Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут нафти і газу

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НІГГ.602МН.002-00.00.000 МР

Група 602-МН

Гнідат Владислав Геннадійович

Полтава, 2025

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

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

До захисту

Завідувач кафедри
В.о. завідувача ННІНГ
_____ С. Савик

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: Дослідження модернізованої бурової лебідки

Пояснювальна записка

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

Виконавець роботи
Галат Владислав Геннадійович
студент, ПІБ
група 602-МН
_____
підпис, дата

Консультант за 1 розділом
к.т.н., доц Шестеренко В.М
_____
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом
к.т.н. Савик В.М.
_____
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

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

Консультант за 4 розділом
к.т.н. доц Мукомеловська О.В
_____
посада, *наук. ступінь, ПІБ, підпис*

Дата захисту 21.01.2025

Полтава, 2025

АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі розроблені наступні розділи:

1. У розділі "Вибір та опис технологічного обладнання" проведено порівняльний огляд бурових комплексів та аналіз конструктивних особливостей бурових лебідок, обґрунтовано вибір бурової установки та обладнання підйомного комплексу бурової установки. Коротко описано призначення, будову, комплектність та принцип дії вибраного обладнання.

2. В розділі "Опис технічної пропозиції" проведено обґрунтування доцільності та економічної ефективності введення запропонованих технічних рішень з удосконалення конструкції бурової лебідки, запропонована модернізована конструкція стрічково-колодкового гальма, обґрунтовано її технічну доцільність, розрахований економічний ефект від впровадження модернізованої бурової лебідки.

3. В розділі "Дослідно-конструкторська робота" проаналізовано лабораторно-експериментальні дослідження роботи модернізованої бурової лебідки.

4. В розділі "Розрахунки працездатності" проведено розрахунки на довговічність, міцність та жорсткість деталей модернізованої бурової лебідки.

5. В розділі "Монтаж і експлуатація обладнання" розглянуто комплекс робіт з монтажу та підготовки до експлуатації модернізованого обладнання, описано технічні заходи з обслуговування та ремонту бурових лебідок, проаналізовані потенційні небезпеки при експлуатації бурових лебідок, а також методи і засоби для забезпечення нормальних умов праці, наведені інженерні розрахунки.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри НГІТ
В.О. ДЕКАНА ІСАЄНКО
_____ В. ГОЛЬЧИК
"__"_____20___ року

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

Галат Владислав Геннадійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження модернізованої бурової лебідки

Керівник роботи доцент Савик Василь Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом закладу вищої освіти від "09" 08 2024 року № 818-ф,а

2. Строк подання студентом роботи 27. 12 2024 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 14.10.2024

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 _____ Голат В.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	4
1. Вибір та опис технологічного обладнання	6
1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання	6
1.2 Конструкція вибраного обладнання	16
2. Опис технічної пропозиції	22
2.1 Опис модернізованої конструкції	22
2.2 Оцінка економічної ефективності	29
3. Дослідно-конструкторська робота	31
3.1 Обґрунтування і опис конструкції лабораторної установки	39
3.2 Програма проведення досліджень	40
3.3 Аналіз одержаних результатів та визначення раціональних або оптимальних конструктивних та експлуатаційних рішень	42
4. Розрахунки працездатності	50
4.1 Тепловий розрахунок модернізованого стрічкового гальма	50
4.2 Розрахунок шпонкового з'єднання	53
4.3 Розрахунок вала коробки зміни передач на статичну міцність	54
5. Монтаж і експлуатація обладнання	58
5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу обладнання	58
5.2 Експлуатація та ремонт обладнання	64
5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання	77
Висновки	86
Список використаної літератури	88

ВСТУП

Актуальність теми. За допомогою бурових лебідок і талевого механізму спускають, піднімають і підтримують у підвішеному стані бурильну колону, обсадні труби та інший інструмент при бурінні і кріпленні свердловин. При підйомі обертовий рух передається лебідці від приводу, за допомогою талевого каната перетворюється в поступальний рух талевого блока. При спуску гальмівні пристрої бурової лебідки обмежують швидкість талевого блоку, що опускається під дією власної ваги і ваги підвішеного до нього інструменту. Бурові лебідки використовуються також для передачі обертання ротору, згвинчування і розгвинчування бурильних і обсадних труб, для підйому і підтягування різних вантажів при бурінні свердловини, монтажу і ремонту установки.

