

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

Навчально-науковий інститут нафти і газу  
Кафедра буріння та геології  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Спеціальність 185 Нафтогазова інженерія та технологій  
Освітня програма «Буріння нафтових і газових свердловин»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри буріння та геології  
Винников Ю.Л.

«20» 01 листопада 2026 року

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на тему Модернізація циркуляційних систем бурових установок  
**Пояснювальна записка**

**Керівник**

к.т.н., доц., доц. кафедри буріння та геології Ягольник А.М.  
посада, наук. ступінь, ПІБ

**Виконавець роботи**

Семчишин Ростислав Тарасович  
студент групи 2МНБ  
студент, ПІБ

підпис, дата

підпис, дата

**Консультант за 1 розділом**

к.т.н., доц., доцент кафедри буріння та геології Ягольник А.М.  
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

**Консультант за 2 розділом**

к.т.н., доц. доцент кафедри Б.Г. Мельник О.В.  
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

**Консультант за 3 розділом**

к.т.н., доц., доцент кафедри Б.Г. Ягольник А.М.  
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту 21.01.2026р.

Полтава, 2026

Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут: Нафти і газу  
Кафедра: Буріння та геології  
Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр  
Спеціальність: 185 Нафтогазова інженерія та технологій  
Освітня програма: Буріння нафтових і газових свердловин

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри буріння та геології

Винников Ю.Л. *Ю.Винник*

« 3 » 09 2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Семчишин Ростислав Тарасович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація циркуляційних систем бурових установок

2. Керівник роботи доц. кафедри буріння та геології, доц., к.т.н. Ягольник А.М.

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

затверджені наказом вищого навч. закладу від « 3 » 09 2025 року № 10-15-92

3. Строк подання студентом роботи 21-01-2026р.

4. Вихідні дані до роботи

1. Нормативно-технічна література, періодичні видання, патенти на винаходи за темою роботи.

2. Проекти на влаштування свердловин (за необхідності).

3. Геологічні звіти за профілем роботи (за необхідності)

5. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація

Вступ

1. Аналітичний огляд літературних джерел та сучасного стану досліджуваної проблеми

2. Обґрунтування об'єкта дослідження, вихідних даних та методів розв'язання поставлених задач.

3. Дослідження, розрахунки та експериментальне обґрунтування прийнятих технічних рішень.

Загальні висновки по роботі

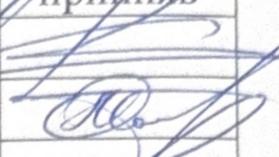
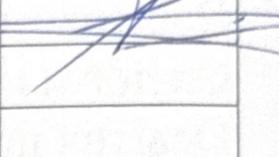
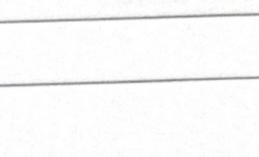
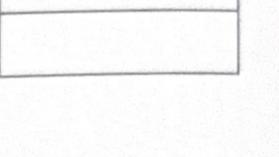
Список використаних джерел

Додатки (за необхідності)

6. Перелік графічного матеріалу

Презентація із основними результатами кваліфікаційної роботи

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	к.т.н., доц. Яковенко А.М.		
2	к.т.н., доц. Матвей О.В.		
3	к.т.н., доц. Яковенко А.М.		

8. Дата видачі завдання 3.09.2025р.

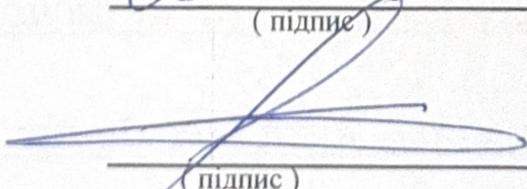
### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Етапи підготовки	Термін виконання
1	Аналіз літературних джерел та сучасного стану проблеми	13.10.2025 – 02.11.2025
2	Формування мети, задач, обґрунтування об'єкта і предмета дослідження	03.11.2025 – 16.11.2025
3	Виконання основної частини роботи (розрахунки / експерименти / аналіз)	17.11.2025 – 28.12.2025
4	Узагальнення результатів, формування висновків	29.12.2025 – 05.01.2026
5	Оформлення та узгодження кваліфікаційної роботи	06.01.2026 – 12.01.2026
6	Попередній захист кваліфікаційної роботи	13.01.2026 – 15.01.2026
7	Захист кваліфікаційної роботи	19.01.2026 – 23.01.2026

Студент

 Семченко І.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

 \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ. МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	11
1.1 Основні задачі, пов'язані із циркуляційними системами .....	11
1.2 Функції циркуляційних систем та вимоги, що до них висуваються.....	13
1.3 Класифікація циркуляційних систем .....	14
1.4 Інформація для проектування циркуляційних систем .....	15
1.5 Обладнання циркуляційних систем .....	17
1.6 Висновки до розділу 1. Мета та задачі .....	36
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ЦИРКУЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	38
2.1 Бурові насоси в елементах циркуляційної системи .....	38
2.2 Обладнання блоку приготування і обробки розчину .....	40
2.3 Блок очистки бурового розчину .....	45
2.4 Висновки до розділу 2 .....	50
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ ЦИРКУЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	52
3.1 Аналіз вібросит вітчизняного і закордонного виробництва .....	52
3.2 Гідравлічний метод очищення вітчизняними виробниками.....	53
3.3 Гідравлічний метод очищення бурового розчину за допомогою центрифуги вітчизняного виробництва марки ОГШ-50.....	55
3.4 Гідравлічний метод очищення бурового розчину за допомогою центрифуги закордонного виробництва .....	57
3.4.1 Центрифуга закордонного виробництва марки SWACO-518.....	57
3.4.2 Центрифуга закордонного виробництва марки FORWARD LWG450.....	57
3.4.3 Центрифуга закордонного виробництва марки GNLW363 .....	58
3.4.4 Центрифуга закордонного виробництва марки DL-353.....	59
3.4.5 Центрифуга закордонного виробництва марки HS3400-DREXEL.....	59
3.5 Аналіз центрифуг вітчизняного і закордонного виробництва.....	60

3.6 Комплектування циркуляційних систем.....	62
3.7 Висновки до розділу 3 .....	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

## АНОТАЦІЯ

Семчишин Ростислав Тарасович. Модернізація циркуляційних систем бурових установок: кваліфікаційна магістерська робота, Полтава, Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка, 2025.

В роботі розроблено ресурсоефективні циркуляційні системи бурових установок.

*Перший розділ* присвячений аналізу літературних джерел основних проблем, пов'язані із циркуляційними системами, аналізу функцій циркуляційних систем та вимоги, що до них висуваються, класифікація циркуляційних систем та окреслити інформацію для проектування циркуляційних систем.

У *другому розділі* обладнання циркуляційної системи: бурові насоси, обладнання блоку приготування і обробки розчину, блок очистки бурового розчину.

У *третьому розділі* проаналізовано вібросита вітчизняного і закордонного виробництва; гідравлічний метод очищення вітчизняними виробниками; гідроциклони закордонного і вітчизняного виробництва; центрифуги вітчизняного і закордонного виробництва;

Та наведено комплектування циркуляційних систем для конкретних геологічних умов буріння.

Загальні висновки відображають головні результати, що отримано в роботі.

**Ключові слова:** циркуляційні системи, насос, вібросито, центрифуга, дегазатор, пісковідділювач, муловідділювач, комплектування.

## ABSTRACT

Semchyshyn Rostyslav Tarasovych. Modernization of circulation systems for drilling rigs: master's thesis, Poltava, Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic, 2025.

The master's thesis develops resource-efficient circulation systems for drilling rigs.

The first section is devoted to the analysis of literary sources on the main problems associated with circulation systems, the analysis of the functions of circulation systems and the requirements imposed on them, the classification of circulation systems, and the outline of information for the design of circulation systems.

The second chapter covers circulation system equipment: drilling pumps, drilling fluid preparation and treatment equipment, and drilling fluid cleaning equipment.

The third chapter analyzes vibrating screens of domestic and foreign production; the hydraulic cleaning method used by domestic manufacturers; hydrocyclones of foreign and domestic production; centrifuges of domestic and foreign production.

It also provides a list of circulation system components for specific geological drilling conditions.

The general conclusions reflect the main results obtained in the work.

**Keywords:** circulation systems, pump, vibrating screen, centrifuge, degasser, sand separator, sludge separator, configuration.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У ХХІ столітті наука в бурінні рухається величезними темпами. Рівень виробництва робіт 20-річної давності не можна порівняти з нинішнім. Постійно відбувається модернізація обладнання, бурові компанії беруть курс на підвищення культури виробництва, впроваджують нові технології, поступово зменшується частка ручної праці в загальному обсязі робіт. Але деякі проблеми залишаються актуальними протягом багатьох років.

Однією з таких проблем є недосконалість циркуляційних систем, що застосовуються як у бурінні, так і в капітальному ремонті свердловин.

**Метою магістерської роботи** є удосконалення ресурсоефективних циркуляційних систем бурових установок для буріння свердловин в конкретних гірничо-геологічних умовах.

Для досягнення зазначеної мети поставлені такі **задачі**:

- Провести аналіз основних проблем, пов'язані із циркуляційними системами, функцій циркуляційних систем та вимоги, що до них висуваються та класифікацію циркуляційних систем та окреслити інформацію для проектування циркуляційних систем;

- Проаналізувати обладнання циркуляційної системи: бурові насоси, обладнання блоку приготування і обробки розчину, блок очистки бурового розчину.

- Проаналізувати вібросита вітчизняного і закордонного виробництва, гідравлічний метод очищення вітчизняними виробниками, гідроциклони закордонного і вітчизняного виробництва, центрифуги вітчизняного і закордонного виробництва;

- Навести комплектування циркуляційних систем для конкретних геологічних умов буріння.

**Об'єктом дослідження** є робота циркуляційних систем та комплектуючого обладнання для них при бурінні свердловин.

**Предмет дослідження** – удосконалення циркуляційних систем і комплектуюче обладнання для них для буріння свердловин в конкретних гірничо-геологічних умовах.

**Методи дослідження:** Аналітичний огляд з метою з'ясування досягнень науки і техніки в розглянутій галузі; Проведення аналізу комплектуючого обладнання циркуляційних систем.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в тому що вдосконалено циркуляційні системи бурових установок для буріння свердловин в конкретних гірничо-геологічних умовах.

**Практичне значення роботи** полягає в тому, на основі проведеного аналізу комплектуючого обладнання циркуляційних систем вітчизняного та зарубіжного виробництва, в результаті розроблено ресурсоефективні циркуляційні системи бурових установок.

**Структура і обсяг роботи.** Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Вона викладена на 66 сторінках, у тому числі 63 сторінки основного тексту, 37 рисунка, 6 таблиць, 3 сторінкок списку використаних джерел (63 найменування).

*Перший розділ* присвячений аналізу літературних джерел основних проблем, пов'язані із циркуляційними системами, аналізу функцій циркуляційних систем та вимоги, що до них висуваються, класифікація циркуляційних систем та окреслити інформацію для проектування циркуляційних систем.

*У другому розділі* обладнання циркуляційної системи: бурові насоси, обладнання блоку приготування і обробки розчину, блок очистки бурового розчину.

*У третьому розділі* проаналізовано вібросита вітчизняного і закордонного виробництва; гідравлічний метод очищення вітчизняними виробниками; гідроциклони закордонного і вітчизняного виробництва; центрифуги вітчизняного і закордонного виробництва;

Та наведено комплектування циркуляційних систем для конкретних геологічних умов буріння.

Загальні висновки відображають головні результати, що отримано в роботі.

Магістерська робота виконана у Навчально-науковому інституті нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» під керівництвом доц., к.т.н. Ягольник А.М.

## **РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ. МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Циркуляційні системи – це та частина бурового обладнання, якої модернізація стосується лише частково. Виробництво циркуляційних систем та обладнання для очищення бурового розчину ведеться вітчизняними виробниками з 70-х років ХХ століття.

З огляду на посилені в останні роки екологічні та економічні норми щодо виробництва бурових робіт, актуальність проблеми вдосконалення циркуляційних систем не викликає сумнівів.

У практичній частині роботи передбачається запропонувати авторські рішення щодо вирішення проблем, пов'язаних з недосконалістю ЦС. Крім того, будуть запропоновані способи вирішення проблем, що виникають на вітчизняному ринку виробників ЦС.

Робота буде виконана на основі знань, отриманих у процесі вивчення спеціальних дисциплін. Будуть проведені всі необхідні економічні та технологічні розрахунки. Передбачається використання демонстраційного матеріалу, а також реальних даних останніх років.

За результатами передбачається проводити подальші дослідження з метою впровадження нових конструктивних рішень на вітчизняному ринку виробників бурового обладнання.

### **1.1 Основні задачі, пов'язані із циркуляційними системами**

Україна щорічно робить великий внесок у загальний обсяг видобутих у світі корисних копалин, особливо нафти і газу. Але, як уже зазначалося, у нафтогазовій промисловості на даний момент багато невирішених проблем. У бурінні нафтових і газових свердловин багато проблем пов'язано з циркуляційними системами. Серед них:

- Відсутність підприємств-виробників бурового обладнання, в тому числі і для циркуляційних систем. Ця проблема має істотний вплив при підрахунку загальних витрат бурової компанії, так як транспортування бурового обладнання з Європи дороге коштує і займає багато часу.

- Конструктивна недосконалість існуючих циркуляційних систем. Саме цей недолік позначається на збільшенні витрат в процесі буріння, які в основному йдуть на перевитрату хімічних реагентів для регулювання властивостей бурового розчину через його неякісне очищення. Також конструктивні недоліки ЦС істотно впливають і на швидкість проведених технологічних операцій.

- Висока небезпека по відношенню до навколишнього середовища при використанні циркуляційних систем. Обладнання для приготування, зберігання та очищення бурового розчину, що випускається вітчизняними виробниками, відповідає вимогам діючого законодавства, але не проходить контроль, якщо він проводиться за закордонними стандартами.

- Погані умови праці. В умовах повсюдного підвищення рівня культури виробництва бурових робіт, умови праці помічників бурильника п'ятого розряду, що працюють в ЦС, дуже низькі.

- Слабке впровадження у виробництво нових технічних і технологічних рішень. Вітчизняні виробники обладнання та бурові компанії, на відміну від зарубіжних, поведуться надто консервативно. Це підтверджується малим інтересом з їхнього боку до нових розробок вчених, які могли б підвищити багато показників буріння, поліпшити умови праці. Ця проблема є особливо актуальною по відношенню до модернізації ЦС, на яку практично не витрачаються фінансові активи підприємств.

