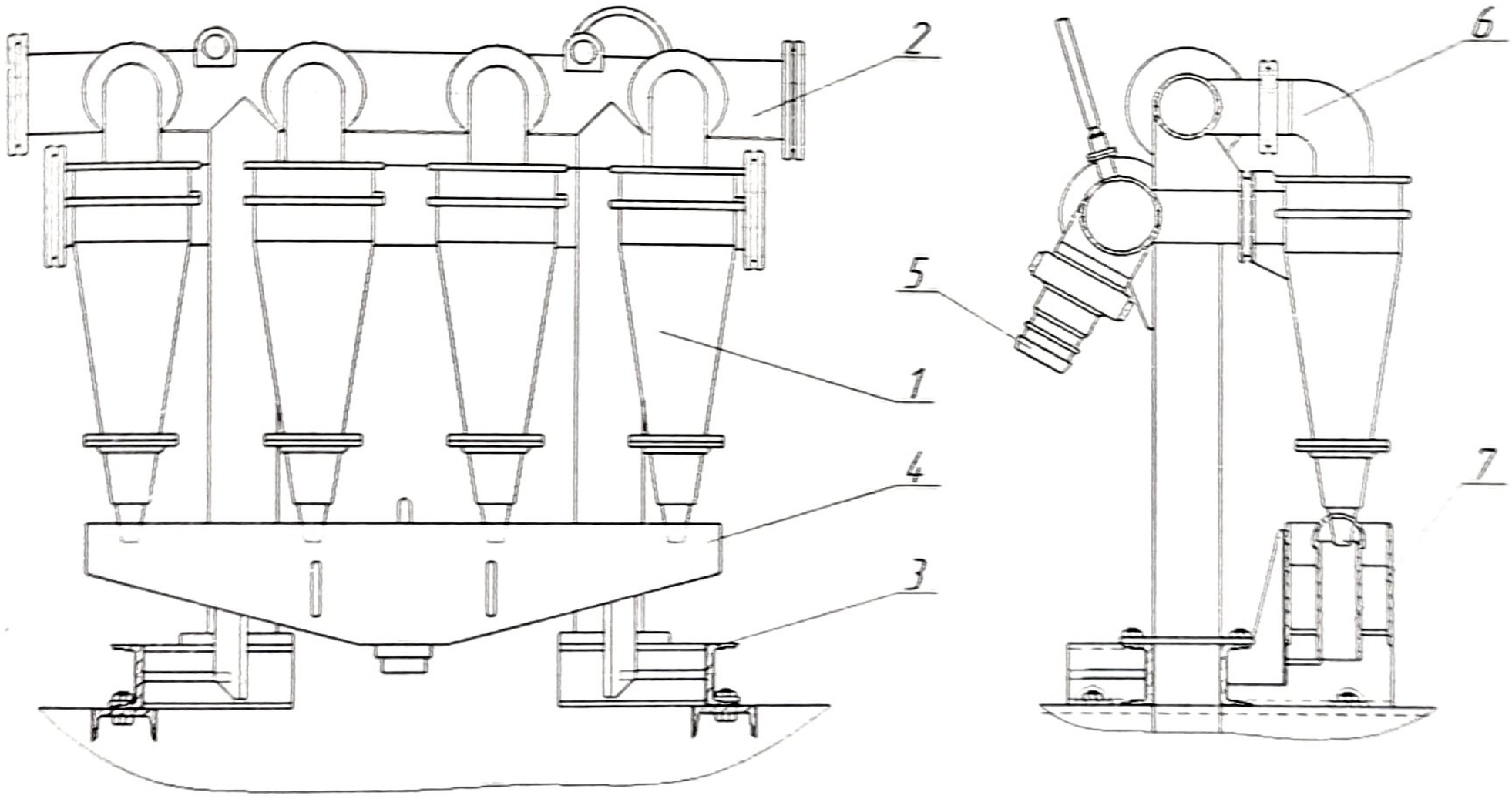

Рисунок 1.3 – Пісковідділювач ПГ-50:

1 – гідроциклони; 2 – колектор зливний; 3 – рама; 4 – шламозбірник;

5 – патрубок вхідний; 6 – патрубок для відводу промивальної рідини; 7 – труба для вивантаження шламу

у муловідділювачах (рис. 1.4) використовуються шість гідроциклонів діаметром 75 мм, розташованих у один ряд. Монтуються гідроциклони 2 на зварній рамі 3. Промивальна рідина надходить до гідроциклонів із загального колектора. В зливний колектор 1 очищена рідина подається відводами. Частинки розбуреної породи та інших домішок виходять з гідроциклонів в загальний шламозбірник 4. В нижній частині шламозбірника встановлена труба для вивантаження шламу [3].

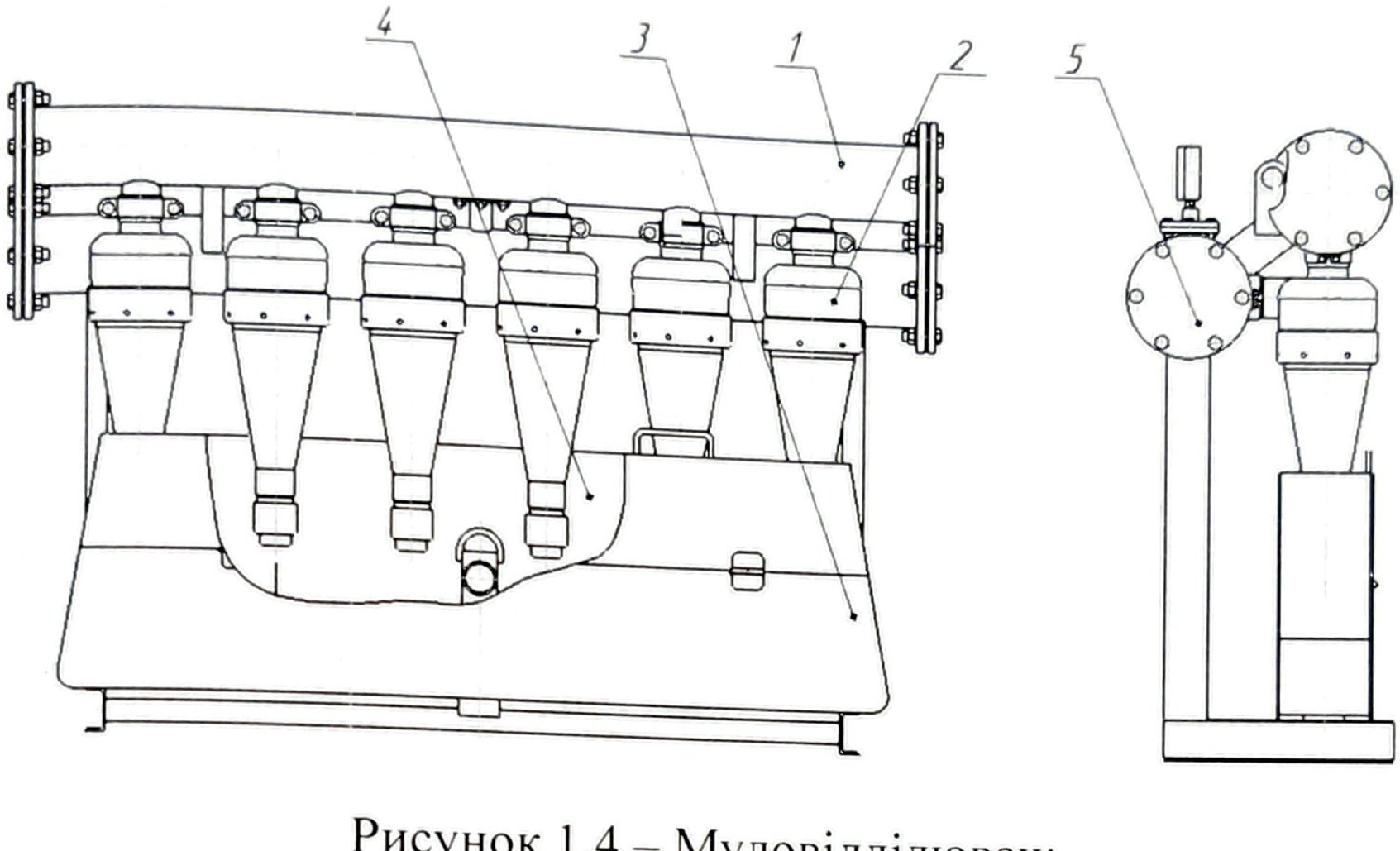

Рисунок 1.4 – Муловідділювач:

1 – зливний колектор; 2 – гідроциклон; *3* – рама; *4* – загальний шламозбірник;

5 – загальний колектор

Гідроциклони, які використовуються в пісковідділювачах та муловідділювачах, переважно розрізняються розмірами однойменних деталей. Корпус гідроциклонів складається із силумінових литих циліндра, конуса і обойми для шламової насадки та має роз'ємну конструкцію. Для запобігання від зносу і корозії внутрішні поверхні корпуса покривають гумовим чохлом. Зносостійкі сталі та сплави є матеріалами насадки [3].

Корпус гідроциклона 1 (рис. 1.5) має роз'ємну конструкцію і складається з циліндричної частини, конусної частини та обойми для шламової насадки, які вилиті з силуміну. Технічні характеристики гідроциклонів подані в табл. 1.7.

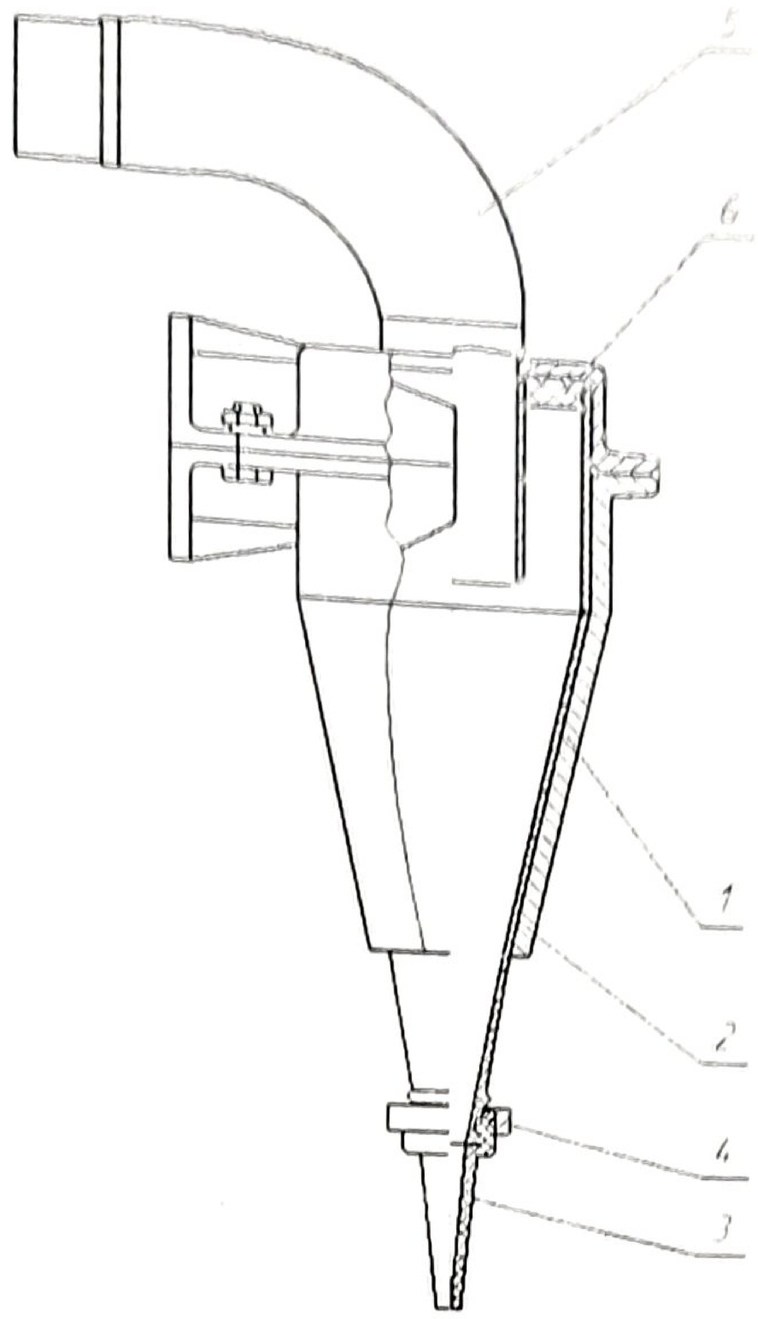

Рисунок 1.5 – Гідроциклон:

1 – корпус; 2 – кожух; 3 – насадка; 4 – кільце; 5 – патрубок зливний;

6 – кришка

Таблиця 1.7 – Технічна характеристика гідроциклонів

Параметри	ПГ-50	ИГ-45
Пропускна здатність, л/с	50	45
Тиск на вході в гідроциклон, МПа	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3
Розмір частинок, які видаляються з промивальної рідини густиною 2500 кг/м^3, мм: при 100 %-му витягу при 90 % -му витягу	 0,08 –	 – 0,05
Діаметр гідроциклона, мм	150	75
Кількість гідроциклонів	4	16

Висновки

У другому розділі даної магістерської роботи згідно завдання (конструкція свердловини глибиною 4930 м) вибрана бурова установка за умовною глибиною буріння і найбільшим навантаженням на гаку, дана її технічна характеристика; описано вибране обладнання, яке входить в склад бурової установки НБО-3Д; описані конструктивні особливості пісковідділювачів та муловідділювачів.

Недоліком гідроциклона-аналога є недостатня ефективність очищення промивальної рідини через недостачу відцентрових сил, які діють на частинки шламу при низькому тиску насоса, і також відбувається закупорювання отвору в шламовій насадці. Тому існує необхідність в модернізації гідроциклона для підвищення степені очищення промивальної рідини за рахунок послідовного з'єднання камери з корпусом гідроциклона, який обертається навколо загальної осі при бурінні свердловини глибиною 4930 м.

2 ОПИС ТЕХНІЧНОЇ ПРОПОЗИЦІЇ

2.1 Опис модернізованої конструкції гідроциклона

Насосно-циркуляційний комплекс бурової установки служить для подачі бурового розчину від бурових насосів до свердловини і далі через систему очищення до прийомних ємностей, очищення його від вибуреної породи і дегазації. Гідроциклонні установки відносяться до другого блоку очищення жолобної системи і призначені для тонкої очищення бурового розчину. Але при цьому спостерігається недостатня ефективність очищення бурового розчину через недостачу відцентрових сил, які діють на частинки шламу при низькому тиску насоса, і також відбувається закупорювання отвору в шламовій насадці. Тому метою нашого вдосконалення є підвищення степені очищення бурового розчину шляхом встановлення додаткового приводу корпуса з можливістю його обертання за допомогою клинопасової передачі [35].

Технічним результатом пропонованого в магістерській роботі вдосконалення є усунення відмічених недоліків і підвищення на цій основі техніко-економічних показників бурового комплексу.

Для підвищення ефективності очищення бурового розчину від механічних домішок в магістерській роботі пропонується вдосконалити гідроциклон шляхом послідовного з'єднання вихрової камери з корпусом, який обертається навколо загальної осі.

Поставлене завдання вирішується завдяки тому, що у гідроциклоні-аналогу, в склад якого включені конічний корпус, циліндрична вихрова камера з тангенціальним входом, відвідний патрубок, запропоноване наступне технічне рішення: у нижній частині конічного корпусу розміщені насадки для відводу шламу, а сам корпус встановлений з можливістю обертання за допомогою клинопасової передачі і з'єднаний з циліндричною вихровою камерою через підшипник.

Суть модернізації полягає в наступному. У складі модернізованого гідроциклона (рис. 2.1) міститься конічний корпус 10 із насадкою 11 для відводу шламу, яка розміщена у його нижній частині. Шків привода 12 з клинопасовою передачею 9 закріплений до зовнішньої стінки корпуса 10. Клинопасова передача призначена для з'єднання корпуса пристрою із приводом. Вихрова камера 7 з відвідним патрубком 6 закріплена до корпусу 10 за допомогою стяжки 2 і гайок 1 через підшипник 8. Вхід у вихрову камеру є тангенціальним. Корпус 10 опирається на підшипник 5 за допомогою фланця 4.

Модернізований гідроциклон працює наступним чином. Буровий розчин під тиском, який створюється вертикальним шламовим насосом, поступає у вихрову камеру 7 через вхідний патрубок 6, завдяки чому отримує обертовий рух і в подальшому рухається вздовж корпусу 10, який обертається із заданою кутовою швидкістю за допомогою шківа 12 і клинопасової передачі 9. При цьому обертовий потік, який рухається у вихровій камері 7, отримує додаткову крутну швидкість від обертання корпусу 10. При цьому швидкості частинок шламу будуть збільшуватись і дорівнювати сумі швидкостей від закручування у вихровій камері 7 та від обертання у корпусі 10. Шлам притискається до стінки корпусу, рухається вниз по стінці під дією сили ваги і в кінці, під дією відцентрових сил, викидається через насадки 11.

У модернізованому гідроциклоні в полі відцентрових сил відбувається очищення бурового розчину. Важчі частинки певного розміру рухаються по стінках корпусу вниз, а дрібнодисперсні частинки шламу разом з очищеним розчином поступають у відвідний патрубок 6 і далі у циркуляційну систему бурової установки.