Бурові лебідки на відміну від лебідок, що використовуються у вантажопідйомних машин, працюють в умовах, що характеризуються ступінчастою зміною діючих навантажень. Систематичні навантаження зростають з поглибленням вибою свердловини, а в процесі спуско-підіймальних операцій змінюються в десятки і сотні разів залежно від кількості свічок в бурильній колоні.

Бурові лебідки повинні відповідати вимогам технології буріння і задовольняти умови їх експлуатації. Потужність і тягове зусилля їх повинні бути достатніми для виконання найбільш тяжких технологічних операцій. Швидкості підйому і спуску повинні забезпечити безаварійність, економічність і високу продуктивність при спуско-підіймальних операціях. Але, слід зазначити, що Стрічково-колодкове гальмо бурової лебідки ЛБУ-1100 має той недолік, що його гальмівний шків не виконує функцій теплопоглинаючого і теплоохолоджувального вузла. У зв'язку з цим пропонується його удосконалення.

Мета роботи. Модернізація стрічково-колодкового гальма бурової лебідки та дослідження його роботи.

Об'єкт дослідження. Процеси зношення вузлів тертя стрічково-колодкового гальма бурової лебідки.

Предмет дослідження. Властивості і характеристики модернізованого стрічково-колодкового гальма бурової лебідки.

Наукова новизна отриманих результатів.

- отримано закономірності зміни об'ємної температури обода шківа від кількості спущених свічок і зниження температури шківа при природному охолодженні від часу в аналогових та в модернізованих фрикційних вузлах гальма;

- розроблена програма експериментальних досліджень для визначення стискаючих напруг в ободі гальмівного шківа, які створюються за рахунок напруг від значного температурного градієнту на поверхнях обода гальмівного шківа.

Можливі результати, які очікуються при виконанні роботи, їхня новизна та значення. Проведена модернізація системи колодково-стрічкового гальма бурової лебідки дозволить істотно поліпшити не тільки динаміку процесу гальмування, але і зносо-фрикційні характеристики шляхом зниження теплонавантаженості пар тертя гальма для поліпшення його експлуатаційних параметрів.

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 87 сторінках комп'ютерного набору і містить 10 рисунків і 15 таблиць. Повний обсяг магістерської роботи становить 92 сторінки.

1 ВИБІР ТА ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання

1.1.1 Вихідні дані для магістерської роботи

Конструкція свердловини глибиною 4900 м подана на рис. 1.1.