Були розглянуті найбільш гострі та важливі проблеми, які мають істотний вплив на технологічні та економічні показники ефективності буріння. У роботі передбачається навести авторські варіанти вирішення цих проблем з подальшим впровадженням пропозицій щодо вдосконалення у вітчизняну практику буріння.

## 1.2 Функції циркуляційних систем та вимоги, що до них висуваються

Очищення стовбура свердловини – найважливіший фактор, що забезпечує успішне буріння і визначає якість цементування на заключному етапі її будівництва [2]. Тому основні функції циркуляційної системи бурової установки повинні бути на такому рівні, щоб спільно з геолого-технічними умовами буріння досягалася мета максимально якісного очищення свердловини від вибуреної породи та попередження можливих ускладнень і аварій.

Циркуляційна система являє собою комплекс механізмів і обладнання, що входить до складу комплексу бурової установки [1]:

- для приготування і зберігання бурової промивальної рідини;
- закачування розчину в свердловину;
- хімічної обробки бурової промивальної рідини;
- очищення бурової промивальної рідини від шламу;
- дегазації бурової промивальної рідини (відділення бурової промивальної рідини від газу);
- доливання розчину в свердловину при підйомі труб.

У процесі поглиблення свердловини в бурову промивальну рідину потрапляє буровий шлам, пластовий флюїд (нафта, вода, конденсат) або газоподібний (вуглеводневий газ, у тому числі кислий), які повинні бути обов'язково видалені. Потрапляння в промивальну рідину шлам виявляє шкідливий вплив на технологічні властивості і призводить до погіршення технічних показників буріння. Тому очищення бурової промивальної рідини є найбільш важливим етапом.

У методах зменшення забруднення навколишнього середовища при бурінні в конструкцію ЦС включають пристрої, що запобігають витоку бурової промивальної рідини на землю і здійснюють її збір та переробку.

У разі необхідності (відповідно до вимог природоохоронних органів) якість очищення бурової промивальної рідини доводиться практично до технічної води за рахунок включення до складу ЦС спеціального блоку коагуляції та флокуляції, що працює спільно з центрифугами [3]. При необхідності очищення промивальної рідини від газоподібного флюїду, до складу ЦС включаються спеціальні пристрої для очищення – сепаратори і дегазатори. Крім цього, з огляду на сформовану економічну ситуацію, існують особливі вимоги до економічної доцільності використання даної ЦС. Також в нових циркуляційних системах велике значення мають вимоги до підтримання високого рівня культури виробництва та рівня праці.

### **1.3 Класифікація циркуляційних систем**

Циркуляційні системи найзручніше класифікувати за функціональними та конструктивними ознаками і за належністю до того чи іншого типу бурових установок [3].

#### **1.3.1 Класифікація за належністю до типу бурової установки**

1. Для кушового буріння – циркуляційні системи, виконані в модульному виконанні на рейкових опорах;
2. Для стаціонарних бурових установок – циркуляційні системи, виконані на стаціонарних опорах;
3. Для мобільних установок – пересувні циркуляційні системи на колісному або гусеничному ході, ЦС в блочно-модульному виконанні (відрізняються від вищевказаних меншими габаритами).

#### **1.3.2 Класифікація за конструктивними ознаками**

Дана класифікація ґрунтується на відмінності ЦС за способом транспортування до місця використання, тобто на родовище.

1. Великоблочні;
2. Блочно-модульні;
3. Блочні.

Також циркуляційні системи поділяються за монтажною здатністю. Блочно-модульні ЦС проходять на заводі повне збирання з розведенням всіх технологічних трубопроводів і електричних комунікацій з подальшим стикуванням на швидкокороз'ємних з'єднаннях, що дає менше витрат часу при первинному і повторному монтажах на місці буріння.

В останні роки, у зв'язку з підвищеною увагою до безпеки екології при проведенні бурових робіт, а також при збільшенні обсягів буріння з платформ на морі з'явилася нова класифікація циркуляційних систем.

#### Класифікація ЦС за способом утилізації відходів

1. ЦС для буріння зі шламовим амбаром – перед бурінням проводяться земляні роботи з метою обладнання шламового амбара, місця, куди буде скидатися шлам і відпрацьований буровий розчин. Після проведення бурових робіт відходи утилізуються, іноді шламовий амбар просто заривається. Цей факт робить такі ЦС небезпечними для навколишнього середовища, оскільки буровий розчин є складною фізико-хімічною сумішшю різних речовин і хімічних реагентів, які можуть бути досить токсичними.

2. ЦС для буріння без шламових амбарів – застосовується при бурінні на морі, а також в місцях з особливими вимогами до охорони навколишнього середовища. Але дані ЦС поширені слабо, так як при їх використанні необхідне додаткове дороге обладнання, а також сама технологія проведення знешкодження та утилізації відходів не надійна і вимагає великих витрат.

У даному розділі були розглянуті основні типи циркуляційних систем, а також критерії, за якими відбувається класифікація самих ЦС, а також комплектуючого обладнання.

### **1.4 Інформація для проектування циркуляційних систем**

Для проектування та компонування циркуляційної системи, як мобільної, так і стаціонарної, від замовника потрібний певний комплекс інформації. Достовірність інформації дуже важлива, оскільки неправильна

комплектація ЦС може призвести до значного порушення режиму буріння, а отже, і до великих витрат.

При оформленні технічного завдання на ЦС або МЦС замовник повинен надати наступну інформацію [9,10]:

- Необхідний обсяг бурової промивальної рідини на денній поверхні;
- Продуктивність бурових насосів при циркуляції промивальної рідини;
- Висота гирла бурової установки і тип бурової установки;
- Напрямки скидання шламу з блоку очищення і схема розташування ємностей ЦС щодо бурової установки;
- Укомплектованість блоку очищення;
- Тип укриття (жорстке або каркасно-тентове);
- Тип опалення;
- Тип колектора вібросит (труба, коробчатий жолоб);
- Тип системи доливання;
- Необхідність системи приготування бурового розчину, системи приготування розчинів хімічних реагентів, системи зберігання розчинів хімреагентів;
- Потреба у вбудованій водяній ємності;
- Потреба в центрифугі, дегазаторі, сепараторі та іншому додатковому очисному обладнанні;
- Необхідні габарити ЦС.

Різні підприємства можуть висувати додаткові вимоги щодо надання інформації, але вона часто не впливає на конструкцію та комплектацію ЦС.

Цілий ряд додаткових вимог до замовника висувається при замовленні ЦС з системою знешкодження шламу [10]:

- Необхідна продуктивність по шламу;
- Виконання (стаціонарне або в складі бурової установки);
- Спосіб підведення шламу: шнек з бурової, автомобіль, конвеєр;
- Спосіб вивезення суміші; автомобіль, на конус під грейдерування, комора, контейнер;

- Кліматичне виконання;
- Тип укриття;
- Спосіб опалення;
- Висота вивантаження шламу шнеком (для варіанту роботи з буровою установкою);
- Інші вимоги, наприклад, власного водопостачання, системи затарювання тощо.

За умови надання достовірної та повної інформації щодо необхідної ЦС замовник отримає повністю укомплектований та підготовлений до використання в даних геолого-технічних умовах комплекс обладнання.

### **1.5 Обладнання циркуляційних систем**

Для правильного проектування конструкції та комплектації циркуляційних систем фахівцю необхідно добре знати перелік обладнання, що використовується. Він повинен знати принцип і умови роботи всіх механізмів, їхні переваги та недоліки в порівнянні з іншими. Крім того, проектувальник повинен знати найбільш відомих виробників даного обладнання та стежити за появою нових технічних і технологічних рішень на ринку.

Обладнання в ЦС дуже різнопланове, кожна його одиниця має своє певне призначення, тому необхідно ввести класифікацію:

1. Блоки циркуляційних систем;
2. Насоси;
3. Обладнання для очищення бурової промивальної рідини;
4. Обладнання для приготування і перемішування бурової промивальної рідини;
5. Додаткове обладнання.

#### **1.5.1 Блоки циркуляційних систем**

Блоки циркуляційних систем у свою чергу також можна класифікувати. Ця класифікація розділяє блоки ЦС за функціональним призначенням:

- Блоки очищення; Блоки очищення потрібні з метою ведення бурових робіт за маловідходною або безамбарною технологією і входять до складу ЦС бурових установок всіх класів. Вони очищають бурову промивальну рідину від шламу з розміром частинок більше 5 мкм, обробку на центрифугі зливів гідроциклонів з видаленням шламу зниженої вологості, а також регенерацію бариту після завершення буріння свердловини, переробку надлишків бурової промивальної рідини з її розділенням на зворотню воду і шлам зниженої вологості, дегазацію бурових промивних рідин.

Обладнання для очищення бурового розчину буде розглянуто у відповідному пункті.

- Блоки для приготування бурових розчинів і спеціальних рідин; Блоки приготування бурових розчинів і спец рідин призначені для приготування бурових промивальних рідин, хімреагентів і різних технологічних рідин при будівництві та капітальному ремонті свердловин. Встановлюються до складу циркуляційних систем бурових установок всіх класів, а також з установками для капітального ремонту свердловин та іншими технічними засобами.

При правильному проектуванні даного блоку і використанні в ньому якісного багатофункціонального обладнання можна отримати наступні переваги: зменшення часу на приготування розчинів; можливість одночасного змішування і диспергування компонентів розчину за один цикл циркуляції рідини; виключення втрат матеріалів; екологічна безпека процесу приготування хімічних реагентів, бурових промивальних рідин; механізація і безпека робіт; простота обслуговування і експлуатації, можливість організації зворотного водопостачання на буровій.

Обладнання для приготування і перемішування бурового розчину буде розглянуто у відповідному пункті.

- Блоки зневоднення бурових розчинів; Блок зневоднення бурових розчинів потрібні для видалення надлишку бурової промивальної рідини з

циркуляції, а також зневоднення зливу з центрифуги при регенерації бариту з бурового розчину.

Цей блок застосовується разом з центрифугою або вбудовується в циркуляційну систему з використанням центрифуги.

- Блок для зберігання сипучих матеріалів; Цей блок необхідний для прийому, зберігання сипучих матеріалів, приготування та обважнення бурової промивальної рідини. Робить можливим завантаження бункерів сипучими матеріалами (глинопорошок, цемент, барит, хімічні реагенти) безпосередньо з цементних агрегатів і за допомогою існуючого в комплекті пневмонавантажувача – з контейнерів і мішків. Контрольно-вимірвальна апаратура забезпечує контроль завантаження, зберігання та видачі сипучих матеріалів [4].

Даний блок застосовується в основному на бурових установках для буріння нафтових і газових свердловин глибиною понад 5000 м [4].

- Приймальний блок; Це блок, який призначений для перемішування і підготовки бурового розчину до закачування в свердловину. Він являє собою ємність, оснащену гідравлічними або механічними перемішувачами. За конструкцією він схожий з проміжними блоками, з якими він з'єднаний за допомогою трубопроводу. Також цей блок з'єднаний з буровим насосом, який забезпечує його подачу з необхідною витратою в свердловину.

- Блоки для хімічного очищення бурових стічних вод; Блок, призначений для підготовки бурових стічних вод до використання в зворотному водопостачанні бурової установки на технічні потреби, при приготуванні бурових і тампонажних розчинів або до нормативного скидання на поверхню території.

- Проміжний блок; Проміжний блок призначений для зберігання необхідного обсягу бурового розчину. На ємностях блоку встановлені гідравлічні або механічні перемішувачі. За конструкцією цей блок аналогічний приймальному блоку і пов'язаний з ним трубопроводом, рух розчину по якому контролюється насосом і засувками.

- Блоки зневоднення та утилізації відходів буріння; Ці блоки використовуються в процесі спорудження свердловини при використанні безамбарної технології. Принцип їх дії полягає в безперервному очищенню бурового розчину від шламу, повному роз'єднанню деякої частини бурового розчину на тверду і рідку фази, при вторинному використанні рідкої фази на розбавлення, приготування нових порцій бурового розчину та інші цілі, а після закачування буріння – в затвердіння зневодненої твердої фази за допомогою різних в'язучих добавок, зокрема, цементу.

- Система доливання розчину в свердловину; Ця система являє собою ежектор, який підключений за допомогою трубопроводу або до проміжного блоку, або до спеціальної ємності з буровим розчином, що використовується для доливання свердловини.

- Комбіновані блоки. Це обладнання, яке виконує функції відразу декількох блоків у вищевказаній класифікації. Найчастіше комбіновані блоки створюються шляхом об'єднання послідовних блоків у циркуляційній системі. Наприклад, блок приготування та очищення бурового розчину або блок зневоднення, утилізації шламу та хімічного очищення бурових стічних вод.

### **1.5.2 Насоси**

Насоси – невід'ємна частина будь-якої циркуляційної системи, що використовується для буріння свердловин. Бурові насоси, в принципі, не відносяться до циркуляційної системи і поставляються окремо, найчастіше, в комплекті з буровою установкою. Але їх не можна не враховувати при проектуванні ЦС, тому їм слід приділити особливу увагу. Також дуже важливі горизонтальні, вертикальні та інші насоси, якими повинна бути укомплектована будь-яка ЦС.

- Бурові насоси; Бурові насоси використовуються для нагнітання бурової промивальної рідини в свердловину під необхідним тиском. Вони повинні забезпечувати необхідну витрату. Від роботи насосів часто залежить якість очищення стовбура і вибою свердловини від шламу, а також стабільна робота гідравлічних забійних двигунів. Основними вітчизняними насосами різної

потужності і типів (двопоршневі двосторонньої дії і трипоршневі односторонньої дії). На рис. 1.1 представлені бурові насоси: УНБ – 600А – двопоршневий двосторонньої дії; УНБТ – 950А – три поршневий односторонньої дії [4].

