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

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

До захисту

Завідувач кафедри
В.о. директора ННІНГ
Сергій ГАВРИК

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: Модернізація та дослідження триплунжерного насоса 4Р-700

Пояснювальна записка

Керівник
Ст. викладач Ковпак С.С.
посада, наук. ступінь, ПІБ
підпис, дата.

Виконавець роботи
Чорний Андрій Костянтинович
студент, ПІБ
група 601-МН
підпис, дата

Консультант за 1 розділом
к.т.н. Савик В.Ч.
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом
к.т.н. Рудаєв В.П.
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом
к.т.н. Савик В.Ч.
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 4 розділом
к.т.н. Рудаєв В.П.
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту 20.01.2025р.

Полтава, 2025

АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі розроблено наступні розділи:

1. У розділі "Вибір та опис технологічного обладнання" обґрунтовано вибір комплексу наземного технологічного обладнання для гідравлічного розриву пласта, проведено порівняльно-критичний аналіз нагнітальних насосів. Встановлено недоліки, які виникають при експлуатації насоса 4Р-700.

2. В розділі "Опис технічної пропозиції" проведено обґрунтування доцільності та економічної ефективності введення запропонованих технічних рішень з розроблення модернізованого вузла насоса 4Р-700, розрахований економічний ефект від його впровадження.

3. В розділі "Дослідно-конструкторська робота" приведено основи дослідження роботи гідравлічних насосів, приведено опис конструкції та обґрунтування випробувального стенду, описана програма проведення досліджень випробувального стенду, розраховано залежність подачі гідравлічних насосів від частоти обертання привідного ротора.

4. В розділі "Розрахунки працездатності" розраховані елементи гідравлічної частини насоса та клапана на міцність, довговічність ущільнення насоса 4Р-700. Розраховані геометричні розміри клапана насоса, які забезпечують нормальну роботу насоса.

5. В розділі "Монтаж і експлуатація обладнання" розроблений комплекс робіт з проведення монтажу обладнання для гідророзриву пласта та підготовчі роботи перед експлуатацією обладнання, підготовчі роботи перед експлуатацією насоса 4Р-700. Описано роботи, які здійснюються в процесі експлуатації даного насоса, роботи при його ремонтах. Проаналізовані потенційні небезпеки при монтажі, експлуатації та ремонті обладнання для гідророзриву пласта, методи і засоби для забезпечення нормальних умов його експлуатації.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри НГІТ
_____
"__" _____20___ року

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

Чорний Андрій Костянтинович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація та дослідження триплунжерного насоса 4Р-700

Керівник роботи ст. викладач Ковпак Сергій Станіславович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом закладу вищої освіти від "29" 08 2024 року №880-ос

2. Строк подання студентом роботи_____ 20___ року

3. Вихідні дані до роботи _____

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

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент _____ Чорний А.К.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Ковтон С.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	4
1. Вибір та опис технологічного обладнання	7
1.1 Вибір комплексу наземного технологічного обладнання для гідравлічного розриву пласта	7
1.2 Опис вибраного технологічного обладнання	15
2. Опис технічної пропозиції	28
2.1 Опис модернізованої конструкції	28
2.2 Оцінка економічної ефективності	30
3. Дослідно-конструкторська робота	40
3.1 Визначення і опис основних параметрів роботи запропонованого технічного рішення, які вимагають проведення науково-дослідних робіт	40
3.2 Вибір методів досліджень основних параметрів	41
3.3 Обгрунтування і опис конструкції лабораторної установки	42
3.4 Програма проведення досліджень	43
3.5 Аналіз одержаних результатів та визначення раціональних або оптимальних конструктивних та експлуатаційних рішень	45
4. Розрахунки працездатності	50
4.1 Розрахунок елементів гідравлічної частини насоса	50
4.2 Розрахунок елементів клапана на міцність	55
4.3 Розрахунок гідрокоробки на статичну міцність	56
4.4 Розрахунок довговічності ущільнення насоса 4Р-700	57
4.5 Розрахунок розмірів клапана	58
5. Монтаж і експлуатація обладнання	61
5.1 Організація робіт з монтажу обладнання	61
5.2 Експлуатація та ремонт обладнання	69
5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання	75
Висновки	80
Список використаної літератури	82

ВСТУП

Актуальність теми. Гідравлічний розрив пласта – процес оброблювання привибійної зони свердловини з метою розширення і поглиблення природних і створених тріщин у продуктивних породах, унаслідок чого збільшується середня проникність пласта в зоні розповсюдження тріщин і поліпшуються умови притоку рідини. Подібний ефект досягається шляхом утворення високих тисків на вибоях при закачуванні в пласт великих обсягів в'язких рідин, що забезпечує швидке підвищення тиску на вибої. Під час проведення гідравлічного розриву пласта використовується значна номенклатура технологічного обладнання, одна частина якого належить до підземного, а друга – до наземного.

Для створення тиску в нагнітальній лінії в процесі гідророзриву пласта використовуються насосні агрегати 4АН-700, які включають силову установку 4УС-800, коробку передач ЗКПМ, горизонтальний триплунжерний насос 4Р-700, маніфольд і систему керування.

Насос 4Р-700 – триплунжерний, горизонтальний, односторонньої дії. Насос перекачує рідину під високим тиском, це створює великі напруження в деталях насоса. Гідравлічна коробка зазнає великого внутрішнього тиску. В механічній частині також виникають великі зусилля, які необхідні для створення високого тиску в гідравлічній частині. Крім цього, рідина, яку перекачує насос, містить в собі абразивні частинки – тверду фазу, і це призводить до спрацювання плунжерів та їх ущільнень, промивання впускних і випускних клапанів. Рідини, які перекачує насос (тампонажні розчини, буферні рідини, продавлювальні рідини), є також хімічно активними і це призводить до прискореного зносу деталей гідравлічної частини насоса. Все вище назване ускладнюється тим, що навантаження, які діють на деталі насоса, не є сталими, а циклічно змінюються по величині і знаку. До того ж всі перелічені вище фактори діють одночасно, цим самим викликаючи прискорене спрацювання і втому деталей насоса [4, 36].

Ефективність функціонування насосів 4Р-700 напряму залежить від довговічності та надійності роботи швидкозношуваних деталей гідравлічної частини насоса. Недоліком насоса є складність його конструкції, обумовлена тим, що нагнітальний колектор виконаний у вигляді окремого вузла, що закріплюється на клапанних коробках. Така конструкція нагнітального колектора збільшує металомісткість і трудомісткість виготовлення насоса.

Таким чином, на сьогодні конструкція насосів 4Р-700 потребує модернізації та дослідження ефективності роботи модернізованого пристрою. Це все ще раз підтверджує актуальність проблеми і необхідність подальших науково-дослідницьких робіт, направлених на удосконалення конструкції нагнітального колектора трьохплунжерного насоса 4Р-700 з метою спрощення його конструкції, зниження трудомісткості виготовлення і металоємності.

Мета роботи. Модернізація нагнітального колектора насоса 4Р-700 та дослідження роботи трьохплунжерного насоса.

Об'єкт дослідження. Процеси руху перекачувальних розчинів при проведенні гідравлічного розриву пласта з використанням насоса 4Р-700.

Предмет дослідження. Властивості і характеристики трьохплунжерного насоса 4Р-700, що оснащений модернізованим нагнітальним колектором.

Можливі результати, які очікуються при виконанні роботи, їхня новизна та значення. При запровадженні даної конструкції трьохплунжерного насоса 4Р-700, що оснащений модернізованим нагнітальним колектором, очікується: спрощує конструкцію насоса і зменшує трудомісткість його виготовлення, оскільки нагнітальний колектор утворюється при відливанні станини; виконання нагнітального колектора, вмонтованого в станину, дозволяє істотно зменшити металоємність насоса.

Наукова новизна отриманих результатів.

- удосконалено розрахунки залежності подачі гідравлічних насосів від частоти обертання привідного ротора;

- науково обґрунтований метод вибору оптимальних конструктивних форм нагнітального колектора плунжерного насоса.

Апробація роботи. Основні положення магістерської роботи доповідались та обговорювались на 75-й науковій конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», секція нафтогазова інженерія та технології, м. Полтава, 20.05.2024 р.

Структура й обсяг магістерської роботи.

Магістерська робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел, який містить 49 найменувань, додатків. Основна частина магістерської роботи викладена на 81 сторінках комп'ютерного набору і містить 11 рисунків і 8 таблиць. Повний обсяг магістерської роботи становить 86 сторінок.

1 ВИБІР ТА ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Вибір комплексу наземного технологічного обладнання для гідравлічного розриву пласта

1.1.1 Вихідні дані для магістерської роботи

1. Глибина свердловини	$H = 2650$
1. Діаметр експлуатаційної колони, мм	$D_к = 146$
3. Товщина стінки експлуатаційної колони, мм	$\delta_к = 10{,}0$
4. Поточний дебіт рідини, м^3/добу	$Q_н = 3{,}5$
5. Товщина пласта (без пропластків), м	$h = 30$
6. Густина піску, кг/м^3	$\rho = 2500$
7. Коефіцієнт технічного стану насосного агрегату	$k_т = 0{,}85$
8. Поточна обводненість	$W = 0\%$
9. Радіус свердловини по долоту, м	$R_с = 0.873$
10. Темп закачування, м^3/с	$Q_з = 22 \cdot 10^{-3}$
11. Тиск розшарування порід, МПа	$P_{роз} = 1{,}5$
11. Верхній і нижній отвори перфорації, м	$H = 2525 - 2555$
13. Пластовий тиск, МПа	$P_{пл} = 7{,}2$

1.1.2 Розрахунок комплексу наземного технологічного обладнання та вибір його для ГРП

Використовуючи вихідні дані в цьому розрахунку розраховуємо об'єм рідини для ГРП, витрати рідини, розміри тріщин під час запланованого у даній свердловині гідравлічного розриву пласта, масу закріплювача тріщин, очікувані тиски.

Відомо, що пористість піску $m = 0{,}2$; радіус контуру живлення (половина

середньоарифметичної відстані між свердловинами) $R_к = 1000$ м; модуль Юнга $E = 10^{10}$; коефіцієнт Пуансона для порід $\nu = 0{,}25$; густина порід $\rho_п = 2600$ кг/м^3.

В свердловину для проведення ГРП спустимо насосно компресорні труби марки E діаметром $d_т = 89$ мм на глибину 2482 м; лакерП В – ЯГМ – 140х35.

Для даного гідравлічного розриву пласта застосовуємо такі рідини: буферна рідина і рідина – пісконосій – водний 0,4% розчин ПАА (8%) в'язкістю $\mu_{рп} = 40$ м·Па·с, густиною $\rho_{рп} = 1000$ кг/м^3; рідина розриву і протискуюча рідина – водний розчин 0,2% неонолу густиною 1000 кг/м^3.

1. Тиск розриву пласта $P_р$ є найважливішим параметром ГРП. Відомо, що можна визначити тиск розриву за значенням гірського тиску.

$$P_р = P_{ГР} - P_{ПЛ} + P_{РОЗ} \qquad (1.1)$$

де $P_{ГР}$ – гірничий тиск, МПа

$$P_{ГР} = H \cdot \rho_П \cdot g \qquad (1.2)$$

де $H = 2540$ м – глибина свердловини до середини фільтра

$\rho_П$ – густина порід, кг/м^3

$$P_{ГР} = 2540 \cdot 2650 \cdot 9{,}81 = 65 \text{ МПа}$$

$P_{ПЛ}$ – пластовий тис, МПа

$P_{РОЗ}$ – тиск розшарування порід, МПа

Отже:

$$P_р = 65 \cdot 10^6 - 7{,}2 \cdot 10^6 + 0{,}15 \cdot 10^6 = 57{,}95 \text{ МПа}$$

1. Визначаємо тиск на гирлі свердловини

Тиск на гирлі рівний

$$P_y = P_r - \rho_к \cdot g \cdot H + P_{тр} \qquad (1.3)$$

де P_r – тиск розриву пласта, МПа

H – глибина свердловини до середини фільтра, м

$\rho_к$ – густина рідини розриву, кг/м^3

$P_{тр}$ – втрати тиску по довжині насосно-компресорних труб, МПа

$$P_{тр} = \lambda \cdot \frac{h}{d} \cdot \frac{V^2 \rho_к}{2} \qquad (1.4)$$

де λ – коефіцієнт втрати тиску, для НКТ діаметром 89 мм $\lambda = 0{,}034$

V – швидкість руху рідини, м/с

h – 2482 м – глибина спуску НКТ

d – внутрішній діаметр НКТ, $d = 76$ мм $= 76 \cdot 10^{-3}$ м

$$V = \frac{Q_1}{0{,}785 \cdot d^2} \qquad (5.5)$$

де Q – темп закачування рідини, м^3/с

d – внутрішній діаметр НКТ, м

$$V = \frac{22 \cdot 10^{-3}}{0{,}785 \cdot \left(76 \cdot 10^{-3}\right)^2} = 5{,}5 \text{ м/с}$$

$$P_{тр} = 0{,}034 \frac{2482}{76 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{5{,}5 \cdot 1 \cdot 10^3}{2} = 16{,}8 \text{ МПа}$$

Отже:

$$P_3 = 57{,}95 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot 2540 + 16{,}8 \cdot 10^6 = 49{,}8 \text{ МПа}$$

3. Визначаємо масу закріплювача тріщин.

У свердловину глибиною 3500 м для закріплення тріщин використовують кварцовий пісок, що відповідає ТУ39 – 982 – 84. Найбільш застосовують пісок фракції 0,14..0,16 мм

Розрахунок маси закріплювача потрібно здійснювати з урахуванням питомого розподілу його на одиницю поверхні та потрійної поверхні тріщин гідравлічного розриву пласта.

$$M_{ПС} = \frac{S_{ТР} \cdot m_{ПС}}{1000} \qquad (1.6)$$

де $S_{ТР}$ – поверхня двох півдовжин тріщин, м^2

$$S_{ТР} = 2 \cdot L \cdot h \qquad (1.7)$$

де L – півдовжина тріщини, м

h -- товщина пласта, м

$m_{ПС}$ – питомий розподіл закріплювача, кг/м^1.

4. Визначаємо об'єм рідини для ГРП і концентрацію піску.

У свердловині глибиною $H_{СВ} \le 3500$ м об'єм малов'язкої рідини розриву приймаємо $V_{РР} = 10..20$ м^3

Перед рідиною пісконосія знаходиться буферна рідина, об'єм якої повинен забезпечити розкриття тріщини на ширину в 4..6 разів більшу, ніж діаметр закріплювача, а це 3..5 мм.

Приблизно визначаємо об'єм буферної рідини

$$V_{б.р} = (0,1..0,3)V_{р.п} \tag{1.8}$$

де $V_{р.п}$ – об'єм рідини-піскоиосія

$$V_{р.п} = \frac{M_{п.с} \cdot 10^3}{C_{п.с}} \tag{1.9}$$

де $M_{п.с}$ – маса піску, приймаємо 9 тон;

$C_{п.с}$ – концентрація піску в рідині-піскоиосії, кг/м^3 $C = 0,3$ т/м^3

Отже, об'єм рідини-піскоиосія:

$$V_{р.п} = \frac{9 \cdot 10^3}{0,3} = \frac{9}{0,3} = 30 \text{ м}^3$$

Об'єм буферної рідини

$$V_{б.р} = (0,1..0,3) \cdot 30 = 6 \text{ м}^3$$

Об'єм протискувальної рідини визначаємо формулою:

$$V_{пр} = 0,785\left(Hmd_{в.т}^2 + \left(H \cdot H_т\right) \cdot D_{в.к}^2\right) \tag{1.10}$$

де $H_т$ – глибина спуску НКТ, м

$d_{в.т}$ – внутрішній діаметр НКТ, м

H – глибина залягання пласта, м

$D_{в.к}$ – внутрішній діаметр експлуатаційної колони, м

$$V_{пр} = 0,785\left(2482 \cdot \left(76 \cdot 10^{-3}\right)^2 + \left(2544 - 2482\right) \cdot 126^2\right) = 18,36 \text{ м}^3$$

5. Визначаємо розміри тріщин при ГРП

Півдовжину вертикальної тріщини за формулою:

$$L = \sqrt{\frac{V_{рп} \cdot Q_з \cdot \mu_{рп}}{2\pi^2 \cdot H^2 \cdot m \cdot k_{пп}}} \qquad (1.11)$$

де $V_{рп}$ – об'єм рідини-пісконосія, м^3

$\mu_{рп}$ – в'язкість рідини, МПа;

m – пористість породи;

$Q_з$ – витрата рідини під час закріплення тріщини, м^3/с;

h – товщина пласта, м;

$k_{пп}$ – проникність породи, м

$$L = \sqrt{\frac{30 \cdot 22 \cdot 10^{-3} \cdot 40}{2 \cdot 3\pi^2 \cdot 2650^2 \cdot 0.2 \cdot 5.53 \cdot 10^{-12}}} = 4.61 \text{ м}$$

6. Визначаємо кількість насосних агрегатів, виходячи з відомих $P_н$, $Q_н$, характеристики одного агрегату $P_а$, $Q_а$ і технічного стану $k_т$

$$n_а = \frac{P_н \cdot Q_н}{P_а \cdot Q_а \cdot k_т} + 1 \qquad (1.12)$$

де $P_н$ – тиск на гирлі свердловини, МПа

$Q_н$ – темп закачування, м^3/с

$k_т$ – коефіцієнт технічного стану насосного агрегату, $k_т = 0.85$

$P_а$ – тиск агрегату на II швидкості, МПа

$Q_а$ – подача агрегату на II швидкості, м^3/с

$$n_a = \frac{49{,}8 \cdot 22 \cdot 10^{-3}}{52{,}5 \cdot 9 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}85} + 1 \approx 4{,}1$$

7. Наближено оцінюємо тривалість проведения ГРП за такою залежністю

$$t = \frac{1440\left(V_{p.p} + V_{б.р} + V_{рп} + V_{пр}\right)}{Q_з} \qquad (1.13)$$

де $V_{р.р}$ – об'єм рідини розриву пласта, м^3

$V_{б.р}$ – об'єм рідини – піскоиосія, м^3

$V_{пр}$ – об'єм протискуваної рідини, м^3

$Q_з$ – темп закачування, м^3/с

$$t = \frac{1440(15 + 6 + 3{,}5 + 18{,}36)}{22 \cdot 10^{-3}} = 2439936 \text{ с}$$

8. Визначаємо загальний об'єм рідини

$$V_{ЗАГ} = V_{р.р} + V_{б.р} + V_{рп} + V_{пр} \qquad (1.14)$$

$$V_{ЗАГ} = 15 + 6 + 30 + 18{,}36 = 69{,}36 \text{ м}^3$$

Для приготування піску з рідиною застосовуємо піскозмішувальні агрегати УСП – 50, які мають бункер на 8 тон.

Робочу рідину до свердловини доставляють автоцистерною АЦ – 10 ємністю бункера по 10 м^3. Для проведення гідророзриву необхідно виконати послідовно вказані в табл. 1.1 технологічні операції.

Таблиця 1.1 – Порядок виконання робіт

№	Назва робіт
1	Зупинити свердловину.
2	Підняти свердловинне обладнання.
3	Спустити в свердловину колону насосно-компресорних труб ∅89 мм на глибину 2343 метра і промити свердловину рідиною глушіння.
4	Підняти колону насосно-компресорних труб.
5	Спустити в свердловину на колоні насосно-компресорних труб ∅ 89 мм до глибини 2341м шаблон ∅ 118 мм довжиною 2,5 метра.
6	Спустити в свердловину пакер ПВ – ЯГМ – 146×35 на колоні рівно міцних насосно-компресорних труб ∅89 мм з сталі марки Е на глибину 2341 м. Колону насосно-компресорних труб випробовувати тиском 40,0 МПа, пакер встановити на глибині 2341 м і випробувати його тиском 70,0 МПа.
7	Обладнати гирло свердловини фонтанною арматурою 2АУ – 700.
8	Заготовити 800 $м^3$ води.
9	Підготовити про свердловинний майданчик для розміщення необхідної для проведення ГРП техніки.
10	Прокласти два водоводи ∅ 89 мм від місткості з водою до свердловини і обв'язати їх гайками швидкого з'єднання.
11	Забезпечити наявність на свердловині: а) агрегат 4АН - 700 – 4 шт; б) піскозмішувач УСП-50 – 2 шт; в) блок маніфольд БМ – 700 – 1 шт; г) автоцистерна АЦ - 10 – 4 шт; д) кварцовий пісок – 10 тон.
12	Обв'язати агрегати згідно схеми (аркуш ДП) і випробувати трубопроводи тиском 70,0 МПа.
13	Провести гідравлічний розрив пласта згідно передбаченої технології. Затрубний простір свердловини відкритий. У випадку появи циркуляції ГРП припинити. Свердловину промити до чистої води. Пакер піднімати негайно.
14	Закрити свердловину. Зняти криву відновлення тиску.
15	Підняти пакер.
16	Промити свердловину до штучного вибою 2400 метра.
17	Провести термокаротаж.
18	Пустити свердловину в експлуатацію.