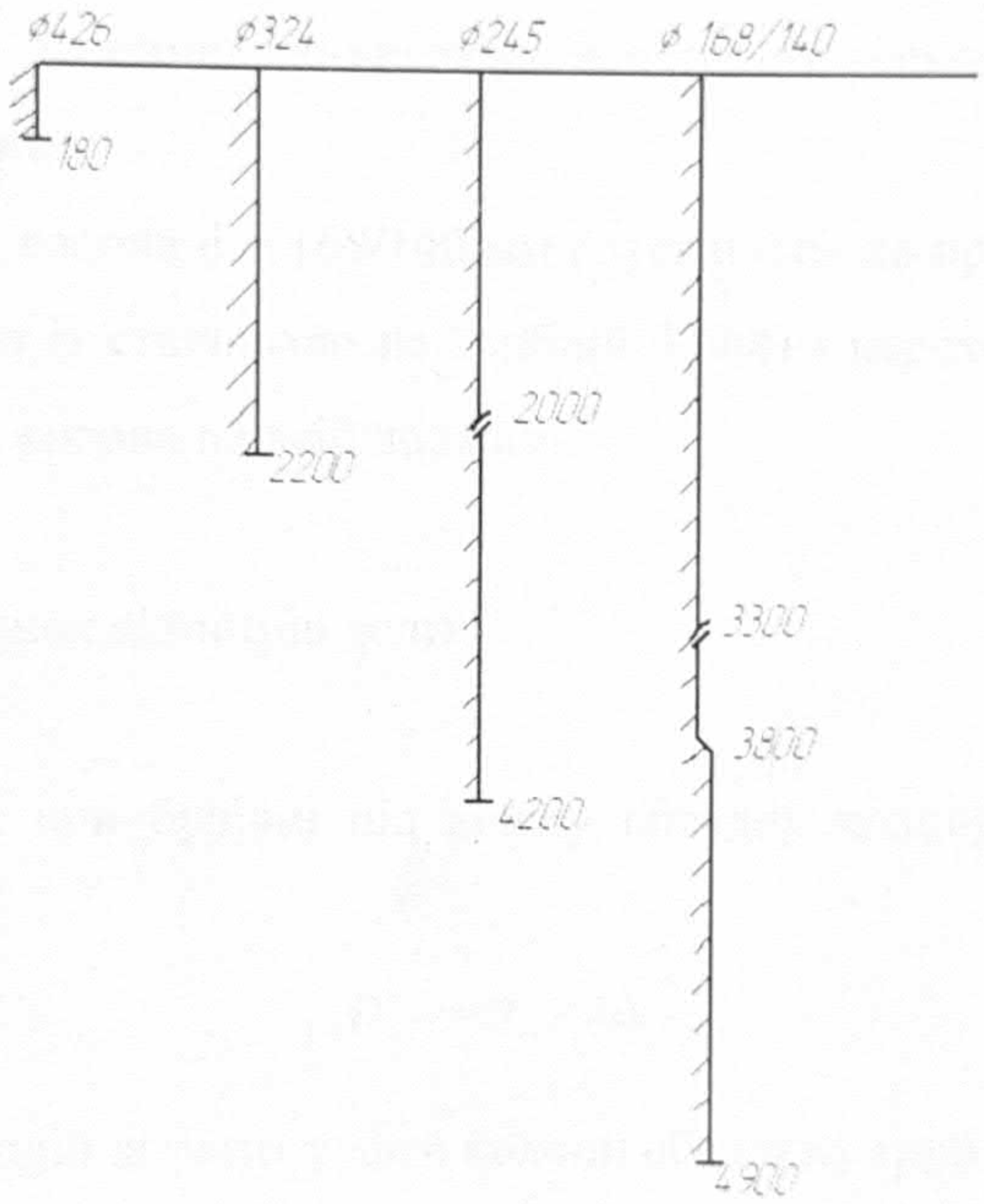


Рисунок 1.1 – Конструкція свердловини

Осьове навантаження на долото в процесі спорудження свердловини складає:

буріння під кондуктор – G = 50 кН;

буріння під проміжну колону ǿ 324 мм – G = 220 кН;

буріння під проміжну колону ǿ 245 мм – G = 200 кН;

буріння під експлуатаційну колону – G = 200 кН.

Кондуктор d = 426мм спускається на глибину 180м з метою перекриття верхніх нестійких порід. Цементується по всій довжині.

Проміжна колона d = 324мм спускається на глибину 2200м з метою перекриття відкладів пермі, схильних до поглинань, а також кам'яно-вугільних відкладів, схильних до обсипань і обвалів, ізоляції пластів з нижчим пластовим тиском. Цементується колона по всій довжині.

Проміжна колона d = 245мм спускається на глибину 4200м двома секціями із стиковкою на глибині 2000м з метою перекриття частини стрийських відкладів з аномально-високим пластовим тиском. Цементується колона по всій довжині.

Експлуатаційна колона d = 168/140 мм спускається до проектної глибини 4900м двома секціями із стиковкою на глибині 3300м і переходом на глибині 3800м. Цементується колона по всій довжині.

1.1.2 Розрахунок діаметрів доліт

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

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

де $D_{м}$ – зовнішній діаметр муфти колони обсадних труб [9];

2Δ – величина проміжку між муфтою і стінками свердловини [9].

Під кондуктор $D_{дол}^{426} = 451 + 45 = 496$ мм; приймаємо $D_{дол}^{426} = 490$ мм.

Під проміжну колону $D_{дол}^{324} = 351 + 37 = 388$ мм; приймаємо $D_{дол}^{324} = 394$ мм.

Під проміжну колону $D_{дол}^{245} = 270 + 25 = 295$ мм; приймаємо $D_{дол}^{245} = 295{,}3$ мм.

Під експлуатаційну колону $D_{дол}^{140} = 156 + 16 = 172$ мм; приймаємо $D_{дол}^{140} = 172$ мм.

1.1.3 Розрахунки обсадних і бурильних колон

1.1.3.1 Визначення довжини ОБТ

Довжину ОБТ при бурінні під кожну обсадну колону визначаємо за формулою

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

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

G – осьове навантаження на долото;

$q_{ОБТ}$ – вага 1м.п. ОБТ [3];

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

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

Під кондуктор:

$$\ell_{ОБТ}^{426} = \frac{1,25 \cdot 50 \cdot 10^3}{1920\left(1 - \frac{1120}{7850}\right)} = 40 \text{ м}$$

Під проміжну колону ǿ 324 мм:

$$\ell_{ОБТ}^{324} = \frac{1,25 \cdot 220 \cdot 10^3}{1920\left(1 - \frac{1160}{7850}\right)} = 170 \text{ м}$$

Під проміжну колону ǿ 245 мм:

$$\ell_{ОБТ}^{245} = \frac{1.25 \cdot 200 \cdot 10^3}{1890\left(1 - \frac{1160}{7850}\right)} = 175 \text{ м}$$

Під експлуатаційну колону:

$$\ell_{ОБТ}^{127} = \frac{1,25 \cdot 200 \cdot 10^3}{970\left(1 - \frac{890}{7850}\right)} = 290 \text{ м.}$$

1.1.3.2 Визначення довжини бурильного інструменту

Розраховуємо бурильний інструмент при бурінні під експлуатаційну колону.