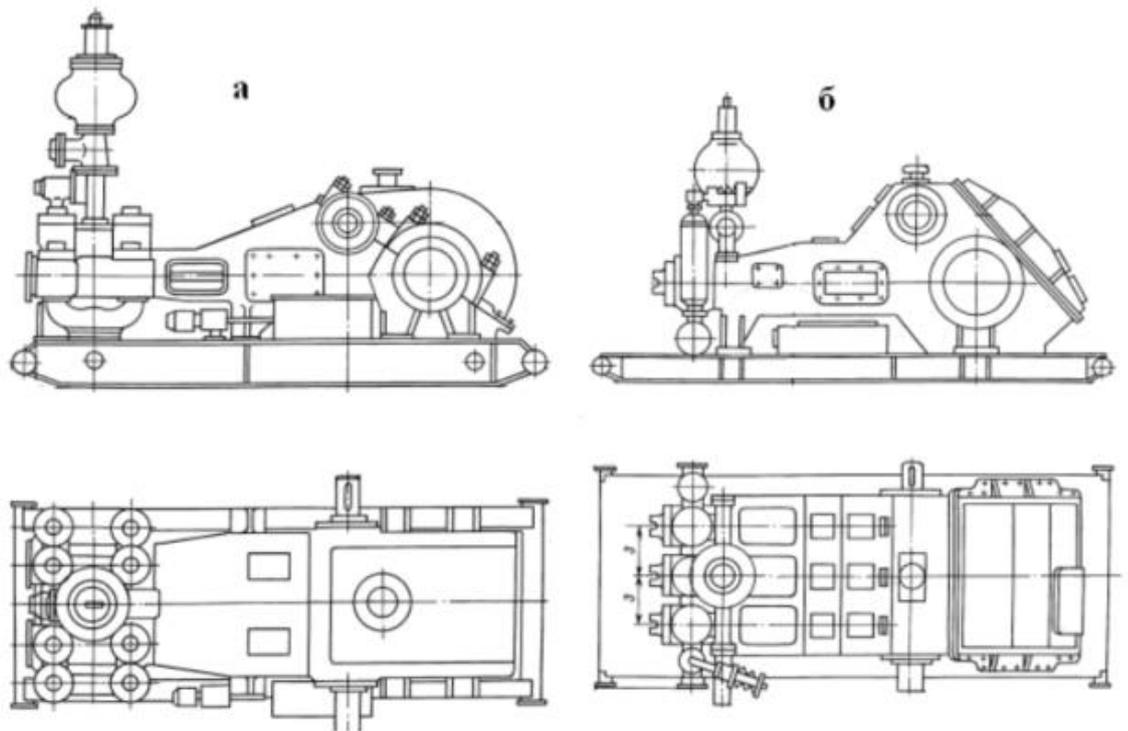


Рисунок 1.1 – Бурові насоси: а – УНБ-600А; б – УНБТ-950А

Горизонтальні шламіві насоси; ГШН призначені для перекачування гідросумішей з дрібною твердою фракцією, в тому числі бурового розчину, з наступними характеристиками завислих частинок: густина –  $1300-2500 \text{ кг/м}^3$ ; вміст – до  $500 \text{ кг/м}^3$ ; твердість частинок за шкалою Мооса не вище – 3; розмір частинок не більше 25 мм в умовах температури від 5 до  $60^\circ\text{C}$ . На рис. 1.2 представлений ГШН.

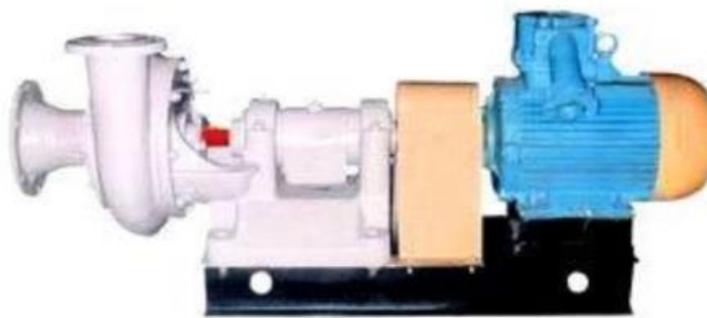


Рисунок 1.2 – Горизонтальний шламівий насос

Вертикальні шламіві насоси; ВШН призначений для перекачування, що застосовується при бурінні свердловин промивального агрегату густиною до  $1300 \text{ кг/м}^3$  і подачі забрудненого бурового розчину в гідроциклонну установку для очищення від вибуреного і обвального шламу. Насос працює при перекачуванні бурового розчину з температурою від  $0$  до  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  з вмістом твердих частинок розміром до  $20 \text{ мм}$ . Корпус насоса при роботі повинен бути повністю занурений в перекачувану рідину. Іноді застосовується подовжений агрегат електронасосний відцентровий вертикальний. На рис. 1.3 представлений ВШН.



Рисунок 1.3 – Вертикальний шламівий насос

Відцентрові насоси; Відцентрові насоси призначені для перекачування бурового розчину і сумішей рідини з твердою фазою, для приготування, циркуляції і очищення при будівництві та ремонті свердловин різного

призначення і на допоміжному обладнанні бурових і ремонтних підприємств.  
На рис. 1.4 представлений ВН.



Рисунок 1.4 – Відцентровий насос

Погружні (занурювальний) насоси; ПН призначені для транспортування бурових розчинів, частіше – для подачі в центрифугу або в піскомуловідділювач розчину густиною до  $2100 \text{ кг/м}^3$ . Насос встановлюється в відсіку циркуляційної системи, жолобі, окремій ємності або шламовому амбарі. На рис. 1.5 представлений ПН.



Рисунок 1.5 – Погружний (занурювальний) насос

### 1.5.3 Обладнання для очищення

Внаслідок руйнування гірських порід на вибої свердловини бурова промивальна рідина, що циркулює в ній, постійно збагачується шламом, що призводить до збільшення густини, в'язкості та статичної напруги зсуву бурового розчину з різними негативними факторами:

- збільшення ймовірності виникнення різного роду ускладнень, аварій та ін.;
- зниження ресурсу роботи гідравлічного обладнання (бурових насосів, вертлюгів);
- зниження механічної швидкості буріння і проходки на долото.

Підвищення вмісту твердої фази в БР на 1 % шляхом збагачення шламом, зменшує працездатність доліт на 7...10 % (головний фактор за рахунок зростання в'язкості).

Хіба що сюди додати неминучі витрати на відновлення властивостей БР шляхом збагачення його шламом (розведення водою, введення реагентів - розріджувачів тощо), то необхідність очищення БР від шламу не викликає жодних сумнівів.

Можна помітити, що ефективне очищення БР може виникнути тільки при штучному прискоренні опускання шламу, що простіше досягається при вібраціях або за рахунок відцентрового ефекту.

- Вібраційні сита; Робота вібросита полягає в наступному: потік БР, що виходить зі свердловини, надходить рівномірним шаром на вібруючу раму сітки, шлам під нахилом сітки виходить за межі вібраційного сита, а очищений буровий розчин потрапляє між отворами сітки в приймальну ємність.

У складі вібраційного сита знаходиться електродвигун, який і дає коливання рами, та ексцентриковий вал, з'єднаний з електродвигуном клиноремінною передачею.

Головним фактором, що визначає ступінь очищення, пропускну здатність вібраційного сита, величину втрат БР зі шламом і термін служби

сіток є розмір їх комірок. Ступінь очищення БР тим вище, чим менше розмір комірок сітки. Але зі зменшенням розміру комірок: зменшується пропускна здатність сіток; зменшується термін служби сіток; збільшуються втрати БР, що скидається разом із шламом у відвал.

Пропускна здатність сіток залежить ще й від цілого ряду інших факторів: площі фільтруючої поверхні; в'язкості БР; фракційного складу шламу і його кількості в буровому розчині; витрати БР та ін. На ресурсоефективність сіток найбільший вплив має їх натяг (провисання не допускається) [5, 8].

Навіть найкращі конструкції вібросит забезпечують видалення з БР не більше ніж 50 % вибуреної породи [8]. На рис. 1.6 представлені вібраційні сита різних модифікацій.

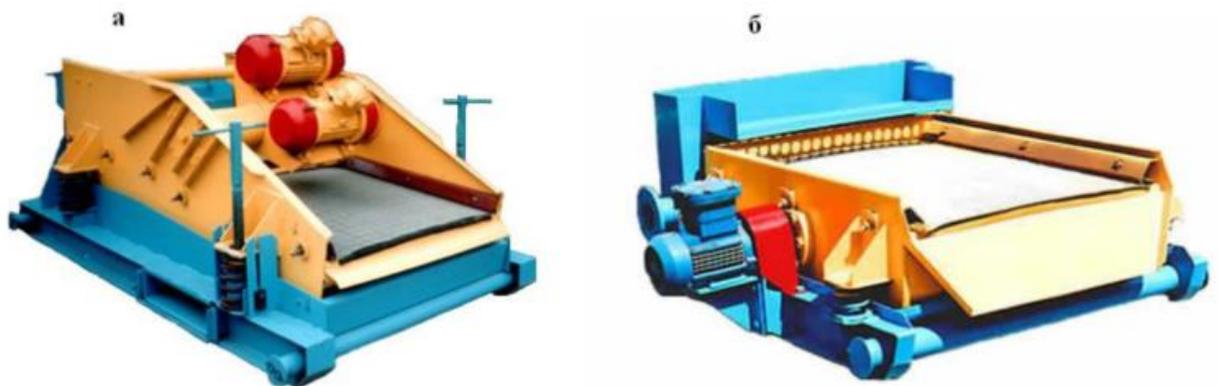


Рисунок 1.6 – Вібраційні сита: а – СВ1ЛМ; б – ВСМ-01.

- Пісковідділювачі, муловідділювачі, ситогідроциклонні сепаратори; Призначені для очищення бурового розчину від тонко дисперсного шламу розміром  $\geq 0,03$  мм за рахунок відцентрового ефекту. Конструктивно гідроциклон (див. рис. 1.7) являє собою нерухомий апарат, що складається з циліндричної, конічної частин і патрубків: живильного 1, зливного 2 і піщаного 3.

БР, попередньо очищений на віброситі, тангенціально (по дотичній) вводить всередину циліндричної порожнини гідроциклону, за рахунок чого

набуває вихрового руху. Під дією відцентрових сил частинки шламу відкидаються до стінок гідроциклону і опускаються по конусу в піщаний патрубок (на скидання). Звільнений від шламу БР піднімається вгору.

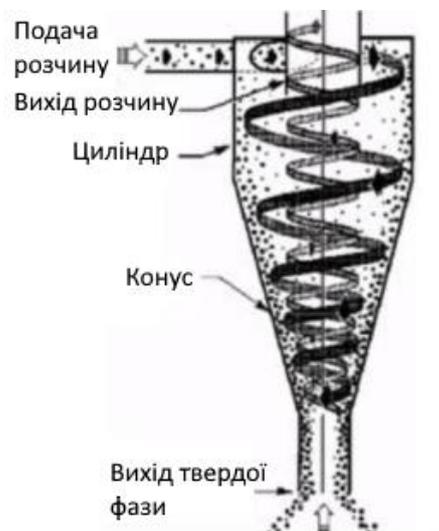


Рисунок 1.7 – Принцип дії гідроциклону

Це відбувається тому, що поблизу осі гідроциклону відцентрова сила настільки велика, що потік БР розривається, утворюючи повітряний стовп (розрядження), уздовж якого внутрішній потік піднімається вгору і розвантажується через зливний патрубок.

Процеси, що відбуваються в гідроциклоні, настільки складні, що математична модель його роботи досі відсутня. З цієї причини оптимізувати його технічні характеристики досить складно.

Продуктивність (пропускна здатність) гідроциклону і ступінь очищення в ньому БР взаємопов'язані і залежать від багатьох факторів: діаметра і довжини циліндричної частини; кута конусності (зазвичай 14...20 град); співвідношення діаметрів живильного і піщаного патрубків; тиску БР на вході в гідроциклон та ін.

Залежно від мінімального розміру частинок, що видаляються гідроциклони поділяють на: пісковідділювачі (0,08...0,09 мм); муловідділювачі (0,03...0,05 мм). Особливу увагу слід приділити

ситогідроциклонним сепараторам, які представляють собою суміщене вібраційне сито і гідроциклон [6, 8].

На рис. 1.8, 1.9 і 1.10 представлені пісковідділювач, муловідділювач і ситогідроциклонний сепаратор відповідно.

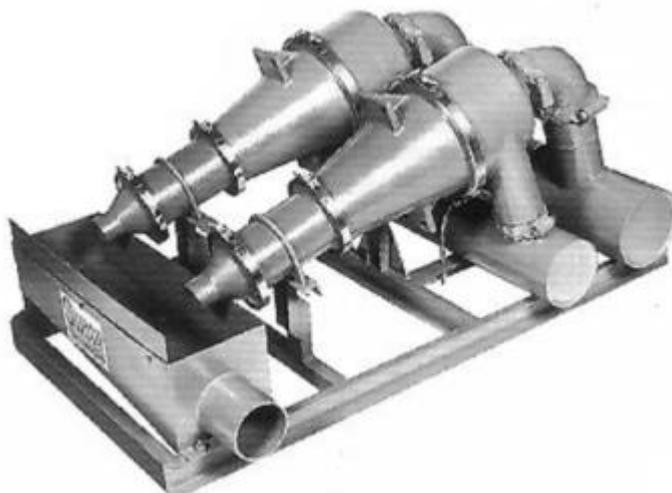


Рисунок 1.8 – Пісковідділювач



Рисунок 1.9 – Муловідділювач



Рисунок 1.10 – Ситогідроциклонний сепаратор

- Фільтр-прес; Призначений для тонкого очищення технологічних рідин, що використовуються при вторинному розкритті та ремонті нафтових і газових свердловин. Застосування фільтр-пресів забезпечує: простоту конструкції та компактність при великій площі фільтрування; малу втрату рідини при фільтруванні (на більше 2%); високий ступінь очищення (вміст твердої фази з розміром частинок у фільтраті до 2 мкм – не більше 0,07%); можливість просушування осаду; можливість багаторазового використання технологічної рідини.

- Центрифуги; Центрифуга призначена для очищення бурового розчину від вибуреної породи розміром 2 - 44 мкм і регенерації обважнювача. Центрифуга являє собою декантер (див. рис. 1.11), призначений для видалення твердих частинок з рідких фракцій. Рідкі бурові розчини безперервно подаються в довгу циліндричну секцію центрифуги, в якій вона формує пристінковий простір для утворення шару осаду, відомий під назвою відстійної зони. Товщина цього шару визначається рядом випускних отворів в кінці циліндричної секції або барабана декантера. Очищена від твердих частинок рідина випускається через ці отвори завдяки відцентровій силі. Оскільки тверді частинки важчі за рідину, вони залишаються у вигляді

відкладень або осаду на стінці барабана. Ці відкладення безперервно видаляються за допомогою гвинтового транспортера або шнека і подаються до кінчної частини барабана. Там вони вивантажуються через отвори у вузькому кінці цієї частини барабана. Освітлена рідина витікає з протилежного кінця центрифуги. На рис. 1.12 представлена центрифуга.