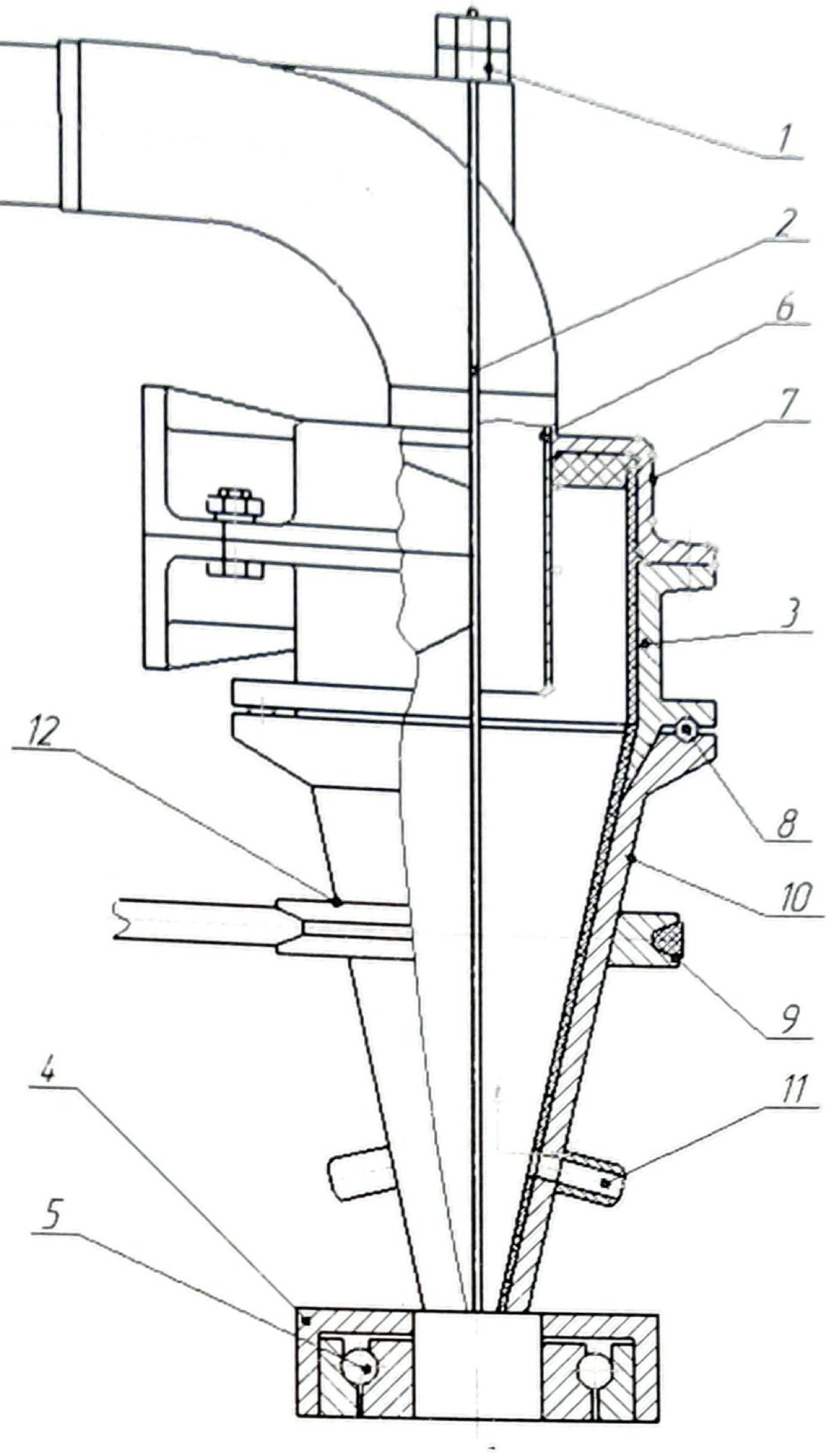

Рисунок 2.1 – Модернізований гідроциклон:

1 – гайки; 2 – стяжка; 3 – вставка; 4 – фланець; 5, 8 – підшипник;

6 – патрубок; 7 – вихрова камера; 9 – клинопасова передача; 10 – корпус;

11 – насадка; 12 – шків приводу корпуса гідроциклона

Обертання конічного корпуса підсилює відцентрову силу закрученого потоку бурового розчину у вихровій камері, внаслідок чого підвищується ефективність сепарації бурового розчину, а отже збільшується ефективність роботи модернізованого гідроциклона.

2.2 Оцінка економічної ефективності

Згідно з діючою методикою встановлення економічної ефективності впровадження нової техніки в нафтогазовій галузі річний економічний ефект від виробництва і використання нового обладнання, машин, інструментів та інших засобів праці довгострокового використання з поліпшеними якісними характеристиками визначається за такою формулою [18]:

$$E = \left[З_1 \cdot k_1 \cdot k_2 + \frac{\Delta C^{експл} - E_н \cdot \Delta K}{1/T_2 + E_н} - З_2 \right] \cdot A_2, \text{ грн.,} \qquad (2.1)$$

де $З_1$, $З_2$ – приведені витрати на одиницю відповідно базового і нового обладнання, які включають затрати на науково-дослідницькі роботи, розроблення технічного проекту, робочих креслень та іншої технічної документації, виготовлення дослідної партії, випробування, доведення, розроблення технології виробництва, виготовлення оснащення, освоєння серійного випуску нової продукції, вартість бурової установки НБО-3Д за ринковими цінами $З_1 = 10000000$ грн.;

k_1 – коефіцієнт зростання продуктивності праці за варіантом модернізації [18]:

$$k_1 = \frac{B_2}{B_1}, \qquad (2.2)$$

B_1 – річна проходка базовою технікою [39]:

$$B_1 = \frac{V_к^{AT} \cdot 12{,}17}{K_{об}}, \qquad (2.3)$$

де $V_к^{AT}$ – комерційна швидкість буріння аналогічною технікою $\frac{м}{верст.-міс.}$;

по Полтавському відділенню бурових робіт середня комерційна швидкість становить $V_к^{AT} = 347{,}2 \frac{м}{верст.-міс.}$.

де $K_{об}$ – коефіцієнт оборотності бурових установок; для даного значення комерційної швидкості під час експлуатаційного буріння $K_{об} = 1{,}2825$.

$$B_1 = \frac{347,2 \cdot 12,17}{1,2825} = 4895 м$$

$T_к^{АТ}$ – календарний час буріння свердловини, годин (уключає час механічного буріння, спуско-підйомних операцій (СПО), кріплення, допоміжних та ремонтних робіт, час аварій, ускладнень і час простоїв, який приймається рівним 5,5% від календарного часу); визначаємо за формулою [39]

$$T_к^{АТ} = \frac{H \cdot 720}{V_к^{АТ}} \quad (2.4)$$

де H – глибина буріння, м;

720 – умовна середньомісячна кількість годин перебування бурової установки в складі фонду бурових установок підприємства або її роботи (дорівнює 30 днів × 24 години);

$$T_к^{АТ} = \frac{500 \cdot 720}{347,2} = 9850 год$$

B_2 – річна проходка новою технікою [18].

$$B_2 = \frac{V_к^{НТ} \cdot 12,17}{K_{об}}, \quad (2.5)$$

$$V_к^{НТ} = \frac{H \cdot 720}{T_к^{АТ} - \Delta T}, \frac{м}{верст.-міс.} \quad (2.6)$$

де $V_к^{НТ}$ – комерційна швидкість буріння новою технікою, $\frac{м}{верст.-міс.}$;

ΔT – загальне скорочення календарного часу буріння свердловини, годин; відбувається за рахунок зменшення кількості ремонтів й технічного обслуговування модернізованого гідроциклона (табл. 2.1).

$$\Delta T = 0,5 \cdot 4 + 5 \cdot 1,3 = 8,5 год$$

Таблиця 2.1 – Трудомісткість робіт при ремонті гідроциклона

Види ремонтних робіт	Трудо–місткість робіт, $Тр_і$, н-год	Кількість ремонтів базового вібросита за рік, n_1	Кількість ремонтів модернізованого вібросита за рік, n_2	Різниця кількості ремонтів за рік, Δn	Чисельність виконавців, $Ч_i^{вик}$, чол.	
					IV	V
ТО	1,5	36	32	4	3	-
ПР	8	12	7	5	4	2

$$V_к^{НТ} = \frac{500 \cdot 720}{9850 - 8,5} = 347,6 \frac{м}{верст. - міс.}$$

$$B_2 = \frac{347,6 \cdot 12,17}{1,2843} = 3298 м$$

$$k_1 = \frac{3298}{3295} = 1,001$$

k_2 – коефіцієнт зміни строків служби [18]:

$$k_2 = \frac{P_1 + E_i}{P_2 + E_i}, \quad (2.7)$$

де P_1 – частка відрахувань від балансової вартості на повне відновлення базового гідроциклона:

$$P_1 = \frac{1}{T_1}, \quad (2.8)$$

де T_1 – термін служби базового гідроциклона, $T_1 = 7$ років;

$$P_1 = \frac{1}{7} = 0,14;$$

P_2 – частка відрахувань від балансової вартості на повне відновлення нового гідроциклона:

$$P_2 = \frac{1}{T_2}, \quad (2.9)$$

T_2 – термін служби нового гідроциклона, $T_2 = 7,7$ років;

$$P_2 = \frac{1}{7,7} = 0,13;$$

$E_н$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, $E_н = 0,15$;

$$k_2 = \frac{0,14 + 0,15}{0,13 + 0,15} = 1,036;$$

$\Delta C^{експл}$ – економія річних експлуатаційних витрат, грн.;

A_2 – кількість гідроциклонів, A_2=1;

ΔК – зміна додаткових капітальних витрат (додаткового обладнання і інших робіт). Зміна додаткових капітальних витрат не передбачається, ΔК = 0;

$$З_2 = З_1 + C^{заход}, \quad (2.10)$$

де $C^{заход}$ – вартість проведених заходів, грн. [18]:

$$C^{заход} = C^{виг} + C^{монт} + C^{транс}, \quad (2.11)$$

де $C^{вигот}$ – вартість виготовлення деталей для модернізації гідроциклона, грн.:

$$C^{вигот} = C^{вир}_{соб} + C^{позавир}_{витр}, \quad (2.12)$$

де $C^{вир}_{соб}$ – виробнича собівартість деталей для модернізації, грн. [18]:

$$C^{вир}_{соб} = C^{мат} + C^{тех}_{е/е} + C^{ОЗП} + C^{ДЗП} + C^{ВСС} + C^{утр}_{експл} + C^{ЗВВ}, \quad (2.13)$$

де $C^{мат}$ – вартість витрат на сировину та матеріали, грн. [18]:

$$C^{мат} = \sum_{i=1}^{n} Н_i^м \cdot Ц_i^м \cdot \left(1 + \frac{\%ТЗВ}{100}\right), \quad (2.14)$$

де $Н_i^м$ – норма витрат матеріалу, для сталі 45 ГОСТ 1050-88 $Н_1^м$ = 3,4 кг;

$Ц_i^м$ – ціна одного кілограму сталі, ринкова ціна $Ц_1^м$ = 8,2 грн./кг; (згідно прайса http://stali.com.ua/konstrukcionnie-stali/stal-45.html);

%ТЗВ – транспортно-заготівельні витрати, %ТЗВ = 4 %;

$$C^{мат} = (3,4 \cdot 8,2) \cdot \left(1 + \frac{4}{100}\right) = 29,0 \text{ грн.};$$

$C_{e/e}^{mex}$ – вартість витрат на технологічну електроенергію, грн. [18]:

$$C_{e/e}^{mex} = \sum_{i=1}^{n} N_i^{mex} \cdot Ц^{e/e}, \qquad (2.15)$$

де N_i^{mex} – кількість електроенергії, яка йде на технологічні операції, N_i^{mex} =23,5 кВт;

$Ц^{e/e}$ – ціна одного кіловата електроенергії, $Ц^{e/e}$ = 1,2335 грн./кВт;

$$C_{e/e}^{mex} = 23,5 \cdot 1,2335 = 29,0 \text{ грн.};$$

$C^{ОЗП}$ – вартість витрат на основну заробітну платню, грн. [18]:

$$C^{ОЗП} = \sum_{i=1}^{n} Tp_i \cdot Cm_i^{год} \cdot ч_i^{вик}, \qquad (2.16)$$

де Tp_i – трудомісткість робіт, н-год;

$Cm_i^{год}$ – годинна тарифна ставка, грн./год.;

$ч_i^{вик}$ – кількість виконавців, чол.

Розрахунок основної заробітної платні проводимо за табл. 2.2, звідки отримуємо Отже, $C^{ОЗП} = 350$ грн.

$C^{ДЗП}$ – вартість витрат на додаткову заробітну платню, грн.:

$$C^{ДЗП} = 0,25 \cdot C^{ОЗП}, \qquad (2.17)$$

$$C^{ДЗП} = 0,25 \cdot 350 = 87,5 \text{ грн.};$$

$C^{ВСС}$ – витрати на відрахування до фондів соціального страхування, грн:

$$C^{ВСС} = k^{ВСС} \cdot (C^{ОЗП} + C^{ДЗП}), \qquad (2.18)$$

де $k^{ВСС}$ – норматив відрахування до фондів соціального страхування; для 52 класу професійного ризику $k^{ВСС}$=0,3852.

$$C^{ВСС} = 0,3852 \cdot (350 + 87,5) = 168,5 \text{ грн.};$$

Таблиця 2.2 – Основна заробітна платня при виготовленні деталей

Види трудової операції	Профе-сія	Роз-ряд робіт	Трудомісткість робіт, $Тр_i$, н-год	Годинна тарифна ставка, $Ст_i^{тар}$, грн./год.	Чисельність виконавців, $Ч_i^{вик}$, чол.	Основна заробітна платня, грн.
фрезерування	фрезеру-вальник	V	3	18,42	1	55,26
точіння	токар	V	8	18,42	1	147,36
слюсарні роботи	слюсар	V	4	18,42	2	147,36
Всього		—	15	—	—	350,0

$C_{експл}^{утр}$ – вартість витрат на утримання й експлуатацію обладнання, грн. [18, 39]:

$$C_{експл}^{утр} = C^{е/е} + C^{АМ}, \quad (2.19)$$

де $C^{е/е}$ – вартість витрат на електроенергію, грн. [18]:

$$C^{е/е} = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot \sum Тр \cdot Ц^{е/е} \cdot F_{маш.ч}^{вик}, \quad (2.20)$$

де P_i – загальна потужність двигунів обладнання, P_i = 39 кВт;

$F_{маш.ч}^{вик}$ – коефіцієнт використання машинного часу, $F_{маш.ч}^{вик} = 0,8$;

$$C^{е/е} = 39 \cdot 15 \cdot 1,2335 \cdot 0,8 = 577,3 \text{ грн.};$$

$C^{АМ}$ – вартість витрат на амортизацію обладнання, грн.:

$$C^{АМ} = Б^{в} \cdot \frac{Н_а}{100} \cdot \frac{\sum Тр \cdot k_{маш.ч}^{вик}}{Т^{кв}}, \quad (2.21)$$

де $Б^{в}$ – балансова вартість верстатів, $Б^{в}$ = 78400 грн.;

$Н_а$ – відрахування на амортизацію;

Встановлений термін служби для верстатів згідно Податкового кодексу -

5 років. Тоді з прямолінійного методу $H_a = 0,2$ за рік.

$T^{річ}$ – річний фонд часу, $T^{річ} = 8760$ год.;

$$C^{AM} = 78400 \cdot 0,2 \cdot \frac{15 \cdot 0,8}{8760} = 21,5 \text{ грн.};$$

$$C^{утр}_{експл} = 577,3 + 21,5 = 598,8 \text{ грн.}$$

$C^{ЗВВ}$ – вартість витрат на загальновиробничі витрати, грн. [18]:

$$C^{ЗВВ} = 0,3 \cdot C^{ОЗІІ}, \quad (2.22)$$

$$C^{ЗВВ} = 0,3 \cdot 350 = 105 \text{ грн.};$$

$$C^{вир}_{соб} = 29 + 29 + 350 + 87,5 + 168,5 + 598,8 + 105 = 1367,8 \text{ грн.};$$

$C^{позавир}_{витр}$ – вартість витрат на позавиробничі витрати, грн. [18]:

$$C^{позавир}_{витр} = 0,05 \cdot C^{вир}_{соб}, \quad (2.23)$$

$$C^{позавир}_{витр} = 0,05 \cdot 1367,8 = 68,4 \text{ грн.};$$

$$C^{вир} = 1367,8 + 68,4 = 1436,2 \text{ грн.};$$

$C^{монт}$ – вартість витрат на монтаж [18]:

$$C^{монт} = C^{ЗП}_{монт} \cdot (1 + k^{ВСС}) \cdot k^{ДЗП}, \quad (2.24)$$

де $C^{ЗП}_{монт} = 148$ грн.; згідно табл. 2.3.