1.2 Опис вибраного технологічного обладнання

1.2.1 Піскозмішувальні агрегати

Для транспортування піску, приготування піщано – рідинної суміші і подачі її до насосних агрегатів при гідравлічному розриві нафтових і газових пластів і гідропіскоструменевих процесах використовують піскозмішувальну установку УСП – 50. Дане обладнання установки змонтоване на шасі автомобіля КрАЗ – 257Б1А.

До складу обладнання входить бункер з робочим і завантажувальними шнеками, змішувач, маніфольд, пісковий насос, гідро- і пневмосистеми, пульт керування.

Для транспортування піску бункер має сталеву зварену конструкцію квадратного перерізу з конічним днищем, який розділений суцільною перегородкою на два рівних відсіки, що дозволяє одночасно транспортувати пісок різних фракцій. Для заповнення бункера піском у польових умовах при відсутності сторонніх завантажувальних засобів використовують завантажувальний шнек. Робочий шнек використовують для подачі піску з відсіків бункера в змішувач для приготування піщано – рідинної суміші. Пісок подають по спеціальному рукаву, що має великий кут нахилу до змішувача, що забезпечує рівномірну подачу піску. Робочий шнек укомплектований боковими рукавами з висувними засувками, які слугують для повернення зайвого піску з корпусу робочого шнека у відсіки бункера.

Приготування піщано – рідинних сумішей здійснює змішувач місткістю 1 $м^3$, який має циліндричну ємність з конічним днищем, зверху закриту кришкою. Всередині змішувача змонтований лопатевий змішувач, а також поплавковий рівнемір. На циліндричній поверхні змішувача у верхній її частині знаходиться патрубок для відводу рідини при переливах її зі змішувача, конічне днище закінчується патрубком для добору готової суміші і подачі її до насосних агрегатів. Завантажувальний і робочий шнеки, а також лопатева мішалка змішувача приводяться в дію гідромоторами Г15 – 23 через

одноступінчасті редуктори.

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика УСП – 50

Назва	Одиниця
Монтажна база – шасі автомобіля	КрАЗ – 25761
Максимальна продуктивність змішувача, т/год:	
робочого	50
транспортувального	25
Маса транспортованого піску, т	9
Місткість, м^3	
бункера	6,83
змішувача	1
Пісковий насос	5ПС – 10
Тиск рідини в насосі, МПа	0,22
Габаритні розміри, мм:	
довжина	9530
ширина	2630
висота	3750

Манифольд піскозмішувальної установки складається з приймального і роздавального трубопроводів. Приймальний трубопровід складається з двох насосно – компресорних труб діаметром 50 мм, з'єднаних з патрубками в кришці змішувача. Трубопровід укомплектований швидкозбірними елементами для з'єднання з автоцистернами. Роздавальний трубопровід манифольда з'єднує патрубок на конічному днищі змішувача з приймальним патрубком пісконого насоса, а також з роздавальним колектором, з яким під час роботи з'єднуються приймальні лінії насосних агрегатів. Також з цим же колектором з'єднаний напірний патрубок пішаного насоса 5ПС – 10. Роздавальний трубопровід має великий умовний прохід (125 мм), що дозволяє збільшити відбір суміші із змішувача.

Управління установкою здійснюється однією людиною на спеціальному щиті поста управління на якому розташовані манометри гідросистеми, тахометри робочого шнека і піскового насоса, термометр для вимірювання температури масла в масляному баці, дроселі управління гідромоторами шнеків і змішувачів, а також до поста виведено керування коробки відбору потужності приводу масляного і піскового насосів і газом автомобіля.

1.2.2 Гирлове обладнання

При проведенні гідравлічного розриву пласта та інших технологічних операціях устя свердловини обладнують спеціальною арматурою, яка носить назву арматура устя свердловини універсальна типів 2АУ – 70 і 2АУ – 70СУ, тому що цю арматуру можна використовувати при цементуванні свердловини і гідроструминній перфорації.

Арматура устя складається з хрестовини з патрубком діаметром 80 мм, гирлової головки з сальником, пробкових кранів та інших елементів. В хрестовині є три горизонтальні відводи, до двох з яких через пробкові крани приєднуються напірні лінії від насосних агрегатів. На хрестовині встановлено манометр з роздільником заповненим маслом. Гирлова головка має чотири відводи, три відводи з пробковими кранами, а до четвертого відводу приєднано манометр і запобіжний клапан цвяхового типу. Нижній кінець головки має різьбу для приєднання до експлуатаційної колони діаметром 168 мм.

Арматура може приєднуватися до підйомних труб діаметром 73 і 89 мм. Відводи арматури мають гнучкі з'єднання. Арматура гирла укомплектована прохідними кранами з циліндричним пробками, якими легко керувати при будь-якому тискові.

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика гирлового обладнання

Назва	Одиниця
Трубна головка	
Робочий тиск, МПа	70
Кількість приєднувальних ліній	2
Умовний прохід приєднувальних ліній, мм	50
Гирлова головка	
Робочий тиск, МПа	32
Кількість приєднувальних ліній	2
Умовний прохід приєднувальних ліній, мм	50
Пробкові крани	
Умовний прохід лінії, мм нагнітальної контрольної (із зубчастим сектором)	50 25
Габаритні розміри арматури устя, мм	1828x1695x1532
Маса арматури в зборі, кг	500

1.2.3 Допоміжне обладнання при ГРП

До складу допоміжного обладнання входить автоцистерна АЦ – 10 і причіп – цистерна ПЦ8 – 8350, які призначені для транспортування неагресивних рідких середовищ температурою до $+80^0$ С і подачі їх до змішувальних і насосних установок при ГРП, а також при цементуванні свердловини і інших роботах.

Автоцистерна (рис 1.1) дозволяє здійснювати:

– наповнення власної цистерни з по сторонньої ємності з рівнем рідини не нижче рівня землі;

– подачу рідини (із вимірюванням її кількості) із власної цистерни на вхід насоса високого тиску насосної установки;

– подачу рідини із сторонньої ємності, минаючи власну цистерну.

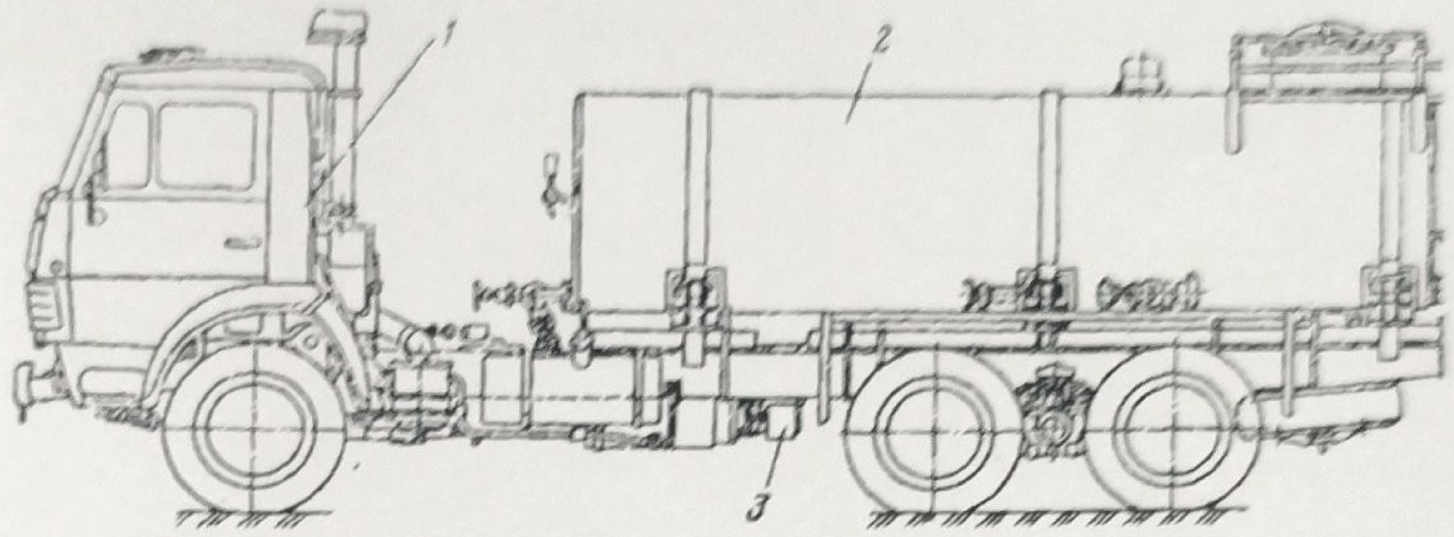


Рисунок 1.1 – Автоцистерна АЦ-10

1 – автомашина КамАЗ-53112; 2 – ємність; 3 – система насоса

Автоцистерна включає в себе цистерну, маніфольд, насосний блок з приводом, систему заповнення насоса і управління коробкою відбору потужності та інше допоміжне обладнання. У верхній задній частині цистерни розміщена горловина для її заповнення, яка виконує також функції люку-лазу для огляду та ремонту. Для визначення рівня рідини в цистерні встановлений рівнемір важільно – поплавкового типу у верхній частині цистерни над заднім відсіком.

Від коробки передач автомобіля через коробку відбору потужності, карданний вал та редуктор здійснюється привід відцентрового насоса. Маніфольд являє собою систему трубопроводів, які складають всмоктувальну і нагнітальну лінію відцентрового насоса. Із кабіни автомобіля здійснюється управління коробкою відбору потужності і є пневматичним.

Таблиця 1.4 – Технічна характеристика АЦ – 10

Назва	Одиниця
Монтажна база	Шасі автомобіля Камаз
Місткість цистерни, $м^3$	10
Найбільша маса транспортованої рідини, кг	9000
Тип насоса	К 45/55
Подача, $м^3/с$	0,0125
Тиск нагнітання, МПа	0,55
Умовний прохід трубопроводів маніфольда, мм: всмоктувального нагнітального	70 70
Габаритні розміри автоцистерни, мм: довжина ширина висота	8330 2500 2820
Маса автоцистерни, кг	9039

Причіп – цистерна ПЦ8 – 8350 (рис 1.2) включає цистерну, рівнемір, маніфольд, допоміжний трубопровід, які змонтовано на причепі. Цистерна – овального типу, з одною горловиною, яка розташована у верхній задній частині і закрита глухою кришкою.

На кришці є сапун для сполучення внутрішньої порожнини з атмосферою, а також відкидна кришка для заповнення цистерни від стояка. Цистерна розділена хвиле гасником на дав рівномірних відсіки, а також передбачений показник рівня поплавкового типу.

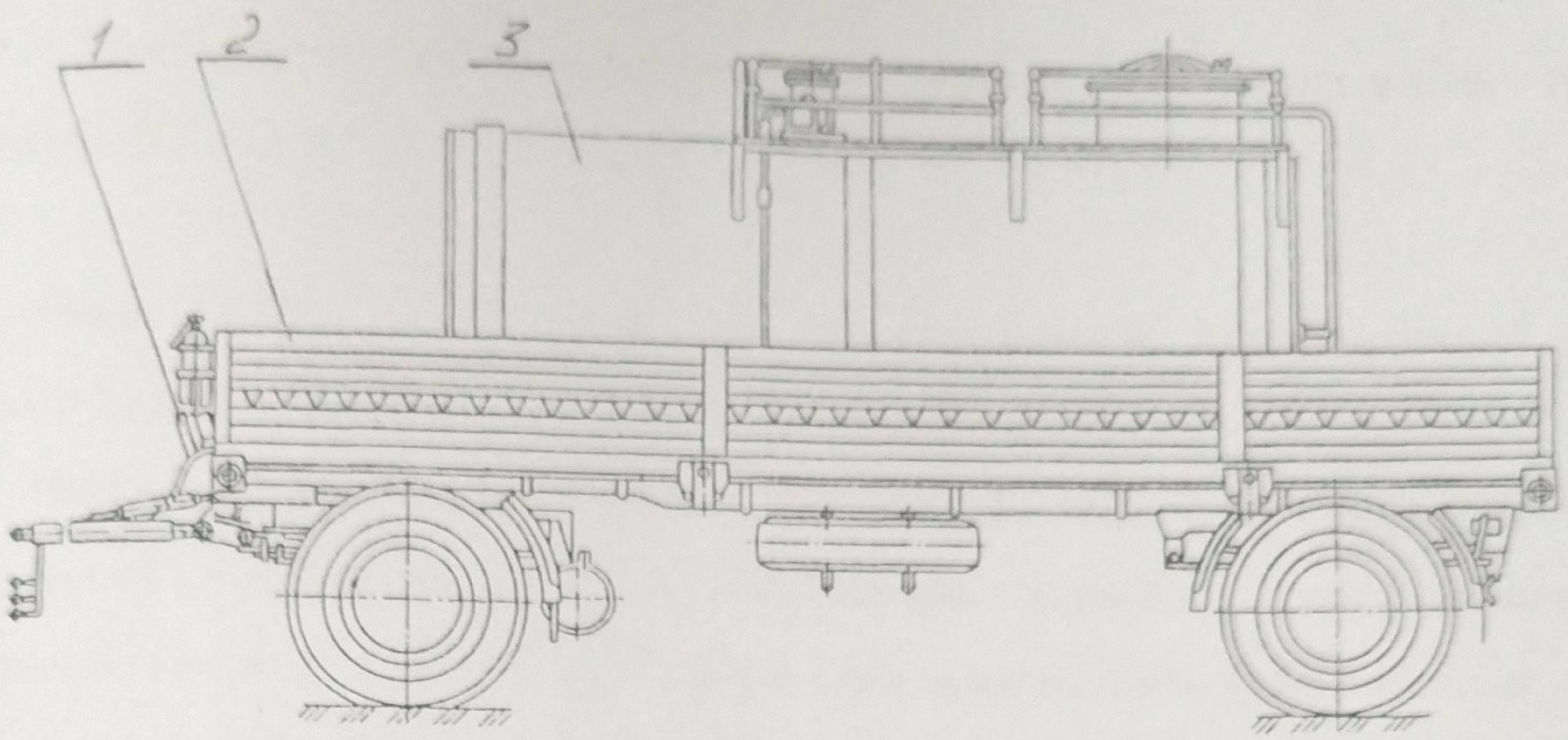


Рисунок 1.2 – Причіп-цистерна ППЦ-8350:

1 – маніфольд; 2 – причіп; 3 – ємкість

Таблиця 1.5 – Технічна характеристика ППЦ – 8350

Назва	Одиниця
Монтажна база	Причіп ГКБ – 8350
Місткість цистерни, $м^3$	8,3
Умовний прохід трубопроводів маніфольда, мм: всмоктувального нагнітального	 100 50
Габаритні розміри причепа, мм: довжина ширина висота	 8290 2500 3040
Маса причепа – цистерни, кг	5025

Трубопроводи маніфольда, які мають запірну арматуру, закінчуються гніздами конусів для з'єднання за допомогою рукавів з насосом автоцистерни – тягача.

1.2.4 Насосний агрегат для нагнітання технологічної рідини в пласт при гідророзриві пласта

Насос 4Р-700 – триплунжерний, горизонтальний, односторонньої дії. Насос складається з приводної і гідравлічної частини.

Насос агрегату перекачує рідину під високим тиском, це створює великі напруження в деталях насоса. Гідравлічна коробка зазнає великого внутрішнього тиску. В механічній частині також виникають великі зусилля, які необхідні для створення високого тиску в гідравлічній частині.

Крім цього, рідина, яку перекачує насос, містить в собі абразивні частинки – тверду фазу і це призводить до спрацювання плунжерів і їх ущільнень, промивання впускних і випускних клапанів. Рідини, які перекачує насос (тампонажні розчини, буферні рідини, продавлювальні рідини), є також хімічно активними і це призводить до прискореного зносу деталей гідравлічної частини насоса. Все вище назване ускладнюється тим, що навантаження, які діють на деталі насоса, не є сталими, а циклічно змінюються по величині і знаку. До того ж всі перелічені вище фактори діють одночасно, цим самим викликаючи прискорене спрацювання і втому деталей насоса.

Приводна частина складається з трансмісійного і корінного валів і шатунно-крейцкопфної групи. Трансмісійний вал виконаний за одне ціле з шестернями і змонтований в станині на роликових підшипниках. Корінний вал пустотілий, двоопорний, також встановлений на роликових підшипниках. На нього на спільній шпонці насаджені зубчасті колеса з ексцентриками. Шестерні трансмісійного вала і колеса корінного вала косозубі; шатуни насоса – литі, стальні, двотаврового перерізу.

Мотилеві головки шатунів змонтовані на роликових підшипниках на ексцентриках зубчастих коліс корінного вала. Малі підшипники шатунів з'єднані конічними пальцями з крейцкопфами. Крейцкопфи стальні із змінними накладками, які виготовлені із антифрикційного чавуну. Змінні накладки напрямних крейцкопфів також із антифрикційного чавуну.

Гідравлічна частина насоса кріпиться до зварної станини за допомогою болтів і центрується корпусами ущільнень плунжера. Клапанна коробка кована з сталі 45. Клапани тарілчасті, матеріал – сталь 40ХНІМ. Клапани і циліндрові кришки вставні, ущільнюються в коробці гумовими манжетами.

Плунжери насоса виготовлені із сталі 50, робоча поверхня плунжерів хромована. Плунжери мають однакові кінці для приєднання до крейцкопфів. З крейцкопфами плунжери з'єднані за допомогою тяги. Плунжери переміщуються по напрямних грундбуксах і ущільнені самоущільнюваними манжетами, які виготовлені з гуми.

Гідрокоробка захищена від перевищення допустимого тиску голчастим запобіжним клапаном, який спрацьовує при перевищенні тиску в циліндрі понад допустимий.

Знизу до клапанної коробки приєднаний болтами впускний колектор, зверху – нагнітальний.

Приводна частина насоса змащується рідким мастилом, яке розбризкується із маслозбірника. В гідравлічній частині насоса плунжери змащуються консистентним мастилом, яке подається через пресмастильниці. Для зменшення пульсації подачі і тиску на виході з насоса встановлюють пневмокомпенсатор об'ємного типу.

Насос Р-700 працює наступним чином. Обертовий рух від приводного двигуна через коробку передач передається на трансмісійний вал насоса. Через шестерню обертовий рух передається на корінний вал, який в ексцентриково-шатунному механізмі перетворюється в зворотно-поступальний рух крейцкопфа. Плунжер, який кріпиться до крейцкопфа, також здійснює зворотно-поступальний рух. Під час руху плунжера до правої крайньої точки в циліндрі насоса, створюється розрідження і під дією перепаду тиску і відкривається впускний клапан і в циліндр через впускний патрубок засмоктується порція рідини. Коли плунжер доходить до правої крайньої точки підпружинений впускний клапан закривається. Плунжер рухаючись до лівої крайньої точки створює тиск в циліндрі, під дією якого відкривається

підпружинений випускний клапан і порція рідини під тиском подається в нагнітальний трубопровід. Коли плунжер досягне крайньої лівої точки, підпружинений випускний клапан під дією стиснутої пружини, закриється. Таким чином відбувається нагнітання рідини.

Клапан насоса призначений для періодичного відкриття і закриття всмоктуючих і нагнітальних отворів циліндрів. Клапан працює під дією різниці тисків на клапані. Завдяки перепаду тисків клапан є самодіючим і його робота не вимагає додаткових затрат енергії, що приводить до підвищення економічного ефекту в процесі експлуатації. Основною вимогою до конструкції клапана є його висока надійність у використанні, довговічність у роботі, простота конструкції, дешевизна та доступність матеріалів, з яких виготовляють виріб, високі коефіцієнти уніфікації та стандартизації.

Оскільки клапани призначені для роботи з абразивними частинками в умовах високого тиску, то їх виготовлення вимагає високої точності і високої кваліфікації виготовлювача. Найшвидше зношуються поверхні, які контактують з потоком рідини, що несе абразивні частинки. При контакті з матеріалом клапана частинки, які мають високу кінетичну енергію, стирають місце контакту, утворюючи бороздки. Сукупність пошкоджень веде до зменшення діаметра, порушення правильності геометричної форми. Це, в свою чергу, приводить до порушення нормальних умов роботи клапана.

Найшвидше зношується матеріал ущільнень. Слід враховувати, що пластичні матеріали і гуми, з яких їх виготовляють, при стисканні з обох сторін рідиною, що знаходиться під тиском, погано піддаються з зміною об'єму, а лише міняють форму, прагнучи заповнити вільний простір під дією сил, створених різницею тисків. Контакт ущільнень з посадковою поверхнею сідла, коли воно сідає на сідло раніше, ніж тарілка, веде до всмоктування краєчка ущільнюючого кільця в щілину - зазор між тарілкою і сідлом. Цей краєчок швидко зруйнується. Якщо швидше за ущільнення на посадкову поверхню

сідатиме тарілка, рідина затікатиме в зазор і руйнуватиме металічні посадкові поверхні.