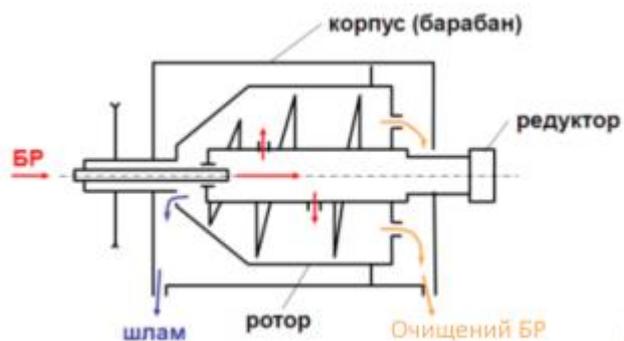


Рисунок 1.11 – Принцип дії центрифуги



Рисунок 1.12 – Центрифуга ОГШ-50

- Дегазатори; Газосепаратори. Газосепаратори та дегазатори призначені для очищення бурового розчину від газу, що його забруднює. Якщо буровий розчин забруднений не сильно і газ не токсичний, то використовується тільки дегазатор, а якщо газу багато і він токсичний, то використовується комбінація газосепаратора і дегазатора. Конструктивно газовий сепаратор (див. рис. 1.13) являє собою герметичний балон об'ємом до 4 м<sup>3</sup> з цілим

рядом патрубків: вхідним 1, газовим 2, зливним 3 і шламівим 4. Вхідний патрубок розташований тангенціально.

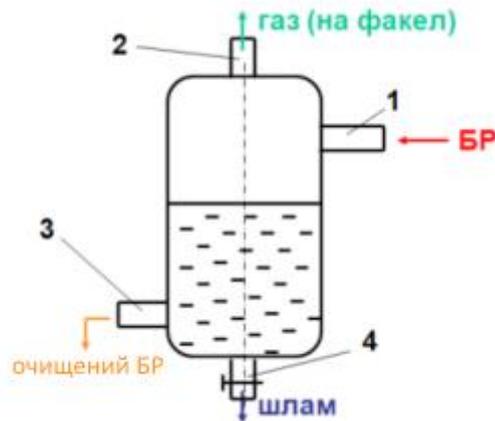


Рисунок 1.13 – Принцип роботи газового сепаратора

При введенні бурового розчину, у складі якого знаходиться сепаратор: зменшується швидкість потоку бурового розчину; вихровий рух набуває потік БР (виникає відцентрова сила). У газовому сепараторі об'єднуються два способи руйнування бульбашок газу: екранний, що працює на принципі різкого гальмування потоку; відцентровий, що працює на принципі обертання потоку бурового розчину. Парна робота цих способів і забезпечує краще виділення газу з рідини (діють сили інерції та гравітації).

Принцип роботи дегазаторів, які використовуються в бурінні (див. рис. 1.14), заснований на барометричному способі руйнування газових бульбашок (зміна тиску шляхом вакуумування).

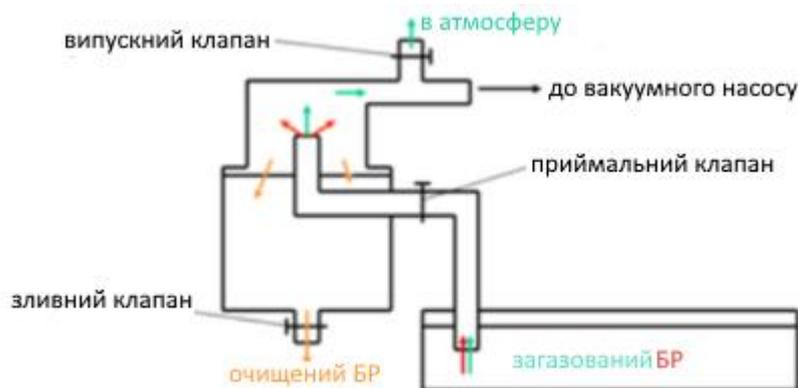


Рисунок 1.14 – Принцип роботи дегазатора

Коли закриваються всі клапани, вмикається вакуум-насос. Коли розрядження досягає потрібної величини, приймальний клапан відкривається і загазований БР засмоктується в камеру, в якій звільняється від газу, де відсмоктується вакуум-насосом. Якщо рівень бурового розчину в камері досягає максимально допустимої висоти, то відкривається випускний (з'єднує камеру з атмосферою) і зливний клапани [7, 8]. На рис. 1.15 представлені дегазатори і газовий сепаратор.

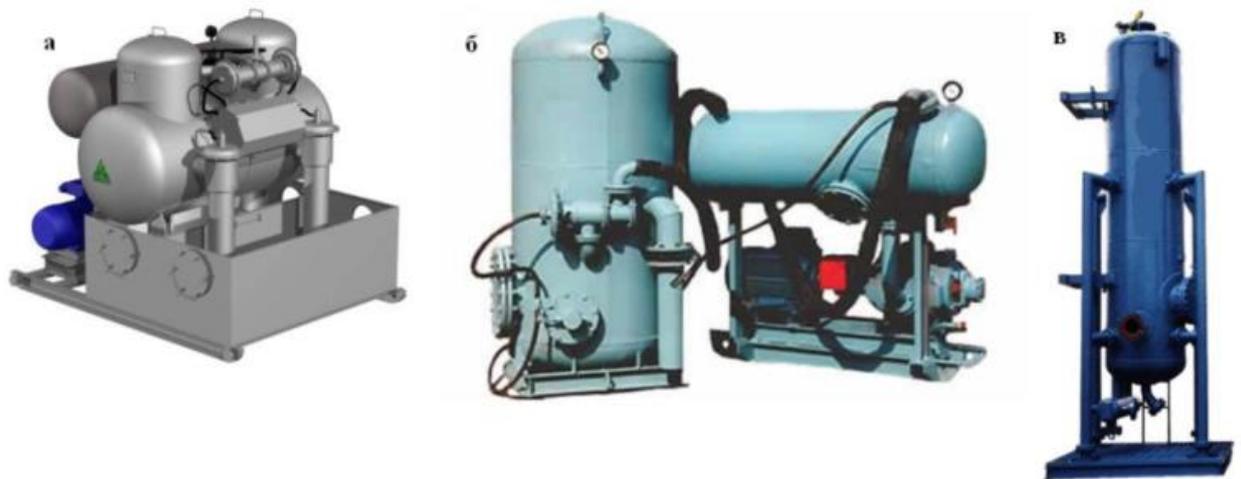


Рисунок 1.15 – Обладнання для очищення БР від газу: а – вакуумний дегазатор ДВС-3; б – дегазатор «Каскад-40»; в – гідро-газовий сепаратор.

#### **1.5.4. Обладнання для приготування та перемішування бурової промивальної рідини**

- Механічні мішалки;
- Фрезерно-струменеві млини (ФСМ);
- Лопатеві;
- Гідравлічні мішалки;
- Гідромоніторні;
- Вихрові;
- Ежекторні;
- Перемішувачі механічні;
- Перемішувачі гідравлічні.

Механічні мішалки лопатевого типу (див. рис. 1.16) мають вигляд металевої ємності циліндричного або овального перетину, всередині якій знаходяться один або два вали з лопатями (наприклад, лопатева механічна мішалка марки МГ2-4Х має два вали і ємність об'ємом 4 м<sup>3</sup>). Перевагою цієї мішалки є простота конструкції і висока якість приготування БР. Але при цьому вона має низьку продуктивність (до 6 м<sup>3</sup>/год при використанні глинопорошків). На рис. 1.17 представлена механічна мішалка марки МГ2-4Х.

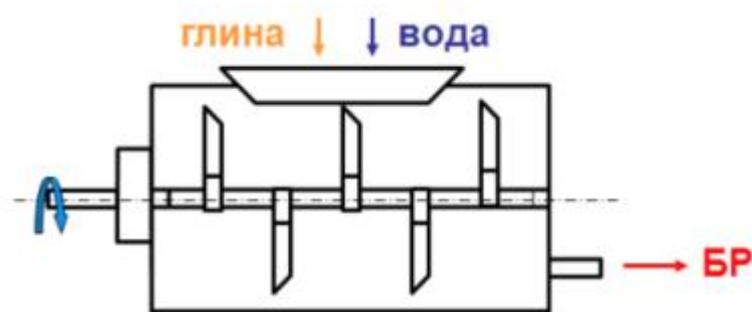


Рисунок 1.16 – Принцип роботи механічної мішалки



Рисунок 1.17 – Механічна мішалка МГ2-4Х

ФСМ (див. рис. 1.18) складається з бункера 1, ротора 2 з лопатями, диспергуючої рифленої плити 3 і вихідної решітки 4. Принцип роботи ФСМ: вихідні матеріали, що безперервно подаються в бункер, обтискуються лопатями обертового ротора і виходять на диспергуючу плиту. Додаткове диспергування вихідних матеріалів здійснюється при ударі струменів, що викидаються лопатями ротора, про вихідну решітку.

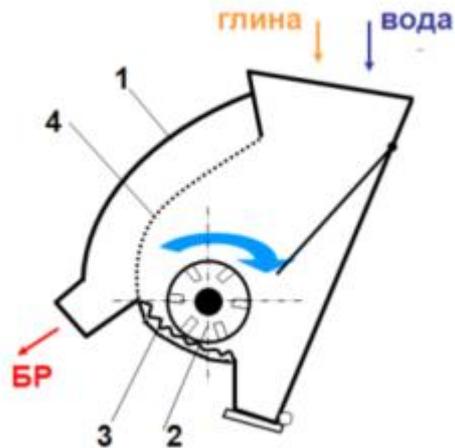


Рисунок 1.18 – Принцип роботи фрезерно-струменевого млина

Перевагами ФСМ є найпростіша конструкція і висока продуктивність (до 20...25 м<sup>3</sup>/год при використанні механізованого завантаження глинопорошку). Недоліки: виходить низька якість бурового розчину. Щоб підвищити якість отриманого бурового розчину, можна піти двома шляхами: багато разів циркулювати розчин за схемою: ФСМ - ємність насос - ФСМ; пропусканням приготованого в ФСМ розчину через спеціальні пристрої - диспергатори, що забезпечують додаткове подрібнення частинок (агрегатів) глини. На рис. 1.19 представлений фрезерно-струменевий млин ФСМ-7.

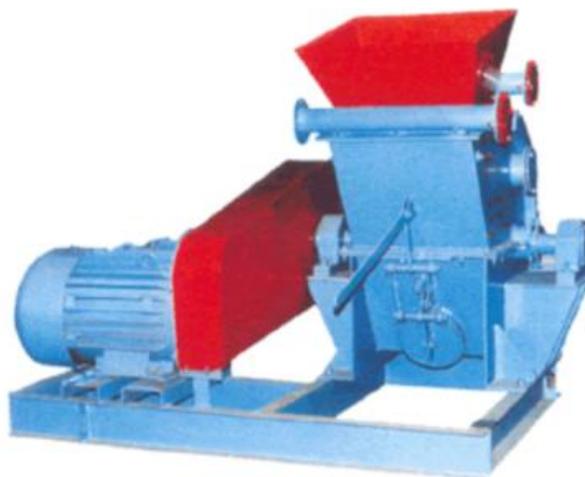


Рисунок 1.19 – ФСМ-7

Гідравлічна мішалка ежекторного типу (див. рис. 1.20) складається з приймальної 1 і змішувальної 2 камер, змінного штуцера (сопла) 3, завантажувальної воронки 4 і лінії підведення 5 глинопорошку (обважнювача) від бункерів БПР-70.

Принцип дії мішалки ежекторного типу: коли відбувається витікання води (розчину хімреагентів) з сопла з високою швидкістю в приймальній камері відбувається розрідження, в результаті чого в неї з воронки (з бункера БПР) засмоктується глинопорошок (обважнювач). Плюси мішалок ежекторного типу: висока продуктивність (70...90 м<sup>3</sup>/год при безперервній механізованій подачі глинопорошку). Недоліки: в механічних мішалках лопатевого типу якість бурового розчину краща ніж гідравлічних.

Поліпшити якість розчину, що готується, можна за допомогою диспергаторів (див. рис. 1.21), зокрема, гідравлічного диспергатора ДГ-1, що працює на принципі зіткнення двох струменів.

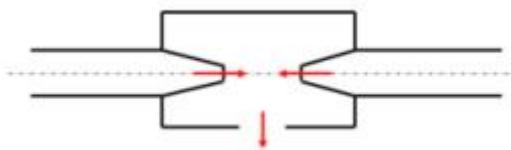


Рисунок 1.20 – Принцип дії диспергатора

При зіткненні в камері обмеженого об'єму двох високошвидкісних струменів виникають кавітаційні явища (кавітація – утворення газових бульбашок в результаті зменшення тиску в швидкоплинній рідині), ультразвук та інші ефекти, що інтенсифікують процес диспергування.

Також БР високої якості можна отримати, працюючи з гідравлічними мішалками вихрового типу. Гідравлічна мішалка вихрового типу (див. рис. 1.21) складається з приймальної воронки 1, зовнішнього циліндра 2 з вихідним патрубком 3 і внутрішнього циліндра 4 з вхідним патрубком 5.

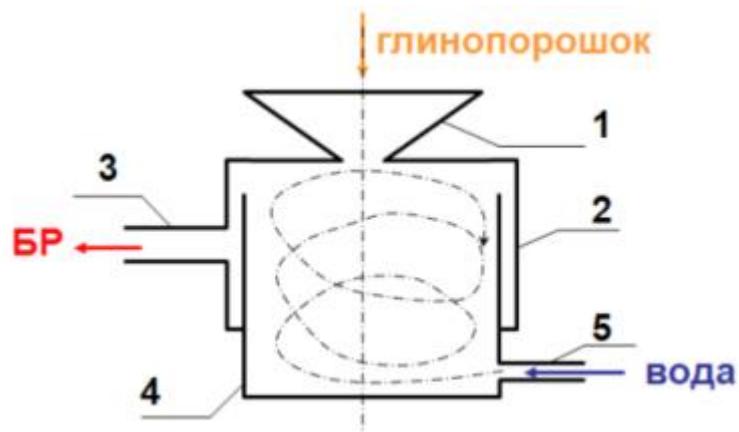


Рисунок 1.21 – Принцип роботи гідравлічної мішалки вихрового типу

Під тиском вода закачується в патрубок 5 і, у зв'язку з тим, що він має тангенціальне розташування, «закручується» всередині циліндра 4, утворюється шар рідини, всередині якого створюється розрідження.

В кінцевому підсумку глинопорошок засмоктується з приймальної воронки 1, зачіпляється з швидкообертливим шаром рідини, переміщується в ньому інтенсивно (великі агрегати перетираються об стінки під дією відцентрових сил), отримана суспензія, обертаючись по спіралі, піднімається вгору і перекачується в зовнішній циліндр.

Механічні перемішувачі мають склад електродвигуна, редуктора, валу і перемішувального органу пропелерного (ПМ) або турбінно-пропелерного типу (ПЛ), який розташований ближче до дна приймальної ємності.