$k^{ДЗП}$ – коефіцієнт додаткової заробітної платні, $k^{ДЗП} = 1,25$

$$C^{монт} = 148 \cdot (1 + 0,3852) \cdot 1,25 = 256,3 \text{ грн.},$$

$C^{транс}$ – вартість витрат на транспортування, грн.:

$$C^{транс} = 2 \cdot R \cdot Ц_{1км}, \quad (2.25)$$

де R – відстань від бурової до майстерні, R = 130 км.;

$Ц_{1км}$ -- ціна одного кілометра шляху, $Ц_{1км} = 9$ грн;

$$C^{транс} = 2 \cdot 130 \cdot 9 = 2340 \text{ грн.},$$

$$C^{заход} = 1436,2 + 256,3 + 2340 = 4032,5 \text{ грн.};$$

$$З_2 = 9500000 + 4032,5 = 9504032,5 \text{ грн.};$$

Таблиця 2.3 – Основна заробітна платня при монтажі та демонтажі

роз-ряд робіт	Профе-сія	Трудомістк ість робіт, $Тр_i$, н-год	Годинна тарифна ставка, $Ст_i^{год}$, грн./год.	Чисельність виконавців, $ч_i^{вик}$, чол.	Заробітна платня, грн.
VI	Монтаж ник	0,9	21,0	1	18,9
V	монтаж ник	1,1	18,42	2	40,52
IV	слюсар	1,5	16,23	2	48,69
VI	майстер	1,9	21,0	1	39,9
Всього		5,4	—	—	148

$\Delta C^{експл}$ – економія річних експлуатаційних витрат, грн.:

$$\Delta C^{експл} = \Delta C^{рем},$$

$\Delta C^{рем}$ – економія витрат на ремонт [18]:

$$\Delta C^{рем} = \sum_{i=1}^{n} \Delta n_p \cdot Тр_i \cdot Ст_i^{год} \cdot ч_i^{вик} \cdot \lambda \cdot (1 + k^{ВСС}) \cdot k_{маш.ч}^{вик} =$$

$$= \Delta C_{ТО}^{рем} + \Delta C_{ПР}^{рем} \qquad (2.26)$$

Розрахунок проводимо за допомогою табл. 2.3.

$$\Delta C_{ТО}^{рем} = 4 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 16,23 \cdot 1,25 \cdot (1 + 0,3852) \cdot 1,2 = \ 607,1 \text{ грн};$$

$$\Delta C_{ПР}^{рем} = 5 \cdot 8 \cdot (4 \cdot 15,23 + 2 \cdot 18,42) \cdot 1,25 \cdot (1 + 0,3852) \cdot 1,2 = \ 8457,5 \text{ грн}$$

$$\Delta C^{експл} = 607,1 + 8457,5 = 9064,6 \text{ грн};$$

$$E = \left[9500000 \cdot 1,001 \cdot 1,036 + \frac{9064,6}{0,13 + 0,15} - 9504032,5 \right] \cdot 1 = 380183 \text{ грн.}$$

Висновки

Суть технічного рішення з модернізації гідроциклона полягає в тому, що порівняно з аналогом його конічний корпус з'єднаний з циліндричною вихровою камерою через підшипник. У нижній частині корпуса розміщені насадки для відводу шламу, а сам корпус встановлений з можливістю обертання за допомогою клинопасової передачі.

При використанні пропонованого вдосконалення значно підвищується ефективність очищення бурового розчину від твердої фази і забезпечується можливість регулювання ступеня очищення.

Проведена модернізація гідроциклона буде прибутковою і матиме економічний ефект в розмірі 380,183 тис. грн. на рік. Отже, удосконалення є економічно доцільним.

3 ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКА РОБОТА

3.1 Дослідження зношення внутрішньої поверхні гідроциклона по висоті апарата і куту

Відомі дослідники Баранов Д.А., Кутепов А.М., Терновський І.Г., Косой Г.М., Сапешко В.В., Поваров А.І. та інші вважають, що відцентрова сила є основною сепаруючою в гідроциклонах [7, 25, 40, 45]. Однак дуже важливим для розуміння гідродинамічних процесів в гідроциклонах є характер поля турбулентності, що не враховується в процесі розрахунків. Адже частинки твердої фази прямують турбулентним переміщенням в рідинних потоках.

Для дослідження турбулентності в різних зонах гідроциклону важливо вивчити геометрію рисунка внутрішньої поверхні апарату. Для цього використовуються накопичувальна ємність, насос подачі суспензії і поліетиленовий мікроциклон (легкозношувальний матеріал). Дана конструкція представляє собою простий замкнутий контур щодо мікроциклона. Для сепарації використовується 15% водна суміш, в склад якої входить абразивний матеріал з частинок кварцу 0,5 мм густиною 2650 кг/см^3, який протягом 60-ти хвилин подається під тиском 0,4 МПа [27].

Аналізуючи отримані результати можна говорити про різну зношеність поверхні апарату по його висоті (рис. 3.1, 3.2), при цьому інтенсивність зносу оцінюється відношенням товщини зношеного шару до часу роботи апарату.

1. Верхня циліндрична частина апарату (на висоті 125 – 140 мм) має поглиблення глибиною 2,0…3,0 мм і шириною 4,0…5,0 мм. Інтенсивність зносу значна – 2,5 мм/год.

2. В конічній частині апарату (на висоті 60 – 125 мм) внутрішня поверхня покрита невеликими слідами лінійної ерозії по ходу обертання зовнішнього закрученого потоку (рис. 3.1). Інтенсивність зносу незначна і складає 0,5 мм/год.

3. У центрі апарату (на висоті 90 ± 10 мм) зношення надзвичайно низьке і складає менше 0,05 мм/год., що не перевищує помилки вимірювання при

промисловому штамповочному способі виготовлення полімерного корпусу апарату (рис. 3.2, а).

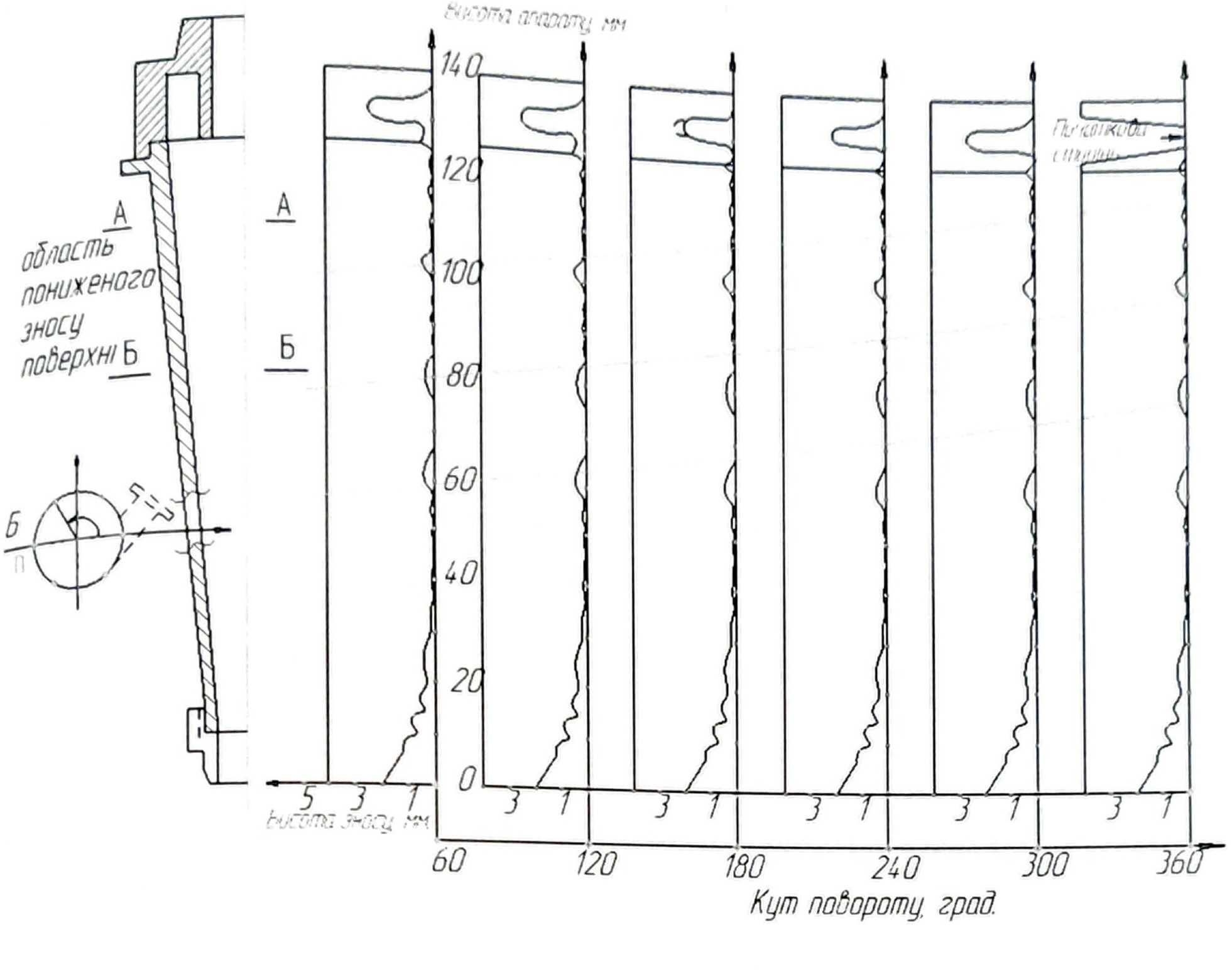

Рисунок 3.1 – Глибинний знос внутрішньої поверхні гідроциклона по висоті апарата і куту

4. Нижче позначки апарату в 60 мм поверхня вкрита раковинами діаметром до 4…5 мм зі зростанням їх глибини від 0,1 мм до 0,5-1,2 мм при наближенні до нижнього патрубка (рис. 3.2, б). При цьому середній діаметр раковин перевищує в 18 разів діаметр відділюваних частинки. На рис. 3.2, б показано немов би миттєво застиглу поверхню з розплавленого розчину.

3. Нижче позначки апарату в 10 мм у районі піскової насадки пошарове стирання стінки під дією відцентрових сил. На виході з апарату найбільше зношення, яке досягає до 2,5 – 3,0 мм/год. [47].

а)

б)

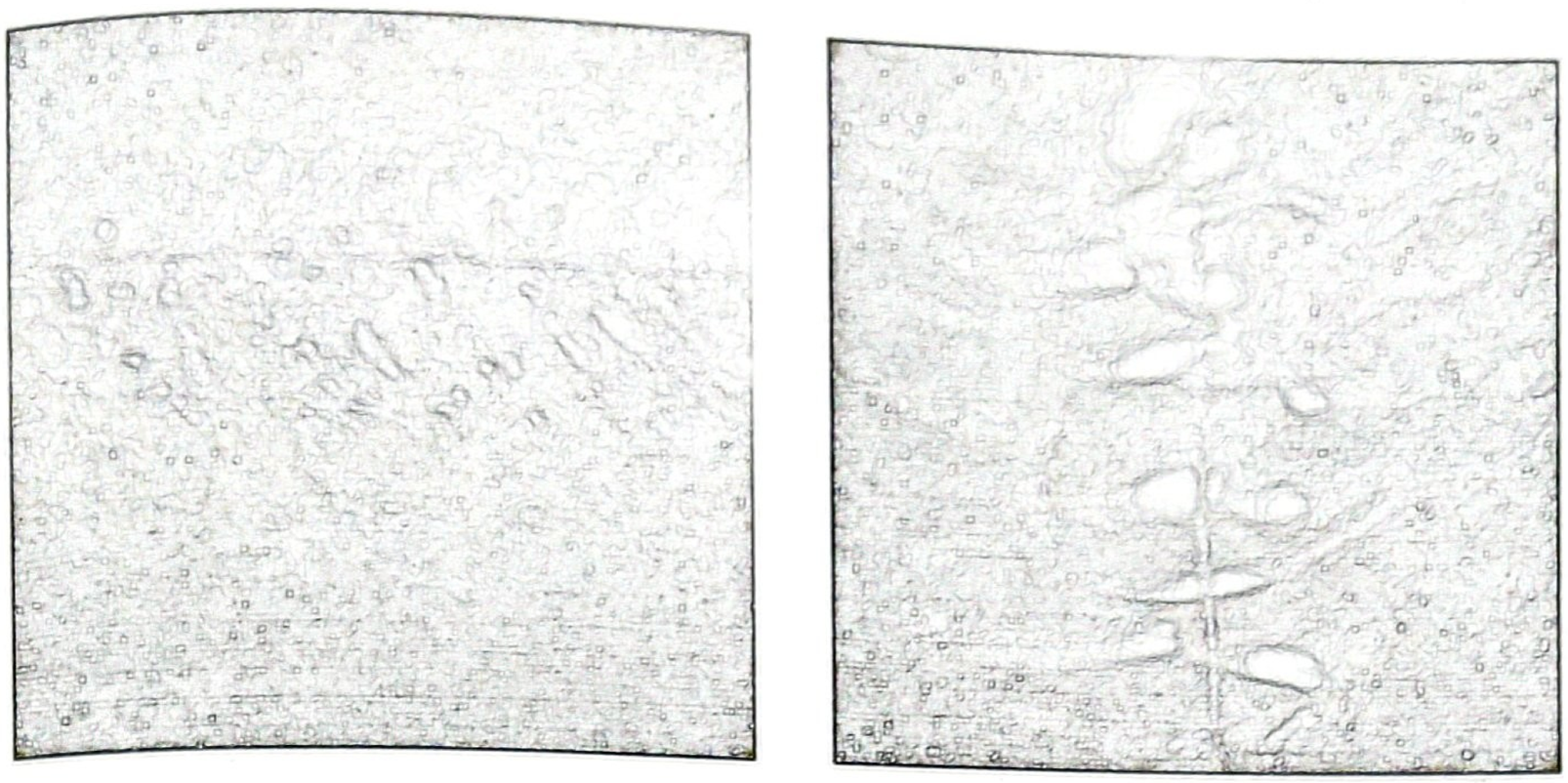

Рисунок 3.2 – Поверхня апарату:

а) в середині гідроциклону на висоті 90 ± 5 мм;

б) в середині гідроциклону на висоті 10 – 20 мм

Джерела турбулентності у гідроциклона поділяються на два типи – первинне і вторинне. Первинна турбулентність викликана нерівномірністю подачі рідини від насоса, результатом чого є інтенсивна пульсація тиску і швидкості по ходу руху рідини в системі. Крім того, при введенні в апарат сепарованої суспензії під надлишковим тиском, вона долає опір вхідного патрубка в турбулентному режимі свого руху. Дослідник Л. Прандль [37] показав, що сильно підвищити верхні критичні значення Re до 20000, задавши додаткові умови. У нашому випадку при вході в апарат передбачене тангенційне введення рідини і кругове її протікання в самому апараті. На виході з вхідного отвору рух зовнішнього потоку переходить з прямолінійного в круговий, із замкнутими круговими лініями струму. Вихідний потік поділяється на підпотоки, які також рухаються по кругових траєкторіях з різними швидкостями. Відносні швидкості підпотоків збільшуються від периферії до центру апарату. Радіальні пульсації швидкості і тиску рідини гасяться, і тому на висоті 90 ± 10 мм частки кварцу не зношують стінки апарату (рис. 1, 2, а). Це

означає, що вони обертаються по кругових траєкторіях. При цьому виконуються умови кругового руху частинок, а саме, доцентрові сили в даній частині апарату рівні відцентровим та режим течії рідини ламінарний. Пульсація тиску і швидкості рідини в середині апарату відсутня, тобто відбулося вироджения первинної турбулентності.

За Л. Ландау вторинна турбулентність розглядається, як результат накладання на потік суспензії радіальних турбулентних пульсацій «грудок» суспензії різних масштабів руху. Зона реверсування вертикальних швидкостей є місцем утворення «грудок» турбулентності, що пов'язано з переходом близько половини маси рідкої фази із зовнішнього у внутрішній потік. При цьому грудки рідини закручуються. Потужніший внутрішній потік надає «грудці» рідини імпульс сили, що спрямований до поверхні апарату. Акумулюючи енергію і зростаючи в об'ємі «грудка» турбулентності залишає слід на поверхні апарату (рис. 2, б), а за його розмірами визначають основні характеристики «грудок» турбулентності. Проаналізувавши розміри раковин в нижній частині апарату (рис. 1 і 2, б), спостерігаємо наявність найбільших пульсацій «грудок» турбулентності в даному місці. Цим доказано, що в нижній частині конуса більша частина рідини переходить із зовнішнього потоку у внутрішній [40].

Рис. 2, б показує що, при частоті обертання суспензії приблизно 1000 об/хв, на поверхні апарату у вершині конуса раковини глянцеві без слідів від обертових. Це вказує на те, що такі утворення раковин викликані тільки плавленням і подальшим миттєвим охолодженням поліетилену. Також на гребенях немає слідів від обертових частинок кварцу. Отже, обертальний рух суспензії є повільнішим порівняно з частотою коливання «грудок» і з процесом утворення раковин.

Рухомі «грудки» турбулентності ударяються до нижньої частини конуса, де утворюються глянцеві раковини. За термодинамічними параметрами нагрівання і плавлення поліетилену обчислюється кінетична енергія «грудок». Для цього визначається маса розплавленого поліетилену за формулою [27]

$$m = \rho_{пол} \cdot V \,, \tag{3.1}$$

де V – об'єм кратера-раковини на поверхні апарату (рис. 2, б);

$\rho_{пол}$ – густина поліетилену.

Мінімальна енергія «грудок», які залишили свої сліди на поверхні апарату, $E_{гр} = 1{,}65 \cdot 10^{-3} - 3{,}31 \cdot 10^{-3}$ Дж. Проходить велике розсіювання енергії, яка виділяється при ударі «грудок» в поверхню апарату, так як під час досліджень температура внутрішньої поверхні апарату досягала 85-90 ^{0}C, а температура зовнішньої сторони – 10 ^{0}C. Отже, дійсна середня енергія однієї «грудки» на порядок більша, і складає $E_{гр} \geq 0{,}02$ Дж. У той же час, потужність однієї «грудки» за рахунок високої частоти пульсації становить $P_{гр} \geq 120$ Вт [41].

Проведені дослідження дозволяють виявити три зони апарату з різним співвідношення сил, які беруть участь в процесі сепарації. В зовнішньому потоці відцентрова сила є домінуючою у верхній частині апарату. Відцентрові і доцентрові сили зрівноважують одна одну в центральній частині апарату, що приводить до того, що величина зносу в цій частині апарату не перевищує помилки вимірювання. Нижче, ближче до вершини конуса, зростає вторинна «грудкова» турбулентність, що відбивається на поверхні апарату. А у вершині конуса вторинна «грудкова» турбулентність найбільша, завдяки чому переміщаються продукти розділення [47].