Для І-ої секції бурильної колони приймаємо бурильну трубу ǿ 114мм із товщиною стінки 9 мм групи міцності Е. Визначаємо допустиму глибину бурильних труб за формулою:

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

де $q^{I}_{пр.}$ – вага 1 м.п. бурильної труби [9];

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

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

де $Q_р$ – розтягуюче навантаження, при якому напруження у тілі труби досягає межі текучості [9];

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

$$Q^{I}_{доп} = \frac{2250}{1,4} = 1607 \text{ кН};$$

$$\ell^{I}_{доп} = \frac{1607 \cdot 10^{3} - 290 \cdot 970\left(1 - \frac{1920}{7850}\right)}{277 \cdot \left(1 - \frac{890}{7850}\right)} + 290 = 5818 \text{ м}$$

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

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

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

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

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

$$Q^{II}_{доп.} = \frac{2500}{1,4} = 1785,7 \text{ кН};$$

$$\ell^{II}_{доп.} = \frac{1785,7 \cdot 10^3 - 1607 \cdot 10^3}{305 \cdot \left(1 - \frac{890}{7850}\right)} = 660 \text{ м}$$

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

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

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

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

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

$$Q^{III}_{доп.} = \frac{2750}{1,4} = 1964,3 \text{ кН};$$

$$\ell^{II}_{доп.} = \frac{1964,3 \cdot 10^3 - 1785,7 \cdot 10^3}{360 \cdot \left(1 - \frac{890}{7850}\right)} = 560 \text{ м}$$

Відповідно проведених розрахунків складаємо таблиці вибору компонування бурильного інструменту.

Таблиця 1.1 – Робочий інструмент при бурінні під експлуатаційну колону

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2	3	4
140	9Е	360	560
127	9Е	305	660
114	9Е	277	3390
ОБТ-108	-	970	290

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

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2	3	4
127	9Е	305	635
114	9Е	277	3390
ОБТ-197	-	1890	175

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

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2	3	4
114	9Е	277	2030
ОБТ-203	-	1920	170

Таблиця 1.4 – Робочий інструмент при бурінні під кондуктор

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2	3	4
114	9Е	277	140
ОБТ-203	-	1920	40

1.1.3.3 Визначення ваги колони бурильних і обсадних труб

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

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

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

$Q_{ОБТ}$ - вага колони ОБТ;

К – коефіцієнт прихвату; приймаємо К=1,3

Під експлуатаційну колону:

$$Q^{е}_{б.к.} = (360 \cdot 560 + 305 \cdot 660 + 277 \cdot 3390 + 970 \cdot 290) \cdot 1,3 = 2110199 \text{ Н} \approx 2110 \text{ кН}$$

Під проміжну колону ǿ 245 мм:

$$Q^{пр}_{б.к.} = (305 \cdot 635 + 277 \cdot 3390 + 1890 \cdot 175) \cdot 1.3 = 1902491,5 \text{ Н} \approx 1903 \text{ кН}$$

Під проміжну колону ǿ 324 мм:

$$Q^{пр}_{б.к.} = (277 \cdot 2030 + 1920 \cdot 170) \cdot 1,3 = 1155323 \text{ Н} \approx 1156 \text{ кН}$$

Під кондуктор:

$$Q^{к}_{б.к.} = (277 \cdot 140 + 1920 \cdot 40) \cdot 1,3 = 150254 \text{ Н} \approx 150 \text{ кН}$$

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

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

1-ша секція довжиною 1600 м:

$$Q^{I}_{е} = (3300 \cdot 277 + 300 \cdot 435 + 400 \cdot 399 + 900 \cdot 336) \cdot 1,15 = 1732590 \text{ Н} \approx 1733 \text{ кН}$$

2-га секція довжиною 3300 м:

$$Q^{II}_{е} = (1400 \cdot 435 + 900 \cdot 499 + 1000 \cdot 435) \cdot 1,15 = 1717065 \text{ Н} \approx 1717 \text{ кН}$$