Величина спрацювання залежить від швидкості руху абразивних частинок, від їх величини та геометричних розмірів, від їх концентрації в буровому розчині.

Клапани насосів 4Р-700 випускають тарілчастого типу різноманітних конструкцій по формі, матеріалу деталей, по методу обробки і т. д.

За видом розміщення на конструктивних елементах ущільнення клапанів бувають: з ущільненням на сідлі; з ущільненням на тарілці.

За формою перерізу ущільнення бувають: круглого, ромбовидного й каплевидного перерізу.

Клапанні вузли випускають переважно однакового складу деталей з незначними відхиленнями в конструкції по умові необхідності в використанні.

Для перевірки стану клапана проводяться стендові випробування. Стенд (рис. 1.3) складається з двигуна 2, від якого через муфту 3 приводиться в дію підпірний насос 4, з'єднаний через засувку 5 з пневмокомпенсатором 35, діафрагмою 7, контроль за тиском проводиться манометрами 27, 28, 29 та реєструється датчиками 21 22, 23, 24; до двигуна приєднано індукційний датчик 31. Двигун 2 через пасову передачу 9 і редуктор 10 приводить в дію кривошип 11, шатун 12 і поршень пульсатора 13. Двигун 14 через клинопасову передачу, муфту і редуктор 15 приводить в рух механічну частину насоса, клапанна пара приходить в рух. Робоча рідина подається з ємності 1 в систему трубопроводів і її витрата визначається витратоміром 20.

Принцип дії установки полягає в наступному. При статичній промивці клапана відцентровий насос 4 забирає рідину з ємності 1 і через засувку 5 пневмокомпенсатор 35, засувку 37 подає в клапанну коробку 17 до випробуваного клапана і з неї зливається назад у ємність 1. Клапанна коробка з клапанним вузлом дозволяє застосовувати пружини з різною твердістю і регулювати силу попереднього підтиску пружини. Конструкція клапанної коробки передбачає також випробування клапанів різних типорозмірів шляхом

заміни сідла, встановленого в змінних проміжних конічних втулках, запресованих у корпусі.

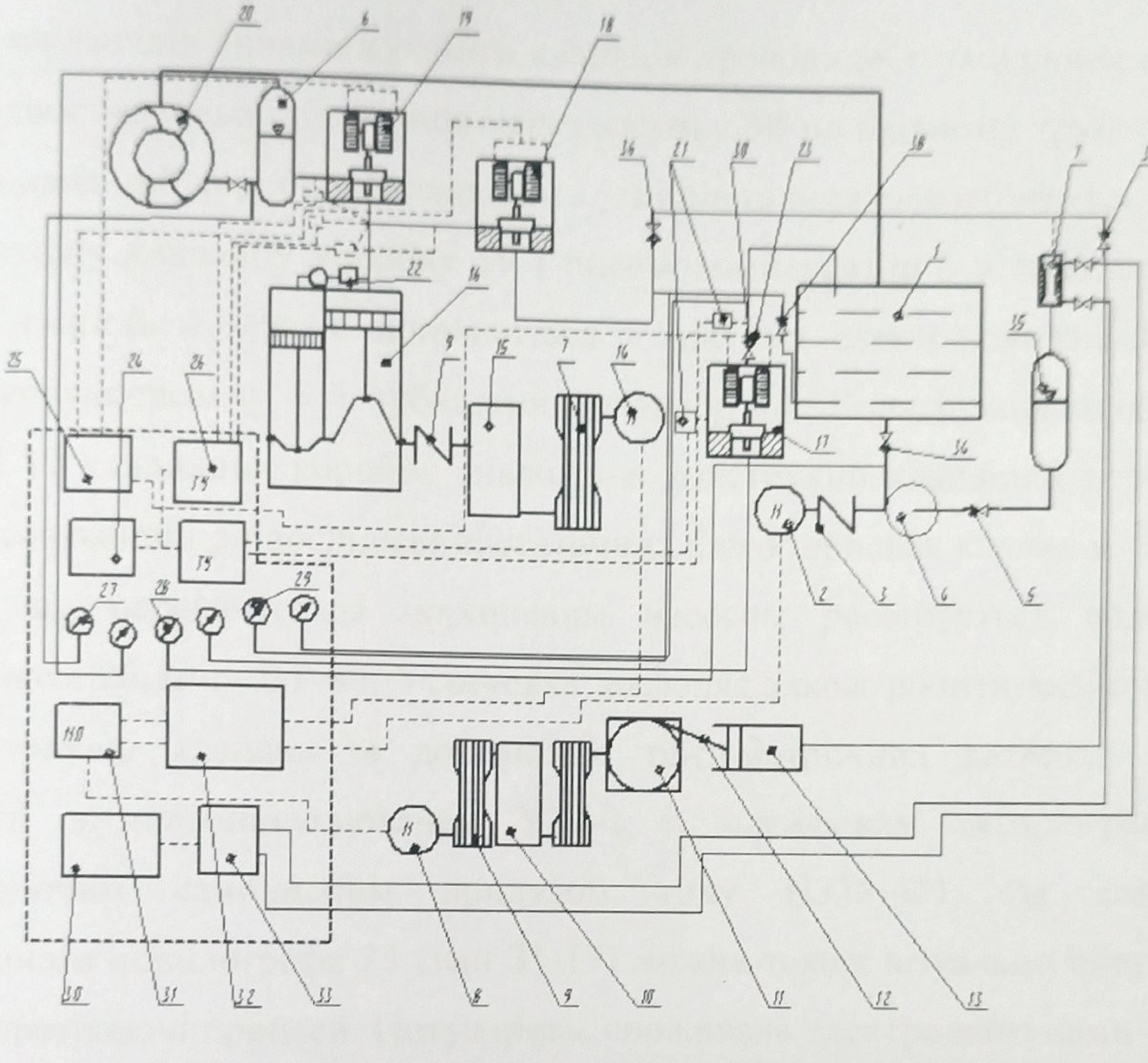


Рисунок 1.3 – Схема випробувальної установки УДК – 1

Висота підйому тарелі клапана вимірялася за допомогою соленоїдно-трансформаторного індуктивного датчика, винесеного за межі клапанної коробки. Витрата рідини через клапан вимірялася за допомогою вимірювальної діафрагми 7, використовуваної в комплекті з дифманометром 33 типу ДМ-3537 і самописним приладом 30 типу ДО1-05 і встановленої у вихідній лінії після пневмокомпенсатора 35. Для виміру порівняно невеликих витрат рідини використовувалася мірна ємність.

Відзначимо також, що ця частина установки дозволяє також зняти амплітудно-фазо-частотні характеристики клапанів. Для цього в блок для статичних випробувань додатково до входу клапанної коробки встановлений пульсатор 13. З його допомогою вносять синусоїдальні збурювання в потік

рідини, що проходить через клапан. Частота й амплітуда пульсацій подачі рідини змінюється в широких межах за допомогою ланцюгового варіатора 10 величини радіуса кривошипа пульсатора.

Дослідження динаміки роботи клапанів проводилися на однопоршневому насосі односторонньої дії. Рідина через засувку 38 на вхідному трубопроводі і вхідній клапанній коробці 18 надходить у циліндр поршневого насоса 16. Далі, через вихідну клапанну коробку 19 і пневмокомпенсатор 6 рідина зливається назад у ємність 1. Насос приводиться в дію від електродвигуна 14 через клинопасову передачу 9 і зубчастий редуктор 15. Конструкція вхідної 18 і вихідної 19 клапанних коробок аналогічна конструкції клапанної коробки 17, використовуваної при дослідженні статичних характеристик клапанів. Кількість рідини, що перекачується поршневим насосом реєструється водомірним лічильником 20 типу ВТ-80. Установка дозволяє також робити запис тиску на вході і виході клапана за допомогою тензометричних датчиків тиску в комплекті з тензопідсилювачем УТ4-1 і шлейфовим осцилографом чи швидкодіючим самописним приладом типу Н338-401. За допомогою електронного осцилографа 25 (тип 31-17) можна також візуально спостерігати швидкопротікаючі процеси. Потужність, споживана електродвигунами приводу поршневого і відцентрового насосів реєструється вимірювальним комплектом 32 типу ДО505.

Висновки

У першому розділі даної магістерської роботи вибраний комплекс наземного технологічного обладнання для гідравлічного розриву пласта; поданий порядок виконання робіт при проведенні гідравлічного розриву пласта; проведено критичний аналіз піскозмішувальних агрегатів, маніфольда піскозмішувальної установки, гирлового обладнання, автоцистерни, причепа-цистерни та насосного агрегату для нагнітання технологічної рідини в пласт при гідророзриві пласта.

2 ОПИС ТЕХНІЧНОЇ ПРОПОЗИЦІЇ

2.1 Опис модернізованої конструкції

Трьохплунжерний насос-аналог 4Р-700, що містить станину, на якій закріплені робочі циліндри і циліндри клапанної коробки, що мають порожнини всмоктування і нагнітання, причому ці порожнини з'єднані відповідно зі всмоктувальним і нагнітальним колекторами. Недоліком насоса-аналога є порівняльна складність його конструкції, обумовлена тим, що нагнітальний колектор цього насоса виконаний у вигляді окремого вузла, що закріплюється на клапанних коробках. Така конструкція нагнітального колектора збільшує металомісткість і трудомісткість виготовлення насоса.

Мета модернізації – спрощення конструкції, зниження трудомісткості виготовлення і металоємності. Зазначена мета досягається тим, що нагнітальний колектор виконаний у вигляді каналу в станині, розташованого в зоні, що примикає до клапанних коробок, і з'єднаний з порожнинами нагнітання останніх за допомогою отворів в станині і клапанних коробках.

Модернізований трьохплунжерний насос (рис. 2.1) містить станину 15, на якій закріплені робочі циліндри 6 з плунжерами 2 і по кількості циліндрів клапанні коробки 18 і 19, які мають порожнини 16 і 17 всмоктування і нагнітання.

У клапанній коробці встановлено всмоктувальний 18 і нагнітальний 19 клапани. Порожнина 16 всмоктування кожної клапанної коробки 18 з'єднана зі всмоктувальним колектором 20, а порожнину 17 нагнітання – з нагнітальним колектором 21, який виконаний у вигляді каналу в станині 15, розміщеного в зоні, що примикає до клапанних коробок 18, 19, і з'єднаний з порожнинами 17 нагнітання за допомогою отворів 22 і 23 в станині 15 і клапанних коробках 18, 19 відповідно. Плунжер 2 в циліндрах 6 здійснює зворотно-поступальний рух за допомогою приводної частини 1.

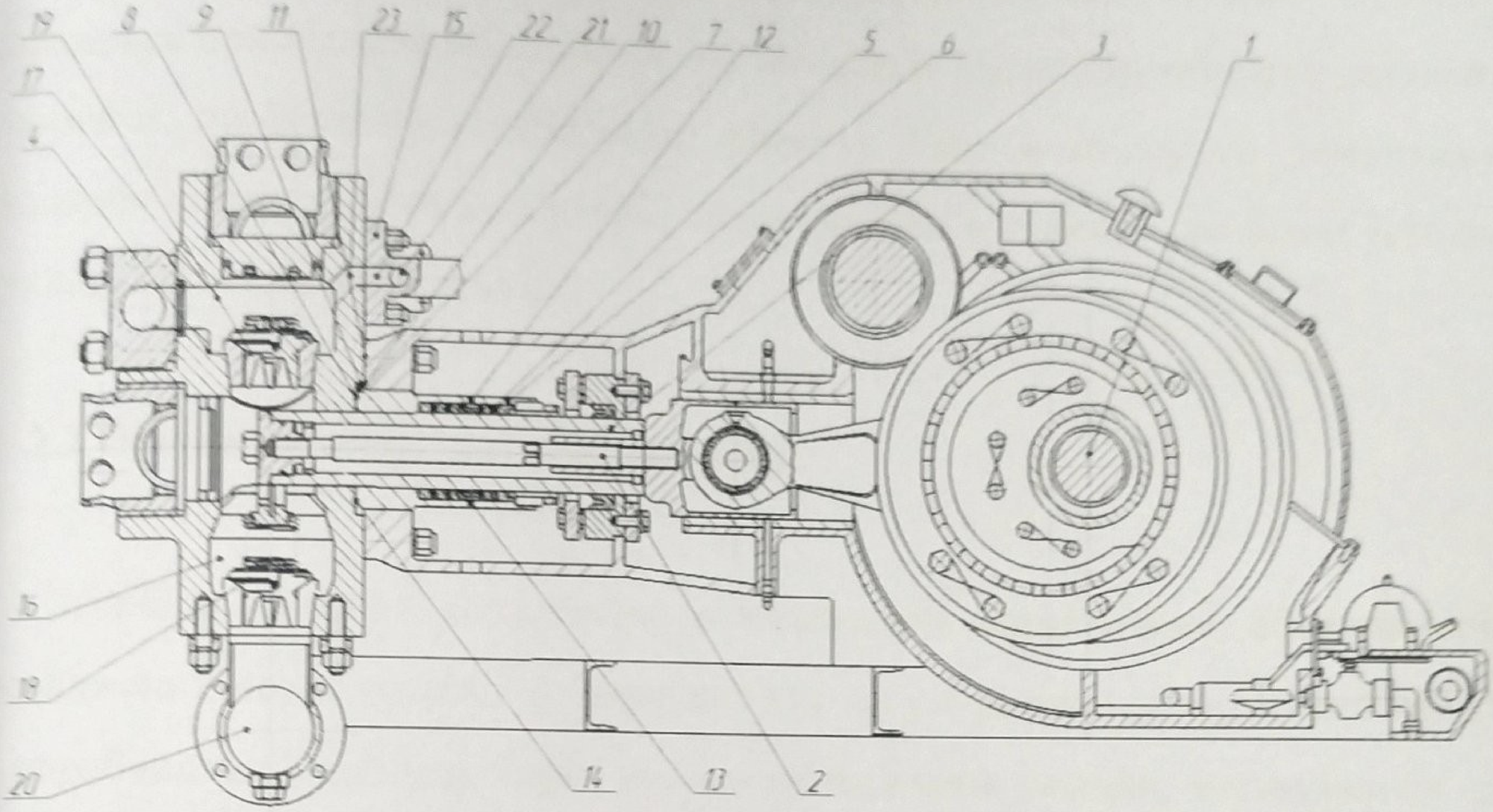


Рисунок 2.1 – Модернізований багаторядний плунжерний насос 4Р-700:

1 – приводна частина; 2 – шток; 3 – плунжер; 4 – гідравлічна частина;

5 – ущільнення; 6 – вкладиш; 7 – кільцеві фланці; 8 – зовнішні торці;

9 – розточення; 10 – торець фланця; 11 – площина розйому; 12, 13 – канали;

14 – еластичні кільця; 15 – станина; 16 – всмоктувальна порожнина;

17 – нагнітальна порожнина; 18 – всмоктувальний клапан; 19 – нагнітальний

клапан; 20 – всмоктувальний колектор; 21 – нагнітальний колектор;

22, 23 – отвори в станині

Насос працює наступним чином.

При зворотно-поступальному русі плунжерів 2 відбувається періодичне збільшення і зменшення об'єму робочих камер. При збільшенні об'єму – такт всмоктування, робоча рідина з всмоктувального колектора 20 через всмоктувальний клапан 18 поступає в циліндри 6 насоса. При зменшенні об'єму робочих камер – такт нагнітання, робоча рідина з циліндрів 6 витісняється плунжерами 2 через нагнітальний клапан 19 в нагнітальний колектор 21 в станині 15, звідки надходить в нагнітальну лінію.

Застосування запропонованої модернізації спрощує конструкцію насоса і

зменшує трудомісткість його виготовлення, оскільки нагнітальний колектор утворюється при відливанні станини, що виключає механічну обробку деталей і не вимагає проведення спеціальних робіт з його монтажу та демонтажу. Виконання нагнітального колектора, вмонтованого в станину, дозволяє істотно зменшити металоємність насоса.

2.2 Оцінка економічної ефективності

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

$$E = \left[Ц_{АТ} \cdot k_1 \cdot k_2 + \frac{\Delta И - E_н \cdot (K'_2 - K'_1)}{(1/T_2) + E_н} - Ц_{НТ} \right] \cdot n, \text{ грн.}, \qquad (2.1)$$

де $Ц_{АТ}$ та $Ц_{НТ}$ – балансова вартість базової і модернізованої техніки відповідно, тис. грн.;

k_1 – коефіцієнт зростання продуктивності праці за варіантом модернізації;

k_2 – коефіцієнт зміни строків служби;

$\Delta И$ – економія експлуатаційних, грн.

$E_н$ – єдиний нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ($E_н = 0{,}15$);

K'_1, K'_2 – супутні капітальні вкладення бурового підприємства, що включають витрати на придбання і доставку додаткового комплектуючого обладнання (в даному випадку сукупні капітальні вкладення рівні 0);

T_1, T_2 – строк служби техніки ($T_1 = 9$ років, $T_2 = 9{,}9$ років);

n – річний обсяг виробництва (впровадження) нового обладнання в натуральних одиницях, $n = 1$.

2.2.1 Визначення собівартості та оптової ціни насоса 4Р-700

Собівартість насоса-аналога визначимо за формулою

$$C_{АТ} = \frac{Ц_{АТ}}{1 + P_c}, грн., \qquad (2.2)$$

де $Ц_{АТ}$ – оптова ціна насоса базової конструкції, грн.; за даними Полтавського відділення тампонажних робіт ФБУ «Укрбургаз» $Ц_{АТ}$ = 390000 грн.;

P_c – норматив рентабельності в частках від собівартості (в дипломному проекті приймаємо $P_c = 0,3$).

$$C_0^a = \frac{390000}{1+0,3} = 300000 \text{ грн.}$$

Коригування собівартості аналогічної техніки для розрахунку собівартості нової техніки ведеться за формулою

$$C_н^a = C_0^a \cdot \frac{\delta''}{\delta_n' \cdot \tau_n}, грн., \qquad (2.3)$$

де δ_n' – коефіцієнт зміни собівартості при переході від серійності звітного року до серійності, що відповідає одиниці переведення;

δ'' – коефіцієнт зміни собівартості при переході від серійності, що відповідає одиниці приведення до планової серійності випуску нової техніки в розрахунковому році;

τ_n – коефіцієнт зміни собівартості аналогічної техніки, що відповідає порядковому номеру розрахункового року.

$$C_н^a = 300000 \cdot \frac{0,966}{0,953 \cdot 1} = 304092 грн.$$

Собівартість модернізованого насоса визначимо за формулою

$$C_{НТ} = C_н^a - B_{вив}^{вд} + B_{введ}^{вд}, грн., \qquad (2.4)$$

де $B_{вив}^{вд}$ – вартість виведеного обладнання з конструкції аналога після модернізації; у нашому випадку в конструкцію насоса добавляються додаткові

деталі, тому $B^{вд}_{вив} = 0$.

$B^{вд}_{введ}$ – вартість додатково введених деталей, грн.; $B^{вд}_{введ} = 570$ грн.

Собівартість модернізованого насоса становить

$$C_{НТ} = 304092 - 0 + 570 = 304662 \ грн.,$$

Оптова ціна насоса розраховується за формулою

$$Ц_{НТ} = C_{НТ} \cdot (1 + P_c), \ грн. \qquad (2.5)$$

$$Ц_{НТ} = 304662 \cdot (1 + 0,3) = 396060,6 грн.$$

Знайдемо розрахунково-балансову вартість насоса

$$Ц^{б}_{НТ(АТ)} = Ц_{НТ(АТ)} \cdot k_Б, грн.,, \qquad (2.6)$$

де $k_Б$ – коефіцієнт переходу від оптової ціни до розрахунково-балансової;

$k_Б = 1,12$

$$Ц^{б}_{АТ} = 390000 \cdot 1,12 = 436800 \text{ грн};$$

$$Ц^{б}_{НТ} = 396060,6 \cdot 1,12 = 443587,9 \text{ грн}.$$

2.2.2 Розрахунок річного фонду роботи насоса

$$T_р = \frac{T_ф \cdot k_В}{\frac{1}{k_{ЗМ} \cdot t_{ЗМ}} + Д'_р}, маш.-год., \qquad (2.7)$$

де $T_ф$ – річний фонд робочого часу, $T_ф = 365$ днів;

$k_{ЗМ}$ – коефіцієнт змінності роботи насоса, $k_{ЗМ} = 4$;

$t_{ЗМ}$ – тривалість зміни у машино-годинах, для п'ятиденного робочого тижня $t_{ЗМ} = 6 год$;

$k_В$ - коефіцієнт використання, $k_В = 0,7$;

$Д_р$ – простої в машино-днях у всіх видах технічного обслуговування та ремонту, що припадають на одну машино-годину роботи:

Простої у всіх видах технічного обслуговування та ремонту визначаються:

$$Д_р = \frac{\sum_{i=1}^{m} (d_{pi} + d_{ni}) \cdot a_i}{T_ц}, \left[\frac{маш.-днів}{маш.-год}\right], \quad (2.8)$$

де m – число різновидів технічних обслуговувань та ремонтів протягом міжремонтного циклу, $m = 3$;

d_{pi} – тривалість перебування в і-му ремонті або технічному обслуговуванні;

d_{ni} – тривалість надання у ремонт або технічне обслуговування і повернення назад, при цьому для технічного обслуговування, оскільки воно виконується безпосередньо на місці роботи техніки, величина d_{ni} приймається рівною нулю: час у днях на доставку для поточного ремонту $d_{ni} = 0$ днів, у капітальний ремонт і назад приймається $d_{ni} = 20$ днів;

a_i – кількість і-х ремонтів або технічних обслуговувань за міжремонтний цикл;

$T_ц$ – час міжремонтного циклу.