3.2 Розроблення методики розрахункового визначення коефіцієнта гідравлічного опору гідроциклона

У гідроциклонах, на відміну від газових циклонів [15], частина промивальної рідини безперервно відводиться через шламову насадку, а інша частина (очищена промивальна рідина) виходить через зливну насадку. Наявність безперервного відведення шламу через шламову насадку ускладнює гідродинамічні процеси в гідроциклоні, створює опір руху шламу. Різні автори

для розрахунку продуктивності гідро циклонів застосовують велику кількість емпіричних формул [40]. Однак використовувані формули не завжди розкривають фізичну суть процесу. Також результати розрахунків з їх використанням вказують на те, що один і той же гідроциклон при незмінній величині тиску на його вході може мати різні значення продуктивності [16].

Для визначення коефіцієнта гідравлічного опору гідроциклона використовується його продуктивність [32]. Однак в роботі відсутня залежність для розрахунку даного коефіцієнта, тому користуватись емпіричними формулами неможливо для будь-яких конструкцій гідроциклонів. У зв'язку з цим у даному дослідженні проведемо розроблення методики розрахункового визначення коефіцієнта гідравлічного опору гідроциклона.

Вважаємо гідроциклон гідравлічним опором із одним входом та двома гідравлічними лініями зливної та шламової насадок. Кожна гідравлічна лінія характеризується гідравлічним опором, який визначається власним коефіцієнтом опору [15]:

- по лінії зливної насадки

$$\xi_{вх1} = \frac{2 \cdot \Delta P_{0-1}}{\rho_0 \cdot W_{01}^2}; \qquad (3.2)$$

по лінії шламової насадки

$$\xi_{вх2} = \frac{2 \cdot \Delta P_{0-2}}{\rho_0 \cdot W_{02}^2}; \qquad (3.3)$$

де $\Delta P_{0-1} = P_0^* - P_1$ – перепад тиску по лінії зливної насадки;

$\Delta P_{0-2} = P_0^* - P_2$ – різниця між повним тиском на вході в гідроциклон і статичним тиском в шламовій насадці;

W_{01}, W_{02} – відносна швидкість потоків рідини по лінії зливної і шламової насадок відносно до вхідної площі гідроциклону;

ρ_0 – густина промивальної рідини на вході в гідроциклон.

Враховуючи формули (3.2) і (3.3), продуктивності гідроциклону по лініях

зливної і шламової насадок можна визначити наступним чином [16]:

$$q_{01} = \rho_0 \cdot \sum f \cdot W_{01}; \tag{3.4}$$

$$q_{02} = \rho_0 \cdot \sum f \cdot W_{02}, \tag{3.5}$$

де $\sum f$ – площа усіх патрубків підведення підведення промивальної рідини в гідроциклон; визначається за формулою

$$\sum f = z \cdot a \cdot h = 0,5 \cdot z \cdot \pi \cdot d_{екв}^2 \tag{3.6}$$

де a, h – ширина і висота одного патрубка підведення;

$d_{екв}$ – еквівалентний діаметр одного патрубка підведення;

z – кількість патрубків підведення.

Продуктивність циклону визначаємо сумою продуктивностей ліній зливної і шламової насадок:

$$q_0 = q_{01} + q_{02} = \rho_0 \cdot \sum f \cdot W_0. \tag{3.7}$$

Звідси отримаємо (враховуючи рівняння (3.2) і (3.3), що швидкість на вході в гідроциклон відповідає загальній продуктивності гідроциклону і визначається за формулою [16]:

$$q_0 = q_{01} + q_{02} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{0-1}}{\rho_0}} \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{\xi_{вх1}}} + \sqrt{\frac{1}{\xi_{вх2}} \cdot \frac{\Delta P_{0-2}}{\Delta P_{0-1}}} \right). \tag{3.8}$$

Вираз для визначення гідравлічного опору по лінії зливної насадки запишемо наступним чином [15]:

$$\Delta P_{0-1} = \frac{\rho_0 \cdot W_0^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\xi_{вх1}}} + \sqrt{\frac{1}{\xi_{вх2}} \cdot \frac{\Delta P_{0-2}}{\Delta P_{0-1}}}} \right)^2. \tag{3.9}$$

Поділимо обидві частини рівняння (3.9) на $\frac{\rho_0 \cdot W_0^2}{2}$. Отримане рівняння дозволить визначати коефіцієнт опору гідроциклону [15]:

$$\frac{2 \cdot \Delta P_{0-1}}{\rho_0 \cdot W_0^2} = \xi_{вх0} = \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\xi_{вх1}}} + \sqrt{\frac{1}{\xi_{вх2}} \cdot \frac{\Delta P_{0-2}}{\Delta P_{0-1}}}} \right)^2 . \qquad (3.10)$$

Аналізуючи дане рівняння, бачимо, що загальний коефіцієнт опору гідроциклону визначається коефіцієнтами опору та відношенням опорів ліній зливної і шламової насадок. Коефіцієнти опору ліній зливної і шламової насадок визначаються за допомогою дослідної установки (рис. 3.3).

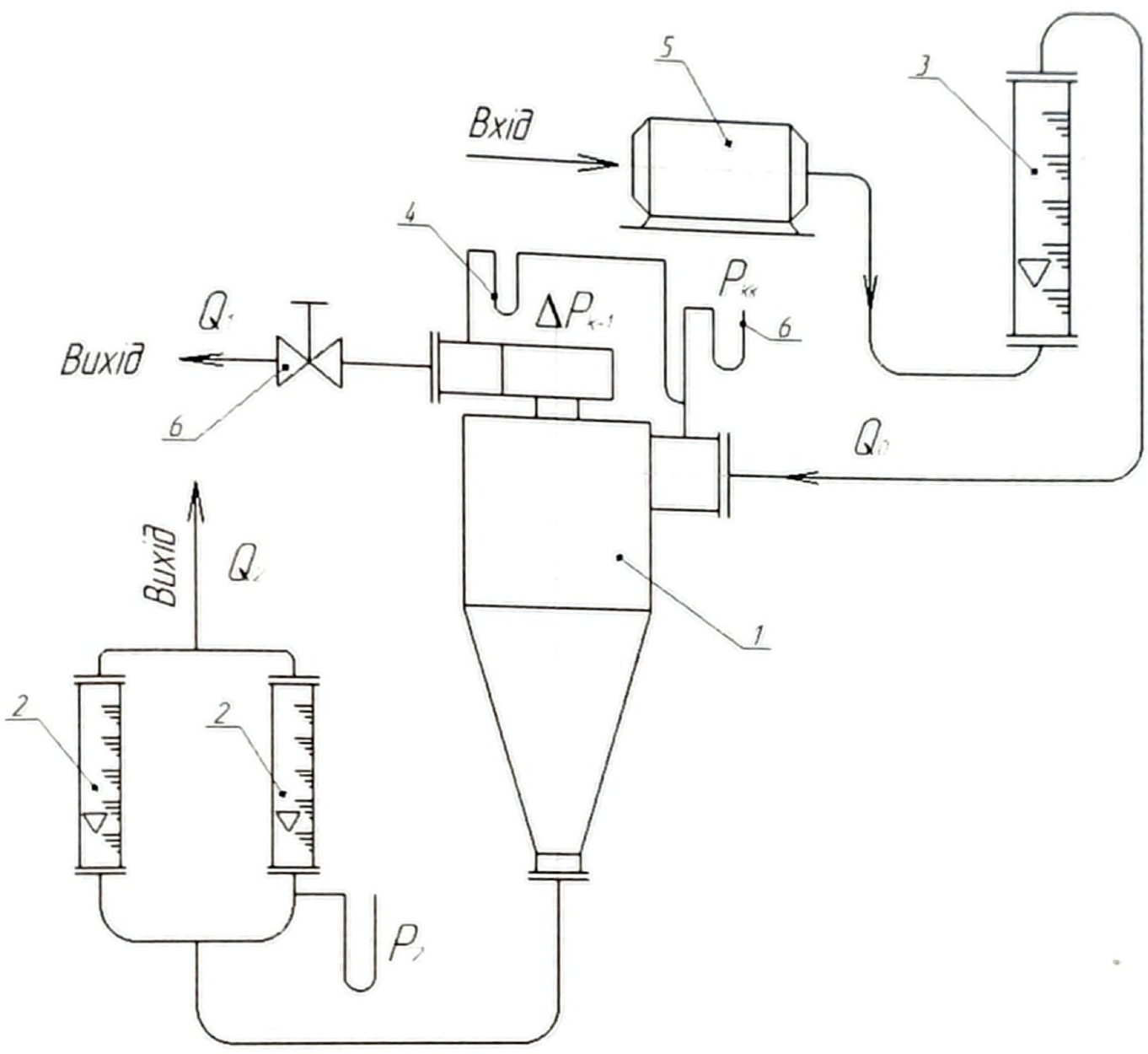

Рисунок 3.3 – Схема дослідної установки:

1 – модель гідроциклона; 2, 3 – ротаметри; 4 – мікрометр; 5 – компресор;

6 – вентиль

При дослідженнях вимірювались витрати через гідроциклон, по лінії шламової та зливної насадок за допомогою ротаметрів, тиски на вході в гідроциклон і на виході з лінії шламової насадки, перепад тиску по лінії зливної насадки, перепад тиску по лінії шламової насадки за допомогою манометрів. Досліди проводили при постійній ступені відкривання дроселя на виході лінії

зливної насадки гідроциклону. Перепади тиску і тиск на вході змінювали варіюванням подачі повітря в гідроциклон [15, 16]. Результати експериментів представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати експериментів на дослідній установці

Тиск на вході, кПа, $P_{вх}$	Перепад тиску, кПа			Продуктивність, м³/год		
	$ЛР_{0-1}$	$ЛР_{0-2}$	$ЛР_{0-1} - ЛР_{0-}$	Q_{00}	Q_{01}	Q_{02}
16,42	1,41	1,56	0,15	11,74	9,81	1,93
18,34	1,62	1,78	0,16	13,92	10,60	3,32
19,22	1,65	1,81	0,16	14,55	10,83	3,72
20,37	1,77	1,92	0,15	15,58	11,23	4,35
21,86	1,89	2,04	0,15	16,18	11,44	4,74
22,00	2,11	2,27	0,16	17,86	13,01	4,85

Аналізуючи табл. 3.1 бачимо, що відношення перепаду тисків між лініями зливної та шламової насадок можна бути прийняти рівним 1, тоді $\Delta P_{0-1} - \Delta P_{0-2} = \Delta P$, що рівне перепаду тиску на гідроциклоні. Враховуючи отриману формулу, загальний коефіцієнт опору гідроциклону визначаємо наступною залежністю [15]:

$$\xi_{вх0} = \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\xi_{вх1}}} + \sqrt{\frac{1}{\xi_{вх2}}}} \right)^2. \qquad (3.11)$$

Зміна продуктивності гідроциклону по лініях його шламової і зливної насадок при зміні перепаду тиску має наступний вигляд (рис. 3.4).

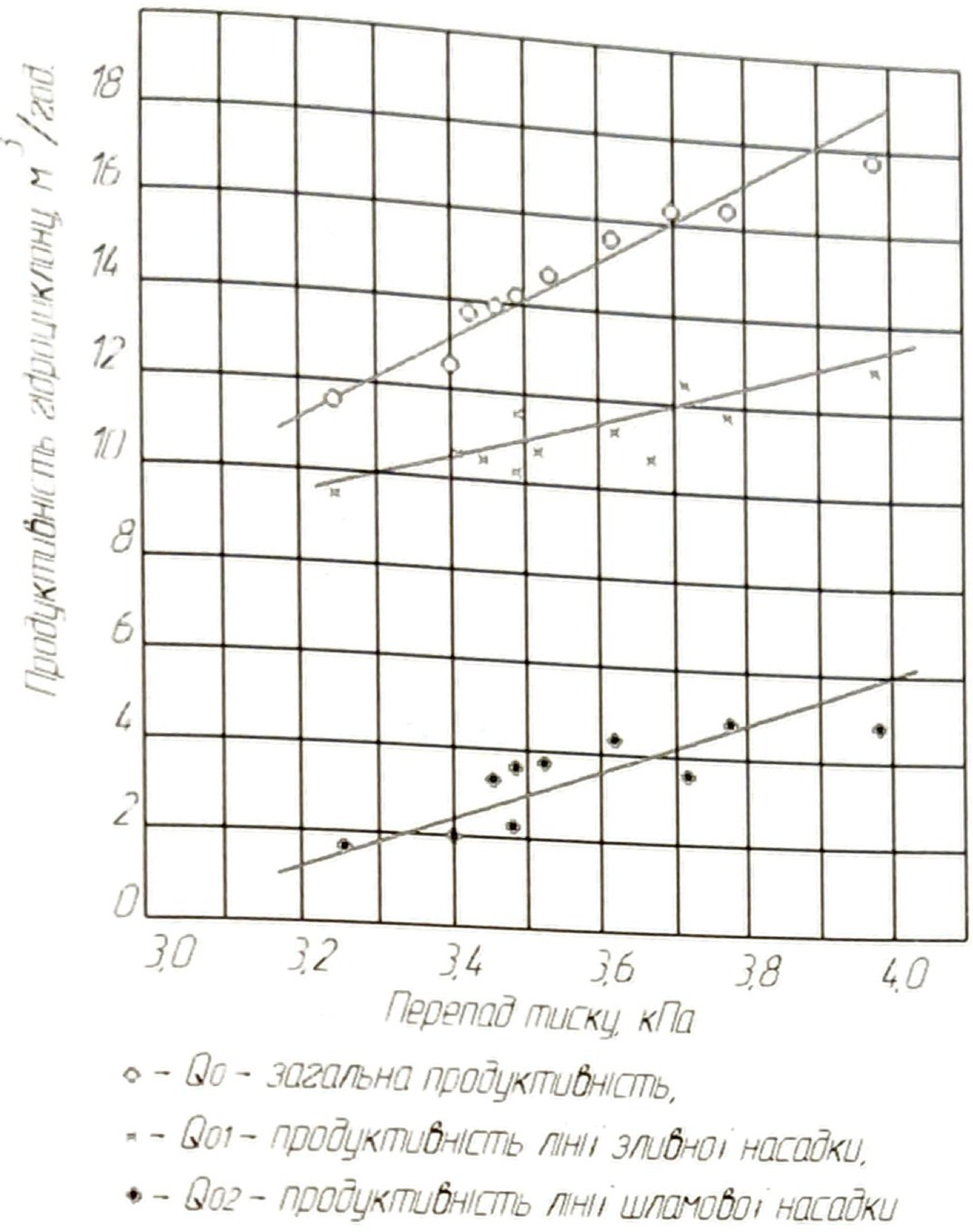

Рисунок 3.4 – Зміна продуктивності гідроциклона по лініях шламової та зливної насадок при зміні перепаду тиску на гідроциклоні

Аналізуючи рис. 3.4 встановлюємо, що зміна продуктивності по лініях шламові і зливної насадок гідроциклону залежно від перепаду тиску на гідроциклоні $\sqrt{\Delta P}$ має лінійний характер.

Для визначення загального коефіцієнта опору гідроциклону $\xi_{вх0}$, коефіцієнтів опору по лініях зливної $\xi_{вх1}$ і шламової насадок $\xi_{вх2}$ із врахуванням табл. 3.1 записуємо формулу [15]:

$$\xi_{вх1} = \frac{2 \cdot g \cdot \Delta P}{\rho_0 \cdot W_{0i}^2}; \tag{3.12}$$

де ρ_0 – густина повітря при температурі 20°С, ρ_0 = 1,205 кг/м^3.

Для визначення швидкості руху на вході в гідроциклон і лініях зливної та шламової насадок із врахуванням табл. 3.1 записуємо формулу [15]:

$$W_{0i} = \frac{Q_{0i}}{F_{гор.} \cdot 3600}, \tag{3.13}$$

де $F_{горл}$ – площа горловини гідроциклону, $F_{горл} = 0{,}0011$ м^2.

Загальний теоретичний коефіцієнт опору гідроциклону розраховується за формулою (3.11). Результати розрахунку представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Значення швидкостей і коефіцієнтів опору гідроциклону

W_0, м/с	W_{01}, м/с	W_{02}, м/с	$\xi_{вх1}$	$\xi_{вх0}$	$\xi_{вх2}$	ξ_0
2,020	2,020	0	23,139	23,139	-	-
2,955	2,475	0,480	28,181	19,771	749,723	19,77
3,207	2,664	0,543	26,611	18,363	640,742	18,357
3,232	2,753	0,480	29,227	21,194	961,909	21,19
3,510	2,576	0,934	29,941	16,123	227,541	16,12
3,510	2,677	0,833	27,269	15,858	281,356	15,82
3,510	2,942	0,568	22,951	16,123	615,314	16,12
3,662	2,727	0,934	27,144	15,059	231,271	15,06
3,914	2,841	1,073	26,630	14,029	186,594	14,02
4,040	3,194	0,846	22,019	13,764	313,973	13,76
4,091	2,879	1,212	27,899	13,815	157,365	14,5
4,495	3,283	1,212	23,871	12,733	175,096	12,24

Аналізуючи табл. 3.2 отримуємо, що максимальне значення коефіцієнта опору спостерігається по лінії шламової насадки, але воно зменшується при збільшенні перепаду тисків. Коефіцієнт опору вздовж лінії зливної насадки змінюється незначно, його можна вважати постійним. Це пояснюється наявністю вільного зливу по лінії зливної насадки. Отже, сумарний коефіцієнт опору визначається коефіцієнтом опору по лінії зливної насадки. Поведінка коефіцієнта опору вздовж лінії шламової насадки пояснюється наявністю протитиску, створюваного ротаметром. Крім того, параметр обертання в напрямку видалення шламу зменшується. Формула (3.11) підтверджується.