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

1-ша секція довжиною 2200 м:

$$Q^{I}_{пр.} = (2000 \cdot 277 + 200 \cdot 693 + 670 \cdot 627 + 1330 \cdot 568) \cdot 1,15 = 2148349,5 \text{ Н} \approx 2148 \text{ кН}$$

2-га секція довжиною 2000 м:

$$Q^{II}_{пр.} = (1100 \cdot 787 + 900 \cdot 693) \cdot 1,15 = 1712810 \text{ Н} \approx 1713 \text{ кН}$$

Визначаємо вагу проміжної колони діаметром 324мм, яка спускається на глибину 2200 м:

$$Q_{пр.} = (650 \cdot 845 + 1000 \cdot 696 + 550 \cdot 845) \cdot 1,15 = 1966500 \text{ Н} \approx 1967 \text{ кН}$$

Визначаємо вагу кондуктора діаметром 426мм і довжиною 180м:

$$Q_{к} = 180 \cdot 1062 \cdot 1,15 = 219824 \text{ Н} \approx 220 \text{ кН}$$

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

Таблиця 1.5 – Зведена вагова характеристика обсадних і бурильних колон

№ п/п	Назва колони	Діаметр труб, мм	Товщина стінки, мм і група міцн.	Глибина спуску, м	Вага колони, кН
1	2	3	4	5	7
1	Бурильний інструмент під кондуктор	114 ОБТ-203	9Е -	140 40	150
2	Бурильний інструмент під проміжну колону ǿ 324 мм	114 ОБТ-203	9Е -	2030 170	1156
3	Бурильний інструмент під проміжну колону ǿ 245 мм	127 114 ОБТ-197	9Е 9Е -	635 3390 175	1903
4	Бурильний інструмент під експлуатаційну колону	140 127 114 ОБТ-146	9Е 9Е 9Е -	560 660 3390 290	2110
5	Кондуктор	426	12Д	180	220
6	Проміжна колона ǿ 324 мм	324	12Д 10Д 12Д	650 1000 550	1967
7	Проміжна колона ǿ 245 мм	114 245	9Е 11Д 10К 9Д 9К	2000 200 670 740 590	2148
		245	13,84Р110 11Д	1100 900	1713
8	Експлуатаційна колона	114 168 140	9Е 11Д 10Д 10,54Р110	3300 300 400 900	1733
		168	11К 12Д 11Д	1400 900 1000	1717

1.1.4 Вибір категорії, класу та основних параметрів бурової установки

Вибір БУ для одного і того ж класу визначається рядом чинників: умовами буріння, метою буріння, типом свердловин, способом буріння, технологією буріння, геологічними умовами. Враховуючи всі зазначені чинники, в т. ч. найбільше навантаження на гаку, яке складає 2148 кН (згідно проведеного розрахунку колон і визначення ваги найважчої колони) вибираємо бурову установку БУ 5000 ЕУ.

Бурова установка обладнана комплексом механізмів АСП, регулятором подачі долота, буровими насосами НБТ-600 і буровими спорудами для універсального монтажу й транспортування. Основні параметри та технічні характеристики БУ наведено у таблиці 1.6.