Вихідні дані для розрахунку $Д_р$ занесемо до таблиці 2.2.

Розрахуємо простої в машино-днях у всіх видах технічного обслуговування та ремонту

$$Д_р^{АТ} = \frac{(3,5+0)\cdot 45 + (10+0)\cdot 8 + (20+10)\cdot 1}{3600} = 0,0743 \frac{маш.-днів}{маш.-год}$$

$$Д_р = \frac{(3,5+0)\cdot 45 + (10+0)\cdot 8 + (20+10)\cdot 1}{3960} = 0,0676 \frac{маш.-днів}{маш.-год}$$

Знайдемо річний ефективний фонд роботи обладнання до і після модернізації

$$T_р^{АТ} = \frac{365 \cdot 0,7}{\frac{1}{8 \cdot 3} + 0,0743} = 2203,22 год$$

$$T_р^{НТ} = \frac{365 \cdot 0,7}{\frac{1}{8 \cdot 3} + 0,0676} = 2338,32 год$$

Коефіцієнт зростання продуктивності праці за варіантом модернізації

буде дорівнювати

$$k_1 = \frac{2338,32}{2203,22} = 1,06.$$

Таблиця 2.2 – Технічне обслуговування та ремонт насоса

Вид технічного обслуговування, ремонту	Періодичність виконання тех. обслуговування та ремонтів, маш.-год ($T_ц$)	Кількість тех. обслуговувань та ремонтів в одному ремонтному циклі (a_i)	Тривалість одного технічного обслуговування та ремонту, роб днів (d_{pi})	Трудомісткість виконання одного ТО й ремонту, нормо-год (r_i)
	Для аналогової техніки			
ТО	80	45	3,5	80
ПР	450	8	10	800
КР	3600	1	20	1200
	Для модернізованої техніки			
ТО	88	45	3,5	80
ПР	495	8	10	800
КР	3960	1	20	1200

Знайдемо коефіцієнт зміни строків служби

$$k_2 = \frac{P_{AT} + E_H}{P_{HT} + E_H}, \qquad (2.9)$$

P_{AT}, P_{HT} – частки відрахувань від балансової вартості на повне відновлення базового та нового обладнання, які розраховуються як величини, зворотні термінам служби обладнання, з урахуванням їх морального спрацювання;

$$P_i = 1/T_i \qquad (2.10)$$

T_1, T_2 – строки служби базового і нового обладнання відповідно;

$$P_{AT} = 1/9 = 0,111;$$

$$P_{HT} = 1/9,9 = 0,101.$$

$E_н$ – єдиний нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ($E_н = 0,15$).

$$k_2 = \frac{0,111 + 0,15}{0,101 + 0,15} = 1,04$$

2.2.3 Визначення економії експлуатаційних витрат

Економію експлуатаційних витрат розраховуємо за формулою:

$$\Delta И = (S_1^A - S_1^M) \cdot T_p^M, [грн], \qquad (2.11)$$

де S_1^A, S_1^M - вартість 1 маш.-год роботи аналогового та модернізованого насоса відповідно;

T_p^M - річний фонд роботи модернізованого насоса.

Визначимо вартість 1 маш.-год. роботи насоса:

$$S_1 = \frac{S}{T_p}, [грн/маш.-год], \qquad (2.12)$$

де S - загальні поточні витрати підприємства, пов'язані з експлуатацією насоса високого тиску.

Загальні поточні витрати підприємства визначаються за формулою:

$$S = S_{ЗП} + S_{КР} + S_{ТОВ} + S_{ТОМ}, [грн] \qquad (2.13)$$

де $S_{ЗП}$ - витрати на заробітну плату з нарахуваннями;

$S_{КР}$ - витрати на капітальний ремонт насоса;

$S_{ТОВ}$ - витрати на заробітну плату ремонтним робітникам із нарахуваннями;

$S_{ТОМ}$ - витрати на матеріали та запчастини для насоса.

Витрати на заробітну плату з нарахуваннями розраховуються за формулою:

$$S_{ЗП} = k_{нв} \cdot \lambda \cdot T_p \cdot \sum_{i=1}^{Б} C_{ті}(1+Н), грн, \qquad (2.14)$$

де $k_{нв}$ - коефіцієнт, що враховує витрати на заробітну плату;

λ - коефіцієнт, що враховує премії, $\lambda = 1,25$;

$Б$ - кількість робітників у ланці, приймаємо 2 робітники: IV і V розрядів;

$C_{ті}$ - годинна тарифна ставка робітника і-го розряду, що входить до складу

ланки, приймаємо погодинні тарифні ставки для робітників ланки: IV розряду - 27,60 грн., V розряду - 31,98 грн.;

H - норма нарахувань на заробітну плату, $H = 38,52\%$.

Коефіцієнт, що враховує витрати на заробітну плату розраховується за формулою:

$$k_{нв} = 1 + \frac{H_{нв}}{100}, \qquad (2.15)$$

де $H_{нв}$ - норма накладних витрат по заробітній платі, $H_{нв} = 30\%$.

$$k_{нв} = 1 + \frac{30}{100} = 1,3.$$

Підставивши отримані дані у формулу 2.14 ми отримаємо:

- для аналогового насоса:

$$S_{ЗП} = 1,3 \cdot 1,25 \cdot 2203,22 \cdot (27,60 + 31,98)(1 + 0,3852) = 149920,8 грн;$$

- для модернізованого насоса:

$$S_{ЗП} = 1,3 \cdot 1,25 \cdot 2338,32 \cdot (27,60 + 31,98)(1 + 0,3852) = 159113,8 грн.$$

Визначаємо витрати на капітальний ремонт насоса 4Р-700:

$$S_{КР} = \frac{k_{нп} \cdot A_{кр} \cdot Ц_{АТ(МТ)}}{100}, [грн], \qquad (2.16)$$

де $k_{нп}$ - коефіцієнт, що враховує накладні витрати за всіма видами витрат, окрім заробітної плати;

$A_{кр}$ - норма амортизаційних відрахувань на капітальний ремонт у відсотках від вартості насоса, приймаємо $A_{кр} = 5\%$.

Коефіцієнт, що враховує накладні витрати за всіма видами витрат, окрім заробітної плати розраховується за формулою:

$$k_{нп} = 1 + \frac{H_{нп}}{100}, \qquad (2.17)$$

де $H_{нп}$ - норма накладних витрат за всіма видами витрат, окрім заробітної плати, $H_{нп} = 10\%$;

$$k_{нп} = 1 + \frac{10}{100} = 1,1.$$

Підставивши отримані дані у формулу 2.19 визначимо витрати на капітальний ремонт насоса:

$$S_{KP}^{A} = \frac{1,1 \cdot 5 \cdot 436800}{100} = 24024 грн.$$

$$S_{KP}^{M} = \frac{1,1 \cdot 5 \cdot 443587,9}{100} = 24397,3 грн.$$

Розрахуємо витрати на заробітну плату ремонтних робітників із нарахуваннями:

$$S_{тов} = \frac{T_{роб}}{T_{ц}} \cdot k_{нв} \cdot \lambda \cdot C_{р} \cdot \sum_{i=1}^{n} a_i r_i \cdot (1 + H), грн, \qquad (2.18)$$

де $C_{р}$ - середня тарифна ставка ремонтного робітника, що обслуговує насос, тарифна ставка приймається для робітника V розряду - 31,98 грн;

a_i - кількість ТО та ПР у ремонтному циклі, приймаємо відповідно до таблиці 2.2;

r_i - трудомісткість ТО і ПР у ремонтному циклі, приймаємо відповідно до таблиці 2.2.

Підставивши всі дані у формулу 2.18 розрахуємо витрати на заробітну плату ремонтних робітників із нарахуваннями:

- для аналогового насоса:

$$S_{тов} = \frac{2203,22}{3600} \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 31,98 \cdot (45 \cdot 80 + 8 \cdot 800) \cdot (1 + 0,3852) = 222894,7 грн$$

- для модернізованого насоса:

$$S_{тов} = \frac{2338,32}{3960} \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 31,98 \cdot (45 \cdot 80 + 8 \cdot 800) \cdot (1 + 0,3852) = 215056,8 грн$$

Визначимо витрати на матеріали і запчастини:

$$S_{том} = k_{нп} \cdot \frac{S_{тов} \cdot (1 - H)}{k_{нв}} \cdot k_{ер}, [грн], \qquad (2.19)$$

де $k_{ер}$ - коефіцієнт переходу від витрат на заробітну плату до витрат на

матеріали та запчастини, $k_{ep} = 1.25$.

Підставивши всі дані у формулу 2.19 розрахуємо витрати на матеріали і запчастини:

- для аналогового насоса:

$$S_{том} = 1,1 \cdot \frac{222894.7 \cdot (1 - 0.3852)}{1,3} \cdot 1,25 = 144941,6 грн$$

- для модернізованого насоса:

$$S_{том} = 1,1 \cdot \frac{215056,8 \cdot (1 - 0,3852)}{1,3} \cdot 1,25 = 139844,8 грн$$

Загальні поточні витрати підприємства на експлуатацію насоса високого тиску визначаємо в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Поточні витрати підприємства

№	Найменування статей витрат	Позначення	Сума витрат, грн	
			Аналогова техніка	Модернізована техніка
1	Заробітна плата	$S_{ЗП}$	149920,8	159113,8
2	Витрати на капітальний ремонт	$S_{КР}$	24024	24397,3
3	Витрати на заробітну плату ремонтним робітникам із нарахуваннями	$S_{тов}$	222894,7	215056,8
4	Витрати на матеріали і запчастини	$S_{том}$	144941,6	139844,8
5	Разом	S	541781,1	538412,7

Визначаємо вартість роботи 1 маш.-год роботи насоса 4Р-700:

- для аналогового насоса:

$$S_1 = \frac{541781,1}{2203.22} = 245.9 грн / маш - год$$

- для модернізованого насоса:

$$S_1 = \frac{538412,7}{2338,32} = 230,3 грн / маш.-год$$

Економія експлуатаційних витрат складе:

$$\Delta И = (245,9 - 230,3) \cdot 2338,32 = 36476,2 грн$$

2.2.4 Визначення економічної ефективності модернізації насоса 4Р-700

Економічний ефект від модернізації насоса 4Р-700 визначаємо за формулою 2.1.

$$E = \left[436800 \cdot 1,06 \cdot 1,04 + \frac{36476,2}{0.101 + 0,15} - 443587,9 \right] \cdot 1 = 183300. \text{ грн.}$$

Висновки

Суть технічного рішення з модернізації плунжерного насоса 4Р-700 полягає в тому, що порівняно з аналогом у модернізованого насоса нагнітальний колектор виконаний у вигляді каналу в станині, розміщеного в зоні, що примикає до клапанної коробки, і з'єднується з порожнинами нагнітання останніх за допомогою отворів в станині і клапанних коробках.

Запропоноване технічне рішення забезпечує спрощення конструкції, зниження трудомісткості виготовлення і металоємності.

При впровадженні запропонованої модернізації насоса 4Р-700 економічний ефект складатиме 183,3 тисяч гривень, що свідчить про доцільність запропонованого вдосконалення.

3 ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКА РОБОТА

3.1 Визначення і опис основних параметрів роботи запропонованого технічного рішення, які вимагають проведення науково-дослідних робіт

В моїй магістерській роботі з метою покращення кінематичної в'язкості мастила, під час аномально низьких та аномально високих температур навколишнього середовища, а отже і запобіганню передчасного виходу з ладу складових частин насосу 4Р-700, насосного агрегату 4АН-700, до складу насосного агрегату додатково включені маслостанція та теплообмінник.

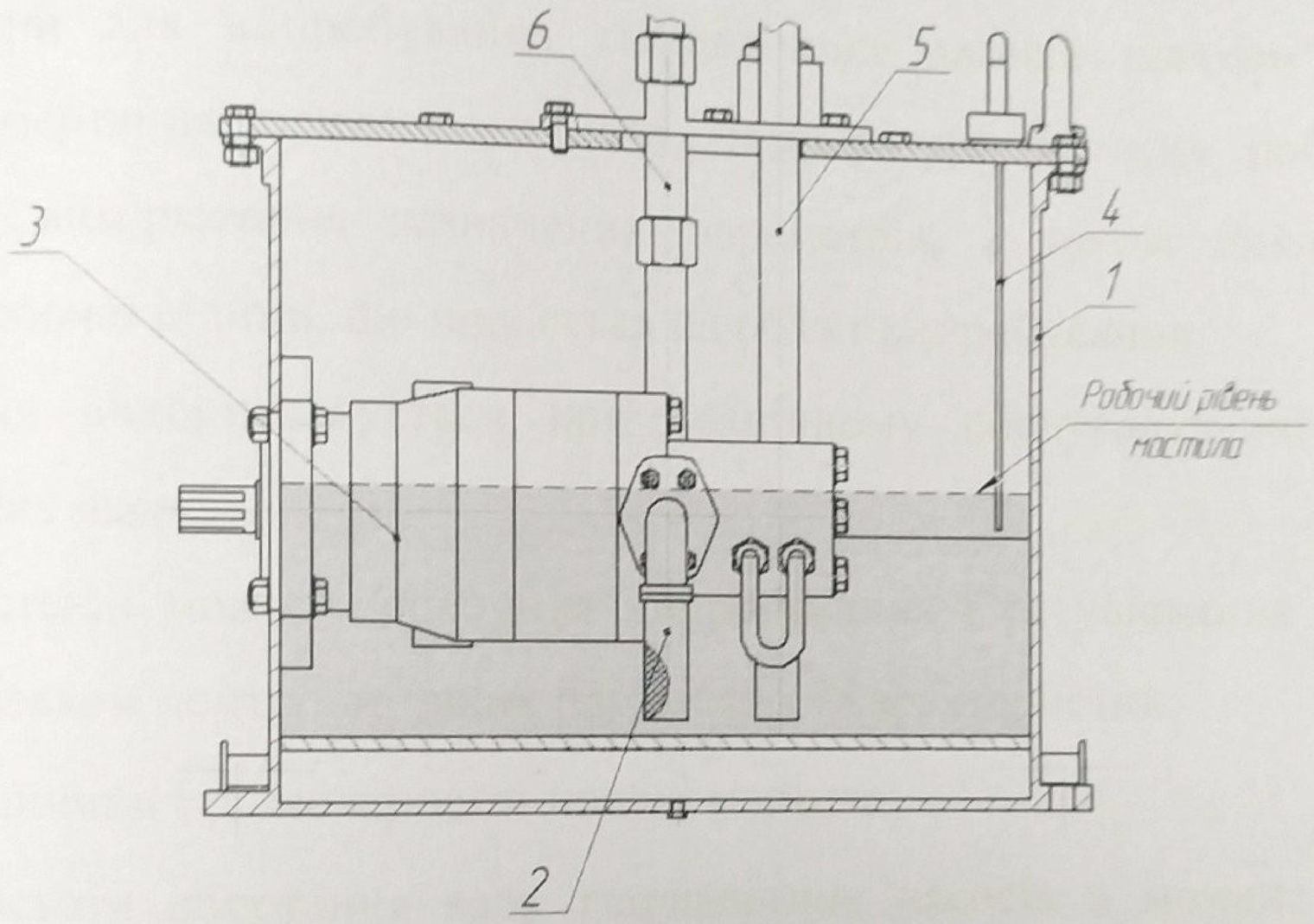


Рисунок 3.1 – Маслостанція:

1 – бак; 2 – фільтр; 3 – насос радіально-поршневий;
4 – мірний щуп; 5 – нагнітальний трубопровід; 6 – трубопровід

В склад маслостанції входить радіально – поршневий насос НР – 125 ($V=125см^3$), привід насоса 8-ми циліндровий двигун ЯМЗ, потужністю 240 к.с., при 2100 об/хв. Маслостанція включає бак об'ємом 1,3 м3, об'єм робочої рідини 300 л. Радіально – поршневий насос НР – 125 забезпечує циркуляцію теплоносія, в залежності від пори року, до модульного теплообмінника, у випадку аномально високих температур до радіатора, виробництва фірми TRANTER, при аномально низьких до теплообмінника, виробництва фірми

SWEP. Управління насосом здійснюється в автоматичному режимі від контролера. Автоматичне підтримування необхідних температурних параметрів здійснюється електронним регулятором. Контролер діє на регулюючий клапан, який розташований на нагнітальному мастилопроводі від радіально – поршневого насосу НР – 123. Отже для проведення науково-дослідних робіт розглянемо параметри і характеристики, гідравлічних насосів марки НР.

3.2 Вибір методів досліджень основних параметрів

Розглянемо стенд для випробування гідравлічних насосів. Стенд призначений для випробування гідравлічних насосів шляхом відтворення частоти обертання приводного вала, температури і тиску робочої рідини (мастила), вимірювання зазначених параметрів, а також циклової подачі, витрати робочої рідини, що подається на об'єкт випробування.

Стенд використовується при технічному обслуговуванні та ремонті гідравлічних насосів.

На стенді можна проводити випробування і регулювання гідравлічних насосів, шляхом контролю таких параметрів і характеристик:

- величини і рівномірності подачі мастила;
- частоти обертання валу гідравлічних насосів в момент припинення подачі робочої рідини;
- тиску відкриття нагнітальних клапанів;
- кута початку нагнітання і кінця подачі робочої рідини по повороту валу насосу.

Стенд призначений для експлуатації в закритому приміщенні з штучно регульованими кліматичними умовами при температурі навколишнього повітря від +20°С до +45°С і верхнім значенням відносної вологості до 80% при температурі 25°С.

3.3 Обґрунтування і опис конструкції лабораторної установки

Стенд використовується при технічному обслуговуванні та ремонті гідравлічних насосів. Вал вихідний призначений для передачі крутного моменту від електродвигуна до випробувального гідравлічного насоса. На валу встановлено маховик, на якому нанесена шкала з розподілами від 0° до 360°. З одного боку вал з'єднаний з електродвигуном, а на іншому кінці вала встановлена беззазорна муфта, закрита кожухом. При випробуваннях до беззазорної муфти під'єднують через перехідник кулачковий вал гідравлічного насосу.

Система температурної стабілізації призначена для підтримки температури мастила, що надходить до насосу, в заданих межах 20–45°С. Система температурної стабілізації стенду складається з охолоджувача, нагрівача, реле температури, датчиків вимірювання температури мастила.

Датчик реле температури і датчик термометра встановлені в системі подачі мастила. Нагрівання мастила здійснюється за допомогою електротена, що знаходиться в масляному баку.

Охолодження палива проводиться автоматично включенням вентилятора на радіаторі охолодження, при самостійній зміні температури. Контроль температури проводиться термометром, цифрова індикація якого виводиться на блок управління стендом.

Живлення електрообладнання стенду здійснюється від трифазної мережі змінного струму 380 В, 50 Гц. Напруга на стенд подається при включенні вхідного автоматичного вимикача. При включенні кнопки «ВКЛ» електроприводу відбувається спрацьовування пускача, і напруга 3-х фазної мережі змінного струму подається на перетворювач частоти струму, призначений для плавного регулювання частоти обертання двигуна електроприводу.

При натисканні кнопки «перемикання авто або ручне, регулювання обертання двигуна» здійснюється включення перетворювача і напругу

Мірний блок закріпити на стійці і підключити електричний роз'єм. Встановити мірні судини в затискачі мірного блоку.

Перевірити рівень мастила в масляному баку за рівнем, що знаходиться на боковій стінці бака. Паливний бак повинен бути заповнений на ¾ рівня.

Злив мастила з мастилобака проводиться через отвір, закритий пробкою, що розташований в нижній частині мастилобака.

Визначення продуктивності гідравлічних насосів.

Випробовуваний гідравлічний насос на стенд. Схема з'єднання маслопроводів вибирається залежно від методу випробувань зі стендовим насосом або з штатним мастилопідкачувальним насосом.

Визначення продуктивності гідравлічного насосу проводиться зі штатною муфтою.

Встановлюють в задатчику температури на блоці управління температуру, при якій має включатися охолодження мастила. При необхідності мастило підігрівається до температури, що відповідає технології випробувань. Включається стендовий насос, дроселем, встановлюється тиск по манометру.

При досягненні необхідної температури мастила (визначається по термометру) можна починати випробування. Тиск мастила встановлюється відповідно до технології на випробування і регулювання гідравлічних насосів.