Дія гідравлічних перемішувачів спрямована на використання кінетичної енергії струменя бурового розчину, що виходить з насадки з високою швидкістю. Є керовані і некеровані гідравлічні перемішувачі. Керовані це ті, що представляють собою пожежний ствол з ручкою, поворотом якої можна направити струмінь бурового розчину в будь-яку зону приймальної ємності. Некеровані гідравлічні перемішувачі працюють за принципом дії сегнерованого колеса, тобто є самообертливими (ПГС). Крім пристроїв, призначених для приготування бурового розчину, приймальні ємності наземної циркуляційної системи бурової установки оснащуються ще й

перемішувачами [8]. На рис. 1.22 представлені механічний і гідравлічний перемішувачі.

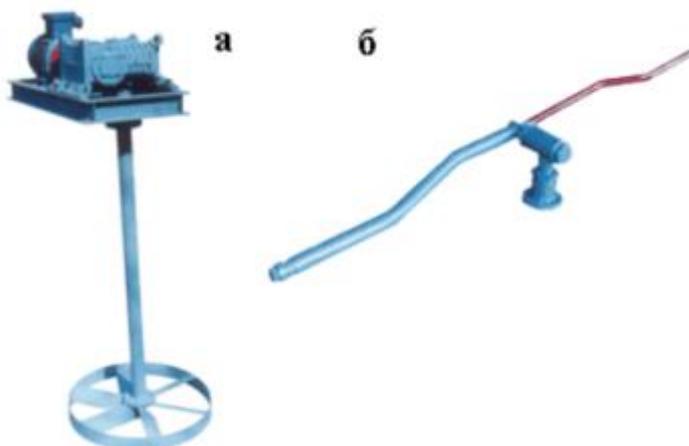


Рисунок 1.22 – Перемішувачі: а – механічний турбінно-пропелерного типу; б – керований гідравлічний

#### 1.5.5 Додаткове обладнання

До додаткового обладнання можна віднести контрольно-вимірювальну апаратуру. В якості КВП в сучасних циркуляційних системах використовуються витратоміри і манометри. Також до цієї категорії можна віднести таке обладнання, як воронка для введення хімічних реагентів, шнековий або простий жолоб для транспортування шламу в шламовий амбар, трубна обв'язка між мірниками, насосами і ступенями очищення та додаткове обладнання для ступенів очищення.

### 1.6 Висновки до розділу 1. Мета та задачі

1. Циркуляційні системи є "життєво важливою" інженерною інфраструктурою будь-якої бурової установки, що забезпечує виконання критичних технологічних функцій. Ефективність буріння безпосередньо залежить від надійності та правильного проектування цих систем. Основна функція систем циркуляції — забезпечення безперервної подачі бурового розчину для очищення вибою від шламу, охолодження долота, утримання

вибою від обвалів та транспортування шламу на поверхню. До систем висуваються високі вимоги щодо продуктивності, надійності, герметичності та здатності працювати з різними типами розчинів під високим тиском.

2. Класифікація систем залежить від типу використовуваного бурового розчину (на водній, вуглеводневій основі, аеровані рідини, газ) та принципу роботи (відкриті, закриті, напівзакриті). Система складається з комплексу взаємопов'язаних технологічних вузлів: насосів (бурові насоси), системи очищення (вібросита, піско- та муловідділювачі, центрифуги), емнісного парку та системи трубопроводів і маніфольдів.

3. Проектування вимагає ретельного аналізу вихідних даних: параметрів буріння (глибина, діаметр свердловини), властивостей бурового розчину, необхідної гідравлічної програми та кліматичних умов.

4. Метою роботи є розробка ресурсоефективних циркуляційних систем бурових установок. Для досягнення зазначеної мети поставлені такі задачі:

- Провести аналіз основних проблем, пов'язані із циркуляційними системами, функцій циркуляційних систем та вимоги, що до них висуваються та класифікацію циркуляційних систем та окреслити інформацію для проектування циркуляційних систем;

- Проаналізувати обладнання циркуляційної системи: бурові насоси, обладнання блоку приготування і обробки розчину, блок очистки бурового розчину.

- Проаналізувати вібросита вітчизняного і закордонного виробництва, гідравлічний метод очищення вітчизняними виробниками, гідроциклони закордонного і вітчизняного виробництва, центрифуги вітчизняного і закордонного виробництва;

- Навести комплектування циркуляційних систем для конкретних геологічних умов буріння.

## **РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ЦИРКУЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**

### **2.1 Бурові насоси в елементах циркуляційної системи**

В даний час як в Україні, так і за кордоном здійснено перехід на швидкохідні плунжерні та триплунжерні насоси простої дії. Тому що стало більше приділяти уваги поширенню алмазного буріння і, природно, спорудження свердловин малого діаметру. У таких умовах при невеликих подачах бурової промивальної рідини потрібно високий тиск.

А ще, за останні роки значно підвищилися вимоги до безпеки і надійності бурових насосів.

Отже, порівнюючи технічні характеристики роботи поршневих двоциліндрових насосів подвійної дії і три плунжерних простої дії, потрібно виділити, що триплунжерних простої дії, останні мають багато переваг, наприклад, в поршковому насосі одне з ущільнень (ущільнення поршня) завжди розташоване в глибині гідравлічного блоку (гідроблоку). Отже, його стан і ресурсоефективність не піддаються прямому контролю, і про їх ресурсоефективність можна говорити тільки побічно - за величиною подачі і розвиненим ними тиском. Щоб подивитися або замінити ущільнення, потрібно виконувати трудомістку роботу, таку як розбирання і складання гідроблока.

Плунжерний насос має вдвічі меншу кількість ущільнень, що припадають на один витискувач, навіть у міру зносу їх можна регулювати. Діаметр плунжера зазвичай береться меншим, ніж у поршня, отже, менше навантаження на колінчастий вал, що також краще позначається на зниженні масових характеристик насоса. Ступінь нерівномірності подачі у насосів типу «дуплекс» становить 42%, в наслідок чого потрібно застосування великого і значно важкого напірного повітряного компенсатора. А триплунжерні насоси мають нерівномірність до 24% і тому вони можуть працювати без повітряного компенсатора.

Ресурс роботи поршневого насоса з однією ущільнювальною кромкою поршня значно нижчий, ніж ресурс плунжерного насоса з пакетом ущільнень плунжера з декількома ущільнювальними кромками. У поршковому насосі нанести мастило на робочі механізми поршня і циліндра практично неможливо, це не працює так ефективно, як потрібно, і це призводить до їх швидкого зносу. У насосах використовуються гумові поршні, а гума далеко не найкращий матеріал, особливо при роботі в агресивних середовищах.

У плунжерному насосі нічого не заважає підвести мастило до нерухомого пакету ущільнень, в результаті чого збільшується ресурс роботи. У самій конструкції ущільнень плунжерного насоса можна застосовувати найсучасніші полімерні та композиційні матеріали, що мають високу стійкість при роботі в агресивних середовищах, отже, мають більший ресурс роботи, ніж поршні з гумою.

Не менш важливим є те, що сучасні плунжерні насоси, більш швидкохідні (до 400-500 ходів/хв), отже вони дозволяють зменшити масу насоса і габаритні розміри при тих же технічних характеристиках.

Якщо в поршкових насосах підвищити швидкохідність, то це призведе до швидкого зносу неконтрольованих ущільнень і порушення стабільності подачі. Отже, в існуючих насосах «дуплексах» кількість ходів в хвилину не перевищує, як правило, 100-120.

Технічне обслуговування і ремонт плунжерних насосів у порівнянні з поршковими складніше. Існує необхідність у більш кваліфікованому і своєчасному обслуговуванні. Це і є однією з основних причин їх слабого застосування.

Вартість і експлуатаційні витрати плунжерних насосів у порівнянні з поршковими великі, що позначається на їх застосуванні.

Таким чином, незважаючи на великі експлуатаційні витрати, плунжерні насоси мають такі переваги:

1. Мала маса і габарити, полегшується доставка і установка насосів.

2. Здатність розвивати великий тиск, є можливість для буріння надглибоких свердловин.

3. Великий ресурс роботи бурових насосів.

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика різних типів бурових насосів

Параметр	Тип, марка насосів, фірма						
	НБТ-600	УНБТ-600L	8-P-80 TRIPLEX (NOV, USA)	F-800 Emsco (Китай)	Bentec T1600-AC	KERRQWS1000S	Garner Denver Quintuplex (USA)
Р, кВт	600	600	598	597	400-1193	746	757
Найбільша подача, л/с	45	49	34	38,5	52	58	60
Максимальний тиск, МПа	25	32	34,5	34,5	42	43,3	58
Вартість, тис.\$	97	384	577	539	577	570	769
Маса, кг	13701	12000	12233	12546	38300	32200	33000

## 2.2 Обладнання блоку приготування і обробки розчину

Дуже часто застосовується БПР Сумського машзаводу. Блок має два бункери з розвантажувальними пневматичними пристроями, гумо-тканинними гофрованими рукавами і повітряними фільтрами. У комплект БПР входить виносний гідроежекторний змішувач, який монтується безпосередньо на ємності ЦС і з'єднується з бункером за допомогою гофрованого рукава. Бункери призначені для прийому, зберігання і подачі порошкоподібних матеріалів в камеру гідроежекторного змішувача.

Порошкоподібний матеріал завантажується в силоси (1) пневмотранспортом за допомогою компресора. При цьому матеріал відділяється від повітря і повітря виходить в атмосферу через фільтр (2). При необхідності подачі порошку в гідроежекторний змішувач спочатку аерують

матеріал в силосі, щоб виключити його зависання на стінках при спорожненні силосу, потім відкривають заслінку для забезпечення подачі матеріалу в підвідний гофрований шланг. Рідина, що прокачується насосом через штуцер гідросмішувача, створює в камері змішувача розрідження, а оскільки в силосі підтримується атмосферний тиск, то на кінцях гофрованого шланга створюється перепад тиску, під дією якого порошок переміщується в камеру гідросмішувача, де змішується з рідиною.

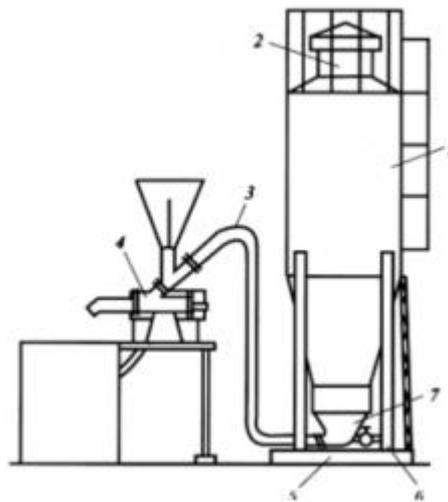


Рисунок 2.1 – Схема БПР Сумського машзаводу: 1 – бункер; 2 – повітряний фільтр, 3 – гумотканинні гофровані рукави; 4 – гідроежекторний змішувач; 5 – рама; 6 – стійки; 7 – розвантажувальний пневматичний пристрій.

Блок БПР-70 обладнаний гідравлічним вимірювачем маси порошкоподібного матеріалу ГВ-М. На нерухомій частині силосу змонтовано розвантажувальний пристрій, що включає тарілчастий живильник, пневматичний ежектор і гідравлічний змішувач, який може встановлюватися як на майданчику блоку, так і на ємності ЦС бурової установки. В останньому випадку застосовується шибєрний затвор з аератором у верхній його частині. подача порошкоподібного матеріалу регулюється зміною положення спеціального ножа, що входить до комплекту живлення.

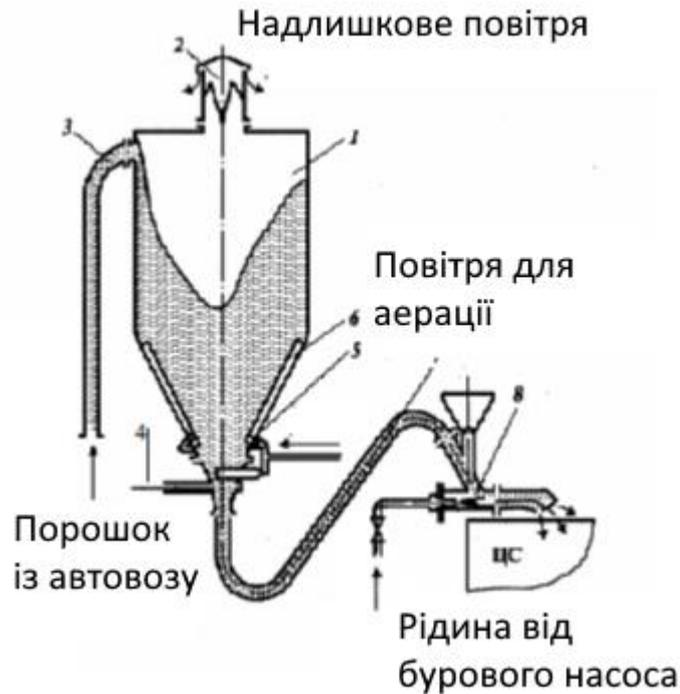


Рисунок 2.2 – Схема роботи блоку БПР: 1 - силос; 2 - фільтр; 3 - завантажувальна труба; 4 - розвантажувальний пристрій; 5 - система аерації; 6 - аеродріжка; 7 - підвідний шланг; 8 - гідросмішувач.

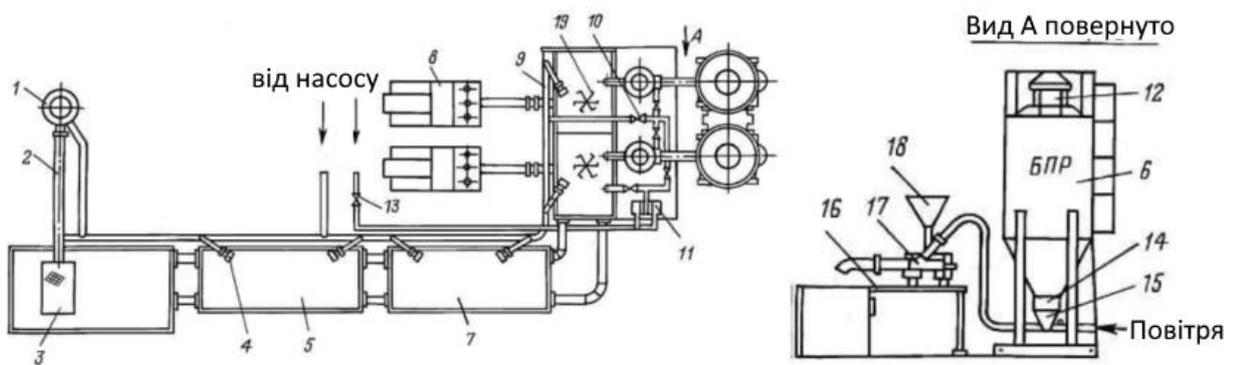


Рисунок 2.3 – Сучасна технологічна схема приготування бурового розчину: 1 - приймальна воронка; 2 - розчинний трубопровід; 3 - блок очищення; 4, 19 - перемішувальні пристрої, відповідно гідравлічні та механічні; 5 - проміжна ємність; 6 - бункер блоку приготування; 7 - ємність з поперечним жолобом; 8 - бурові насоси; 9 – приймальна ємність; 10, 13 - засувки низького і високого тиску відповідно; 11 - гідравлічний диспергатор; 12 - фільтр; 14 - аеруюче шиберне пристрій; 15 - розвантажувальний пневматичний пристрій; 16 - майданчик; 17 - гідросмішувач; 18 - воронка.