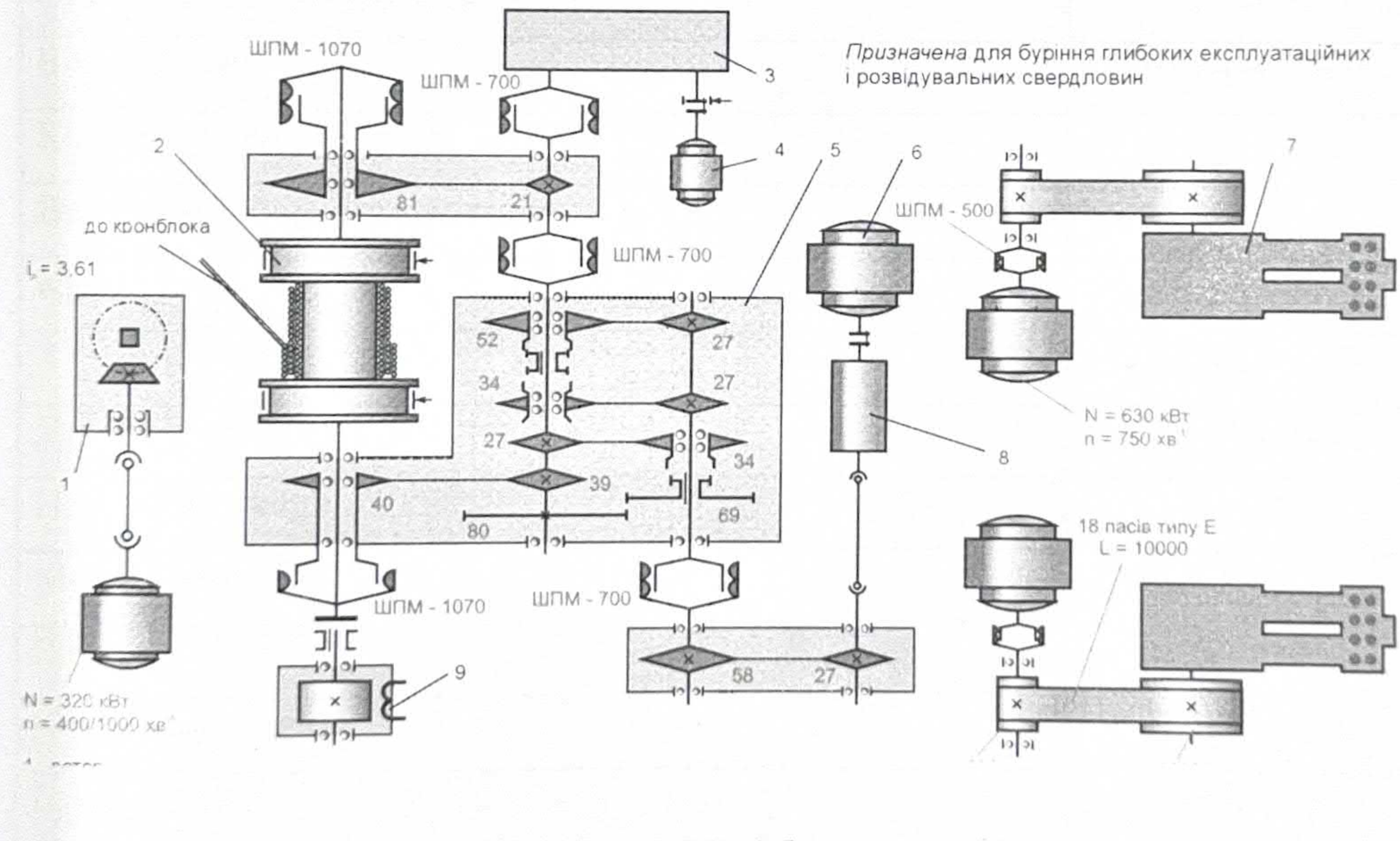


Рисунок 1.2 – Кінематична схема бурової установки БУ-5000 ЕУ:
1 – ротор; 2 – підйомний вал лебідки; 3 – редуктор; 4 – дизельний двигун; 5 – електродвигун аварійного приводу; 6 – турботрансформатор; 7 – буровий насос; 8 – ланцюговий редуктор; 9 – компресор з механічним приводом; 10 – електромагнітне гальмо; 11 – коробка зміни передач; 12 – кутовий редуктор

Таблиця 1.6 – Параметри та технічні характеристики бурової установки БУ 5000 ЕУ

Параметри	Значення
Допустиме навантаження на гаку, кН	3200
Умовна глибина буріння, м	5000
Розрахункова потужність на приводному валу лебідки, кВт	1100
Лебідка Буровий насос	ЛБУ-1100 НБТ-600
Кількість насосів	2
Максимальне навантаження на стіл ротора, кН	4000
Вертлюг	УВ-320МА
Максимальне навантаження, кН	3200
Бурова вежа	ВМА-45-320
Корисна висота вежі, м	45
Вантажопідйомність вежі, кН	3200
Кронблок	УКБА-6-400
Талевий блок	УТБА-5-320
Дизель – генераторна станція	АСДА-200
Потужність станції, кВт	200
Механізми АСП	АСП-3М4
Ротор	Р-700
Клиновий захват	ПКРБО-560
Буровий ключ	АКБ-3М2
Оснастка талевої системи Натяг рухомої вітки талевого каната, кН	5×6 28,3
Швидкість підйому гака, м/с	1,5
Компресор високого тиску	АК2-150М

1.2 Конструкція вибраного обладнання

Бурова лебідка ЛБУ-1100 (рис. 1.3), яка вибрана згідно проведених розрахунків, складається з двох агрегатів (лебідкового Л і приводного П), зістикованих стягуваннями 6. Лебідковий агрегат складається з барабана 9, встановленого на підшипниках кочення і змонтованого на рамі 1. На валу барабана справа на підшипниках кочення змонтований блок ланцюгових коліс 23 і 24 з шинно-пневматичною муфтою 17 і укріплена напівмуфта кулачкової муфти 18, а зліва змонтований блок ланцюгового колеса 7 і укріплені спарені шинно-пневматичні муфти 5. На рамі 2 встановлена гальмівна машина 19, на валу якої посаджена друга напівмуфта кулачкової муфти 18, за допомогою якої під час гальмування колони, що спускається, вал гальмівної машини з'єднується з валом барабана.