Висновки

У даному розділі магістерської роботи досліджено зношення внутрішньої поверхні гідроциклона по висоті апарата і куту, на основі чого показаний глибинний знос внутрішньої поверхні гідроциклона. Проведені дослідження

дозволяють виявити три зони апарату з різним співвідношення сил, які беруть участь в процесі сепарації.

За результатами проведених досліджень роботи модернізованого гідроциклона, що були одержані в процесі виконання дослідно-лабораторних робіт, отримана залежність для визначення коефіцієнта гідравлічного опору гідроциклону, який визначається коефіцієнтами опору по лініях зливної та шламової насадок. Подальша розробка аналітичних залежностей з визначення коефіцієнтів опору гідроциклону по лініях зливної і шламової насадок дасть можливість розрахунковим шляхом визначати коефіцієнт опору гідроциклону і його продуктивність.

Таким чином, отримані результати експериментальних досліджень модернізованого гідроциклона підтвердили його працездатність та високу ефективність, що підтверджує дієздатність вдосконаленого гідроциклона.

4 РОЗРАХУНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

4.1 Розрахунок стійкості форми стінки молернізованого гідроциклона

Напруження від згинаючого моменту, що виникає у верхній, в середній і нижній частині корпуса гідроциклона можуть викликати порушення стійкості форми стінки апарату. Для запобігання цьому необхідно, щоб виконувалась умова [4]:

$$\frac{Q}{Q_{доп}} + \frac{M}{M_{доп}} \le 1 \qquad (4.1)$$

де $Q_{доп}$ і $M_{доп}$ – допустимі значення осьової стискаючої сили і згинального моменту відповідно;

Q – осьове стискуюче навантаження від тертя на опорі (при робочій температурі вище температури монтажу);

M – найбільший згинальний момент [42].

$$Q_{доп} = \pi \cdot D_B \cdot (\delta_K - C)\varphi_C \cdot [\sigma] \qquad (4.2)$$

де $[\sigma]$ – нормативно допустиме навантаження (приймаємо для сталі 0,9ГС2 $[\sigma] = 160 МПа$);

D_B – внутрішній діаметр посудини. Приймаємо $D_B = 2000 мм$;

φ_C – коефіцієнт міцності зварного шва; коефіцієнт φ_C визначаємо за такими залежностями [32]:

При:

$$\frac{D_B}{2 \cdot [\delta_K - C]} \le 0{,}18 \cdot \frac{E}{\sigma_T}. \qquad (4.3)$$

Коефіцієнт φ_C визначається за формулою [42]:

$$\varphi_C = \frac{1}{\left[1 + 23\left(\frac{\sigma_T \cdot D_B}{2 \cdot E \cdot (\delta_K - C)}\right)\right]} \qquad (4.4)$$

Де σ_T – межа текучості. Приймаємо:

$$\sigma_T = \frac{[\sigma]}{1,2}. \qquad (4.5)$$

Отже:

$$\sigma_T = 160/1,2 = 133,3 МПа.$$

Підставимо дані у вираз (4.3) отримаємо:

$$\frac{2000}{2\cdot[30-2]} \prec 0,18\cdot\frac{2,06\cdot10^{11}}{245\cdot10^{6}}.$$

$37,71 \prec 151,35$ – умова виконується.

Тому φ_C буде дорівнювати:

$$\varphi_C = \frac{1}{\left[1+23\left(\frac{133,3\cdot10^{6}\cdot2}{2\cdot2,06\cdot10^{11}\cdot(30-2)}\right)\right]} = 0,79$$

Підставимо отримані значення у вираз (4.2):

$$Q_{ДОп} = 3,14\cdot2\cdot(30-2)\cdot10^{-3}\cdot0,79\cdot160\cdot10^{3} = 22,23кН.$$

Значення $M_{доп}$ розраховують за наступною формулою:

$$M_{ДОп} = 0,785\cdot\varphi_H\cdot[\sigma]\cdot D_B^2\cdot(\delta_K - C). \qquad (4.6)$$

де φ_H – розраховується за наступною формулою [42]:

$$\varphi_H = \frac{1}{1+15,3\cdot\left[\frac{\sigma_T\cdot D_B}{E\cdot2\cdot(\delta_R - C)}\right]^2}. \qquad (4.7)$$

Підставимо числові значення величин у формулу (4.7) отримаємо:

$$\varphi_H = \frac{1}{1+15,3\cdot\left[\frac{133,3\cdot10^{6}\cdot2}{2,06\cdot10^{11}\cdot2\cdot(30-2)\cdot10^{-3}}\right]^2} = 0,9.$$

Підставимо отримані значення у вираз (4.6)

$$M_{ДОп} = 0,785\cdot0,9\cdot160\cdot10^{6}\cdot2\cdot(30-2)\cdot10^{-3} = 141,5кН\cdot м.$$

Q – осьове стискуюче навантаження буде дорівнювати [42]:

$$Q = f\cdot N_0. \qquad (4.8)$$

де f – коефіцієнт тертя Приймаємо f=0,2;

N_0 – вертикальна реакція рухомої опори;

Тому Q буде дорівнювати:

$$Q = 0{,}2 \cdot 58{,}63 = 11{,}73 кН .$$

M – найбільший згинальний момент М=95,01кНм

Підставимо отримані розраховані значення у вираз (4.1) отримаємо:

$$\frac{11{,}73}{22{,}23} + \frac{95{,}01}{191{,}5} \le 1 .$$

$$0{,}51 + 0{,}49 \le 1 .$$

1=1 – рівність справджується.

Деформації форми стінки гідроциклона не відбувається.

4.2 Проектні розрахунки розмірів елементів гідроциклона

4.2.1 Розрахунок товщини стінок

При розрахунку корпусу гідроциклона використаємо теорію найбільших нормальних напружень [42].

Товщина стінки еліптичної частини корпусу розраховується за формулою:

$$\delta_{доп} = \frac{P_в \cdot D_B}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{доп} - 0{,}5 P_р} + C + C_1 + C_2 . \qquad (4.9)$$

$$\delta_{доп} = \frac{5{,}75 \cdot 2000}{2 \cdot 1 \cdot 160 - 0{,}5 \cdot 5{,}75} + 2 + 0{,}9 + 4{,}2 = 25{,}23 мм$$

Приймаємо $\delta_{доп} = 30 мм$.

Товщина стінки циліндричної частини корпусу розраховується наступним чином. За розрахункове напруження приймаємо найбільше кільцеве напруження, що визначається для тонкостінних посудин по формулі [42]:

$$\sigma_{доп} = \frac{\rho_в \cdot D_c}{2 \cdot S} . \qquad (4.10)$$

Товщина стінки розраховується по формулі [42]:

$$\delta_K = \frac{P \cdot d_{II}}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{don} - P_p} + C + C_1. \qquad (4.11)$$

$$\delta_K = \frac{5,75 \cdot 2000}{2 \cdot 1 \cdot 160 - 5,75} + 2 + 0,8 = 29,3 мм.$$

Приймаємо: $\delta_K = 30 мм$.

де P_p – розрахунковий тиск, МПа (5,57МПа);

$d_П$ – внутрішній діаметр корпусу, мм ($d_в$=2000 мм);

$P_в$ – радіус кривизни до вершини еліптичного днища;

δ_K – коефіцієнт міцності зварного шва ($\delta_K = 1$);

$\sigma_{доп}$ – допустиме напруження для сталі 09Г2С при Т=373°К ($\sigma_{доп} = 160 МПа$);

C – прибавка на корозію до розрахункової товщини стінки (С = 2 мм);

$C_1 = 0,8 мм$ – прибавка на мінусовий допуск;

$C_2 = 4,2 мм$ – прибавка, яка враховує уточнення при штамповці.

4.2.2 Розрахунок штуцерів виходу очищеного бурового розчину, виводу шламу бурового розчину

1. Допустима швидкість розчину в штуцері $W_Р$ рекомендується в межах 7-25 м/с. Приймаємо $W_Ц$=17м/с.

2. Діаметр штуцера обчислюється за наступною формулою [42]:

$$d_{шт} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{q_P}{W_P}}. \qquad (4.12)$$

Підставивши числові значення у формулу (4.12) отримаємо:

$$d_Г = 1,13 \sqrt{\frac{0,34}{17}} = 0,15 м.$$

Приймаємо: $d_Г$=0,15м.

3. Дійсна швидкість бурового розчину на виході обчислюється за ступною формулою [42]:

$$W_P = \frac{q_P}{0.785 \cdot d_P^2}. \qquad (4.13)$$

Підставивши числові значення у формулу (4.13) отримаємо:

$$W_Г = \frac{0,34}{0,785 \cdot 0,15} = 19,2 м/с.$$

4. Об'ємна витрата рідини обчислюється за наступною формулою [42]:

$$q_P = \frac{n \cdot Q \cdot 10^{-3}}{86400 \cdot \rho_P}. \qquad (4.14)$$

Підставивши числові значення у формулу (4.14) отримаємо:

$$q_P = \frac{5 \cdot 1,27 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}{86400 \cdot 700} = 0,001 м^3.$$

Швидкість рідини (прийнята) W_P=1,0м/с

4. Діаметр штуцера відводу шламу розраховується за формулою (4.12):

$$d_{шл} = 1,13\sqrt{\frac{0,001}{1}} = 0,037 м.$$

Приймаємо $d_{шл} = 37 мм$ за ДСТУ 8732-87.

Висновки

В даному розділі магістерської роботи проведені проектні розрахунки озмірів елементів гідроциклона; перевірочний розрахунок стійкості форми інки гідроциклона. Проведені розрахунки підтверджують ефективність ехнічного рішення з модернізації гідроциклона, т. як отримані коефіцієнти апасу міцності більші допустимих.

5 МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу обладнання

5.1.1 Підготовчі роботи перед монтажем обладнання

Місце під спорудження бурової установки глибиною 4930 м відведено з урахуванням рельєфу місцевості та необхідності зменшення обсягу будівельно-монтажних робіт. При цьому також врахована вимога по зменшенню можливості виникнення нещасних випадків в процесі спорудження свердловини. Разом з тим враховано вимогу, щоб вибій майбутньої свердловини розміщувався в строго визначеному геологічною службою місці.

До початку монтажу бурової установки НБО-3Д, яка вибрана для спорудження проектованої свердловини глибиною 4930 м мають бути закінчені наступні підготовчі роботи: планування будівельного майданчика; визначені межі земельної ділянки; територія земельної ділянки очищена від кущів; із поверхні будівельного майданчика зрізується родючий шар; переміщається родючий шар за межі будівельного майданчика; буровою машиною споруджуються ями під опори електропередач і привишкові споруди; на магістральних дорогах встановлені дорожні знаки, які вказують напрям руху до бурової.

Потім проводяться наступні роботи [17, 31]:

- будівництво під'їзного шляху, передбаченого проектом;
- розбивку майданчика для бурової установки необхідно проводити таким чином, щоб схил місцевості забезпечував рух стічних вод в сторону шламового амбару, а також з урахуванням рози вітрів. Напрямок факельних ліній вибирається в сторону від прилеглих комунікацій (доріг, ЛЕП та ін.) і населених пунктів.

Напрямок прийомних містків вибирається на підготовленій будівельній площадці з врахуванням "рози" вітрів. Для монтажу бурового обладнання використовуємо фундаменти багаторазово використання з готових

залізобетонних блоків, для яких риємо котлован, і насипаємо піщану подушку, а на неї укладаємо відповідні фундаментні блоки [17].

5.1.2 Монтаж обладнання для очищення бурового розчину

Очищенню бурового розчину приділяється серйозна увага, і тому на бурові монтують устаткування як для грубого, так і тонкого очищення. Грубе очищення бурового розчину здійснюється віброситами, а тонке очищення – гідроциклонними установками. Для дегазації розчину з метою його відновлення застосовуються вакуумні дегазатори.

При монтажі блок очищення бурового розчину із вузлами, які змонтовані на заводі, встановлюється на крупно блоковій основі. Потім згідно маркуванню монтується майданчик обслуговування із огородженнями, каркаси накриттів і з'єднуються секції трубопроводів. Силові кабелі електроприводів шламових насосів пісковідділювача, перемішувачів з'єднуються з клемами електродвигунів та пусковою апаратурою [17].

Висота установки вібраційного сита залежить від висоти вишкової основи і встановлюється воно на блоку очищення насосно-циркуляційного комплексу бурової установки над ємністю і кріпиться болтами. Під час монтажу жолоб від гирла свердловини з'єднується із прийомним жолобом вібраційного сита, а відвідний лоток ванни – із циркуляційною системою. При цьому використовуються гнучкі жолоби для запобігання передачі вібрації. До промивального пристрою сита підключається водопровід. Довкола вібраційного сита споруджується майданчик з огородженням шириною не менше 0,75 м для його обслуговування й переходи до циркуляційної системи.

Гідроциклонна установка монтується на основі. Навколо передньої й бічної сторін установки споруджується настил для обслуговування механізмів. При роботі в зимових умовах для гідроциклонної установки робиться укриття [17, 31].

Дегазатор монтується поряд із приймальною ємністю на основі з

врахуванням наступної вимоги: верхній край ємності дегазатора має бути вищим на 150 – 200 мм від максимального рівня бурового розчину в ємності циркуляційної системи для забезпечення самопливу дегазованого розчину в ємність. Зливна труба дегазатора похило виводиться в ємність під рівень рідини. Прийомний патрубок ємності дегазатора з'єднуються із жолобом від циркуляційної системи, а також обладнується засувкою для зупинення подачі бурового розчину в дегазатор після його відключення [17].

5.1.3 Підготовчі роботи перед експлуатацією вібросита та гідроциклонної установки

Перед початком експлуатації вібросита та гідроциклонної установки має бути проведено наступні роботи [31]:

1. Встановити сітки вібраційні. За допомогою клинових затискачів зафіксувати їх в посадочних місцях.

2. Змочити сітки водою, провести пробний пуск вібросита на холостому ході. Переконатися у відсутності стороннього шуму і ударів при роботі вібросита. Перевірити, чи виходить сито на режим коливань.

3. Подати в приймальну ємність буровий розчин.

4. Переконатися в тому, що весь буровий розчин проходить через сітки і не прориваєтся до шламозбірника. Якщо частина розчину досягає розвантажувального краю сітки, необхідно або зменшити кут нахилу віброрами шляхом вгвинчування підйомних гвинтів, або замінити сітки на більш крупнокоміркові.

5. Після закінчення випробовувань припинити подачу розчину в приймальну ємність, промити сітки водою, домігшись повного видалення шламу з їх поверхні, відключити привід.

6. Температура підшипників не має перевищувати 80° С.

7. Зміна амплітуди коливань вібросита проводиться згідно зі вказівками інструкцій з експлуатації на застосовувані електродвигуни.

5. Регулювання кута нахилу віброрами здійснюється обертаючи гвинти, встановлюється необхідний кут нахилу, не допускаються перекоси віброрами по діагоналі.

9. При необхідності пропустити буровий розчин повз сітки слід підняти шибер, зафіксувавши його положення.

Обладнання для очищення бурового розчину можна пускати в експлуатацію під навантаженням для нагнітання бурового розчину в свердловину можна тільки після усунення всіх виявлених недоліків при роботі вхолосту. Змонтоване обладнання повинно відповідати вимогам до виконання монтажних робіт [17, 31].

5.1.4 Розрахунок чисельності монтажної бригади

Кількість основних робітників для монтажу бурової установки розраховують за професіями, виходячи з трудомісткості річної програми по видах робіт [33]:

$$R = \frac{\sum T}{F_{Д.р} \times k}, \qquad (5.1)$$

де $\sum T$ – сумарна трудомісткість річної програми монтажу бурової установки НБО-3Д;

$F_{Д.р}$ – дійсний фонд часу одного робітника, год;

k – коефіцієнт використання робочого часу робітника.