Готують нову порцію розчину в останній ємності ЦС, на якій встановлюють гідроежекторні змішувачі з воронками і гідравлічний диспергатор. Бурові насоси обв'язують з блоком приготування розчину таким чином, щоб вони могли подавати розчин в диспергатор по лінії високого тиску, а в гідроежекторні змішувачі – по лінії низького тиску (до 4 МПа).

Прогресивна технологія приготування бурових розчинів дозволяє максимально механізувати цей трудомісткий процес по всьому ланцюжку – від виробника матеріалів до циркуляційної системи бурової установки.

Широке поширення в останні роки за кордоном отримала технологія приготування бурових розчинів за допомогою автономного блоку фірми «Халібуртон».

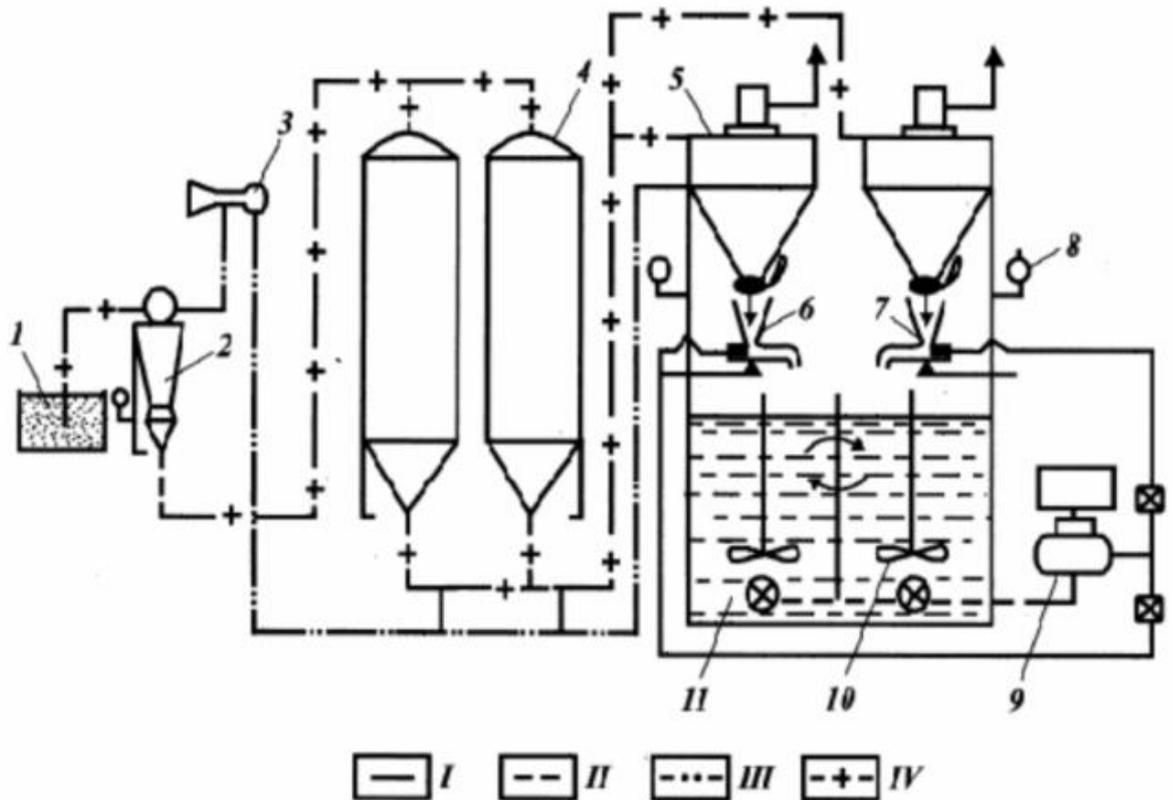


Рисунок 2.4 – Система фірми «Халібуртон» для приготування бурового розчину: I – нагнітальна лінія; II – всмоктувальна лінія; III, IV – повітропровідна лінія пневмотранспорту матеріалу; 1 – пересувний засіб; 2 – перевантажувальний бункер; 3, 4 – бункер – сховище; 5 – витратний бункер; 6, 7 – завантажувальні воронки; 8 – індикатор ваги; 9 – відцентровий насос; 10 – перемішувач; 11 – ємність.

Порошкоподібний матеріал надходить на бурову площадку в мішках, контейнерах або металевих ємностях на пересувних засобах 1. За допомогою пневматичного перевантажувача (вакуум-компресора і перевантажувального бункера) матеріал транспортується пневмотранспортом в бункер-сховище. Практично 4 т порошку перевантажуються з бункера в бункер-сховище за 5-6 хв при робочому тиску пневмотранспорту 0,2 МПа. У міру необхідності приготування розчину порошкоподібний матеріал переміщується в витратні бункери через нижні відводи, створюючи при цьому надлишковий тиск (0,07-0,08 МПа) у верхній частині бункера сховища за допомогою вакуум-компресора.

Підведене до витратних бункерів повітря дозволяє аерувати порошок і інтенсифікувати його подачу в воронку гідроежекторного змішувача. Допустимий тиск при цьому – 0,02 МПа. Витрата порошку регулюється положенням заслінки і тиском аерації.

Технологія приготування розчину в системі «Халібуртон». В один із секторів ємності 11 заливають розрахункову кількість дисперсійного середовища і відцентровим насосом прокачують її через гідро ежекторний змішувач із завантажувальними воронками 6, 7. Після стабілізації подачі насоса подають повітря до витратного бункера 5 і встановлюють тиск на повітряній лінії 0,015 – 0,02 МПа. Відкривають до певного положення нижню заслінку витратного бункера і подають з певною швидкістю порошок в завантажувальну воронку 7. За рахунок гідровакууму, створеного відцентровим насосом, в камері гідроежекторного змішувача, порошкоподібний матеріал засмоктується в камеру ежектора і змішується з потоком дисперсійного середовища. Отримана таким чином гомогенна суспензія надходить знову в той же відсік ємності.

Кругова циркуляція за схемою ємність – насос – камера ежектора – ємність триває до тих пір, поки розрахункова кількість порошкоподібного матеріалу не потрапить в потік. Після цього доступ матеріалу в воронку припиняють, закривши нижню заслінку витратного бункера і припинивши

подачу повітря. Аналогічно здійснюють обваження розчину. Кількість витраченого матеріалу визначають за індикатором ваги витратного бункера.

Після ретельного перемішування розчину за допомогою механічних перемішувачів 10 його при необхідності піддають хімічній обробці. Для обробки сухим реагентом або добавки в малих дозах бентоніту в ЦС встановлена додаткова гідроворонка з аерозолом і або вібраційним стимулятором переміщення порошку. У разі застосування рідких реагентів використовують вертикальну циліндричну ємність об'ємом до 1,5 м<sup>3</sup>, обладнану механічною мішалкою, підігрівачем і зливним патрубком.

### **2.3 Блок очистки бурового розчину**

**Mongoose** — вібросито подвійної дії

У даному віброситі використовується лінійний рух при розбурюванні верхніх інтервалів розрізу свердловини, де часто зустрічаються активні гідрофільні глини. Зазвичай в цих інтервалах режим роботи вібросит знаходиться на граничних навантаженнях, необхідних для ефективного очищення БР від вибуреної породи.

При зміні умов вібросито Mongoose можна легко переключити рух з лінійного на еліптичний без відключення електроживлення. Якщо вібросито працює в режимі еліптичного руху, тоді це дозволяє знизити перевантаження і збільшити термін використання сита, забезпечити вихід більш сухого шламу, поліпшити технологічні параметри БР і знизити виробничі витрати.

**ВЕМ-3** — збалансоване еліптичне вібросито

Збалансоване еліптичне вібросито (ВЕМ-3) являє собою конструкцію відкритого типу з одним рівнем і трьома сітками загальною корисною площею 3,13 м<sup>2</sup>. Забезпечує покращене видалення твердих частинок, максимізує повернення бурової промивної рідини і має кращу продуктивність у порівнянні з іншими ідентичними за розмірами моделями. ВЕМ-3 «Swaco» при витраті насоса 35 л/с, розмірі сіток 180 меш дозволяє

обробляти значно більші обсяги на відміну від лінійного вібростата. Це досягається за рахунок рівномірного розподілу еліптичного руху на віброрами, відповідно, при меншій руйнівній силі, спрямованій на частинки породи при максимальному прискоренні сили тяжіння (G-фактор).



Рисунок 2.5 – Збалансоване еліптичне вібростато BEM-3 «Swaco»

Натяг сіток здійснюється за допомогою швидкознімних натяжних болтів, розташованих по обидва боки. Кут нахилу віброрами може регулюватися в межах від 0 до +5°.

Вібраційний вузол вібростата складається з двох вибухобезпечних вібраторів (віброелектродвигунів) і пускача. Ефективне прискорення сили тяжіння (G-фактор) встановлюється відносним переміщенням противаг вібраторів від 0 до 100%.

Конструкція вібростата включає жалюзі для рівномірного розподілу потоку бурового розчину по всій ширині сітки. Приймальна ємність має приймальний патрубок діаметром 254 мм, що з'єднується з викидною лінією.

BEM-600 — збалансоване еліптичне вібростато

Вібростато збалансованої еліптичної дії другого покоління. Має пневматичну систему кріплення сіток. За рахунок встановлення пневмогідролічного домкрата є можливість дистанційного регулювання кута нахилу рами. Механізм кріплення сіток і регулювання кута рами живиться

від пневматичної системи бурової установки. Має вбудоване сито попереднього очищення. Обладнаний змінною приймальною ємністю, розподільником потоку і високоякісними вібраторами, піддоном між верхнім і нижнім рівнями сіток.



Рисунок 2.6 – Збалансоване еліптичне вібросито BEM-600 «Swaco»

Конструктивні особливості:

- конструкція повністю складається з нержавіючої сталі;
- збільшена корисна площа робочого полотна;
- наявність індикатора положення кута рами.

Вібросито LS703 німецький виробник

Основа і рама вібросита бурового розчину є звареною конструкцією, електродвигун і дошка сита монтується на рамі сита.



Рисунок 2.7 – Вібросито LS703 німецький виробник

Рама вібросита знаходиться на балці регулювання. Також на рамі сита є амортизаційні пружини, які встановлені в чотирьох місцях. Вібрація рами не впливає на навколишнє обладнання. На основі сита знаходиться три дошки сита, закріплені болтами. Поперечна і поздовжня планки разом забезпечують достатню міцність рами, що в процесі роботи збільшує ресурс сита і його ефективність.

### Вібросито Falcon

Компактне вібросито високої продуктивності. Компактні габарити забезпечують можливість роботи в обмеженому просторі при збереженні високих технічних параметрів.



Рисунок 2.8 – Вібросито Falcon

Збільшена сила коливання 7,5 G. Висока пропускна здатність вібросита. Вибухозахищене виконання електродвигунів оптимальне видалення твердої фази. Висока швидкість транспортування висвердленої породи. Вибухозахищене виконання електродвигунів FALCON 3. Вібросито серії FALCON укомплектоване 2 вібродвигунами італійського виробника OLI, світового лідера у виробництві вібромоторів. Лінійний режим вібрації забезпечує високі показники ефективності сепарації твердої фази бурового розчину і істотно підвищує пропускну здатність.

## Вібросито Derrick

Вібросито Flo-Line моделі FLC 503 виробництва корпорації DERRICK являє собою лінійне вібросито з двома двигунами, призначене для тонкодисперсної сепарації з застосуванням у буровій індустрії. Модульна конструкція обладнання забезпечує експлуатаційну гнучкість під час роботи. Все обладнання марки DERRICK® має спеціальне покриття, для того щоб протистояти впливу абразивного і корозійного середовища.



Рисунок 2.9 – Вібросито DERRICK

Для того щоб досягти в моделі FLC 503 вібросита Flo-Line® високошвидкісної тонкодисперсної сепарації, довелося об'єднати кілька ключових особливостей конструкції. Вібраційні двигуни кріпляться безпосередньо до рами вібросита і розташовуються над його основою. Завдяки такому розміщенню двигунів вдається максимально збільшити значення  $G$  і передавати його безпосередньо на поверхню сітки. Плаваючі підвіски ізолюють віброуючу раму вібросита від опорної рами. Рама, до якої кріпляться сітки, злегка вигнута, що дозволяє забезпечити необхідне натягнення поверхонь сіток, конструкція яких захищена патентом DERRICK.

Цей спосіб натягнення дозволяє підвищити продуктивність сіток і збільшити їх термін служби.

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика вібросит

Параметр	Тип, марка насосів, фірма								
	СВ1ЛМ	ВСМ-01	ВЕМ-3 (USA)	ВЕМ-600 (USA)	LS-703 (Німеччина)	Falcon (Італія)	Derrick Flo-Line Scalp (USA)	Derrick FLC Plus Model (USA)	Derrick HI G Dryer (USA)
Подача, м <sup>3</sup> /год	100	110	117	125	113	120	117	125	123
Регулювання сили вібрації	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Регулювання рами дистанційно	-	-	-	+	-	-	-	+	+
Вартість, тис.\$	58	62	115	192	154	135	154	212	231
Маса, кг	2000	1900	1746	1852	1800	1564	2129	1800	2000
Габарити, мм	3000	3000	1600	1625	3188	1600	3200	2600	3000
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	1756	1850	1745	1800	1600	1756	1600	1825	1925
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	1360	1640	1300	1300	1549	1570	2300	1379	1452

## 2.4 Висновки до розділу 2

1. Ефективність циркуляційної системи бурової установки залежить від злагодженої роботи трьох основних функціональних блоків: нагнітання (насоси), приготування/обробки розчину та очищення. Комплексний аналіз обладнання показує, що система є набором взаємозалежних вузлів. Збій або неефективна робота одного компонента (наприклад, насоса чи вібросита) критично впливає на весь процес буріння. Аналіз передбачає оцінку технічного стану, продуктивності, надійності та відповідності обладнання

конкретним проєктним вимогам буріння (глибина, тип розчину, гідравлічна програма).