Включення кулачкової муфти здійснюється системою важеля 22 з пневмоприводом, встановленим на рамі 1. З правого боку на валу гальмівної машини укріплено пристрій 20 для підведення води для охолоджування гальмівних шківів, а з торця закріплений вертлюжок 21 для підведення стиснутого повітря до шинно-пневматичної муфти, встановленої на валу барабана. Пристрій 20 застосовують тільки для лебідки ЛБУ-1100М2, в лебідці ЛБУ-1100М1 встановлений тільки вертлюжок 21.

З лівого боку на торці валу барабана укріплена зірочка ланцюгової передачі для передачі обертання до тахогенератора 1, а з торця укріплений вертлюжок для підведення повітря до муфт 5.

На рамі 38 приводного агрегату П встановлена ланцюгова коробка швидкостей, в якій на підшипниках кочення змонтовані трансмісійний вал 30 і проміжні вали 8 і 15. На трансмісійному валу 30 укріплені ланцюгові колеса 29 і 31, а на підшипниках кочення ланцюгове колесо 28, кулачкова муфта 27 і зубчате колесо 26. З правого торця на трансмісійний вал посаджена муфта з укріпленими на ній шківами 25 для з'єднання з шинно-пневматичними муфтами приводу, за допомогою яких на трансмісійний вал передається потужність від

приводу [22].