Важіль регулятора встановлюється на максимальну подачу мастила. Включити електродвигун приводу, встановити номінальну частоту обертання кулачкового вала насоса. Дати пропрацювати насосу до повного видалення з системи низького тиску бульбашок повітря. Набравши на задатчике циклів блоку управління необхідну кількість циклів.

Для забезпечення похибки вимірювання циклової подачі не більше 1% необхідно встановити число обертів (циклів), при якому заповнення судин має бути не менше 80% номінальної місткості.

При випробуванні гідравлічних насосів на продуктивність без штатних підкачувальних насосів необхідний тиск створюється стендовим насосом. Продуктивність гідравлічних насосів різних типів повинна відповідати

зазначеним значенням в технологічних картах, ТУ і інструкціях заводів-виготовлювачів на регулювання насосів.

Робота на стенді проводиться одним оператором, що має кваліфікацію не нижче 5 розряду з ремонту та обслуговування гідравлічної апаратури.

Спостереження в процесі роботи за показаннями приладів і роботою вузлів стенду здійснюється візуально.

Після закінчення роботи на стенді необхідно вимкнути привід стенда, систему подачі мастила, загальне живлення стенду, зняти всі випробовувані агрегати і пристосування з плити стенду.

3.5 Аналіз одержаних результатів та визначення раціональних або оптимальних конструктивних та експлуатаційних рішень

Зважаючи на те, що стенд призначений для випробування гідравлічних насосів шляхом відтворення частоти обертання приводного вала, з метою визначення величини і рівномірності подачі мастила, доцільно буде провести розрахунок залежності подачі мастила, від частоти обертання приводного зала випробувального стенду, для різних типорозмірів насосів марки НР.

Для насосу НР-63, подача мастила складатиме:

$$Q_{1...6}^{роз} = V_0 \cdot n_{1...6} \cdot \eta_v , \qquad (3.1)$$

де V_0 – робочий об'єм гідравлічного насосу, $V_0 = 63 \cdot 10^{-6}$ м^3;

$n_{1...6}$ – частота обертання ротора гідравлічного насоса;

$$n_1 = 150 \text{ хв}^{-1} = 2{,}5 \text{ с}^{-1};$$

$$n_2 = 300 \text{ хв}^{-1} = 5 \text{ с}^{-1};$$

$$n_3 = 600 \text{ хв}^{-1} = 10 \text{ с}^{-1};$$

$$n_4 = 900 \text{ хв}^{-1} = 15 \text{ с}^{-1};$$

$$n_5 = 1200 \text{ хв}^{-1} = 20 \text{ с}^{-1};$$

$$n_6 = 1500 \text{ хв}^{-1} = 25 \text{ с}^{-1};$$

η_v – коефіцієнт корисної дії гідравлічного насосу; $\eta_v = 0,9$.

Тоді:

$$Q_1 = 63 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 0,9 = 0,14 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$Q_2 = 63 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 0,9 = 0,28 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$Q_3 = 63 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 0,9 = 0,57 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$Q_4 = 63 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 0,9 = 0,85 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$Q_5 = 63 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 0,9 = 1,13 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$Q_6 = 63 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 0,9 = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Для насосу НР-125, подача мастила складатиме:

$$Q_{1...6}^{роз.} = V_0 \cdot n_{1...6} \cdot \eta_v,$$

де V_0 – робочий об'єм гідравлічного насосу, $V_0 = 125 \cdot 10^{-6}$ м^3;

$n_{1...6}$ – частота обертання ротора гідравлічного насоса;

$$n_1 = 150 \text{ хв}^{-1} = 2,5 \text{ с}^{-1};$$

$$n_2 = 300 \text{ хв}^{-1} = 5 \text{ с}^{-1};$$

$$n_3 = 600 \text{ хв}^{-1} = 10 \text{ с}^{-1};$$

$$n_4 = 900 \text{ хв}^{-1} = 15 \text{ с}^{-1};$$

$$n_5 = 1200 \text{ хв}^{-1} = 20 \text{ с}^{-1};$$

$$n_6 = 1500 \text{ хв}^{-1} = 25 \text{ с}^{-1};$$

η_v – коефіцієнт корисної дії гідравлічного насосу; $\eta_v = 0,93$.

Тоді:

$$Q_1 = 125 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 0,93 = 0,29 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$Q_2 = 125 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 0,93 = 0,58 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$Q_3 = 125 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 0,93 = 1,16 \cdot 10^{-3} \ (м^3/с);$$

$$Q_4 = 125 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 0,93 = 1,74 \cdot 10^{-3} \ (м^3/с);$$

$$Q_5 = 125 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 0,93 = 2,33 \cdot 10^{-3} \ (м^3/с);$$

$$Q_6 = 125 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 0,93 = 2,91 \cdot 10^{-3} \ (м^3/с).$$

Для насосу НР-250, подача мастила складатиме:

$$Q_{1...6}^{роз.} = V_0 \cdot n_{1...6} \cdot \eta_v,$$

де V_0 – робочий об'єм гідравлічного насосу, $V_0 = 250 \cdot 10^{-6}$ м^3;

$n_{1...6}$ – частота обертання ротора гідравлічного насоса;

$$n_1 = 150 \text{ хв}^{-1} = 2,5 \text{ с}^{-1};$$

$$n_2 = 300 \text{ хв}^{-1} = 5 \text{ с}^{-1};$$

$$n_3 = 600 \text{ хв}^{-1} = 10 \text{ с}^{-1};$$

$$n_4 = 900 \text{ хв}^{-1} = 15 \text{ с}^{-1};$$

$$n_5 = 1200 \text{ хв}^{-1} = 20 \text{ с}^{-1};$$

$$n_6 = 1500 \text{ хв}^{-1} = 25 \text{ с}^{-1};$$

η_v – коефіцієнт корисної дії гідравлічного насосу; $\eta_v = 0,87$.

Тоді:

$$Q_1 = 250 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 0,87 = 0,54 \cdot 10^{-3} \ (м^3/с);$$

$$Q_2 = 250 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 0,87 = 1,09 \cdot 10^{-3} \ (м^3/с);$$

$$Q_3 = 250 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 0,87 = 2,18 \cdot 10^{-3} \ (м^3/с);$$

$$Q_4 = 250 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 0,87 = 3,26 \cdot 10^{-3} \ (м^3/с);$$

$$Q_5 = 250 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 0,87 = 4,35 \cdot 10^{-3} \ (м^3/с);$$

$$Q_6 = 250 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 0,87 = 5,44 \cdot 10^{-3} \ (м^3/с).$$

Для насосу НР-500, подача мастила складатиме:

$$Q_{1_6}^{розр} = V_0 \cdot n_{1_6} \cdot \eta_v,$$

де V_0 – робочий об'єм гідравлічного насосу, $V_0 = 500 \cdot 10^{-6}$ м^3;

n_{1_6} – частота обертання ротора гідравлічного насоса;

$$n_1 = 150 \text{ хв}^{-1} = 2{,}5 \text{ с}^{-1};$$

$$n_2 = 300 \text{ хв}^{-1} = 5 \text{ с}^{-1};$$

$$n_3 = 600 \text{ хв}^{-1} = 10 \text{ с}^{-1};$$

$$n_4 = 900 \text{ хв}^{-1} = 15 \text{ с}^{-1};$$

$$n_5 = 1200 \text{ хв}^{-1} = 20 \text{ с}^{-1};$$

$$n_6 = 1500 \text{ хв}^{-1} = 25 \text{ с}^{-1};$$

η_v – коефіцієнт корисної дії гідравлічного насосу; $\eta_v = 0{,}87$.

Таблиця 3.1 – Результати досліджень залежності подачі гідравлічного насоса, від частоти обертання привідного ротора

Типорозмір гідравлічного насоса, марки НР	Частота обертання привідного ротора, n, хв $^{-1}$					
	n_1=150 (хв $^{-1}$)	n_2=300 (хв $^{-1}$)	n_3=600 (хв $^{-1}$)	n_4=900 (хв $^{-1}$)	n_5=1200 (хв $^{-1}$)	n_6=1500 (хв $^{-1}$)
розрахункова подача гідравлічного насосу НР-63, Q_{1_6}, (м^3/с)	$0{,}14 \cdot 10^{-3}$	$0{,}28 \cdot 10^{-3}$	$0{,}57 \cdot 10^{-3}$	$0{,}85 \cdot 10^{-3}$	$1{,}13 \cdot 10^{-3}$	$1{,}4 \cdot 10^{-3}$
розрахункова подача гідравлічного насосу НР-125, Q_{1_6}, (м^3/с)	$0{,}29 \cdot 10^{-3}$	$0{,}58 \cdot 10^{-3}$	$1{,}16 \cdot 10^{-3}$	$1{,}74 \cdot 10^{-3}$	$2{,}33 \cdot 10^{-3}$	$2{,}91 \cdot 10^{-3}$
розрахункова подача гідравлічного насосу НР-250, Q_{1_6}, (м^3/с)	$0{,}54 \cdot 10^{-3}$	$1{,}09 \cdot 10^{-3}$	$2{,}18 \cdot 10^{-3}$	$3{,}26 \cdot 10^{-3}$	$4{,}35 \cdot 10^{-3}$	$5{,}44 \cdot 10^{-3}$
розрахункова подача гідравлічного насосу НР-500, Q_{1_6}, (м^3/с)	$1{,}09 \cdot 10^{-3}$	$2{,}18 \cdot 10^{-3}$	$4{,}35 \cdot 10^{-3}$	$6{,}53 \cdot 10^{-3}$	$8{,}7 \cdot 10^{-3}$	$10{,}88 \cdot 10^{-3}$

Тоді:

$$Q_1 = 500 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 0,87 = 1,09 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$Q_2 = 500 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 0,87 = 2,18 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$Q_3 = 500 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 0,87 = 4,35 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$Q_4 = 500 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 0,87 = 6,53 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$Q_5 = 500 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 0,87 = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$Q_6 = 500 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 0,87 = 10,88 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Згідно результатів проведеного дослідження складаємо таблицю залежності подачі гідравлічного насоса, від частоти обертання привідного ротора. На основі проведених розрахунків будуємо графіки залежностей.

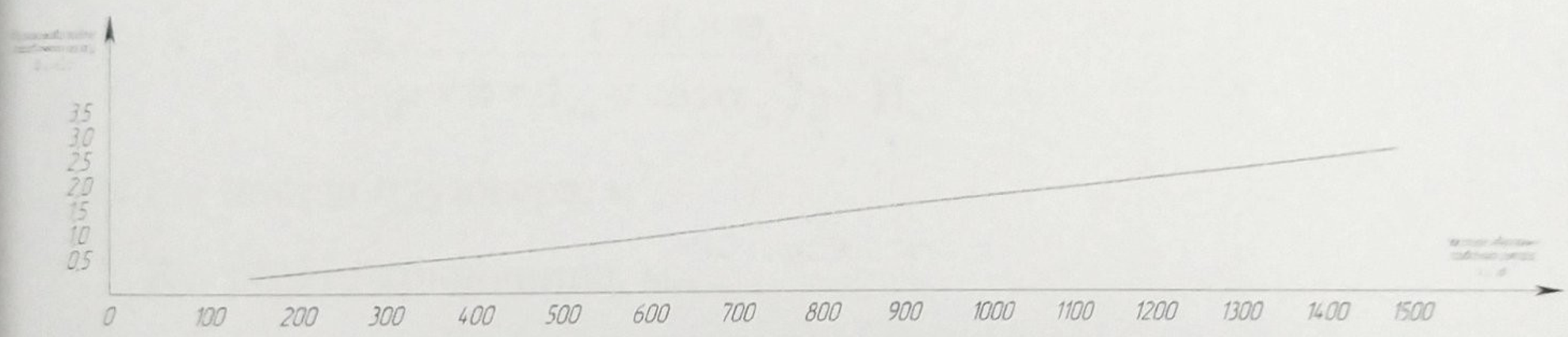


Рисунок 3.4 – Залежність подачі насосу НР-125, від частоти обертання привідного ротора

Висновки

В даному розділі магістерської роботи приведено основи дослідження роботи гідравлічних насосів, приведено опис конструкції та обґрунтування випробувального стенду, описана програма проведення досліджень випробувального стенду, розраховано залежність подачі гідравлічних насосів від частоти обертання привідного ротора. Можна зробити висновок, що випробувальний стенд буде необхідним на виробництві для визначення величин і рівномірності подачі мастила, випробування і регулювання гідравлічних насосів, що застосовуються в системі змащення насосів 4Р-700, насосних агрегатів 4АН-700 під час проведення операцій по гідравлічному розриву пласта.

4. РОЗРАХУНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

4.1 Розрахунок елементів гідравлічної частини насоса

Розрахунок елементів гідравлічної частини насоса на міцність проводимо для режиму максимального тиску 70 МПа [4].

Визначення висоти підйому клапана, швидкості посадки його і швидкості рідини в клапанній щілині проводимо для режиму максимальної подачі при частоті ходів n=192 хв$^{-1}$ при роботі з плунжером $D_{пл}$=120 мм.

Основним відношенням для розрахунку клапана є залежність між частотою ходів і висотою підйому клапана, звідси визначається границя появи стуку від n до $n_{max.}$ В нашому випадку n=192 хв$^{-1}$. Максимальна висота підйому клапана визначається по формулі [2] :

$$h_{max}=\frac{F\times R\times \varpi}{\mu\times\pi\times d_{кп}\times\cos\alpha\sqrt{2g\times H_{кл}}} \qquad (4.1)$$

де F – площа плунжера, м^2;

R – радіус кривошипа, м;

$H_{кл}$ – висота підйому клапана, м;

$d_{кл}$ – діаметр клапана, м;

ω - кутова швидкість кривошипа, с$^{-1}$;

μ - коефіцієнт розходу;

α - кут нахилу, який утворює конічну частину складає α=30° (cosα=0.866).

За формулою (4.2) визначимо площу поперечного перерізу плунжера:

$$F=\frac{\pi\times D_{пл}^2}{4}=\frac{\pi\times 0{,}12^2}{4}=0{,}0113\ м^2; \qquad (4.2)$$

де $D_{пл}$ – діаметр плунжера, м;

З формули (4.3) визначимо радіус кривошипа:

$$R=\frac{S}{1}=\frac{0.2}{2}=0{,}1\ м. \qquad (4.3)$$

Визначимо кутову швидкість кривошипа:

$$\omega = \frac{\pi \times n}{30} = \frac{\pi \times 192}{30} = 20\ c^{-1} \qquad (4.4)$$

де n – частота подвійних ходів плунжера

Умовно приймаємо μ=1

Отже

$$h_{max} = \frac{0.0113 \times 0.1 \times 20}{1 \times \pi \times 0.12 \times 0.866\sqrt{2 \times 9.81 \times H_{кл}}} = \frac{0{,}069}{\sqrt{2 \times g \times H_{кл}}};$$

Звідси отримаємо співвідношення:

$$H_{кл} = \frac{0.069^2}{h_{max}^2 \times 2 \times g} = \frac{0.0002425}{h_{max}^2}.$$

Відкритий клапан знаходиться в рівновазі в потоці рідини, яка протікає через нього під дією різниці тисків під клапаном і над ним [2], урівноважуючи його сумарним гідравлічним навантаженням.

$$H_{кл} = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} = \frac{G_{кл} + P_{пр}}{fc - \gamma} \qquad (4.5)$$

де $P_{пр}$ – навантаження пружини при відкритому клапані, кгс;

$$P_{пр} = Z \times y$$

де Z – жорсткість пружини, см;

$G_{кл}$ – вага клапана в зборі з пружиною, кгс;

γ - питома вага рідини;

$$G_{кл} = 2 \times 58 + 0{,}2 = 2{,}78 \text{ кгс} = 28 \text{ Н};$$

Площина січення прохідного отвору сідла клапана буде рівна:

$$f_c = \frac{\pi \times 0.08^2}{4} = 0{,}00502\ м^2 \qquad (4.6)$$

Сумарне гідростатичне навантаження на клапан $H_{кл}$, являє собою опір клапана. Приведене відношення дозволяє визначити необхідне зусилля пружини.

Розв'язуючи рівняння відносно $P_{пр}$ отримаємо:

$$P_{рп} = H_{кл} \times \gamma \times f_c - G_{кл} \quad ; \qquad (4.7)$$

де γ – питома вага рідини. Для води γ=1000 кг/м^3.

Отже, отримаємо:

$$P_{пр}=\frac{0.0002425}{h_{max}^2}\times 1000\times 0.00502-2078=\frac{0.001215}{h_{max}^2}-2.78;$$

З іншої сторони маємо наступні відношення для вибору розмірів пружини

$$P_{пр}=\frac{G\times y\times d^4}{8\times D_{ср}^2\times i};\qquad (4.8)$$

де G – модуль пружності при зсуві, $G = 8\times10^{10}$ МПа;

d – діаметр проволоки пружини, м, d = 0,004 м;

$D_{ср}$ – середній діаметр витка пружини, м;$D_{ср}$=0,05;

i – кількість робочих витків пружини, i = 6;

y – деформація пружини при відкритім клапані визначається згідно:

$$y=h_1+h_{max};\qquad (4.9)$$

де h_{max} – деформація пружини при максимальній висоті підйому клапана

h_1 – попередня деформація пружини, м

$$h_1=31,7\text{ мм} = 0,0317\text{ м}$$

Тоді:

$$P_{пр}=\frac{8\times10^3(0.0317+h_{max})\times0.004^4}{8\times0.05^3\times6}=341+(0,0317+h_{max})$$

$$341\,h_{max}^3+13.58h_{max}^2-0.001215=0$$

Задаючись різними значеннями h_{max} шляхом підбору визначимо її дійсну

чину:

$$h_{max}\approx 8,6\text{ мм} = 0,0086\text{ м.}$$

Перевірка:

$$341\times0,0086^3+13,58.\times0,0086^2-0,001215=0;$$

$$0,001213\cong0,001214.$$

Максимальна висота підйому клапана:

h_{max} = 8,6 мм і $N\times h_{max}=192\times8.6=1650$

Повна деформація пружини при відкритому клапані складає:

$$y=0.0317+0,0086=0,0403\text{ м;}$$

$P_{пр}$=341×0,0403=138 Н – зусилля пружини при відкритому клапані (4.8).

Зусилля пружини при закритому клапані:

$$P_{пр}=341\times0,0317=108 \text{ Н}.$$

Напруження в поперечному січенні витка при відкритому клапані складає:

$$\tau = \frac{8\times P\times D_{ср}}{\pi\times d^3}; \qquad (4.10)$$

$$\tau = \frac{8\times13,8\times5}{3,14\times0,4^3}=275 \text{ МПа}.$$

Матеріал пружини сталь 60 С2 по ГОСТ 2052-74

Механічні властивості $\sigma_т$ = 120 МПа;

$$\sigma_в= 130 \text{ МПа}.$$

Рекомендовані допустимі напруження [τ]=500÷700 МПа

Сумарне гідростатичне навантаження на клапан згідно (4.7)

$$H_{кл}= \frac{0.0002425}{h^2_{max}}=\frac{0.0002425}{0.0086^2}=3,28 \text{ м}.$$

Швидкість посадки клапана рівна:

$$V_{кл}=h_{max}\times\omega=8.6\times20=172 \text{ мм/с}=0,172 \text{ м/с}; \qquad (4.11)$$

Критична швидкість, при якій може появитися стук клапанів, складає

$$V_{кл}=100\div140 \text{ мм/с}.$$

При замірах фактичних швидкостей посадки клапанів насосів стук клапанів появляється при $V_{кр}$ = 200 мм/с.

Швидкість рідини в клапанній щілині визначимо за формулою (4.12):

$$V_р = \varphi\times\sqrt{2g\times H_{кл}} \qquad (4.12)$$

де φ – коефіцієнт швидкості, рівний 0,6÷0,8.

Приймаємо φ=0,8 і отримаємо:

$$V_р = 0,8\times\sqrt{2\times9.81\times3.28}=6,416 \text{ м/с}.$$

Визначимо швидкість рідини в найменшому січенні сідла з урахуванням його стиснення потоками клапана:

$$V_c = \frac{F \times R \times \omega}{f_c} \qquad (4.13)$$

де f'_c – потік клапана;

$$f'_c = f_c - 4f = 0{,}00502 - 0{,}0009 = 0{,}00412 \text{ м}^2;$$

$$V_c = \frac{0.0113 \times 0.1 \times 20}{0.00412} = 5{,}5 \text{ м/с};$$

Швидкість потоку в сідлі клапана переважно 3÷4 м/с.

Для порівняння нижче проведемо розрахунок, в якому за розрахунковий діаметр прийнятий діаметр сідла клапана $d_{сід} = 80$ мм $= 0{,}08$ м.