2. Бурові насоси є "серцем" циркуляційної системи, що забезпечують необхідний тиск та об'єм подачі бурового розчину. Найчастіше використовуються потужні поршневі насоси двосторонньої дії (наприклад, УНБ-600 або їх сучасні аналоги). Їхня продуктивність та надійність визначають можливість досягнення проєктних глибин та ефективність очищення вибою.

3. Обладнання блоку приготування і обробки розчину відповідає за підготовку бурового розчину із заданими властивостями та їх коригування під час буріння. До обладнання входять ємнісний парк, глинозмішувачі, гідромішалки, дозуючі комплекси для хімічних реагентів. Ефективність цього блоку критична для підтримки стабільності стовбура свердловини та запобігання ускладненням.

4. Блок очистки бурового розчину забезпечує видалення вибуреної породи (шламу) з розчину та його регенерацію для повторного використання. Це каскадна система обладнання, що включає вібросита (перший етап очищення), піско- та муловідділювачі (гідроциклони), центрифуги (тонке очищення) та дегазатори. Неякісне очищення призводить до швидкого зносу насосів та іншого обладнання, а також ускладнень у свердловині.

5. Ефективність та безпека процесу буріння безпосередньо залежать від комплексного підходу до аналізу та експлуатації всього обладнання циркуляційної системи. Всі три блоки — нагнітання, приготування/обробки та очищення — повинні працювати синхронно. Оптимізація їхньої роботи, використання сучасного та надійного обладнання, а також постійний моніторинг параметрів розчину є запорукою успішного спорудження свердловини.

## РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ ЦИРКУЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

### 3.1 Аналіз вібросит вітчизняного і закордонного виробництва

Розглянувши основні характеристики вібросит вітчизняного виробництва та закордонного, можна зробити висновок – Вібросита закордонного виробництва з техніко-економічної та техніко-технологічної точки зору вигідно відрізняються від зразків вітчизняних виробників.

Це підтверджується:

- найбільш якісним очищенням бурового розчину за рахунок руху робочого полотна вібросита по лінійній та еліптичній траєкторіях;
- пропускною здатністю;
- ширшою площею робочої поверхні;
- частотою коливання;
- меншою витратою електроенергії, що дозволяє значно зменшити витрати при будівництві свердловин;
- сухістю шламу (збільшений час транспортування шламу);
- оптимальним винесенням м'якого і липкого шламу;
- менш руйнівними силами, що накладаються на сітки, тим самим збільшеним терміном їх служби;
- менший знос самої віброрами;
- мінімальне подрібнення частинок шламу;
- максимальна пропускна здатність;
- мінімальні втрати розчину;
- можливість установки сіток з більш дрібною коміркою;
- зниження зносу обладнання системи очищення, встановленого після вібросита (насосів, гідроциклонів, центрифуг).

З кожним роком з'являються нові розробки в області механічного очищення бурових розчинів. Виробляються нові, більш досконалі модифікації

вібросит, що забезпечують більш якісне очищення бурового розчину.

### 3.2 Гідралічний метод очищення вітчизняними виробниками

Діаметр конуса є головним фактором, що визначає пропускну здатність гідроциклону. Більші гідроциклони мають більшу пропускну здатність і, як правило, меншу ефективність відділення твердої фази.

До переваг гідроциклонів відносяться їх простота і відсутність рухомих частин. Недоліками є вузький діапазон оптимальних режимів роботи для кожного типорозміру гідроциклону і неможливість надійної сепарації частинок розміром менше 40 мкм.

Таблиця 3.1 – Характеристика гідроциклонів

Тип пісковідділювальної установки	Подача, л/с	Найменший розмір частинок що відділяються, мм	Діаметр циклона, мм	Кількість циклонів, шт	Робочий тиск, МПа	Габарити, мм			Вага, кг
						довжина	ширина	висота	
ПГ-400	39	0,1	400	1	0,3	600	750	1260	300
SWACO D Sander 	66	0,04	250	2	0,4	1980	1200	800	470
ГЦК-360М 	38	0,02	350	1	0,37	720	740	930	300

Продовження таблиці 3.1

Тип пісковіддільної установки	Подача, л/с	Найменший розмір частинок що відділяються, мм	Діаметр циклона, мм	Кількість циклонів, шт	Робочий тиск, МПа	Габарити, мм			Вага, кг
						довжина	ширина	висота	
ПГ-60/300 	40	0,075	310	2	0,29	1750	1180	1200	450
FORWARD LCS250 	62	0,05	250	2	0,4	1400	1130	2100	350

Пісковіддільвачі фірми «Swaco» використовуються для видалення з бурових промивальних рідин піску та абразивних частинок вибуреної породи розміром до 50 мкм. Пісковіддільвачі випускаються блоками з 1 здвоєних 12-дюймових циклонів. Продуктивність блоку становить 3185 дм<sup>3</sup>/хв. Змінні насадки різних діаметрів дозволяють варіювати ступінь (глибину) очищення в широкому діапазоні. У конструкції пісковіддільвача традиційно для фірми «Swaco» використовується кут конусності 20°, що дозволяє значно знизити втрати промивальної рідини, що захоплюється твердою фазою. Крім спарених фірмою, випускаються блоки пісковіддільвачів, що складаються з одного і трьох циклонів з діапазоном продуктивності від 1900 до 5700 дм<sup>3</sup>/хв. Найбільш ефективними визнані пісковіддільвачі «Swaco» моделі 212. Унікальна конструкція здвоєного циклону муловіддільвача «Swaco» складається з двох 4-дюймових (101,6 мм) поліуретанових циклонів, що встановлюються як єдиний блок.

Конструкція поліуретанових циклонів муловіддільвача має кут конусності 20° в порівнянні з типовим кутом 15° на більшості аналогічних

установок, що забезпечує істотне зниження втрат бурової промивальної рідини, що захоплюється твердою фазою. Компонування муловідділювачів здійснюється попарно – по два 4-дюймових поліуретанових циклони на кожен вихід. В результаті цього продуктивність на 40–50% вища, а втрати рідини менші, ніж у інших порівнянних одиночних 4-дюймових циклонів.

Розглянувши основні характеристики гідроциклонів вітчизняного та зарубіжного виробництва, можна зробити висновок – Гідроциклони зарубіжного виробництва з техніко-економічної та техніко-технологічної точки зору вигідно відрізняються від зразків вітчизняного виробництва.

- найбільш якісним очищенням бурового розчину;
- пропускною здатністю;
- меншою витратою електроенергії;
- зниженням зносу обладнання системи очищення;
- Змінні насадки різних діаметрів дозволяють варіювати ступінь очищення в широкому діапазоні.

### **3.3 Гідравлічний метод очищення бурового розчину за допомогою центрифуги вітчизняного виробництва марки ОГШ-50**

При роботі центрифужної установки ОГШ-50 контролюється фактичне навантаження електродвигунів приводів ротора і додаткового приводу шнека (у разі його використання), температура підшипників корінних опор. Передбачені автоматичні захисти електродвигунів і редуктора від перевантажень.



Рисунок 3.1 – Центрифуга марки ОГШ-50

Для поліпшення умов монтажу та експлуатації всі центрифугальні установки оснащені:

- амортизаторами з регульованими опорами, що дозволяє оперативно виставити центрифугальну установку в горизонтальній площині при проведенні монтажу, або при просіданні основи під центрифугою в весняно-осінній період експлуатації;
- збірником очищеного бурового розчину з виходами в трьох напрямках залежно від монтажної схеми, прийнятої у Замовника;
- подвійним дном нижнього кожуха, що дозволяє здійснити додатковий автономний підігрів парою центрифужної установки при негативних температурах навколишнього повітря;
- вхідним фільтром, встановленим перед трубою живлення і захищає внутрішні порожнини центрифуги від сторонніх великих предметів. Огляд і очищення фільтра проходить без демонтажу вхідних трубопроводів.

### **3.4 Гідравлічний метод очищення бурового розчину за допомогою центрифуги закордонного виробництва**

#### **3.4.1 Центрифуга закордонного виробництва марки SWACO-518**

Центрифуга 518 має високу швидкість і високу продуктивність. У структурі пристрою головного приводу можна змінити частоту обертання ротора (1900, 2500, 3200 об./хв) за допомогою ступінчастих шківів. Діапазон частот обертання валів головного і допоміжного приводів контролюється двома гідравлічними перетворювачами крутного моменту, отже, можна здійснювати запуск центрифуги без додаткових перевантажень, а також плавне регулювання швидкості обертання барабана і шнека.



Рисунок 3.2 – Центрифуга марки SWACO-518

#### **3.4.2 Центрифуга закордонного виробництва марки FORWARD LWG450**

Вдосконалена і високотехнологічна конструкція, а також точне балансування барабана і шнекового конвеєра забезпечують безперервність процесу протягом тривалого часу. Зносостійкий барабан і шнековий конвеєр, виконані з нержавіючої сталі, мають антикорозійні властивості, а також стійкі до хімічного впливу, забезпечуючи довготривалу безаварійну експлуатацію і незначні витрати на технічне обслуговування та ремонт.



Рисунок 3.3 - Центрифуга марки FORWARD LWG450

### **3.4.3 Центрифуга закордонного виробництва марки GNLW363**

Запатентований дизайн з найвищою комплектацією та найкращими матеріалами для тривалого та надійного сервісу. Барабан виготовлений з дуплексної нержавіючої сталі 2205 методом відцентрового лиття. Захист у шнеку: з установленням карбідних вольфрамових пластин для тривалого терміну служби і простоти при заміні. На розподільному виході шнека і випускному виході барабана захищені карбідним вольфрамовим кільцем. Легко регулювати висоту на виході рідини для гнучкого застосування. Барабан в зборі затягується поясом для захисту підшипника в русі. Оригінальні SKF підшипники для тривалого терміну і надійної роботи.



Рисунок 3.4 - Центрифуга марки GNLW363

### 3.4.4 Центрифуга закордонного виробництва марки DL-353

Надійність – деталі та вузли, що взаємодіють з буровим розчином, виконані із захисним покриттям. Автоматизація – укомплектованість додатковим обладнанням та системами управління, передбачена можливість управління з операторського пункту та включення в комплексну систему автоматизації підприємства. Високу продуктивність і стабільну роботу з мінімальним залученням обслуговуючого персоналу.



Рисунок 3.5 - Центрифуга марки DL-353

### 3.4.5 Центрифуга закордонного виробництва марки HS3400- DREXEL

Відмінна риса центрифуг HS-3400 – відмінна продуктивність в широкому діапазоні застосувань і умов. Деталі, що контактують з розчином, виконані з нержавіючої сталі, а зони підвищеного зносу повністю зміцнені карбідом вольфраму. Можна провести регулювання для оптимізації роботи центрифуги, наприклад, залежно від щільності та в'язкості розчину, вмісту мехдомішок і розміру частинок. Регульовані зливні пластини дозволяють регулювати глибину пулу: більш глибокий для високого вмісту мехдомішок, менш глибокий для невеликого вмісту мехдомішок.



Рисунок 3.6 - Центрифуга марки HS3400-DREXEL

### **3.5 Аналіз центрифуг вітчизняного і закордонного виробництва**

Розглянувши основні характеристики центрифуг вітчизняного та зарубіжного виробництва, можна зробити висновок – Центрифуги зарубіжного виробництва з техніко-економічної та техніко-технологічної точки зору вигідно відрізняються від зразків вітчизняного виробництва.

- високою точністю балансування, що забезпечує плавність роботи протягом тривалих періодів часу на частотах обертання від 1900 до 3500 об./хв і при відцентрових навантаженнях, що досягають 2100 g;

- пропускною здатністю;

- ступенем очищення;

- запуском центрифуги без додаткових перевантажень;

Порівняння результатів випробувань в польових умовах показує, що центрифуга скорочує обсяг відходів у порівнянні з альтернативною розведення / заміщення на 30-60% в залежності від густини бурової промивальної рідини. При обробці обважнених бурових розчинів вона скорочує обсяг відходів на 45%.

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика центрифуг

Тип центрифуги	Максимальна частота обертання, об/хв	Фактор розділу	Виконання центрифуги, кВт	Потужність електрична	Габаритні розміри			Маса, кг	Вартість, тис \$
					Д	Ш	В		
ОГШ-50	3100	2500	Седиментаційна	28	2505	1965	1020	2800	230
ОГШК-352К-01	3100	2600	Седиментаційна	29	1745	1180	725	773	242
SWACO-518	3500	1900	Седиментаційна	40	2497	1865	1762	3000	346
FORWARD LWG450	2500	1576	Седиментаційна	30	2500	1700	1840	3300	270
GNLW363	3100	2100	Седиментаційна	37	3190	1638	1306	3400	230
Трикантер DL-353	3600	2500	Седиментаційна	37	3200	750	1100	2980	230
HS3400 "DREXEL"	3000	2400	Седиментаційна	35	2500	1750	1455	2270	250

Таблиця 3.3 – Дегазатори закордонного виробництва

Тип дегазатора, модель	Продуктивність, л/с	Тиск розрядження, кПа	Габарити, мм			Вага, кг
			Д	Ш	В	
Forward VD240	66	80	2400	1950	2500	1500
Swaco SMGS	68	85	2560	2300	2020	1350
Solids GNZCQ	60	79	2300	1700	2200	1650

Розглянувши основні характеристики дегазаторів зарубіжного обладнання, можна зробити висновок, що: Дегазатори зарубіжного виробництва з техніко-економічної та техніко-технологічної точки зору вигідно відрізняються від зразків вітчизняного виробництва.

- Мають меншу вагу;
- Більший тиск розрядження;
- Більшу продуктивність.

Ще один важливий фактор, що дегазатори закордонного виробництва мають товщі стінки металу, ніж вітчизняні зразки, цей плюс дає більший ресурс експлуатації.

### 3.6 Комплектування циркуляційних систем

Комплектування циркуляційних приведена в таблиці 3.4. Згідно таблиці можна вибрати необхідне обладнання для буріння конкретних умов буріння.