Дійсний фонд часу одного робітника розраховуємо, виходячи з нормативного фонду часу, за формулою [33]:

$$F_{Д.Р.} = F^{норм}_{Д.Р.} - \left(0{,}12 \cdot F^{норм}_{Д.Р.}\right), \qquad (5.2)$$

де 0,12 – витрати часу при 24-денній відпустці, які складають 12%;

$F^{норм}_{Д.Р.}$ – нормативний дійсний фонд часу одного робітника, год.; визначаємо за формулою [33]:

$$F^{НОРМ.}_{Д.Р.} = (Д_К - Д_В - Д_{СВ} - Д_{ПСВ}) \cdot Д_{рс} / Д_{рд} + Д_{ПСВ} \cdot T_{зм}, \qquad (5.3)$$

де $Д_К$ – кількість календарних днів у році, $Д_К$ =365 днів;

$Д_{В}$ – кількість вихідних днів у році, $Д_{В}$=104 днів;

$Д_{СВ}$ – кількість святкових днів у році; $Д_{СВ}$=10 днів;

$Д_{ПСВ}$ – кількість передсвяткових днів у році, $Д_{ПСВ}$=8 днів;

$Д_{рг}$ – кількість робочих годин у тижні, $Д_{рг}$=40 год.;

$Д_{рд}$ – кількість робочих днів в тиждень; $Д_{рд}$=5 год.;

$Т_{зм}$ – кількість робочих годин у передсвяткові дні, $Т_{зм}$=7 год.

$$F_{Д.Р.}^{НОРМ.} = (365 - 104 - 10 - 8) \cdot 40 / 5 + 8 \cdot 7 = 2000 \text{ год.}$$

Тоді $$F_{Д.Р.} = 2000 - (0{,}12 \cdot 2000) = 1760 \text{ год.}$$

Для визначення трудомісткості виконання монтажу бурової установки НБО-3Д використовуємо норми часу на її крупноблоковий монтаж [44], розроблені нормативно-аналітичним центром Національної акціонерної компанії "Нафтогаз України" згідно таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Норми часу на монтаж бурової установки НБО-3Д

№п\п	Зміст робіт	Норма часу, год
1	2	3
1	Підготовчі роботи	1267,0
2	Монтаж вишково-лебідкового блоку	468,0
3	Монтаж приводного блока	125,8
4	Монтаж насосного блока	123,5
5	Монтаж блока приготування бурового розчину	73,0
6	Монтаж зовнішньої частини ПВО	103,0
7	Монтаж маніфольда циркуляційної системи	302,0
1	2	3
8	Монтаж доливної ємності	51,3
9	Монтаж водяної ємності	10,6
10	Монтаж блока паливно-мастильних матеріалів	8,8
11	Монтаж блока рідких хімреагентів	19,5

12	Монтаж складу сипучих матеріалів	8,9
13	Монтаж блока допоміжного обладнання	25,4
14	Монтаж приймального моста	83,6
15	Монтаж енергообладнання	27,8
16	Установка запасних ємностей	24,0
17	Монтаж пневмосистеми	42,1
18	Монтаж трубопроводів	152,7
19	Електромонтажні роботи	625,0
20	Заключні роботи	72,0
21	Всього:	3614,0

Монтаж бурової установки НБО-3Д проводиться на протязі приблизно 1-го місяця, тоді дійсний фонд часу одного робітника буде дорівнювати

$$F_{Д\,Р.} = 1760 : 12 = 146{,}6 \text{ год}$$

Тоді кількість основних робітників по даному виду робіт буде рівна:

$$R = \frac{3614{,}0}{146{,}6} = 25 \text{ чол.}$$

Отже, для проведення монтажних робіт бурової установки НБО-3Д необхідно 25 робітників відповідної кваліфікації, подані в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Склад бригади при виконанні монтажних робіт бурової установки НБО-3Д

Професії робітників	Розряд	Кількісний склад
Бригадир	VI	1
Вишкомонтажник	VI	2
Вишкомонтажник	V	5
Вишкомонтажник	IV	3
Вишкомонтажник	III	4
Вишкомонтажник-зварювальник	VI	2

Вишкомонтажник-зварювальник	IV	2
Вишкомонтажник-електромонтер	V	3
Вишкомонтажник-електромонтер	IV	3
Разом		25

5.2 Експлуатація та ремонт обладнання

5.2.1 План-графік планово-попереджувальних ремонтів

У деталях, вузлах і машинах по мірі експлуатації поступово знижується рівень працездатності від виникнення в них зношення та неполадок (забруднення, порушення надійності й щільності з'єднань та регулювання). Неполадки усуваються технічним обслуговуванням (ТО) машин, а зношення – тільки ремонтом [2].

Система планово-попереджувального ремонту – це комплекс заходів з обслуговування і ремонту машин, які виконуються профілактично, за попередньо розробленим планом для підтримання машин у справному та працездатному стані.

Технічне обслуговування регламентується в часі й обсязі, виконується за переліком обов'язкових операцій. Ремонт планується за часом і обсягом та виконується впродовж встановленого планом часу в обсязі, який залежить від фактичного стану машини. Як бачимо зі схеми (табл. 5.3), технічне обслуговування складається зі щоденно виконуваних робіт: очищення від бруду, огляд та підтягнення ослаблених різьбових з'єднань, перевірка і налагодження мастильних пристроїв, перевірка дії контрольних, захисних та гальмівних пристроїв і періодичного технічного обслуговування, всі операції щоденного технічного обслуговування, змащення машини відповідно до карти

змащення, миття машини та регулювання окремих вузлів деталей, перевірка й налагодження всіх систем керування і контролю [2].

Таблиця 5.3 – Схема технічного обслуговування

Система ППР і ТО машин					
Технічне обслуговування			Ремонт		
Щоденне Т. О.	Періодичне Т. О.	Сезонне Т. О.	Поточний	Середній	Капітальний

Для бурового обладнання технічне обслуговування має виконуватись також після завершення буріння свердловини для виявлення можливості подальшого використання обладнання. Операції технічного обслуговування виконуються обслуговуючим персоналом (мотористом, слюсарем, механіком, оператором). Усі виконані роботи, а також зношення та інші дефекти. заносяться в спеціальний журнал. Таким чином накопичуються матеріали для наступних ремонтів та здійснюється облік фактичного стану машини.

Оброблення великої кількості статистичних даних, критичний аналіз їх та узагальнення дозволили розробити з достатньою для потреб експлуатації точністю систему експлуатаційних і ремонтних нормативів, покладених в основу системи ППР бурового та нафтопромислового обладнання. Окрім загальних питань організації обслуговування й ремонту обладнання, на підприємствах галузі розроблена раціональна структура, періодичність обслуговування та ремонту машин, диференційовані коефіцієнти використання обладнання, встановлені номенклатура та трудомісткість кожного, розраховані норми витрат запасних частин, основних і допоміжних матеріалів, а також наведені форми звіту та обліку [31].

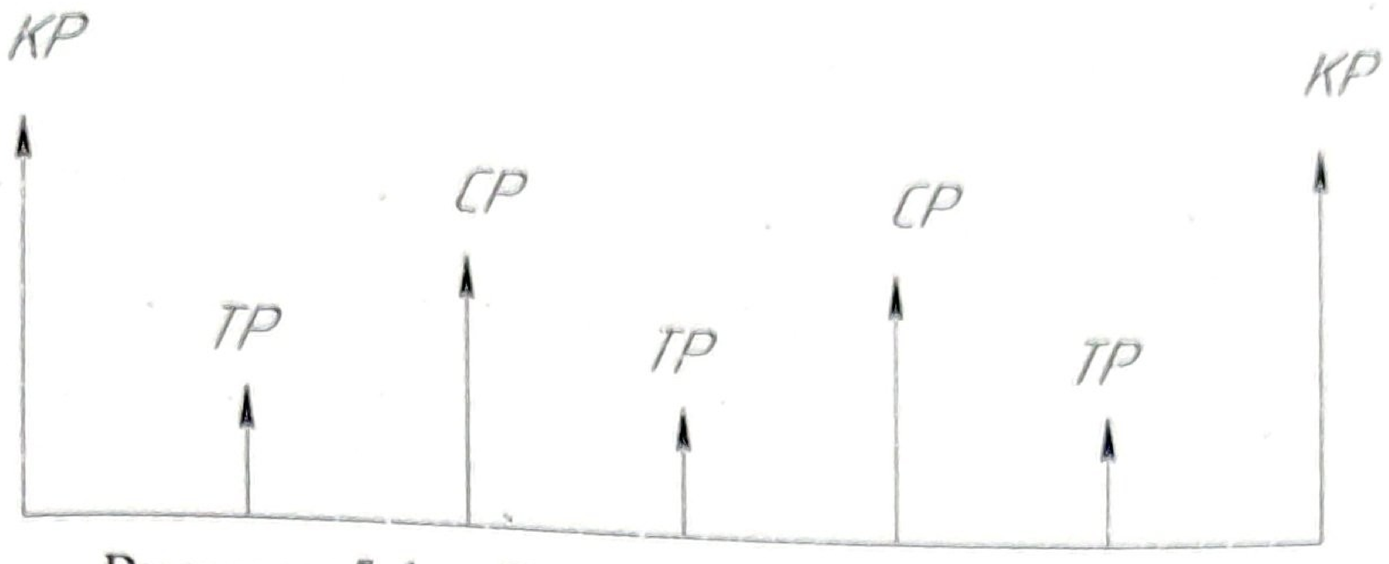

Рисунок 5.1 – Структура ремонтного цикла:

КР – капітальний ремонт; СР – середній ремонт; ТР – поточний ремонт

Основними показниками системи планово-попереджувальних ремонтів бурового та експлуатаційного обладнання є наступні:

структура міжремонтного циклу Тц – кількість і порядок чергування різних видів планових ремонтів у межах одного ремонтного циклу;

ремонтний цикл Ту – період роботи обладнання між двома черговими капітальними ремонтами, або від уведення його в експлуатацію до чергового капітального ремонту;

міжремонтний період Тп – час роботи обладнання між двома будь-якими черговими плановими ремонтами.

План-графік ППР повинне поєднувати в собі інтегроване використання результатів аналізу показників технічної діагностики з методами оптимального планування ремонтів за різними стратегіями.

Інформаційна технологія формування плану-графіка ППР полягає в послідовному виконанні таких алгоритмічно-програмних операцій [2]:

- вибір стратегії планування;
- збирання та підготовка вхідної інформації як загальної, так і індивідуальної для кожної стратегії;
- розрахунок капітальних та фактичних дат ремонтів за єдиним для всіх стратегій алгоритмом;
- пересування дат ремонтів відповідно до індивідуальних алгоритмів кожної стратегії;
- урахування загальних обмежень для всіх стратегій;

формування оптимального плану-графіка ремонтів.

5.2.2 Умови експлуатації та аналіз діючих навантажень

Більшість деталей бурового і нафтогазопромислового устаткування при роботі піддається значним статичним і динамічним навантаженням, а також інтенсивному зношуванню і корозії. Велике кількість деталей працює в абразивних і корозійних середовищах при високих температурах. Обладнання бурових установок розраховане для роботи при температурі навколишнього повітря від -50°С до +50°С.

5.2.3 Типові види й причини спрацювання і відмов елементів обладнання

Основними видами зносу деталей бурового устаткування є: знос під дією сил тертя, абразивний знос, втомне руйнування, корозія деталей. В процесі експлуатації частіше за все відбувається поєднання двох, трьох, а іноді всіх чотирьох вказаних видів зносу.

На практиці часто спостерігається одночасно тертя ковзання і тертя кочення. Для зменшення тертя застосовують різні види змащення поверхонь тертя. Залежно від чистоти обробки поверхонь тертя наявності і товщини змащувального шару між ними, тертя ковзання ділиться на чотири види: сухе, граничне, напіврідинне та рідинне [2].

Абразивне зношування поверхні деталей відбувається внаслідок ріжучої дії твердих частинок, які переміщаються щодо поверхні деталі. При цьому знос поверхні деталей зростає із збільшенням твердості і розміру твердих частинок, тиску і швидкості їх руху.

Втомне руйнування відбувається під дією змінних або знакозмінних зусиль при напрузі нижче межі міцності. Втомне руйнування наступає без ознак деформації, але йому передує поява розвинених дрібних тріщин.

Корозійне зношування відбувається у результаті руйнування поверхні деталей під дією навколишнього середовища (хімічного або електрохімічного). Корозія починається з поверхні і поступово розповсюджується в глибину металевих деталей.

Найпоширеніша корозія - іржа, що є з'єднанням металу з киснем повітря. Деталі бурового устаткування піддаються корозії також від дії промивального розчину, рідини з вмістом солей, хімічно активної рідини чи газу.

Всі види зносу залежно від їх інтенсивності підрозділяються на дві основні групи – природні і аварійні [2, 31].

Природне зношування – це наростаючий процес в результаті дії сил тертя, втомного руйнування, корозії та інших чинників за нормальних умов експлуатації машин.

Аварійний знос – це порушення нормальних умов роботи бурового устаткування і невиконання правил технічного обслуговування та ремонту.

5.2.4 Технологія відновлення спрацьованих деталей

Спосіб ремонтних розмірів

Сутність способу ремонтних розмірів полягає в тому, що одну зі зношених деталей, більш трудомістку, піддають механічній обробці до заздалегідь установленого ремонтного розміру з метою надання їй правильної геометричної форми й одержання необхідної шорсткості поверхні, а іншу деталь заміняють новою або заздалегідь відремонтованою до цього ж ремонтного розміру, що забезпечує початкову посадку в з'єднанні. Застосовуються вільні і стандартні ремонтні розміри [41].

У якості вільного ремонтного розміру приймається найближчий розмір деталі, що дозволяє одержати необхідну геометричну форму і шорсткість поверхні. Стандартні ремонтні розміри встановлюють завчасно, визначають їх кількість і чисельні значення. Під ці розміри випускаються комплекти

запасних частин.

Спосіб ремонту деталей тиском

Ремонт деталей тиском полягає у відновленні початкових розмірів робочих поверхонь пластичним деформуванням за рахунок перерозподілу матеріалу деталі. У процесі деформування матеріал деталі витісняється з неробочих ділянок на зношені поверхні, у результаті чого відновлюються форма і розміри цих поверхонь. Деталі з непластичних матеріалів та з малими запасами міцності і складної конфігурації ремонтувати тиском неможливо.

Найбільшою пластичністю володіють хімічно чисті метали, оскільки на процес пластичного деформування деталі великий вплив мають хімічний склад металу, характер структури, вміст домішок і розмір зерна. Зменшення розміру зерна приводить до збільшення опору деформуванню, особливо в холодному стані [2].

Спосіб ремонту деталей наплавленням

Наплавлення називається процес нанесення розплавленого металу на поверхню деталі, яка нагріта до температури плавлення. При цьому нанесений шар металу міцно з'єднується з основним металом із утворенням металевого зв'язку.

При правильному виборі хімічного складу і структури наплавленого металу процес наплавлення можна застосовувати для відновлення розмірів деталі і додавання заданих властивостей її поверхні. Важливою особливістю є те, що при наплавленні, що можна для нарощування на основний метал використовується шар металу або сплаву з властивостями, що іноді відрізняються від властивостей основного металу.

Маса наплавленого металу незначна стосовно маси основного металу, оскільки в деталі зношується невеликий шар, який необхідно відновити або створити більш зносостійкий шар. Процес наплавлення відрізняється високою економічністю.

Наплавленням ремонтуються деталі бурового і нафтогазопромислового

обладнання: вали, зубчасті колеса, муфти, зірочки, клапани і штоки бурових насосів та інші деталі [31].

Спосіб ремонту деталей металізацією

Під час металізації частки розплавленого металу, вбиваючись в поверхню деталі, заповнюють попередньо створені на поверхні нерівності. У результаті цього відбувається механічне закріплення розплавленого металу на деталі та виникає молекулярне схоплювання між напиленим і основним металом. Напилюваний матеріал застосовується у вигляді дроту, стрічки або порошку. Щільність напиляного шару залежить від швидкості часток при ударі, а отже, від відстані між соплом і поверхнею деталі.

До переваг електрометалізації варто віднести високу продуктивність процесу. Основні недоліки електрометалізації – значне вигоряння легуючих елементів, окислювання напилюючого металу, низькі механічні властивості напиляного шару і великі втрати металу при напилюванні. Електродугові металізатори можуть бути використані для напилювання сталей і кольорових металів [31].

Спосіб ремонту деталей полімерними покриттями

Існують різні методи нанесення полімерів на поверхні деталей машин. Вибір методу нанесення визначається природою полімерного матеріалу, його фізичним станом при нанесенні, товщиною покриття, габаритними розмірами і формою деталі.

При нанесенні покрить з розплавів полімерів застосовують метод пресування і лиття під тиском.

Основні параметри процесу пресування – температура, тиск і час витримки. При підвищенні температури збільшується текучість полімеру і прискорюється протікання процесу формування покриття. Час витримки деталі під тиском залежить від швидкості нагрівання деталі, швидкості переходу полімеру у твердий і неплавкий стан і форми деталі. Режими пресування звичайно встановлюють дослідним шляхом [31].

5.2.5 Поверхневе зміцнення деталей

Найбільші зусилля деталі машин сприймають своїми верхніми шарами. Тому поверхневе зміцнення деталей широко використовується при виготовленні та ремонті бурового обладнання. Вибір методу зміцнення визначається конструкцією деталі, характером її експлуатації, особливостями виробництва, а також техніко-економічними показниками, які залежать від вартості застосовуваних матеріалів, виробничого процесу зміцнення, серійності виробництва і підвищення довговічності. Як відомо, економічна ефективність від упровадження нового технологічного процесу може бути оцінена зниженням собівартості деталі [2, 31].

Термічні та хіміко-термічні методи зміцнення деталей

При термічному обробленні металеві деталі нагріваються певний час, витримуються й охолоджуються. Мета цього процесу – отримати необхідну структуру металу. Основні способи термічного оброблення: відпалювання, нормалізація, загартування, відпуск. Загартування поділяється на об'ємне і поверхневе.

Відпалювання – нагрівання деталі до певної температури, витримування при цій температурі й послідовне охолодження до 2-3°С за 1 хв. у печі, піску або золі. Це дозволяє зменшити твердість, підвищити пластичність, зняти внутрішні напруження, поліпшити оброблення і підготувати деталі до наступного термічного оброблення загартуванням [31].

Нормалізація – різновид відпалювання й відрізняється тим, що після витримування при температурі нагрівання протягом 5-6 год. охолодження здійснюється на повітрі. Мета нормалізації – поліпшення мікроструктури металу, звільнення від наклепу після оброблення різанням, підготовка до наступного термічного оброблення.

Загартування – термічна операція, яка полягає в нагріванні деталі до 770-850°С, витримуванні при цій температурі з наступним досить швидким охолодженням у воді, мастилі, водяних розчинах солей та інших рідинах.

Загартовані деталі мають високу твердість, зносостійкість, але низьку в'язкість та пластичність.

Відпуск – термічна операція, яка відбувається після загартування для зменшення внутрішніх напружень, крихкості й твердості. При відпуску деталь

нагрівають до 150-650°С, витримують 1-2 год., охолоджують у воді. Залежно від температури нагрівання розрізняють: низький відпуск – 150 - 200°С, середній – 350 - 450°С, високий – 500 - 650°С.

Хіміко-термічні види оброблення: цементування, азотування, ціанування, алітування, борування [2, 31].