Тоді:

$$h_{max} = \frac{F \times R \times \varpi}{\mu \times \pi \times d_{ср} \times \cos\alpha \sqrt{2g \times H_{кл}}}; \qquad (4.14)$$

$$h_{max} = \frac{0{,}0113 \times 0{,}1 \times 20}{1 \times \pi \times 0{,}08 \times 0{,}866 \sqrt{2 \times g \times H_{кл}}} = \frac{0{,}1035}{\sqrt{2 \times g \times H_{кл}}};$$

звідси

$$H_{кл} = \frac{0.1035^2}{h^2_{max} \times 2 \times g} = \frac{0.000547}{h^2_{max}};$$

Зусилля в пружині буде рівним:

$$P_{пр} = \frac{0.000547}{h^2_{max}} - 2.78;$$

Отримаємо наступне відношення:

$$P_{пр} = 341\ (0{,}0317 + h_{max});$$

$$\frac{0.000547}{h^2_{max}} - 2.78 = 341\ (0{,}0317 + h_{max});$$

$341h^3_{max} + 13{,}58\ h^2_{max} - 0{,}00274 = 0;$ при $h_{max} = 12{,}5$ мм $= 0{,}0125$ м;

$$341 \times 0{,}0125^3 + 13{,}58 \times 0{,}0125^2 - 0{,}00274 = 0;$$

$$0{,}00278 \cong 0{,}00274;$$

При отриманому значенні $h_{max} = 12.5$ маємо наступне:

$$N \times h_{max} = 192 \times 12{,}5 = 2400.$$

Отже, гідростатичне навантаження на клапан буде рівне:

$$H_{кл} = \frac{0.000547}{0.0125^2} = 2{,}8 \text{ м.}$$

Повна деформація пружини при відкритому клапані:

$$y = 0{,}0317 + 0{,}0125 = 0{,}0442 \text{ м;}$$

Зусилля в пружині:

$$P_{пр} = 341 \times 0{,}0442 = 150{,}5 \text{ Н;}$$

Швидкість опускання клапана і швидкість рідини відповідно будуть рівні:

$$V_{кл} = h_{max} \times \omega = 12.5 \times 20 = 250 \text{ м/с;}$$

$$V_{р.} = 0{,}8\sqrt{2 \times 9.81 \times 2.8} = 5{,}92 \text{ м/с.}$$

4.2 Розрахунок елементів клапана на міцність

Горизонтальна посадочна поверхня тарілки клапана розраховується на зминання

$$\sigma_{зм} = \frac{Q}{F_{зм}} \le [\sigma]; \qquad (4.15)$$

де Q – зусилля, яке діє на таріль;

$F_{зм}$ – площа зминання

$$Q = P_р \times \frac{\pi \times d_т^2}{4}; \qquad (4.16)$$

де $d_т$ – діаметр тарілки;

$P_р$ – робочий тиск;

$$Q = 700 \times \frac{3.14 \times 8.6^2}{4} = 40641 \text{ кгс} = 406410 \text{ Н;}$$

$$F_{зм} = \frac{\pi}{4} \times (D_н^2 - D_{вн}^2) + 3в \times n; \qquad 4.17)$$

де $D_н$ і $D_{вн}$ – зовнішній і внутрішній діаметри сідла

$$F_{зм} = \frac{\pi}{4} \times (3.0^2 - 1.5^2) + 3 \times 1{,}5 \times 2{,}2 = 15{,}19 \text{ см}^2 = 0{,}00152 \text{ м}^2;$$

Отже, напруження зминання буде рівним:

$$\sigma_{зм} = \frac{40641}{15.19} = 2675{,}5 \text{ кгс/см}^2 = 267{,}5 \text{ МПа}$$

Граничні допустиме напруження зминання:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_т}{n_т}; \qquad (4.18)$$

де $\sigma_т$ – напруження текучості (границя текучості);

$n_т$ – коефіцієнт запасу міцності, $n_т = 2$;

$$[\sigma] = \frac{6000}{2} = 3000 \text{ кгс/см}^2 = 300\text{МПа}.$$

Зовнішню поверхню сідла клапана провіряємо на зминання. Найбільш діюче на сідло зусилля складає

$$Q = P \times \frac{\pi \times D^2}{4} = 700 \times \frac{\pi \times 12^2}{4} = 792 \text{ кН};$$

Бокова поверхня сідла буде рівна

$$F_{зм} = 0{,}7 \times \pi \times D_{ср} \times n = 0{,}7 \times \pi \times 10{,}7 \times 2{,}5 = 16{,}46 \text{ см}^2 = 0{,}001646 \text{ м}^2;$$

Напруження зминання буде рівний:

$$\sigma_{зм} = \frac{Q}{F_{зм}} = \frac{79200}{16.46} = 4867 \text{ кгс/см}^2 = 487 \text{ МПа};$$

Матеріал сідла клапана сталь 40ХНМ.

4.3 Розрахунок гідрокоробки на статичну міцність

Матеріал гідрокоробки – сталь 35Л

границя міцності матеріалу $\sigma_в = 500$ МПа;

границя текучості матеріалу $\sigma_т = 280$ МПа;

границя витривалості $\sigma_{-1} = 200$ МПа;

Кут конусності гідрокоробки: $\alpha = 7{,}6°$;

середній діаметр конуса; $d_{ср} = 115$ мм;

висота конуса: $h = 50$ мм;

робочий тиск: $p = 70$ МПа

Рівняння рівноваги сил, що діють на місце посадки сідла в гідрокоробці у вертикальній площині:

$$N\sin\alpha + F_{тр}\cos\alpha = Q; \qquad (4.19)$$

де N – нормальна складова сил тертя;

$F_{тр}$ – сила тертя;

Q – зусилля, діюче на сідло у вертикальній площині;

$$F_{тр} = f \times N, \qquad (4.20)$$

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя сталі по сталі [2].

Зусилля, що діє на сідло:

$$Q = P_{роб} \times \frac{\pi \times d_{ср}^2}{4} = 70 \times \frac{3,14 \times 0,115^2}{4} = 0,727 \text{ МН}; \qquad (4.21)$$

Нормальна складова сили тертя

$$N = \frac{Q}{\sin\alpha + 0.1\cos\alpha} = \frac{0,727}{\sin 7.6° + 0.1 \times \cos 7.6°} = 3.14\text{МН}; \qquad (4.22)$$

Бокова поверхня контактуючого конуса сідла:

$$S = \pi \times d_{ср} \times h = 3.14 \times 0.115 \times 0.050 = 0.0181 \text{ м}^2; \qquad (4.23)$$

Напруження в гідрокоробці, що виникають внаслідок контактного тиску з сідлом буде рівним:

$$\sigma = \frac{N}{S} = \frac{3.14}{0.0181} = 173,5 \text{ МПа} < [\sigma]=280\text{МПа}. \qquad (4.24)$$

Коефіцієнт запасу міцності

$$n = \frac{\sigma_т}{\sigma} = \frac{280}{173,5} = 1,6 > [n]=1,4. \qquad (4.25)$$

Умови міцності виконані.

4.4 Розрахунок довговічності ущільнення насоса 4Р-700

За експериментально отриманими формулами [3] можна визначити довговічність змінних деталей гідравлічної частини в залежності від умов роботи.

Наприклад, для ущільнень плунжера:

$$T = \frac{1}{n}\left(\frac{K}{P}\right)^3, \qquad (4.26)$$

де Т – час роботи ущільнення, год;

n – частота навантаження, число ходів (циклів) в хвилину;

К – коефіцієнт працездатності, приймається рівним 250 – 300 в залежності від форми і матеріалу ущільнювача;

Р – тиск ущільнюваного середовища, МПа.

Приймаємо тиск максимальним (для насоса 4Р-700 Р=70 МПа, n=80хв$^{-1}$) і К=250 – 300.

Отримаємо

$$T = \frac{1}{80}\left(\frac{250-300}{70}\right)^3 = 0{,}57 - 1 \textit{години}.$$

і для мінімального тиску Р=10 МПа

$$T = \frac{1}{80}\left(\frac{250-300}{40}\right)^3 = 3{,}05 - 5{,}3 \textit{години}.$$

Дійсна довговічність ущільнень знаходиться між отриманими значеннями, оскільки значення робочого тиску в агрегатах 4Р-700 знаходиться в межах від 40 МПа до 70 МПа.

З даної формули видно, що ресурс роботи ущільнень обернено пропорційно залежить від тиску ущільнюваного середовища і частоти ходів поршня.

4.5 Розрахунок розмірів клапана

Основні розміри клапанів залежать від подачі і кількості подвійних ходів поршня насоса, а висота його підйому визначається швидкістю потоку рідини в клапанній коробці. Якщо розміри клапана і його гідравлічний опір розраховані неправильно, то при його закритті з'являється характерний стукіт, що приймають за критерій правильності вибору розмірів клапана для заданих умов

роботи.

Як критерій, що характеризує ступінь небезпеки виникнення стукоту, приймають відношення площі опорної й ущільнювальної поверхонь тарілки клапана до площі верхньої поверхні клапана.

$k_{CT} = (D^2_k - D^2_0)/ D_0 \cos\gamma = (0.105^2 - 0.078^2)/0.078^2 \cdot \cos 55^\circ = 0.571.$

де D_k і Do — діаметри клапана й отвору сідла, м;

γ — кут нахилу утворюючої конічної посадкової поверхні клапана (рисунок 4.1). Для клапанів бурових насосів приймають $\gamma = 30—60^\circ$.

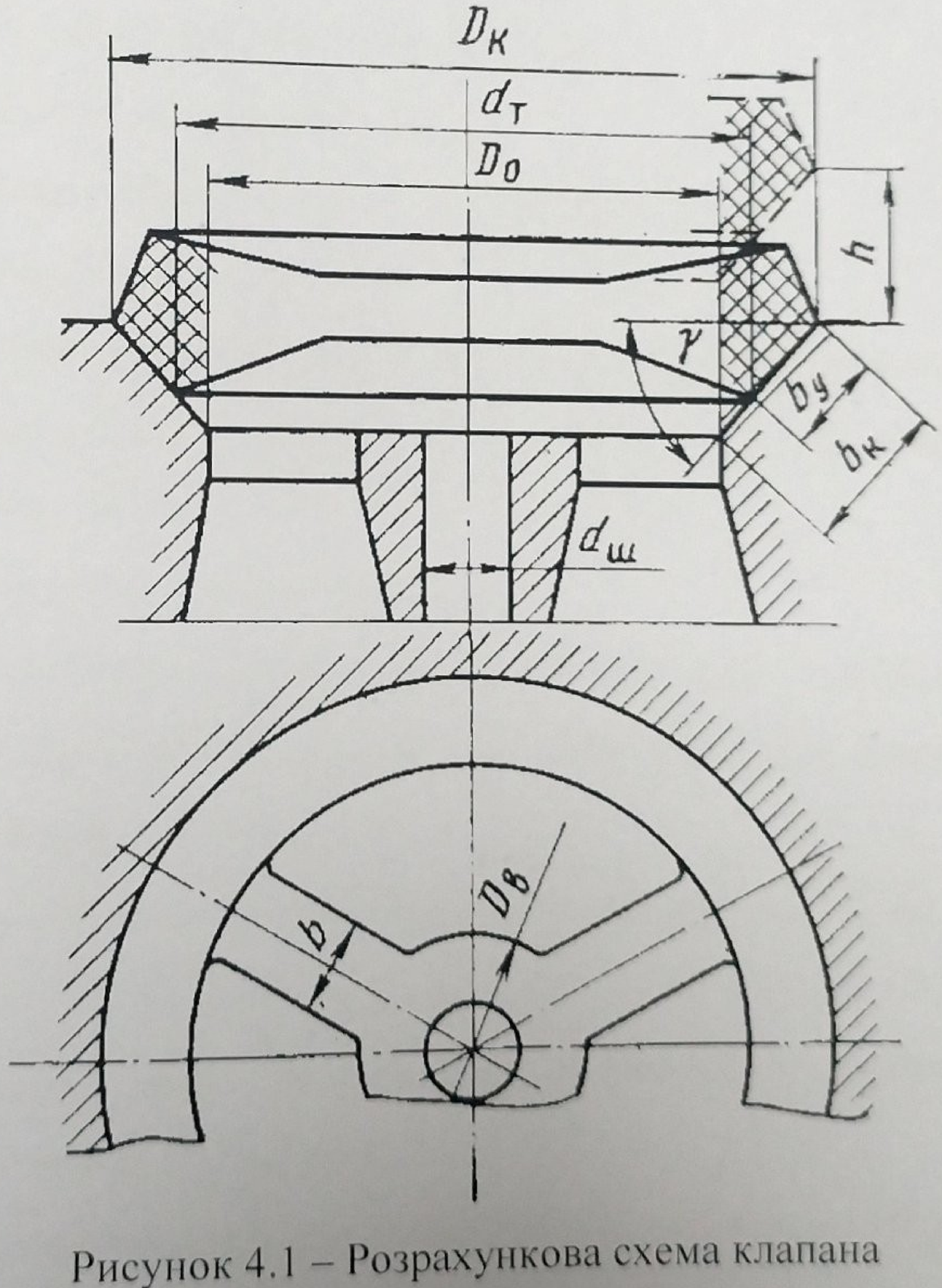


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема клапана

Якщо $k_{ст}>0,5$ при роботі на чи воді $k_{ст}>0,4$ при перекачуванні грузлих розчинів, то стукоту клапанів не виникає. У сучасних бурових насосах великої потужності, що розвивають високі тиски, клапани мають добре розвиті опорні і

поверхні, що ущільнюють, і параметр $к_{ст}$ звичайно вище цих меж і клапани при нормальних умовах усмоктування закриваються без стуку.

Тому що з умов взаємозамінності розміри усмоктувальних і нагнітальних клапанів вибирають однаковими, розраховують розміри тільки усмоктувального клапана.

Площа прохідного перетину сідла клапана So (у $м^2$):

$$S_0 = \pi \cdot D_0/4 = \pi \cdot \omega \cdot Ŕ \cdot Ď_p^{\,2}/4v_{0max} = 3.14 \cdot 0.078^2/4 = 0.00478\ м^2.$$

де Dp – розрахунковий діаметр поршня насоса, м;

звичайно $D_p = (0,7\text{-}0,8)D_{max}$;

ω – кутова швидкість корінного вала насоса;

R – радіус кривошипа корінного вала, м;

v_{0max} – найбільша швидкість потоку в отворі сідла, м/с,

$P_н$ – тиск на виході насоса, Па.

Максимальну швидкість потоку в отворі сідла усмоктувального клапана при роботі з підпором 0,050,1 МПа приймають рівною 4 м/с, а при роботі з підпором 0,2-0,3 МПа – 6-7 м/с.

Діаметр отвору сідла клапана D_0 (у м):

$$D_0 = 1,13 \cdot (S_0 \cdot k_{0c})\text{^}(1/2) = 3.13 \cdot (0.00478)\text{^}(1/2) = 0,078\ м^2.$$

де k_{0c} -- коефіцієнт зменшення площі отвору сідла. Для сідел з ребрами $k_{0c} = 0,7\text{-}0,75$, без ребер $k_{OC}=1$.

Найбільша висота підйому усмоктувального клапана h_{max} (у м).

$$h_{max} = \pi \cdot (0.12+1.9k_{ст})/30 \cdot \omega = 3.14 \cdot (0.12+1.9 \cdot 1,1)/30 \cdot 12,56 = 0,0185\ м.$$

Для нормальних умов усмоктування розрахункову висоту підйому клапана h_p можна визначати з виразу

$$h_{p.} = (0,045 - 0,055) \cdot D_k/\cos(y) = (0,045 - 0,055) \cdot 0,0915/\cos(55°) = 0.008\ м.$$

Висновки

Проведені розрахунки елементів гідравлічної частини насоса та клапанів на міцність вказують на працездатність модернізованого насоса 4Р-700, т. як отримані коефіцієнти запасу міцності більші допустимих.

5. МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

5.1 Організація робіт з монтажу обладнання

5.1.1 Доставки та розміщення обладнання на об'єкті

Установка комплексу наземного технологічного обладнання для гідравлічного розриву пласта доставляється власним ходом.

При підготовці до роботи і транспортуванні комплексу обладнання (передислокації між свердловинами і базою технологічного транспорту), при обслуговуванні функціональних вузлів установки обов'язково використовувати наявні стаціонарні і відкидні площадки. Надійність кріплення огородження повинна постійно контролюватися і, при необхідності, відновлятися.

Підготовка гирла свердловини:

- закрити стволову засувку;
- демонтувати буфер, а при необхідності і буферну засувку;
- відсунути майданчик обслуговування;
- розчистити майданчик 3 х 3 м біля свердловини.

Установка устаткування на монтажному майданчику проводиться за участю всіх членів бригади:

- Призначити двох сигнальників.
- Подати устаткування до гирла свердловини заднім ходом, і встановити щодо свердловини згідно монтажній схемі.
- Заглушити двигун.
- Встановити упори противідкотів.
- Встановити нижні сходи і верхні сходи з поручнями на кабіну.
- Перевірити ручки розподільників на пульті в кабіні оператора. Ручки повинні бути в нейтральному положенні.
- Перевірити, чи відкрита засувка всмоктуючого колектора гідробака і перевірити рівень масла по покажчику.

- Переконатися, що всі манометри показують "0". Скидання тиску з кумуляторів провести відповідними гідровентилями.

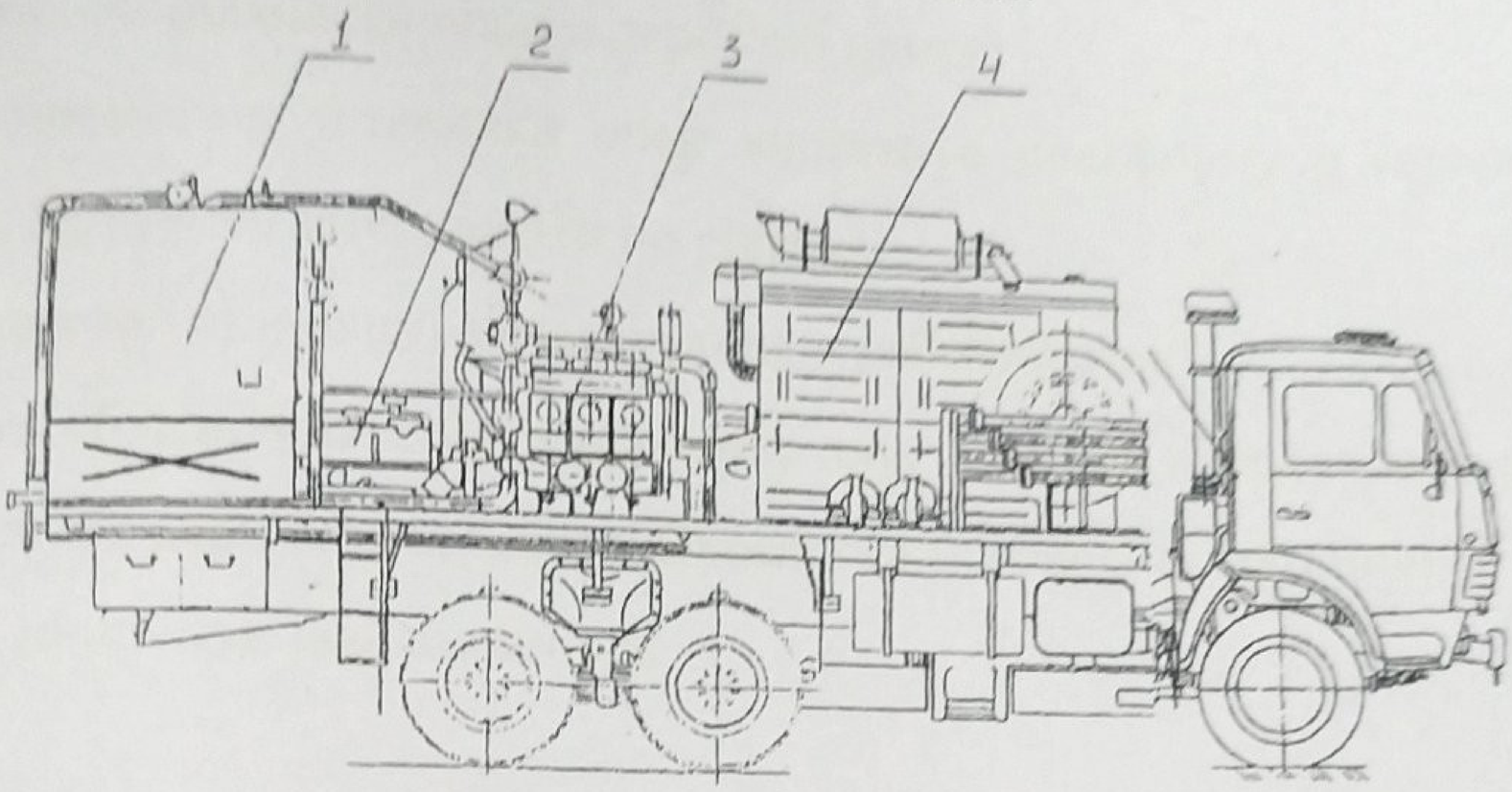


Рисунок. 5.1 – Насосний агрегат

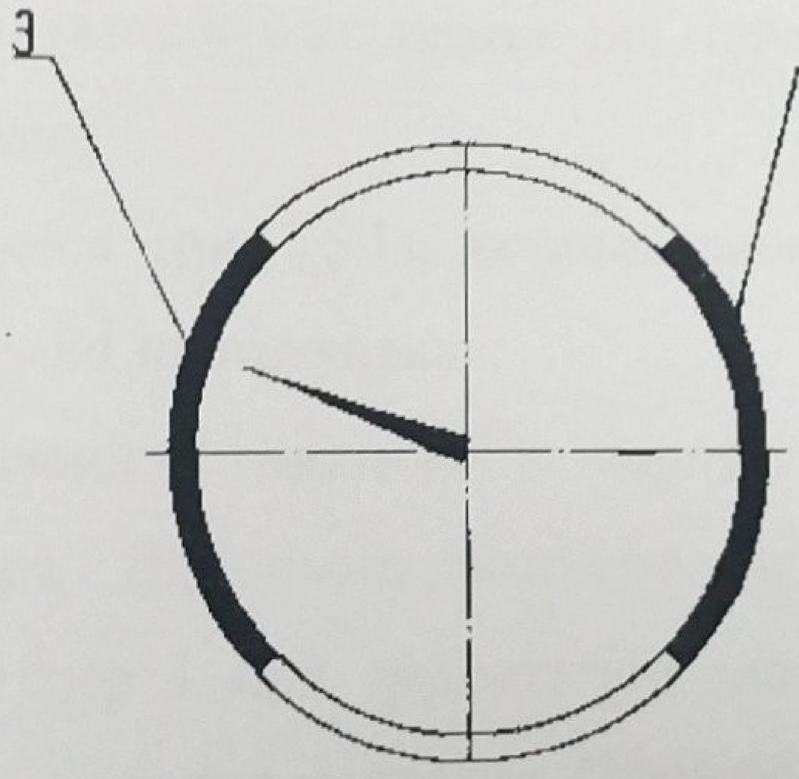


Таблица расположения рабочих зон

Монометр	Зона И	Зона З	Примечание
МН1		350...400 bar	
МН3,МН11	0...25 bar	30...60 bar	
МН5,МН6,МН7	0...50 bar	250...400 bar	
МН8	0...60 bar	140...250 bar	
МН10		150...250 bar	
МН12		200...400 bar	
МН17,МН18		350...600 bar	
МН13,МН20		250...400 bar	
МН14	0...50 bar	160...250 bar	

Рисунок 5.2 – Розміщення робочих зон на манометрах

- Перевірити роботу вентилятора охолоджування масла гідросистеми.
- Привести установку опор в робочий стан:
- під опори підкласти опорні дерев'яні плити;
- за допомогою установки опор виставити платформу в горизонтальне положення. Контроль здійснювати по рівню.
- Привести установник устаткування в робочий стан.