Таблиця 3.4 – Комплектування циркуляційних систем

Обладнання	X	Y	C	Z
Буровий насос	Gardner Denver Quintuplex(США А)	KERR QWS1000S	Bentec T1600-AC	8-P-80 TRIPLEX (NOV, США)
Вібраційне сито	BEM-600(США)	Solids(Англія) HI "G" Dryer	Falcon(Італія)	Derrick(США А) Flo-Line Scalpe
Пісковідділювач	SWACO D Sander	FORWARD LCS250	ГЦК-360М	ПГ-60/300
Муловідділювач	SWACO D Silter	FORWARD DL100	ІГ-45/75	ІГ-45М
Центрифуга	SWACO-518	FORWARD LWG450	HS3400 "DREXEL"	GNLW363
Дегазатор	Swaco SMGS	Forward VD240	Д-55	Solids GNZCQ
Горизонтальні шламові насоси	Mission magnum	Forward SB6×8J-13	ГШН150/30	ГШН250/50
Ємність для води, м <sup>3</sup>	0 2 шт.	55 2 шт.	40 1 шт.	40 1 шт.
Ємність для рідких хім. реагентів, м <sup>3</sup>	5 1 шт.	5 1 шт.	5 1 шт.	5 1 шт.
Ємність для хімічної обробки бурового розчину, м <sup>3</sup>	Основний 12 Додатковий 4 2 шт.	10 1 шт.	10 1 шт.	10 1 шт.
Перемішувач	Гідравлічний 4УПГ	Лопатевий	Лопатевий	Лопатевий
Воронка	Переносна	Переносна	Станціонарна	Станціонарна

### 3.7 Висновки до розділу 3

1. Ефективне очищення бурового розчину є критичною передумовою успішного та економічно вигідного буріння. Воно забезпечується каскадом обладнання різних типів, вибір якого залежить від

технологічних потреб та ринкових пропозицій (вітчизняних чи імпортних виробників).

2. Гідравлічний метод (використання гідроциклонів) є другим етапом очищення, що видаляє пісок та дрібний шлам. Вітчизняні виробники гідроциклонів (піско- та муловідділювачів) пропонують надійні та прості конструкції. Вони добре зарекомендували себе в типових умовах, але їх ефективність суттєво залежить від стабільності параметрів бурового розчину (тиск, в'язкість).

3. Комплектування системи очищення має бути каскадним та інтегрованим процесом, що враховує загальну гідравлічну програму буріння. Оптимальна система поєднує обладнання різних виробників, виходячи з принципу "найкраще рішення для конкретного етапу". Важливо забезпечити сумісність та необхідну продуктивність кожного елемента, щоб уникнути "вузьких місць" у процесі очищення.

4. Сучасна циркуляційна система — це комплексне інженерне рішення, де вітчизняне обладнання (часто надійне та просте) може ефективно доповнюватися високотехнологічними імпортними аналогами (як центрифуги чи просунуті вібросита). Ключ до успіху полягає в грамотному комплектуванні каскаду очищення, що забезпечує максимальну ефективність видалення шламу та підтримання оптимальних параметрів бурового розчину протягом усього процесу буріння.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі вирішено важливу науково-практичну задачу з удосконалення ресурсоефективних циркуляційних систем для буріння свердловин в конкретних гірничо-геологічних умовах.

1. На основі аналізу функцій, класифікації та основних проблем циркуляційних систем було виокремлено критичні фактори, що впливають на їхню ефективність: якість очищення розчину, надійність обладнання, енергоспоживання та адаптивність до геологічних умов.

2. Детально досліджено бурові насоси, обладнання для приготування, обробки та очищення розчину. Встановлено, що сучасні тенденції спрямовані на підвищення автоматизації, надійності та ремонтпридатності усіх вузлів системи. Особливу увагу приділено системам очищення, оскільки саме вони безпосередньо відповідають за підтримання якості розчину, що є вирішальним чинником для швидкості буріння, стійкості стовбура та зношування доліт.

3. Проведено порівняльний аналіз обладнання для механічного та гідравлічного очищення. Виявлено, що міжнародні виробники пропонують широкий спектр високотехнологічного, модульного та часто більш енергоефективного обладнання. Водночас, вітчизняні виробники демонструють розвиток у напрямку надійних конструкцій, адаптованих до місцевих умов експлуатації та ремонтної бази. Оптимальним підходом є комбінування найкращих рішень обох ринків з урахуванням економічних обмежень.

4. Головним практичним результатом роботи є сформовані принципи комплектування циркуляційних систем для конкретних геологічних умов. Запропоновано підхід, за якого склад та конфігурація обладнання (кількість стадій очищення, типи вібросит, каскад гідроциклонів, необхідність застосування центрифуг) обираються на основі: типу бурового розчину (глинистий, полімерний, інвертної емульсії); геологічного розрізу (наявність проникних пластів, абразивних порід, глинистих відкладень); глибини та типу свердловини.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баштан В. Я., Бойко В. С., Адаменко С. В. та ін. Бурове устаткування: підручник / За ред. В. С. Бойка. – К.: Фенікс, 2011. – 666 с. (Охоплює загальну будову установок, зокрема циркуляційні системи).
2. Білецький В. С., Орловський В. М., Вітрик В. Г. Основи нафтогазової справи: навч. посіб. / В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. Г. Вітрик ; [НТУ "ХП"]. – Харків: НТУ "ХП", 2017. – 308 с. (Містить розділи про буріння та циркуляційні системи).
3. Бойко В. С. Тлумачно-термінологічний словник-довідник з нафти і газу: в 2 т. / В. С. Бойко, Р. В. Бойко. — К., 2004—2006.
4. ВБН В.2.4-00013741-001:2008. Споруджування свердловин на газ і нафту. Основні положення.
5. Войтенко В. С. та ін. Технологія та техніка буріння свердловин: підручник. – К.: Фенікс, 2011.
6. ДСТУ ISO 13501:2018 (ISO 13501:2003, IDT) Нафтова та газова промисловість. Бурові рідини. Визначення вмісту бариту (ISO 13501:2003, IDT). (Приклади стандартів, що регулюють параметри розчинів).
7. Коцкулич Я.С. Закінчування свердловин: підручник / Я.С. Коцкулич, О.В. Тищенко. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2009. – 366 с.
8. Коцкулич Я.С. Стан кріплення нафтогазових свердловин і шляхи його покращання / Я.С.Коцкулич, І.І. Витвицький // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2005. - №2. – С.41-44.
9. Кочкодан Я. М. Технологія буріння нафтових і газових свердловин: практикум, Ч.2. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. 280 с.
10. Кривуля С. В. Напрямки геологорозвідувальних робіт по нарощуванню ресурсів, запасів та видобутку газу на родовищах ДК «Укргазвидобування» у центральній та південно-східній частині ДДЗ [Текст] / С. В. Кривуля // Питання розвитку газової промисловості України: зб. наук. прць. – Х.: УкрНДІгаз, 2011. – Вип.

XXXIX. – С. 3–11. Серія «Геологія. Географія. Екологія», випуск 43 - 45

11. Кунцяк Я.В. Експериментальні та промислові дослідження і прогнозування стійкості стовбурів горизонтальних свердловин в нестійких породах / Я.В. Кунцяк, Р.Я. Кунцяк // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2011. – № 1(38). – С. 62-68.

12. Офіційний ресурс компанії «Halliburton» [Електронний ресурс] –

13. Офіційний ресурс компанії «NewTech Services» [Електронний ресурс] – режим доступу до стр.: [https://www. https://www.nt-serv.com](https://www.https://www.nt-serv.com)

14. Офіційний ресурс компанії «Weatherford» [Електронний ресурс] – режим доступу до стор.: <https://www.weatherford.com/en/>

15. СОУ 09.1-30019775-245:2015. Свердловини на нафту і газ. Попередження газонафтоводопроявів і відкритих фонтанів при бурінні та капітальному ремонті свердловин. ПАТ “Укргазвидобування”

16. СОУ 11.2-20077720-030:2008. Свердловини на нафту і газ. Кріплення. Основні положення. НАК “Нафтогаз України”

17. СОУ 11.2-30019775-030:2013. Свердловини на нафту і газ. Розрахунок обсадних колон. ПАТ “Укргазвидобування”.

18. СОУ 11.2-30019775-105:2007. Свердловини на нафту і газ. Попередження порушення стійкості стінок ствола при бурінні. ДК “Укргазвидобування”.

19. СТП 320.00158764.014-2001. Кріплення свердловин. ДК “Укргазвидобування”

20. Технологія і техніка буріння. Узагальнююча довідникова книга. / В.С. Войтенко, В.Г. Вітрик, Р.С. Яремійчук, Я.С. Яремійчук – Львів: Вид-во «Центр Європи», 2012. – 708 с.

21. Barati R.; Liang J. A review of Fracturing Fluid Systems Used For Hydraulic Fracturing of Oil and Gas Wells. J. APPL. POLYM. SCI., DOI:10.1002/APP.40735, 2014.

22. Becker T. Correlations for Drill-Cuttings Transport in Directional-Well Drilling. PhD thesis, University of Tulsa, 1987.
23. Bittencourt A. C. Reservoir development and design optimization / A. C. Bittencourt, R.N. Home // SPE 38895. – 1997. – P.14. 168. Blanco E.R. Hydraulic fracturing requires extensive disciplinary interaction / E.R. Blanco // Oil and Gas J. –1990. – № 12. – P. 112–118.
24. Bomba A. Complex mathematical modeling of nonlinear processes of displacement considering inclusions / A. Bomba, A. Sinchuk, S. Yaroshchak // VIII International Conference POROUS MATERIALS. Theory and Experiment (INTERPOR'12) – L'viv, 2012. – C. 21-22.
25. Briggs P.J. Development of heavy-oil reserves / P.J. Briggs, R.P. Baron, R.J. Fulleylove, M.S. Wright // J.Petrol.Technjl. – 1988. – Vol.40.numb.2. – P.206 -214.
26. Carlson M. Practical Reservoir Simulation / M. Carlson // PennWell. – 2003. – 540 p.
27. Chen C.-C. Modeling a fractured well in a composite reservoir / C.-C. Chen, R. Raghavan // SPE Form. Eval.– 1995.– V. 10.– № 4.– P. 241–246.
28. Chenevert M.E. Oil base mud ballanced activity of water face for the drilling of caving schale. – J. of Petrol Techn. 1970, №10, p. 1309-1316.
29. Chu W. A new model for a fractured well in a radial composite reservoir / W. Chu, G.D. Shank // SPE Form. Eval.– 1993. – V. 8.– № 3.– P. 225–233.
30. Cinco-Ley H. Evaluation of hydraulic fracturing by transient pressure analysis methods / H. Cinco-Ley // SPE Form. Eval. – 1982. – V. 4.– № 1.– P. 25–33. 150
31. Currie I. G. Fundamental Mechanics of Fluids. 3rd edition. / I. G Currie. – Marcel Dekker, Inc., New. York, – 2003. - 525 p.
32. Dahi-Taleghani A. Analysis of hydraulic fracture propagation in fractured reservoirs: an improved model for the interaction between induced and

natural fractures, PhD Dissertation, University of of Texas at Austin, pp. 216, 2009.

33. Das D.B. Upscaling Multiphase Flow in Porous Media From Pore to Core and Beyond / D.B. Das, S.M. Hassanizadeh. // Springer. – 2005. – 257 p.

34. Dilts G.A. Moving-least-squares-particle hydrodynamics II: conservation and boundaries / G. A. Dilts // International Journal for Numerical Methods in Engineering. – 2000. – 48(10). – P. 1503 – 1524.

35. Economides M.J. Reservoir Stimulation / M.J. Economides, K.G.Nolte. – Eglewood Cliffs: New Jersey. – 1989.– 430 p.

36. Elbel J.L. Considerations for optimum fracture geometry design / J.L. Elbel // SPE Prod. Eng.– 1988.– V. 3.– № 3.– P. 323–327.

37. Geertsma J. A rapid method of predicting width and extent of hydraulically induced fractures / J. Geertsma, F. de Klerk // J. Petrol. Technol. – 1969. – № 12.– P. 1571–1581.

38. Gillard, N.; Thomas, A.; Favero, C. Novel Associative Acrylamide-based Polymers for Proppant Transport in Hydraulic Fracturing Fluids, in SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, Woodlands, 2013

39. Guyaguler B. Optimization of well placement and assessment of uncertainty. A dissertation for the degree of doctor of philosophy / B. Guyaguler. – Stanford University, 2002. – 137 p.

40. Haber S. Boundary Conditions for Darcy' s Flow Through Porous Media / S. Haber, R. Mauri // J. Multiphase Flow. – 1983. – 9, №5. – P. 561–574.

41. Hoteit H. Numerical modeling of two-phase flow in heterogeneous permeable media with different capillarity pressures / H. Hoteit, A. Firoozabadi // Advances in Water Resources. – 2008. – Volume 31, Issue 1. – P. 56-73.

42. Instruction manual «Electrical Stability Meter» #131-50, updated 12/10/2015, ver. 3.0. OFI Testing Equipment, Inc.

43. Instruction manual «Model 800 Viscometer» #130-76-C, updated 8/10/2015, ver. 8.0. OFI Testing Equipment, Inc

44. ISO 14687-1:2007. Fluid power – Positive-displacement pumps and motors – Identification code for product families. (Міжнародні стандарти, що стосуються насосного обладнання).
45. Kazemi H.; Fakcharoenphol P.; Miskimins J. Simulation of Gel Filter Cake Formation, Gel Cleanup, and Post-Frac Well Performance in Hydraulically Fractured Gas Wells. SPE Production & Operations, 235-245, August 2013
46. Kenny P. Ester-based muds show promise for replacing some oil-base muds // Oil & Gas Journal, 1993, - Nov. 8, - pp. 89-91.
47. Mark S. Ramsey, Practical Wellbore Hydraulics and Hole Cleaning. Gulf Professional Publishing - 2019 - 340 p.
48. MFrac-II. Hydraulic Fracturing Simulator. - Meyer & Associates, Inc. Conroe, Texas, 1994. - Version 7.x. - 160 p
49. Oil-based muds and Synthetic-based muds: Formulation, Engineering, Field habits and Recommendations. Official manual of Halliburton Company, 2011.
50. Omland, T.H. Detection Techniques Determining Weighting Material Sag in Drilling Fluid and Relationship to Rheology / T.H. Omland, A. Saasen, P.A. Amundsen // Annual transactions of the Nordic rheology society, vol. 15, 2007.
51. Petroleum Geology of the Cusiana Field, Llanos Basin Foothills, Colombia; AAPG Bulletin, v. 79, no. 10, 1995, p. 1444-1463.
52. Schlumberger Company [Электронный ресурс]. - G., 2013.- Режим доступа: <http://slb.com>.
53. Smith M. B.; Montgomery C. T. Hydrauling Fracturing, CRC Press, 2015.
54. Tatiana A. Silva, Schlumberger Engineer Guide (MWD/LWD)
55. White W., McLean F. Better practices and synthetic fluid improve drilling rates // Oil & Gas Journal, 1995, - Feb. 20, - pp. 43-46.

56. William C. Lyons, Gary J. Plisga and Michael D. Lorenz, Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering (Third Edition). Gulf Professional Publishing - 2016 - 1822 p.
57. Wilson C., Chin Ph.D., M.I.T., Yinao Su Limin, Sheng Lin Li, Hailong Bian Rong Shi, Measurement While Drilling (MWD) Signal Analysis, Optimization and Design. John Wiley & Sons - 2014 - 358 p.
58. Zamora, M. Taming of the Shoe / M. Zamora // American association of drilling engineers, 2011, p. 1-7.