Цементування – насичення поверхні деталі вуглецем, глибина цементування від 0,5 до 2,2 мм. Залежно від вуглецевонасиченого середовища (карбюризатора) розрізняють цементування в твердому, середовищі та в газовому середовищах.

Азотування – виконується в печі із температурою 500-600°С, через яку пропускається аміачний газ. Азот, потрапляючи у верхні шари деталі, утворює тверді сполуки із залізом. Азотовані деталі мають високу твердість, зносостійкість та корозійну стійкість.

Алітування – насичення поверхні деталі алюмінієм для підвищення жаростійкості [2].

Зміцнення деталей методом наплавлення твердим сплавом

Наплавлення твердих сплавів – це ефективний метод поверхневого зміцнення деталей. Залежно від способу виробництва тверді сплави діляться на чотири групи: порошкоподібні, відлиті, електродні й металокерамічні [2, 41]. Вони вміщують карбіди хрому, ванадію, титану.

Порошкоподібні – це тверді сплави сталініт, вокар, висхол-9. Вони утворюються за допомогою механічної суміші металів з вуглецем. Для наплавлення шару твердого сплаву розплавляються основний метал і сплав.

Відлиті тверді сплави (стеліт, сормаліт) випускаються у вигляді прутків діаметром 5-8 мм, довжиною 250-300 мм. Вони наплавляються за допомогою

газового або електродугового способу.

Електродні тверді сплави виготовляють у вигляді трубчастих електродів. Це сталеві трубки діаметром 6-8 мм, заповнені порошкоподібною леткою сумішшю. Електроди наплавляються електродуговим способом.

Металокерамічні сплави мають високу твердість та зносостійкість при температурі до 700-800°С і в основному використовуються для оснащення різального інструменту.

Зміцнення деталей методом механічного наклепу

Галтелі, надрізи та інші дефекти призводять до концентрації напружень та зменшення міцності від втомленості металу на деталях. Механічний наклеп поверхні деталі підвищення її міцність нарівні з використанням високоміцних сталей або термооброблення. При наклепі створюються залишкові стискувальні напруження й збільшуються механічні властивості поверхневого шару. Механічний наклеп збільшує твердість поверхневого шару на глибині 0,1-3 мм.

Існує два методи механічного наклепу: обкатування і дробоструминне зміцнення [2, 41].

Обкатування виконується за допомогою загартованих роликів або кульок на токарних або свердлильних верстатах. Ролики і кульки притискаються до оброблюваної поверхні. Обкатування роликами поліпшує чистоту поверхні, створює зміцнений наклепаний шар, підвищує міцність.

Дробоструминне зміцнення деталей здійснюється потоком дробу на поверхню деталі. Глибина наклепу залежить від швидкості руху та величини дробинок.

Механічному наклепу підлягають вали, осі, пружини та інші деталі бурового і нафтогазопромислового обладнання.

Зміцнююче електроіскрове оброблення

Даний спосіб ґрунтується на протіканні імпульсного розряду між електродом (анодом) і деталлю (катодом). Суть зміцнюючого електроіскрового оброблення полягає в полярному перенесенні матеріалу

електрода та деталі (нарощування) при одночасному термічному впливові струму і легуванні поверхні деталі елементами зміцнюючого електрода й азоту повітря. Зміцнений шар має високу твердість. Електроіскрове зміцнення та нанесення металу відбувається в повітряному чи газовому середовищі при тепловій і хімічній дії електричного розряду між поверхнею виробу й зміцнюючим електродом, якому передається коливальний рух від вібратора. За дуже короткий час дії електроіскрового розряду (10^{-5}- 10^{-8} с) через електроди проходить потужний (до 10^6 А/мм^2) імпульс струму, накопиченого в конденсаторах. Температура в міжелектродному проміжку підвищується до 11000° С. При такій температурі азот і легуючі елементи, що є в електроді, легують поверхню деталі, підвищуючи її фізико-механічні властивості [2, 31].

Недолік методу – неможливість отримання зміцненого шару значної товщини та зниження втомної міцності при ударних навантаженнях.

Зміцнююче оброблення наплавленням зносостійких матеріалів

Ефективним методом поверхневого зміцнення деталей машин є наплавлення матеріалів із високими експлуатаційними властивостями. Цей метод економічний, тому що наплавленню піддають тільки ті поверхні, що працюють в умовах інтенсивного зношування і, як правило, маса наплавленого матеріалу складає малу частку від маси деталі.

Довговічність зміцнених деталей визначається властивостями наплавленого матеріалу, тому матеріал чи сплав, котрий наносять, вибирають з урахуванням умов експлуатації деталі й застосовуваного методу наплавлення [2, 31].

Найбільш широко застосовують механізоване електродугове наплавлення сталевим легованим дротом. Для підвищення зносостійкості та корозійної стійкості часто використовують високохромисті наплавлювальні дроти марок Св-10Х13, Св-08Х14ГТ, Св-10Х17Т.

Упровадження методів поверхневого зміцнення дозволяє значно підвищувати експлуатаційні характеристики деталей.

5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання

5.3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які виникають в процесі експлуатації обладнання

Циркуляційні системи бурових установок складаються з взаємопов'язаних пристроїв і споруд, призначених для виконання таких основних функцій: приготування бурових розчинів, очищення бурового розчину від розбуреної породи та інших шкідливих домішок, прокачування і оперативного регулювання фізико-механічних властивостей бурового розчину [6].

В даний час у вітчизняній практиці для приготування бурових розчинів широко застосовуються порошкоподібні матеріали. Для приготування бурових розчинів з цих матеріалів використовують наступне обладнання: блок приготування розчину (БПР), винесений гідроежекторний змішувач, гідравлічний диспергатор, ємності ЦС, механічні та гідравлічні перемішувачі, поршневий насос.

Експлуатація та обслуговування блоку приготування бурового розчину супроводжується наступними небезпечними моментами [10]:

- утворення вибухонебезпечного середовища біля блоку, а при наявності відкритого вогню або іскри – вибуху й пожежі;
- забруднення території біля бурової лебідки й у зв'язку із цим небезпека пожежі;
- підвищені рівні шуму та вібрації, що виникають під час роботи приводів силових та насосних агрегатів і значно перевищують допустимі норми, а це негативно впливає на стан людини і погіршує її працездатність;
- травмування робітників обертовими елементами устаткування;
- незадовільні мікрокліматичні умови;
- ураження органів дихання і слизових оболонок токсичними продуктами.

В процесі експлуатації виникають небезпеки ураження електричним

струмом, які можуть призвести до травм або смерті від електрошоку чи опіків. Причиною є контакт працівників з частинами, що перебувають під напругою (прямий контакт, у випадку ушкодження ізоляції на обладнанні).

Присутня небезпека, спричинена шумом, що може призвести до тривалої втоми, стресу, перешкоди мовним комунікаціям, акустичним сигналам. Також має місце небезпека вібрації, що може призвести до розладу судинної, нервової систем, порушення кровообігу, хвороби суглобів, небезпека, спричинена матеріалами вогне-, вибухонебезпечними речовинами [19].

До поширених видів небезпеки при експлуатації БПР можна віднести знехтування ергономічних вимог, правил під час розроблення машин, несподіваний пуск, перевищення швидкості обладнання, помилки персоналу, поломки під час роботи, падіння предметів, несправність системи керування, джерел передавання енергії, несприятливі природні фактори (вітер, сніг, ожеледиця, зледеніння, сейсмічна активність, гроза), а також недостатньо повна інструкція з експлуатації та інструктаж з техніки безпеки для персоналу.

Таким чином, розглянувши блок приготування бурових розчинів та проаналізувавши найбільш характерні види небезпек при його експлуатації, можна вважати дане обладнання доволі небезпечним.

Найбільш небезпечні, з огляду на можливе виникнення травм і професійних захворювань, шкідливі і небезпечні фактори наведені у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Шкідливі та небезпечні фактори

№ з.п	Назва фактору	Небезпечний/ шкідливий спосіб дії на людину	Можливі наслідки для працівника	Норма та документ, що її визначає
1	Шум:	– Через органи слуху.	– зменшення слухової чутливості; – глухота; – астено–вегетативний синдром	ГОСТ 12.1.003– 83 та ДСН 3.3.6.037– 99 „Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”

Продовження табл. 5.4

№ з.п	Назва фактору	Небезпечний/ шкідливий спосіб дії на людину	Можливі наслідки для працівника	Норма та документ, що її визначає
2	Вібрація	Через тіло працівників	– Вібраційна хвороба, – зниження уваги, – неврози	ДСН 3.3.6.039– 99 «Державні санітарні норми загальної та локальної вібрації»
3	Шкідливі випаровування.	Через органи дихання: – легені; – шкіру; Через органи зору: – очі.	– алергія; – пневмоконіоз.	ГОСТ 12.1.005– 88 «Загальні санітарно– гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» «Будівельні норми і правила;
4	Механічні ушкодження	Доторкання до обертових частин	Травми різного ступеня	Вимоги до обладнання
5	Пожежа та вибух	Утворення пожежо – та вибухо– небезпечних газоповітряних сумішей	– опіки; – отруєння.	НАПБ Б.03.002-2007. ДБН В.2.5.– 13– 98 „Інженерне обладнання будинків і споруд;”
6	Високі тиски обладнання	Ураження людиною хімічними реагентами	Опіки шкіри, очей.	ДНАОП 0.00 – 1.07.94 «Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском»

5.3.2 Технічні рішення та організаційні заходи по забезпеченню безпеки технологічного процесу і обладнання

5.3.2.1 Технічні рішення по забезпеченню безпеки експлуатації обладнання

Циркуляційна система бурової установки повинна бути оснащена необхідними засобами регулювання і блокування, що забезпечують її безпечну експлуатацію.

Для обслуговування вузлів механізмів по приготовленню і очищенню бурового розчину виготовлені площадки шириною 65 см з поручнями висотою

120 см і перехідними містками. Вздовж циркуляційних жолобів знаходяться настили шириною 65 см з поручнями висотою 120 см, встановленими з протилежної від жолоба сторони настилу [17].

Наявність площадки навкруги глиномішалки і трапу для підйому до люка виключить можливість нещасних випадків, пов'язаних з завантаженням невеликих об'ємів хімреагентів.

В сучасних конструкціях глиномішалок їх привід (електродвигун) розташовується на окремій рамі. При неправильному монтажі або не надійному закріпленні електродвигуна привідний ремінь часто буксує або спадає зі шківа глиномішалки. Надівання ременя і його натяг пов'язані з небезпечними моментами. Для виключення нещасних випадків в БУ запроектовано виконати установку електродвигуна з механізмом для натягування клинового паса на одній рамі з глиномішалкою.

Для запобігання можливості травмування робітників при обслуговуванні вібраційного сита вузли передачі (між електродвигуном і вібратором) варто надійно відгородити. Крім того, для усунення попадання бурового розчину в електродвигун необхідно його закрити.

До електроустаткування вібросита пред'являються також вимоги, спрямовані на забезпечення безпеки експлуатації цього устаткування, зручного й безпечного виконання операцій із пуску й зупинки вібросита й інших операцій, пов'язаних з обслуговуванням наземного устаткування свердловин.

Пускозахисний пристрій повинен забезпечувати безпеку виконання операції із пуску й зупинки вібросита. Він повинен бути в пиловологонепроникному виконанні, що допускає установку на відкритому повітрі. На корпус пускозахисного пристрою наносяться написи, що попереджають про електронебезпеку. Пускозахисний пристрій обладнується блокуванням, що запобігає включення його при відкритих дверцятах і відкриття дверцят при включеному пристрої, а також захист електродвигуна від перевантажень і роботи на двох фазах [28].

5.3.2.2 Організаційні заходи по забезпеченню безпеки технологічного процесу та обладнання

Застосовувані при сучасних технологічних процесах бурові розчини обробляють хімічними реагентами, лужними чи кислотоутримуючими, а також токсичними речовинами. Тому до устаткування і методів роботи повинні пред'являтися особливі вимоги для створення безпечних умов праці.

Для полегшення умов праці завантаження вихідних матеріалів у змішувачі повинно бути механізоване. Щоб уникнути забруднення території на буровій установці передбачається транспортування розбуреної породи й осідання її з циркуляційної системи в запасні ємкості, в шламові амбри [10].

Пристрої для приготування, транспортування і дозування хімічних реагентів повинні бути виконані у відповідності з правилами використання токсичних хімічних речовин.

Гідромішалка застосовується для приготування й обваження бурового розчину з порошкоподібних матеріалів, а також для хімічної обробки бурового розчину сухими порошкоподібними реагентами. Площадка і проходи гідромішалки повинні мати справні настили й огородження. Люк гідромішалки повинен закриватися металевими гратами з отворами не більше 15×15 см, що має надійний запор.

Для приготування розчину гідромішалкою на її обв'язці треба встановити манометр і запобіжний пристрій,що спрацьовує при збільшенні номінального тиску не менше, ніж на 3,5%. Після монтажу обв'язка гідромішалки повинна бути опресована на півториразовий максимальний робочий тиск. Опресовку варто проводити цементувальним агрегатом [19].

Гідроциклонами, призначеними для тонкої очистки бурового розчину за допомогою відцентрових сил, комплектуються пісковідділювачі і муловідділювачі, що складаються з одного чи декількох циклонів і шламового насоса.

Гідроциклон повинні встановлюватись таким чином, щоб скидання шламу з нього здійснювалось у спеціально передбачений амбар. Для безпечного

обслуговування повинні бути влаштовані проходи і перехідні містки. Пісковідділювачі і муловідділювачі гідроциклонного типу безпечні в роботі при дотриманні технічних умов їхнього монтажу [38].

5.3.3 Інженерні розрахунки з техніки безпеки, передбачені в роботі

5.3.3.1 Визначення рівня шумового навантаження в зоні проведення робіт від двох джерел шуму

Визначити шумове навантаження у зоні проведення робіт від двох джерел шуму(1 джерело – 88 дБ, 2 джерело – 90 дБ). Відстань від першого джерела шуму – 25 м, від другого – 40 м.

Розв'язання

Октавні рівні звукового тиску L в дБ в розрахункових точках, слід визначити за формулою [19]:

$$L = L_p - 15\log r + 10lg\Phi - \frac{\beta_a r}{1000} - 10lg\Omega,$$

де L_p – октавний рівень звукової потужності в дБ джерела шуму;

Ф – фактор спрямованості джерела шуму, безрозмірний, визначається за дослідними даними. Для джерел шуму з рівномірним випромінюванням звуку слід приймати Ф=1;

r – відстань у м від джерела шуму до розрахункової точки;

Ω – просторовий кут випромінювання звуку, який приймається для джерел шуму, розташованих у просторі Ω=4π;

β_a – згасання звуку в атмосфері в дБ/км, що приймається за табл. 5.5

Таблиця 5.5 – Згасання звуку в атмосфері

Середньогеометричні частоти октавних смуг, в Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
β_a, в дБ/км	0	0,7	1,5	3	6	12	24	48

Для першого джерела шуму шумове навантаження у зоні проведення робіт з врахуванцям відстані складе [19]:

$$L = 88 - 15\lg 25 + 10\lg 1 - \frac{1.5 \cdot 25}{1000} - 10\lg 4\pi$$
$$= 88 - 20.97 + 0 - 0.0375 - 10.99 = 56\ дБ$$

Для другого джерела шуму шумове навантаження в зоні проведення робіт з врахуванням відстані складе [19]:

$L = 90 - 15\lg 40 + 10\lg 1 - \frac{1.5 \cdot 40}{1000} - 10\lg 4\pi = 90 - 24.03 + 0 - 0.06 - 10.99 =$
54.92

Знайдемо сумарний рівень шумового навантаження в зоні проведення робіт від двох джерел шуму за формулою [19]:

$$L_{сум} = 10lg \sum_{i=1}^{n} 10^{0.1 L_i};$$

де L_i – рівень шумового навантаження у зоні проведення робіт від кожного джерела шуму, дБ

$L_{сум} = 10\lg(10^{0.1 \cdot 56} + 10^{0.1 \cdot 54.92}) = 10\lg(398107.17 + 310455.96) = 58.5$ дБ

Висновок: розрахунки показали, що сумарне шумове навантаження у зоні проведення робіт – 58,5 дБ, що не перевищує допустимого рівня шуму 80 дБ (ДСН 3.3.6.037-99).

5.3.4 Заходи з пожежної безпеки

У нафтогазовому комплексі використовується і переробляється велика кількість горючих і вибухонебезпечних матеріалів. Оцінка вибухо-і пожежобезпеки приміщень проводиться в залежності від кількості та особливостей речовин і матеріалів, які там знаходяться та з урахуванням технологічних процесів знаходяться у них виробництв.

Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007, ДБН В.2.5–13–98 „Інженерне обладнання будинків і споруд" приміщення де розташовується обладнання

відносяться до категорії Б.

Пожежний захист реалізується наступними заходами [10]:

- застосуванням негорючих і трудногорючих речовин і матеріалів;
- обмеженням кількості горючих матеріалів;
- обмеженням розповсюдження пожежі;
- застосуванням засобів пожежогасінні;
- регламентацією меж вогнестійкості;
- створенням умов для евакуації людей;
- застосуванням протидимного захисту і пожежної сигналізації

Відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні [9] основними організаційними заходами щодо забезпечення пожежної безпеки є:

– визначення обов'язків посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки;

– призначення відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, дільниць тощо, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання і експлуатацію наявних технічних засобів протипожежного захисту;

– встановлення на кожному підприємстві (установі, організації) відповідного протипожежного режиму;

– розробка й затвердження загальнооб'єктової інструкції про заходи пожежної безпеки та відповідних інструкцій для всіх вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних приміщень, організація вивчення цих інструкцій працівниками;

– розробка планів (схем) евакуації людей на випадок пожежі;

– встановлення порядку (системи) оповіщення людей про пожежу, ознайомлення з ним всіх працюючих;

– визначення категорій будівель та приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою відповідно до вимог чинних нормативних документів,

встановлення класів зон за Правилами улаштування електроустановок;

– забезпечення територій, будівель та приміщень відповідними знаками пожежної безпеки, табличками із зазначенням номера телефону та порядку виклику пожежної охорони;

– створення та організація роботи пожежно-технічних комісій, добровільних пожежних дружин та команд.