Монтаж обладнання для гідророзриву пласта на усті свердловини повинен проводитися під керівництвом кваліфікованого інженерно-технічного працівника підприємства-замовника.

5.1.2 Підготовка до запуску та запуск обладнання

Для запуску в експлуатацію обладнання для гідророзриву пласта необхідно провести наступні операції.

Перед пуском насоса (рис. 5.1), встановленого в насосній установці, необхідно зробити наступні приготування:

1) перевірити наявність мастила в корпусі роздільника манометра нагнітального колектора. Для цього потрібно відгвинтити накидну гайку роздільника, зняти штуцер і при недостатній кількості мастила або його відсутності заповнити роздільник мастилом. Відсутність мастила в роздільнику чи його недостатня кількість може привести до відмовлення манометра;

2) оглянути кріплення й підтягти ослабілі гайки;

3) оглянути рухомі частини насоса, і забрати всі сторонні предмети;

4) переконатися в тому, що всі гайки на рухомих деталях (на шатунах, крейцкопфах, штоках і т.д) забезпечені від самовідгвинчування, завшплінтовані та законтрогаєні;

5) перевірити наявність і достатню кількість мастила в картері насоса;

6) перевірити справність мастилопроводів пластинчастого насоса. Для цього необхідно відгвинтити по черзі, приєднання мастилопроводів і переконатися, що мастило надходить вільно по всіх трубках;

7) перевірити наявність запобіжного цвяха в запобіжному клапані, його відповідність діаметрові встановленої циліндрової втулки в насосі.

Під час роботи насоса в складі насосної установки, необхідно стежити за показаннями манометра, а також за станом запобіжного клапана.

У випадку зрізу запобіжного цвяха в запобіжному клапані насос повинен бути зупинений для заміни його новим цвяхом. Поява стукотів у гідравлічній частині насоса свідчить про неправильну роботу клапанів чи порушенні ущільнень, при цьому необхідно прийняти міри до їхнього усунення.

Варто спостерігати за станом сальників, циліндрових втулок і штоків й при необхідності затягувати їх, не допускаючи при цьому перекосів.

Сальники клапанної коробки мають манжети, що працюють за принципом самоущільнення при дії тиску. Тому перетискання їх неприпустимо (при надмірному затягуванні манжети будуть працювати як звичайне набивання). При просочуванні рідини допускається незначне (без усяких зусиль) затягування сальника.

Варто звертати увагу на усі фланцеві з'єднання гідравлічної частини насоса, а з появою протікання необхідно його усунути. Необхідно також спостерігати за дією механізмів приводної частини насоса і з появою надмірних стукотів, скрипів, нагрівів і т. п. виявити причини й усунути них, зупинивши насос, якщо це потрібно.

Температура нагрівання мастила в картері насоса не повинна перевищити в режимі обкатування +115°.

Необхідно стежити за справністю дії мастильних пристроїв і правильністю змащення. У картер насоса заливається 40 – 45л (рівень на осі черв'яка) мастила ТС-20. МК-22 ДСТ 21743-76 – влітку; МС-14 ДСТ 21743-76 – зимою. Допускається замінник: масло індустріальне Т-5ОА ГОСТ 20793-75. Періодичність зміни мастила 500 годин.

Безвідмовна робота насоса значно залежить від своєчасного і якісного технічного обслуговування. Роботи по технічному обслуговуванню є профілактичними, тому їх виконання обов'язкове у встановлений термін.

Технічне обслуговування по періодичності, виконуваним операціям і трудомісткості підрозділяється на наступні види:

1) щоденне технічне обслуговування (ЩУ);

2) періодичне технічне обслуговування (ПУ);

3) поточний ремонт (ПР);

4) сезонне технічне обслуговування (З);

5) капітальний ремонт (КР).

Щоденне технічне обслуговування насоса виконується після закінчення роботи і перед перегоном насосної установки до місця виконання роботи. Періодичне технічне обслуговування виконується через 50 годин роботи насоса. Поточний ремонт рекомендується робити через 500 годин роботи. Сезонне технічне обслуговування насоса виконується два рази на рік при підготовці насосної установки до осінньо-зимових з весняно-літніх умов експлуатації і здійснюється відповідно восени і навесні при черговому технічному обслуговуванні. Капітальний ремонт насоса залежно від умов експлуатації насосної установки рекомендується робити через 2500 год роботи.

При щоденному технічному обслуговуванні (ЩУ) необхідно виконувати наступне: перевірити стан огородження гідравлічної частини насоса та запобіжного клапана; перевірити стан манометра в нагнітальному колекторі насоса; перевірити стан мастильної системи насоса;

При періодичному обслуговуванні (ПО) необхідно виконати наступне:

1) зробити заміну мастила в роздільнику манометра нагнітального колектора насоса;

2) перевірити стан поршнів, втулок, клапанів, ущільнень штока, штоків та інших швидкозношуваних деталей. При необхідності замінити ущільнення, вийшовші з ладу деталі;

3) через 50 годин роботи насоса мастило з картера злити, промити масляну ванну і заправити чистим мастилом.

При наступній експлуатації перевіряти стан мастила в картері насоса і заміняти при забрудненні мастила або появі в ньому металевих часток.

При поточному ремонті (ПР):

1) зробити часткове розбирання гідравлічної частини насоса, перевірити стан деталей і при необхідності провести заміну чи ремонт;

2) перевірити і відрегулювати зазори в підшипниках приводної частини насоса;

3) перевірити стан запобіжного клапана, при необхідності замінити його;

4) перевірити і при необхідності замінити манометр у нагнітальному колекторі;

5) зробити заміну мастила в картері насоса й у роздільнику нагнітального колектора;

6) зробити гідравлічні випробовування насоса і нагнітальної лінії в зборі на тиск 45 МПа. Всмоктувальну лінію насоса випробовують на тиск 1,5 МПа.

Сезонне технічне обслуговування (З):

1) замінити мастило в картері насоса на відповідному сезонові експлуатації: влітку – мастило МС20, МК-22 ДСТ 21743-78; взимку – мастило ТС14 ДСТ 21743-76, замінник: мастило індустріальне Т5СА ДСТ 20793-75;

2) замінити мастило в роздільнику манометра нагнітального колектора, використовуючи мастило трансформаторне ТКПГС2 282-80. Замінник: мастило веретенне ОСТ 36-01412-86.

5.1.3 Монтажні роботи

Монтаж устаткування для гідророзриву пласта:

- встановити в робоче положення, відповідне натягненню строп для максимального розвантаження;
- перевірити правильність установки стріли щодо свердловини:
- змонтувати чотири опори, заздалегідь поклавши під них плити;
- відрегулювати регулювальними гвинтами опори по висоті, забезпечивши правильність установки;
- заздалегідь натягнути ланцюгові розтяжки ;

- послідовно обертаючи регулювальні гвинти опор забезпечити повне розвантаження гирлової компоновки від дії технологічного устаткування:

- розтягнути розчалки згідно схеми, закріпивши їх за анкери.

Провести опресовування комунікаційних магістралей за допомогою насосного агрегату, що подає робочий агент в свердловину, перевіряючи герметичність:

- магістрального трубопроводу від насосного агрегату до маніфольда;
- маніфольда;
- герметизатора;
- превентора, з'єднань між герметизатором і превентором.

Після завершення робіт по монтажу устаткування повинне бути заземлене шляхом приєднання заземляючого дроту до колонної головки свердловини.

При проведенні робіт на свердловині обслуговуючим персоналом в обов'язковому порядку повинні проводитися наступні регламентні роботи:

- перевірка стану контрольно-вимірювальних приборів і приборів фіксування основних параметрів технологічного процесу;
- змащувати всі підшипники;
- переконатися, що всі органи керування знаходяться в нейтральному положенні;
- в разі можливості виникнення забруднення робочої рідини при розгерметизації гідросистеми та при технічному обслуговуванні перевірити чистоту робочої рідини;
- перевіряти затяжку з'єднань гідроліній, які підходять до пульта керування і від нього;
- після завершення кожного гідророзриву пласта повинні проводитися огляд, промивка і змащення обладнання.

5.1.4 Розрахунок чисельності бригади по монтажу обладнання

Кількість основних робітників розраховується за професіями, виходячи із трудоємкості річної програми по видах робіт:

$$R = \frac{\sum T}{F_{д\,р} \cdot K} \qquad (5.1)$$

де ΣT – сумарна трудомісткість річної програми даного виду робіт; згідно інструкцій з монтажу насосних агрегатів для проведення гідророзриву пласта [18] ΣT=8700 год;

k – коефіцієнт виконання норм, k=1…1,5.

Дійсний фонд часу 1 робітника розраховується виходячи з нормативного фонду часу за формулою:

$$F_{др} = F_{др}^{норм} - \left(F_{др}^{норм} \times 0{,}12\right).,$$

де $F_{др}^{норм}$. - нормативний дійсний фонд часу 1 робітника, год.;

0,12 – втрати робочого часу при 24-денній відпустці, які складають 12%.

$$F_{др}^{норм} = (Д_к - Д_в - Д_{св} - Д_{псв}) \times \frac{Д_{рг}}{Д_{рд}} + Д_{псв} \times (T_{зм} - 1).., \qquad (5.2)$$

де $Д_к$.=365 днів - кількість календарних днів у році;

$Д_в$.=104 дні – кількість вихідних днів у році;

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

$Д_{псв}$.=8 днів – кількість передсвяткових днів у році;

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

$Д_{рд}$.=5 днів – кількість робочих днів у тижні;

$T_{зм}$.=8 годин – тривалість робочої зміни;

Звідси

$$F_{дд}^{підп} = (365\text{-}104\text{-}10\text{-}8)8+8(8\text{-}1)=2000 \text{ годин}$$

Тоді $F_{дд}$=2000-(2000•0,12)=1760 годин.

Знаючи це, ми зможемо розрахувати кількість працівників бригади для гідророзриву пласта.

$$\text{Отже } R = \frac{8700}{1760 \times 1} = 4{,}93 \text{ робітники.}$$

Приймаємо для виконання робіт наступний склад робітників:

1. Майстер – 1 чол.;

2. Зварювальник (5 розряд) – 1 чол.;
3. Монтажник (4 розряд) – 1 чол.;
4. Монтажник (5 розряд) – 1 чол.;
5. Слюсар (4 розряд) – 1 чол.

5.2 Експлуатація та ремонт обладнання

5.2.1 План–графік планово–попереджувальних ремонтів

Система ППР передбачає чітке планування термінів і обсягів усіх робіт з обслуговування і ремонту.

Базуючи на затвердженій структурі і періодичності ремонтних робіт для кожного виду устаткування й інтенсивності його використання, служба головного механіка підприємства складає річний у помісячному розрізі план–графік обслуговування і ремонту машин, або частіше окремо річний план ремонту й оперативні графіки технічного обслуговування.

Виконувана при періодичному обслуговуванні ревізія машин використовується для нагромадження даних до наступного ремонту – дані ревізії ретельно заносяться в експлуатаційний журнал машини і є базою для складання дефектної відомості на ремонт машини. Базуючи на даних експлуатаційних журналів, можна передбачати обсяг майбутнього ремонту і підготуватися до нього багато раніше розбирання і дефектовки машини. Оскільки система ППР передбачає при чіткому виконанні термінів ремонту обсяг виконуваних робіт у залежності від фактичного стану машин, значення даних ревізії і дефектної відомості очевидне.

План–графік ремонту обладнання, що підлягає контролеві, що складається окремо, повинний бути ув'язаний з основним планом.

При складанні плану важливо витримати встановлені міжремонтні періоди і забезпечити досить рівномірне помісячне завантаження ремонтної бази і бригад поточного ремонту машин.

Для цього роботи кожного місяця оцінюються в одиницях складності ремонту, що дуже зручно для оцінки загальної трудомісткості плану.

При складанні плану–графіка ремонту всього обладнання підприємства можливості до маневрування завантаженням незрівнянно більше, допускається зміна термінів ремонту в межах 10–15% у залежності від стану машини. Крім того, рівномірність завантаження ремонтної бази може бути відрегульована замовленнями експлуатаційних підприємств на виготовлення нестандартного устаткування для нафтогазопромислів.

Знаючи план–графік ремонту і базуючи на встановлених системою ППР нормах трудомісткості робіт і витрати запчастин і матеріалів, підраховують обсяг ремонтних робіт з видів (слюсарно–складальні, механічна обробка, зварювання й ін.) і визначають завантаження ремонтної бази, планують придбання матеріалів і запасних частин. Експлуатаційні підприємства, які не цілком забезпечені власними ремонтними засобами, обґрунтувавши потребу в ремонті річним планом, мають право одержати фонди на ремонт устаткування на заводах. Складений у такому виді план дозволить підрахувати основні економічні показники підприємства– кількість робітників по професіях, фонд заробітної плати, витрата матеріалів, собівартість робіт, вироблення на один робітника, на один верстат і ін. Переваги системи планово–попереджувального обслуговування і ремонту устаткування очевидні – основою технічної експлуатації машин стає профілактика, тобто попередження прискореного зносу деталей і частин, виключення з практики експлуатації машин аварійних ситуацій. Система ППР є гарним організуючим початком для планування роботи ремонтних і обслуговуючих підприємств, планування виробництва запасних частин і створення їхніх резервів у мінімально необхідній кількості, а також для зведення до мінімуму простою машин у чеканні ремонту і при ремонті.

5.2.2 Типовий процес ремонту

Є багато методів відновлення спрацювання деталей, кожний з методів має свою область застування. Зношені деталі ремонтуються методом відновлення форми і чистоти зношеної поверхні.

Зношені поверхні плунжера можна відновити методом металізації, тобто нанесені ртутного розплавленого металу на підготовлену поверхність плунжера. Цей метод дає можливість відновити плунжер номінальних розмірів, не деформувати його і не вигоряють леговані елементи.

Ремонт крейцкопфа проводити методом електродугової наплавки на зношені поверхні з послідуючою механічною обробкою на стругальному верстаті. Зношену різьбу для плунжера відновлюють методом запре совки втулки з послідуючим нарізання різьби.

Тарілки і гнізда клапанів відновлюють методом електродуговоїнаплавки на зношені поверхні з послідуючою механічною обробкою на токарних верстатах до номінальних розмірів.

По такому же методу відновлюють пальці крейцкопфа.

Зношені гумові ущільнення

Підшипники кочення перевіряють на величину зносу тіл кочення, тобто величину люфта, якщо люфт більше допустимої норми їх замінюють.

Вали насоса ремонтують методом металізізації з механічною обробкою на верстатах. Можна ремонт валів проводити методом електродугової наплавки на зношені поверхні з послідуючою механічною обробко ю до номінальних розмірів. Електродугову наплавку необхідно проводити швами діаметрально протилежно.

5.2.3 Умови експлуатації та аналіз діючих навантажень

В процесі експлуатації насоса його деталі безперервно зношуються і в результаті зменшуються їх розміри, порушується посадки в спряжених.

Основними видами зносу деталей насоса являється: знос під дією сил тертя, абразивний знос, втомлене руйнування, корозія.

Плунжер насоса в процесі роботи підлягає абразивному, втомленому і корозійному зносів.

Крейцкопф насоса зношується під дію сил тертя в результаті дії поверхні крейцкопфа який пересувається відносно сил накладок. Поверхня крейцкопфа вка треться, вона стирається ,появляються царапини, задири.

Палець крейцкопфа зношується під дією сил тертя, в результаті зносу зменшується розмір пальця і порушується насадка.

5.2.4 Типові види й причини спрацювання і відмов елементів обладнання

Роботоздатність машини - це виконання відповідної роботи у виробничому процесі з допустимими відхиленнями від параметрів установлених механічним паспортом машини основними факторами, що впливають на роботоздатність машини, являється надійність і довговічність.

Надійність машини – це перелік від довговічності, а довговічність машин поділяється на фізичну, економічну і моральну.

Фізична довговічність машини визначається її здатністю зберігати робото здатність при відповідних режимах і умовах роботи до граничного стану, при якому дальша її робота не можлива або небезпечна в результаті зносу спрацювання її деталей і відмов вузлів.

В трансмісійному валові насоса відбивається утомлене руйнування під дією перемінних або знакоперемінних зусиль, деформація вала не відбувається, а появляються тріщини .

Тарілки і гнізда клапанів зношуються від абразивної дії твердих частин в буровому і цементному розчині. Такому же зносу підлягають і втулки плунжера насоса.

Найбільше швидкому природному механічному знос ості підлягають гумові манжети ущільнення плунжера.

Зношуються підшипники валів під дією сил тертя відбувається природний знос тіл кочення, змінюються розміри і збільшується люфт більше допустимої норми.

5.2.5 Зміст технічного обслуговування обладнання. Перелік та послідовність робіт при технічному обслуговуванні (ТО) і поточному ремонті

Система ППР передбачає наступні основні положення:

1) ремонт устаткування виконується через плановані проміжки часу, звані міжремонтними періодами;

2) після планового капітального ремонту характеристика устаткування наближається до паспортних даних нового устаткування;

3) протягом ремонтного циклу устаткування в строгій черговості проходе всі планові ремонти, передбаченні системою;

4) окрім планових ремонтів виконується технічне обслуговування устаткування;

5) чергування, періодичність і об'єм обслуговування і ремонтів призначенням, конструкцією і умовами експлуатації устаткування.

Технічне обслуговування, що строго регламентується за часом і об'єму, виконується по переліку обов'язкових операцій, а ремонт планується за часом і об'єму і виконується в встановлені планом терміни в об'ємі, який залежить від фактичного стану машини. Принципова схема системі планово-запобіжного обслуговування і ремонту машин представлена на (рис 5.1)

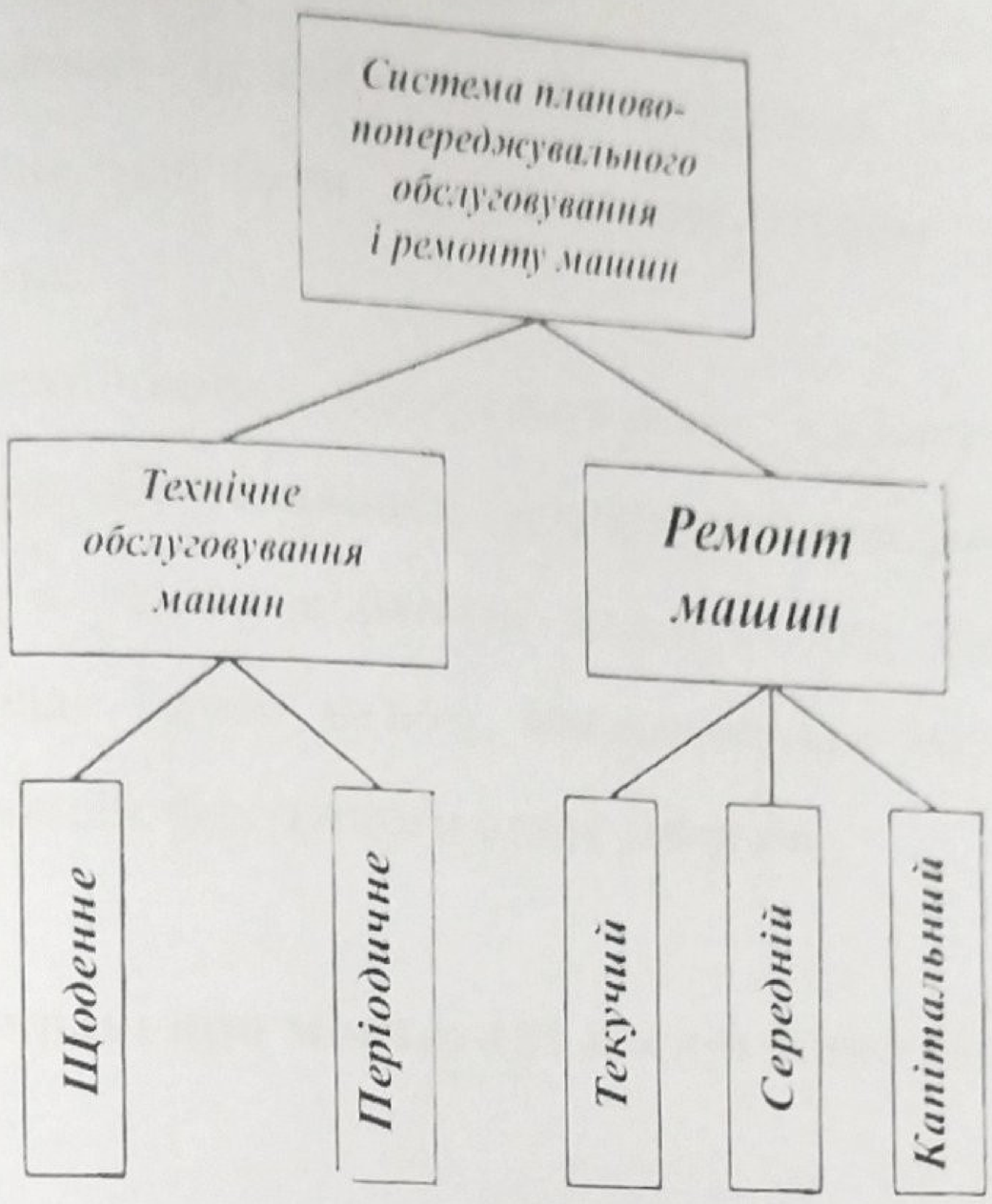


Рисунок. 5.1 Принципова схема системи ППР

Як видно з схеми, технічне обслуговування складається з щодня конуваних робіт ЕО) — очищення від грязі, огляд і підтяжка ослаблених ьбових з'єднань, перевірка і наладка змащувальних пристроїв, перевірка дії нтрольних, захисних і гальмівних пристроїв, — і періодичного технічного слуговування (ПО) — всі операції щоденного технічного обслуговування, юс мастило машини і зміна масла відповідно до карти мастила, миття зовні, ревірка і регулювання окремих частин і деталей, перевірка і наладка всіх стем управлення і контролю.

Технічне обслуговування повинне по можливості виконуватися під час хнологічних простоїв устаткування Як видно з перерахованого об'єму біт, технічне обслуговування передбачає ретельну ревізію устаткування — ревірку положення всіх фіксованих і рухливих з'єднань, регулювання зазорів, нтроль кількості і якості палива, масла, води, а також перевірку рацездатності окремих приладів, агрегатів і установки в цілому.

Для бурового устаткування технічне обслуговування необхідно

иконувати також після завершення буріння чергової свердловини для явлення можливості подальшого використання устаткування. Ретельна свізія устаткування має бути завершальним етапом і монтажних робіт на вому місці буріння.

Операції технічного обслуговування виконуються, як правило, ерсоналом машини або установки (мотористом, механіком, оператором). Всі иконані роботи, а також відмічені зноси і інші дефекті, заносяться в еціальний журнал. Таким чином, накопичується матеріал для подальших емонтів з врахуванням фактичного стану машини.

5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання

Гідравлічний розрив пластів передбачає нагнітання у породи великих ількостей води під великим тиском, що спричиняє тріщини у породі, а потім акачування суміші води та твердої речовини «пропанту» (дрібнозернистий ісок та невеликі кількості інших додатків, відомих як хімічні речовини для рекінгу, які допомагають утримувати тріщини відкритими) у свердловину і ерез перфоратори в обсадженні у сланцеву породу для видобутку етрадиційних видів викопного палива (таких як метан вугільних пластів, ущільнені пісковики та сланцевий газ) та для підвищення дебіту виснажених афтових родовищ. Гідравлічний тиск, створений закачуванням рідини у свердловину, достатній для того, щоб утворилися тріщини (фіссури) у езервуарі і сланцева порода розкололася на відстані в середньому 100 м у ожний бік (максимально по 500 м від осі горизонтальної свердловини) від сталевого трубопроводу, вивільняючи газ з порід та допомагаючи газу попасти у свердловину через численні тріщини у породі та піднятися на поверхню[3].

Зазвичай на проведенні ГРП та інших методів інтенсифікації нафтовидобутку спеціалізуються сервісні нафтові компанії (Halliburton, Schlumberger, BJ Services та ін.)

Пропорції різних хімічних агентів, що використовуються в добавці рідини

За технологічними схемами здійснення розрізняють однократний, керований (поінтервальний) та багатократний ГРП. При однократному гідророзриві під тиском рідини закачування перебувають всі розкриті перфорацією пласти одночасно (інтервал, який має, наприклад, занижену продуктивність), а при багатократному ГРП — здійснюється дія послідовно на кожний окремий пласт або пропласток.

Операція ГРП складається з наступних послідовних етапів: закачка в пласт рідини розриву для утворення в ньому тріщин; закачка рідини пісконосія; закачка рідини для продавлювання піску в свердловину. Для проведення цих операцій попередньо встановлюють якість і об'єм робочої і продавочної рідини, кількість піску та його вміст в робочій рідині, а також темпи їх закачування. Часто рідину розриву використовують і в якості рідини пісконосія. До рідин розриву висуваються наступні основні вимоги:

- сумісність їх з породою і флюїдами продуктивного пласта;
- мала фільтрація через поверхні утворених тріщин;
- простота технології отримання і відносно невисока вартість.

Крім того, рідина-пісконосій повинна мати утримуючу здатність по відношенню до розклинюючих агентів. За фізико-хімічними властивостями рідини розриву поділяються на рідини на вуглеводневій основі і рідини на водній основі. Вони не повинні зменшувати фільтраційні характеристики пласта, не спричиняти набухання глинистого цементу порід, не утворювати осади при контакті з флюїдами і водночас бути доступними і дешевими.

Раніше широко використовувались рідини на вуглеводневій основі (нафта; та загущена мазутом, бітумом, асфальтенами; дизельне паливо) і емульсії гідрофобні та гідрофільні водонафтові; нафто-кислотні; кислотно-гасові). Їх. Застосування може бути доцільним при проведенні ГРП у видобувних свердловинах. У наш час в основному (десь біля 20 % операцій ГРП) використовують на водній основі (вода, розчини полімерів, кислотні розчини, міцелярні розчини). Збільшенням витрат таких рідин забезпечується розрив пласта і компенсується їх недостатня пісконесучість. Загустіння води

осягається вдаванням ПАА (поліакриламід), ССБ (сульфат-спиртова барда), МЦ (карбоксилметилцелюлоза). Для попередження набухання глин стабілізації глин) воду додають ПАР, полімери, хлористий амоній та ін.

у якості розклинюючого агенту використовують зернисті матеріали: пісок, скарлупа волоського горіха, нейлонові і пластмасові кульки, корунд, суміші цих матеріалів.

Розклинюючим матеріалом (наповнювачем тріщин — Пропант) звичайно служить кварцевий пісок з діаметром частинок 0,5.1,2 мм. Гранульований розклинювальний агент має володіти високою міцністю на зім'яття і не втискуватися в поверхню тріщин, мати невелику густину, сферичну форму і однорідний фракційний склад.

На практиці, як правило, при проведенні ГРП в 1 $м^3$ рідини-пісконосія вводять 200—250 кг розклинюючого агента. Відомі технології гідророзриву із змінною концентрацією розклинюючого агента в рідині пісконосія, при цьому звичайно масовий вміст частинок в ній рекомендується поступово збільшувати від 100—150 кг до 500 кг на 1 $м^3$.

Оптимальний об'єм розклинюючого агенту встановлюється в результаті накопиченого досвіду. Разом з тим, найбільш доцільно закачувати при гідророзриві 5-6 $м^3$ наповнювача тріщин.

1. Гідравлічний розрив пласта проводиться під керівництвом відповідального інженерно-технічного працівника за планом, затвердженим підприємством.

2. Під час проведення гідророзриву пласта перебування персоналу біля устя свердловини та нагнітальних трубопроводів ближче ніж не дозволяється.

3. Місця встановлення агрегатів для гідророзриву пласта повинні бути відповідним чином підготовлені і звільнені від сторонніх предметів, які перешкоджають установленню агрегатів та прокладенню комунікацій.

4. Агрегати для гідророзриву пластів повинні бути встановлені на відстані не менше ніж від устя свердловини і розташовані так, щоб відстань між ними була не менше ніж і кабіни їх не були повернуті до устя свердловини.

5. Напірний колектор блоку маніфольдів повинен бути обладнаний датчиками КВП, запобіжними клапанами та лінією скидання рідини, а нагнітальні трубопроводи - зворотними клапанами.

6. Після обв'язки устя свердловини необхідно опресувати нагнітальні трубопроводи на очікуваний тиск при гідравлічному розриві пласта з коефіцієнтом запасу 1,5.

7. Для вимірювання і реєстрації тиску при гідророзриві до гирлової арматури повинні бути під'єднані показуючий та реєструвальний манометри, винесені на безпечну відстань.

8. Перед від'єднанням трубопроводів від устьової арматури необхідно закрити крани на ній та знизити тиск у трубопроводах до атмосферного.

9. Застосування пакерувальних пристроїв при гідророзривах пласта обов'язкове, якщо тиск гідророзриву перевищує допустимий для експлуатаційної колони.

10. При проведенні гідрокислотних розривів необхідно застосовувати інгібітори корозії.

11. Працівники, які безпосередньо беруть участь у цих роботах, повинні бути забезпечені локальним радіозв'язком для синхронізації, узгодження та контролю робіт.

Висновки

В даному розділі магістерської роботи виконані організаційно-технічні роботи для монтажу обладнання з гідророзриву пласта, які необхідно виконати перед початком пуску в експлуатацію і під час його пуску. Розрахована чисельність бригади по монтажу обладнання. Проведена робота дала можливість виявити типові види і причини спрацювання та відмов елементів обладнання, а також описана необхідність проведення поверхневого зміцнення деталей та його види. Також описані шкідливі та небезпечні явища при гідравлічному розриві пласта, порядок їх усунення.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі на тему розроблені наступні розділи:

1. У розділі "Вибір та опис технологічного обладнання" вибраний мплекс наземного технологічного обладнання для гідравлічного розриву аста; поданий порядок виконання робіт при проведенні гідравлічного зриву пласта; проведено критичний аналіз піскозмішувальних агрегатів, ніфольда піскозмішувальної установки, гирлового обладнання, автоцистерни, ичепа-цистерни та насосного агрегату для нагнітання технологічної рідини в аст при гідророзриві пласта.

2. В розділі "Опис технічної пропозиції" розроблено технічне рішення, ть якого полягає в модернізації плунжерного насоса 4Р-700 в тому, що рівняно з аналогом у модернізованого насоса нагнітальний колектор иконаний у вигляді каналу в станині, розміщеного в зоні, що примикає до лапанної коробки, і з'єднується з порожнинами нагнітання останніх за опомогою отворів в станині і клапанних коробках. Запропоноване технічне ішення забезпечує спрощення конструкції, зниження трудомісткості готовлення і металоємності. При впровадженні запропонованої модернізації асоса 4Р-700 економічний ефект складатиме 183,3 тисяч гривень, що свідчить ро доцільність запропонованого вдосконалення.

3. В розділі "Дослідно-конструкторська робота" приведено основи осліджения роботи гідравлічних насосів, приведено опис конструкції та бгрунтування випробувального стенду, описана програма проведення осліджень випробувального стенду, розраховано залежність подачі ідравлічних насосів від частоти обертання привідного ротора. Можна зробити исновок, що випробувальний стенд буде необхідним на виробництві для изначення величин і рівномірності подачі мастила, випробування і егулювання гідравлічних насосів, що застосовуються в системі змащення насосів 4Р-700, насосних агрегатів 4АН-700 під час проведення операцій по ідравлічному розриву пласта.

4. В розділі "Розрахунки працездатності" проведені розрахунки елементів гідравлічної частини насоса та клапанів на міцність вказують на працездатність модернізованого насоса 4Р-700, т. як отримані коефіцієнти запасу міцності більші допустимих.

5. В розділі "Монтаж і експлуатація обладнання" виконані організаційно-технічні роботи для монтажу обладнання з гідророзриву пласта, які необхідно виконати перед початком пуску в експлуатацію і під час його пуску. Розрахована чисельність бригади по монтажу обладнання. Проведена робота дала можливість виявити типові види і причини спрацювання та відмов елементів обладнання, а також описана необхідність проведення поверхневого зміцнення деталей та його види. Також описані шкідливі та небезпечні явища при гідравлічному розриві пласта, порядок їх усунення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артим В.І., Яциняк І.І., Гриців В.В., Юрич А.Р., Рачкевич Р.В. Аналіз розійно-втомних руйнувань елементів бурильної колони. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* 2012. № 2 (43). С. 197 - 202.

2. Бедрій Я.І. Охорона праці: Навчальний посібник / Я.І. Бедрій та ін. – Львів: ПТВФ «Афіша», 1997. – 258с.

3. Бікман Є.С. «Оптимізація систем розробки газоконденсатних родовищ України з високим вмістом вуглеводнів С5+ в пластовому газі». Проблеми нафтогазової промисловості: зб. наук. праць. – Київ, 2006. – Вип. 3. – С. 165–168.

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

5. Буняк Б.Т., Розенфельд І.М., Бубликова Н.Г., Коцаба В.І., Чепіль І.І. Нові регламенти з експлуатації бурильних і насосно-компресорних труб. *Нафтова і газова промисловість.* 2005. № 1. – С. 29 - 30.

6. Brusco G., Lewis P., Williams M. Rotary steerable drilling technology its rapid evolution with a new system created specifically for vertical drilling. *Oilfield Review.* 2004. Autumn. – P. 14 - 17.

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

8. Vaisberg O., Vincke O., Perrin G. etc. Fatigue of drillstring: state of the art. *Oil & Gas Science and Technology.* 2002. № 1 (Vol. 57). P. 7 - 37.

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

10. Гуляєв В.І., Гайдайчук В.В., Гловач Л.В. Теоретичний аналіз впливу профілю криволінійної свердловини на силу опору руху в ній бурильної колони. *Нафтова і газова промисловість.* 2010. № 3. – С. 20 - 22.

11. ДНАП 1.1.21. – 1.20-30 Правила безпеки у нафтогазовидобувній промисловості України. – Київ, 2003. – 143 с.

12. Економіка підприємства: Навчальний посібник / Я.С. Витвицький, у Я. Витвицька, М.О. Данилюк, А.О. Устенко, І.І. Цигилик. За ред. я С. Витвицького – Івано-Франківськ: ІМЕ, 2002. – 318 с.

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

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

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

16. Івасів В.М., Рачкевич Р.В., Юрич А.Р., Юрич Л.Р. Використання пружних елементів для реалізації параметрів проектного профілю свердловини. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». *2015. № 57 (1166). – С. 45.*

17. Івасів В.М., Артим В.І., Гриців В.В., Рачкевич Р.В. Удосконалення методики оцінки довговічності бурильних труб з урахуванням експлуатаційних навантажень. Частина 1. Параметри кривої втоми бурильних труб при мало- і багатоциклових навантаженнях. *Науковий вісник Національного технічного університету нафти і газу.* 2010. № 2 (24). С. 41 - 45.

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

19. Israel R., Aburto M. Drilling through salt. *Offshore engineer.* 2008. June. – P. 55 - 58.

20. Карпаш О.М. Методи та засоби забезпечення роботоздатності трубних колон: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Івано-Франківськ, 1996. – 47 с.

21. Кірейцев Г.Г. Фінансовий менеджмент.– К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 531 с.

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

23. Костриба І.В. Основи конструювання нафтогазового обладнання: Навч. посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2007 – 256 с.

24. Коцкулич Я.С., Кочкодан Я.М. Буріння нафтових і газових свердловин: Підручник. Коломия, 1999. – 504 с.

25. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Економіка підприємства нафтової та газової промисловості». – Укладач : С.Ю.Кулакова. Полтава: ПолтНТУ,2005. – 27 с.

26. Мислюк М.А. Буріння свердловин: довідник : в 5 т. / М.А. Мислюк, І.А. Рибчич, Р.С. Яремійчук. – Київ: Інтерпрес ЛТД, 2002. Т. 2: Промивання свердловин. Відробка доліт – 2002. – 303 с.

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

28. Miller T.J., Su T., Düssan E.B., Pabon J., Wicks N., Bertoldi K., Reis R.M. Buckling-induced lock-up of a slender rod injected into a horizontal cylinder. *International Journal of Solids and Structures*. 2015. vol. 72. – P. 153 - 164.

29. Мойсишин В.М., Борисевич Б.Д., Гаврилів Ю.Л., Зінченко С.А. Стійкість і коливання бурильної колони. Івано-Франківськ, 2013. – 590 с.

30. НПАОП 11.1-1.01-08. Правила безпеки в нафтогазодобувній промисловості України.

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

32. Основи цивільного захисту: навчальний посібник / В. О. Васійчук, В. І. Гончарук, С. І. Качан та ін. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2010. – 184 с.

33. Охорона праці в нафтогазовій галузі: Навчальний посібник / За редакцією Г.М. Лисяного – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. – 304 с.

34. Пентюк Б.М. Основи патентознавства та інтелектуальної власності: навчальний посібник / Б.М. Пентюк, І.І. Назаренко, М.М. Вірник. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 195 с.

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

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

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

38. Поджаренко В.О. Опрацювання результатів вимірювань на основі концепції невизначеності: навч. посіб. / В.О. Поджаренко, О.М. Василевський, В.Ю. Кучерук. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 128 с.

39. Рачкевич Р.В. Вдосконалення методів прогнозування довговічності бурильної колони в ускладнених умовах буріння свердловин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Івано-Франківськ, 2006. 20 с.

40. Рачкевич Р.В. Розвиток наукових основ забезпечення працездатності колон бурильних і насосно-компресорних труб на ділянках свердловин із геометричними недосконалостями: дис. ... доктора техн. наук. Івано-Франківськ, 2017. 271 с.

41. Riyami M., Edwards J., Vache E., Ojiduma O., Johnson S., Darwish W. Operator finds cost-effective rotary steerable applications in Oman's low-cost environments. *Drilling contractor* 2008. July - August. – P. 54 - 62.

42. Свердан П.Л. Вища математика. Математичний аналіз і теорія ймовірностей: Підручник. Київ, 2008. 450 с.

43. Світлицький В.М. Експлуатація нафтових та газових родовищ. – Київ, 2000. – 144 с.

44. Стасенко В.М., Карпенко В.М., Гуляєв В.І. та ін. Визначення навантажень на бурову установку під час спуско-підіймальних операцій у похило спрямованих свердловинах. *Нафтова і газова промисловість.* 2006. № 6. – С. 6 – 10.

45. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. К.: Либідь, 2002. — 328 с.

46. Цивільна оборона / В.М. Шоботов: Навчальний посібник. – К.: Центр навч. л-ри, 2004. – 436 с.

47. Шкіца Л.Є. Забезпечення надійності труб при бурінні та експлуатації свердловин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Івано-Франківськ, 1996. – 24 с.

48. Шаруда В.Г. Практикум з теорії автоматичного управління / В.Г. Шаруда. – Д.: Національний гірничий університет, 2002. – 414 с.

49. Юрич А.Р., Чудик І.І., Гриців В.В., Рачкевич Р.В., Козлов А.А. Моделювання компоновок низу бурильної колони з опорно-центруючими елементами (ОЦЕ) в похило-скерованому стовбурі свердловини. *Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ.* 2008. №2(27). – С. 51 - 55.