В першу чергу на кожному підприємстві (об'єкті) з урахуванням його пожежної небезпеки наказом необхідно призначити відповідальних за пожежну безпеку, визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки та встановити відповідний протипожежний режим.

Основними напрямками роботи осіб, відповідальних за пожежну безпеку є [9]:

– забезпечення необхідною інформацією, підготовка і розробка документів (наказів, інструкцій, планів евакуації на випадок пожежі тощо);

– ведення документації;

– розробка та виконання протипожежних заходів;

– створення та організація роботи добровільних пожежних дружин та пожежно – технічних комісій;

– організація та проведення протипожежних інструктажів. Практичне відпрацювання планів евакуації, дій у разі пожежі з персоналом об'єкта;

– аналіз виявлених порушень вимог пожежної безпеки, а також загорянь і пожеж, що мали місце;

– організація та підтримання протипожежного режиму;

– придбання, експлуатація, утримання, перевірка технічних засобів і систем протипожежного захисту.

– вивчення та впровадження позитивного досвіду, сучасних технологій забезпечення пожежної безпеки;

– взаємодія з пожежною охороною та іншими організаціями щодо

забезпечення пожежної безпеки.

Для гасіння пожеж застосовують як ручні засоби, так і механізовані. До ручних приладів відносяться гідропульти–відра, гідропульти–костилі, ручні пожежні насоси, різні вогнегасники. Для отримання піни служать пересувні та стаціонарні апарати, які поділяються на дві категорії: періодичної і безперервної дії (механізовані засоби). До апаратів періодичної дії відносяться піногони, а безперервної дії – піногенератори типу ПГ–25, ПГ–50 та ПГ–100 [9].

На території повинні бути 3 щита (1щит на 5000 $м^2$) з пожежним інвентарем (відра, лопати, ломи, вогнегасники, ящики з піском). Крім того, на цих підприємствах повинна бути організована безвідмовно діюча пожежна сигналізація та пожежний водопровід з гідратами. Для швидкого виявлення пожеж існує система попередження про пожежу і електропожежна сигналізація, радіо і телефонний зв'язок.

На кожній установці потрібно встановити первинні засоби пожежогасіння. До цих засобів входять: два пінних вогнегасники ВХП-10, один вуглекислотний ВВ-8 або бромистометиловий ВУБ-7 [9].

У видному і легкодоступному місці встановити щити, які укомплектовані ящиками з піском ємкістю 1$м^3$, бочкою з водою ємкістю 200 літрів, двома відрами, совковими лопатами і двома вогнегасниками ВХП-10.

Увесь протипожежний інвентар повинен бути пофарбований у червоний колір. Місце встановлення щитів повинно бути узгоджено із пожежною охороною.

У випадку виникнення великих осередків горіння застосовуються пересувні автомашини АВ-40.

Вогнегасники, встановлюються на відкритому повітрі і повинні бути захищені від попадання сонячних променів та опадів. Всі первинні засоби пожежогасіння не рідше одного разу на місяць повинні проходити огляд відповідними органами нагляду [9].

Висновки

В даному розділі магістерської роботи розроблений комплекс робіт з підготовки до проведення монтажних робіт з обладнанням бурової установки НБО-3Д, особливості проведення монтажу обладнання для очищення бурового розчину та порядок дій під час проведення підготовчих робіт перед експлуатацією вібросита та гідроциклонної установки. Кількість робітників монтажної бригади розраховано згідно норм часу на виконання монтажу бурової установки НБО-3Д. На основі проведених розрахунків потрібно 25 робітників. Для оснащення вишкомонтажної бригади технологічними машинами, механізмами, інструментами та іншими пристосуваннями при монтажі обладнання використовуються кран КП-25, кран КС-3575, трактор транспортний Т-130, домкрати вантажопідйомальністю 40 т.

За даними експлуатації було описано план-графік планово-попереджувальних ремонтів, технічні заходи з обслуговування та ремонту обладнання насосно-циркуляційного комплексу. Було розглянуто види й причини спрацювання і відмов елементів обладнання, проаналізовано деталі, які необхідно зміцнювати.

Також проаналізовані потенційні небезпеки при експлуатації обладнання насосно-циркуляційного комплексу бурової установки, методи і засоби для забезпечення нормальних умов праці, наведені інженерні розрахунки, розроблені заходи з пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

1. У розділі "Вибір та опис технологічного обладнання" проведено порівняльно-критичний аналіз технологічних комплексів для буріння свердловин, охарактеризовано позитивні та негативні сторони обладнання насосно-циркуляційних комплексів бурової установки, проведено розрахунок основних параметрів та на його основі було вибрано бурову установку НБО-3Д, коротко розглянуто конструкційні та технологічні особливості вибраного гідроциклона.

2. В розділі "Опис технічної пропозиції" обґрунтована доцільність та економічна ефективність модернізації гідродинамічного гальма бурової лебідки, обґрунтовано технічну доцільність. Модернізований гідроциклон, який вигідно відрізняється від аналога тим, що його конічний корпус з'єднаний з циліндричною вихровою камерою через підшипник. У нижній частині корпуса розміщені насадки для відводу шламу, а сам корпус встановлений з можливістю обертання за допомогою клинопасової передачі. При використанні пропонованого вдосконалення значно підвищується ефективність очищення бурового розчину від твердої фази і забезпечується можливість регулювання ступеня очищення. За результатами розрахунків видно, що при впровадженні удосконаленої конструкції гідроциклона економічний ефект складатиме 380,183 тисяч гривень на рік, що свідчить про доцільність запропонованої модернізації.

3. В розділі "Дослідно-конструкторська робота" проведено дослідження зношення внутрішньої поверхні гідроциклона по висоті апарата і куту, розроблена методика розрахункового визначення коефіцієнта гідравлічного опору гідроциклона, отримана залежність для визначення коефіцієнта гідравлічного опору гідроциклону, який визначається коефіцієнтами опору по лініях зливної та шламової насадок, побудовані графічні **залежності** зміни продуктивності гідроциклона по лініях шламової та зливної насадок при зміні перепаду тиску на гідроциклоні. Отримані результати експериментальних

досліджень модернізованого гідроциклона підтвердили його працездатність та високу ефективність, що підтверджує дієздатність вдосконаленого гідроциклона.

4. В розділі "Розрахунки працездатності" проведені проектні розрахунки розмірів елементів гідроциклона; перевірочний розрахунок стійкості форми стінки гідроциклона. Проведені розрахунки підтверджують ефективність технічного рішення з модернізації гідроциклона, т. як отримані коефіцієнти запасу міцності більші допустимих.

5. В розділі "Монтаж і експлуатація обладнання" розроблений комплекс робіт з підготовки до проведення монтажних робіт з обладнанням бурової установки НБО-3Д, особливості проведення монтажу обладнання для очищення бурового розчину та порядок дій під час проведення підготовчих робіт перед експлуатацією вібросита та гідроциклонної установки. Кількість робітників монтажної бригади розраховано згідно норм часу на виконання монтажу бурової установки НБО-3Д. На основі проведених розрахунків потрібно 25 робітників. За даними експлуатації було описано план-графік планово-попереджувальних ремонтів, технічні заходи з обслуговування та ремонту обладнання насосно-циркуляційного комплексу. Було розглянуто види й причини спрацювання і відмов елементів обладнання, проаналізовано деталі, які необхідно зміцнювати. Також проаналізовані потенційні небезпеки при експлуатації обладнання насосно-циркуляційного комплексу бурової установки, методи і засоби для забезпечення нормальних умов праці, наведені інженерні розрахунки, розроблені заходи з пожежної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баласанян Р.А. Атлас деталей машин: Навч. посібник для техн. вузів. – Харків: Основа, 1996. – 134 с.

2. Бедрій Я. І. Охорона праці : Навчальний посібник. Львів : ПТВФ Афіша, 1997. 258 с.

3. Бойко В. С. Довідник з нафтогазової справи / Бойко В.С., Кондрат Р.М., Яремійчук Р.С. – Львів: Світ, 1996. – 620 с.

4. Бойко В. С. Розробка та експлуатація нафтових родовищ / Бойко В.С.– Київ: Міжнародна економічна фундація, 2008. – 488 с.

5. Бойчук Ю. Д. Шульга М. В. Основи екології та екологічного права. Навч. посіб. Університетська книга – Суми-Київ, 2005. – 235 с.

6. Вольченко О.І. Курс лекцій з деталей машин та тестові завдання / О.І. Вольченко, В.С. Ловейкін, Д.Ю. Журавльов, В.Я. Малик – Івано-Франківськ. Вид-во Прикарпатського університету ім. Василя Стефаника, 2011. – 246 с.

7. Войтенко В.С. Технологія і техніка буріння: узагальнююча довідникова книга. – Львів: Центр Європи, 2012. – 708 с.

8. Гандзюк М.П. Основи охорони праці – Київ: Основа, 2000. – 318 с.

9. Горбійчук М. І., Семенцов Г. Н. Оптимізації процесу буріння глибоких свердловин. Івано-Франківськ : Факел, 2003. 493 с.

10. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту.

11. ДНАОП 0.00-1.32-01. Електрообладнання спеціальних установок.

12. ДсанПін 3.3.2.007-98. Норми опромінення при виконанні робіт.

13. ДБН В. 1.1.-7-2002. Державні будівельні норми України. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва - К.: - 2002.

14. Деталі машин. Методичні вказівки до самостійної роботи. Розділ «Механічні передачі» для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Стаценко В.Є . – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 82 с.

15. Економіка підприємства: Навч: посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Я. С. Витвицький, У. Я. Витвицька, М. О. Данилюк, А. О. Устенко, І. І. Цигилик. За ред.. Я.С.Витвицького – Івано-Франківськ : ІМЕ, 2002. – 318 с.

16. Жидецький В.Ц. Практикум з охорони праці: навчальний посібник / Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

17. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Закон від 25.06.1991 № 1264 – XII.

18. Закон України «Про охорону праці».

19. Злобін Ю. А. Основи екології. Підручник – К. Лібра;1998 – 246 с.

20. Ісаєв І.А. Види негативного впливу на навколишнє середовище та заходи з охорони навколишнього середовища при будівництві (бурінні) нафтогазоконденсатних свердловин // Молодий вчений. - 2014. - №10. - С. 112-116.

21. Іщенко І. І., Терещенко С. П. Оцінка економічної ефективності виробництва і затрат: навч. посіб. Київ : Вища шк., 1991. 173 с.

22. Кран кульовий КК-65х14. Керівництво з експлуатації.

23. Коновалюк Д.М. Деталі машин: Підручник / Д.М. Коновалюк, Р.М. Ковальчук – Вид. 2-ге. – К.: Кондор, 2004. – 584 с.

24. Копей Б.В. Розрахунок, монтаж і експлуатація бурового обладнання. ІФДТУНГ, 2001 – 224 с.

25. Костриба І. В. Основи конструкування нафтогазового обладнання: навч. посіб. – Івано-Франківськ : Факел, 2007 – 256 с.

26. Коцкулич Я.С. Закінчування свердловин: підручник для студентів вищ. навч. закладів проф. спрямування "Буріння" / Я.С. Коцкулич, О.В. Тищенко. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2004. – 366 с.

27. Курмаз Л.В. Основи конструювання деталей машин / Л.В. Курмаз – Харків: Підручник НТУ ХПІ, 2010. – 531 с.

28. Крижанівський Є.І. Системи верхнього привода в бурових установках: аналітичний огляд параметрів і конструкцій / Є.І. Крижанівський, Ю.В. Міронов. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. – 56 с.

29. Макаренко В.Д., Лукач В.С., Василюк В.І. і інш. Дослідження корозійних процесів екологічно небезпечних в експлуатації металоконструкцій. – Проблеми тертя та зношення.-2016.-№1(70).-С.131-136.

30. Малащенко В.О. Деталі машин. Збірник завдань та прикладів розрахунку / В.О. Малащенко, В.Т. Павлище – Львів. Новий світ – 2000, 2011. – 216 с.

31. Міняйло А.В. Деталі машин. Підручник / А.В. Міняйло, Л.М. Тіщенко, Д.І. Мазоренко та інш. – К.: «Агроосвіта», 2013. – 448 с.

32. Мислюк М.А. Буріння свердловин: довідник : в 5 т. / М.А. Мислюк, І.А. Рибчич, Р.С. Яремійчук. – Київ: Інтерпрес ЛТД, 2002. Т. 3: Вертикальне та скероване буріння – 2004. – 294 с.

33. Мочернюк Д. Ю. Моделювання фізичних процесів на основі визначальних рівнянь. *Нафтова і газова промисловість*. 2001. №3. С. 12 – 14.

34. НПАО 1.1-21.1-20-08. Правила безпеки в нафтогазовидобувній промисловості України.

35. Овчаров Б.З. Розрахунки і проектування деталей машин / Б.З. Овчаров, А.В. Міняйло, Д.І. Мазоренко, Л.М. Тіщенко – Харків: ХНТУСГ, 2008. – 315 с.

36. Організація і планування операційної діяльності нафтогазових підприємств: Навч. посіб. / Я. С. Витвицький, І. В. Андрійчук, О. І. Лесюк, У. Я. Витвицька, В. М. Чарковський. За ред. М. О. Данилюк. – Івано-Франківськ, 2009. – 364 с.

37. Основи цивільного захисту: навчальний посібник / В. О. Васійчук, В. Є. Гончарук, С. І. Качан та ін. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2010. – 384 с.

38. Охорона праці в нафтогазовій галузі: навч. Посіб. / За редакцією Г. М. Лисяного. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2015. 304 с.

39. Патент 38892 України, МПК (2008.01), E21B 21/06. Пристрій для очищення бурового розчину від механічних домішок / Огороднiков П.І., Світлицький В.М., Малярчук Б.М., Рибчич І.Й., Лисяний Г.М.; заявник і власник ДК Укргазвидобування НАК Нафтогаз України. – № u200809889; заявл. 29.07.08; опубл. 26.01.09. Бюл. № 2 – 4 с.

40. Покропивний С.Ф. Економіка виробництва. - К.ІКНЕУ, 2001. - 528 с., іл.

41. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В.Т. Павлище. – К.: Вищ. шк., 2003. – 560 с.

42. Павловський М.А. Теоретична механіка. / М.А. Павловський – К.: Техніка, 2002. – 512 с.

43. Перелік потенційно небезпечних об'єктів Полтавської області, які зареєстровані у Державному реєстрі потенційно небезпечних об`єктів. Електронний доступ: http://sfd.archives.gov.ua/user-files/Poltava.pdf.

44. Пентюк Б. М., Назаренко І. І., Вірник М. М. Основи патентознавства та інтелектуальної власності : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2007. 195 с.

45. Писаренко Г.С. Опір матеріалів / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Є.С. Уманський – К.: Вища школа, 2004. – 655 с.

46. Пістун І.П. Охорона праці (Законодавство. Організація роботи): навчальний посібник / Пістун І. П., Березовецька О. Г., Трунова І. О. – Львів: Тріада плюс, 2010. – 648 с.

47. Проектування бурового і нафтогазопромислового обладнання: навчальний посібник / В.С. Білецький, В.Г. Вітрик, А.М. Матвієнко та ін. // Полтава, ПолтНТУ, 2015. – 196 с.

48. Райковська Г.О. Деталі машин. Курсове проектування: навч.-метод. посібник / Г.О. Райковська, В.Д. Головня. – Житомир: ЖДТУ, 2016. – 126 с.

49. Світлицький В.М. Машини та обладнання для видобування нафти і газу: Довідковий посібник. В.М. Світлицький, С.В. Кривуля, А.М. Матвієнко, В.І. Коцаба – Харків. – КП "Міська друкарня", 2014. – 352 с.

50. Світлицький В. М, Синюк Б.Б ., Троцький В. П. Техніка і технологія підземного ремонту свердловин. Харків, 2006. 235 с.

51. Типовий проект безпечної організації вишкомонтажних робіт при монтажі, демонтажі бурової установки. Загальні вимоги. Чернігів, 2002. 30 с.

52. Устюгов І.І. Деталі машин / І.І. Устюгов – К.: Вища школа, 1984. – 400 с.

53. *Evans G.M.* Einfluss der Streckenergie auf Mikrogefuge und Eigenschaften von C-und Mn-haltigen reinen Schweissgutem//Oerlikon- Schweissmitt. — 1990. - N 92. - P. 20-35.

54. *Keen B.J., Mills K.C., Bryant J.W.* Effect of interaction between surfase active elements on the surfase tension ofiron//Can. Met. Quart. - 1982. - N 4. - P. 393-403.

55. Romanenko E.F., Kolmykov V.I. Chemical and Petroleum Engineering, 2014. 12. P. 32.

56. Tong Z., Liu H., Zhu F. Artificial Intelligence and Computational Intelligence, 2009. 5855. 215 p.

57. Fridman M.M., Galiullin A.A., Fomin G.D. Hydrotechnical Construction, 1978. 8. P. 14.

58. Mwachaka S.M., Wu A., Fu Q. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 2018. 2. P. 1.

59. Kolesnikova S.I., Yankovskaya A.E. Estimation of significance of attributes for tests in intelligent systems RAS Theory and control systems, 2008. V. 6. P. 135-148.