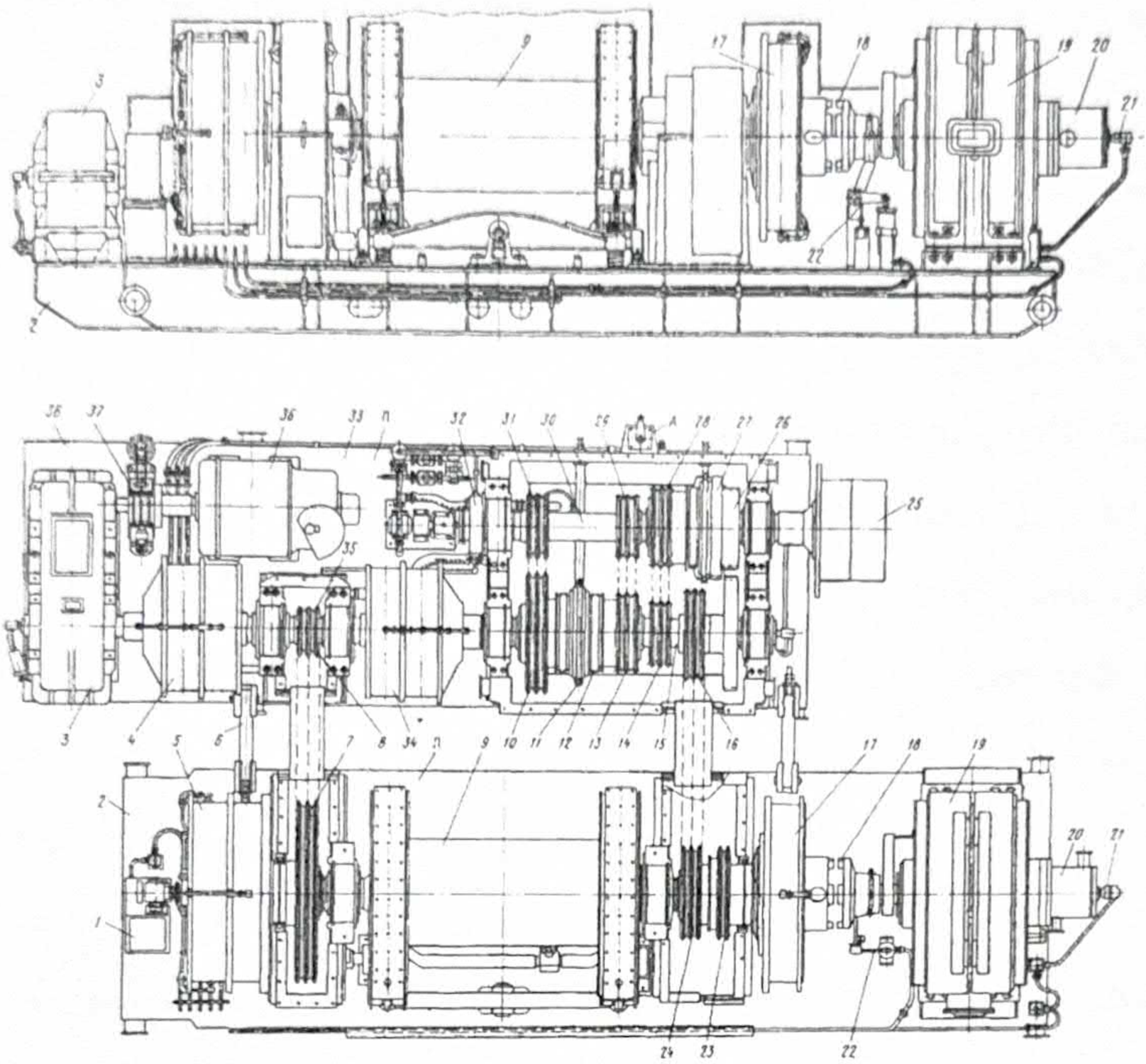


Рисунок 1.3 – Бурова лебідка ЛБУ-1100:

1 – тахогенератор; 2 – рама лебідки; 3 – редуктора регулятори подачі долота; 4, 5, 17, 34 – шинно-пневматична муфта; 6 – стягування; 7, 23, 24 – блок ланцюгових коліс; 8, 15 – проміжні вали коробки передач; 9 – барабан; 10, 13, 14, 16, 28, 29, 31, 35 – ланцюгові колеса; 11 – система важелів переключення швидкостей (пневмопривідна); 12 – двохстороння кулачкова муфта; 18, 27 – кулачкова муфта; 19 – електромагнітне гальмо; 20 – пристрій для підведення води для охолоджування гальмівних шківів; 21 – вертлюжок; 22 – важіль з пневмоприводом; 25 – шків приводу бурової лебідки; 26 – зубчасте колесо; 30 – трансмісійний вал коробки передач; 32 – шків гальмівної шинно-пневматичної муфти; 33 – масляний насос; 36 – електродвигун приводу регулятора подачі долота; 37 – муфта; 38 – рама привідного агрегату

З лівого боку на трансмісійному валу встановлений шків гальмівної

шинно-пневматичної муфти 32, призначеної для швидкого загальмовування валів і фіксації їх при перемиканні швидкостей за допомогою кулачкових муфт і зубчатого зачеплення. На проміжному валу 15 встановлена двохстороння кулачкова муфта 12 з укріпленими на ній ланцюговими колесами 10 і 13. За допомогою ланцюгових передач, що з'єднуються з ланцюговими колесами, встановленими на трансмісійному валу, передається пряме обертання барабану і ротору, а за допомогою зубчатих коліс 26 передається зворотне обертання.

Редуктор подачі долота, що складається з редуктора 3, що з'єднується з приводним електродвигуном 36 і гальмом, колодки 37, змонтований на рамі 38. Переміщення напівмуфт для включення потрібних швидкостей здійснюється системами важелів 11, що мають привід від пневмоциліндра. Управління пневмоциліндром, що включає зворотне обертання барабана лебідки і ротора, здійснюється краном А, встановленим на коробці швидкостей.

Для гальмування бурильного інструменту при його спуску використовуються два види гальм: стрічкове і електромагнітне.

Конструкція стрічкового гальма бурової лебідки ЛБУ-1100 показана на рис. 1.4. Гальмівні стрічки 12 виготовляються із сталевого листа товщиною 6-10 мм, зігнутого по діаметру гальмівних шківів 11 барабана 13 лебідки. Ширина стрічки вибирається залежно від колодок, що використовуються, ширина яких по стандарту становить 220-260 мм. Довжина стрічки розраховується по діаметру і куту охоплення (270-340°) гальмівного шківа з врахуванням товщини накладок. Стрічка по довжині має отвори для кріплення накладок 14 і оснащена кінцевими провушинами для з'єднання з валом 2 і балансиром 5 гальма.

Внаслідок великих контактних тисків гальмівні колодки, розміщенні з сторони набігаючого кінця стрічки, зношуються більш інтенсивно. Для вирівнювання зношування колодок кінці стрічок в процесі експлуатації міняють місцями. Завдяки цьому значно скорочується витрата колодок. Останні кріпляться до стрічки стальними планками, запресованими в тіло колодки. Для цього кінці планок виводять через отвори в стрічці і загинають з зовнішньої

сторони. Кріплення гальмівних колодок за допомогою болтів і заклепок з потайними головками більш трудомістке [5].

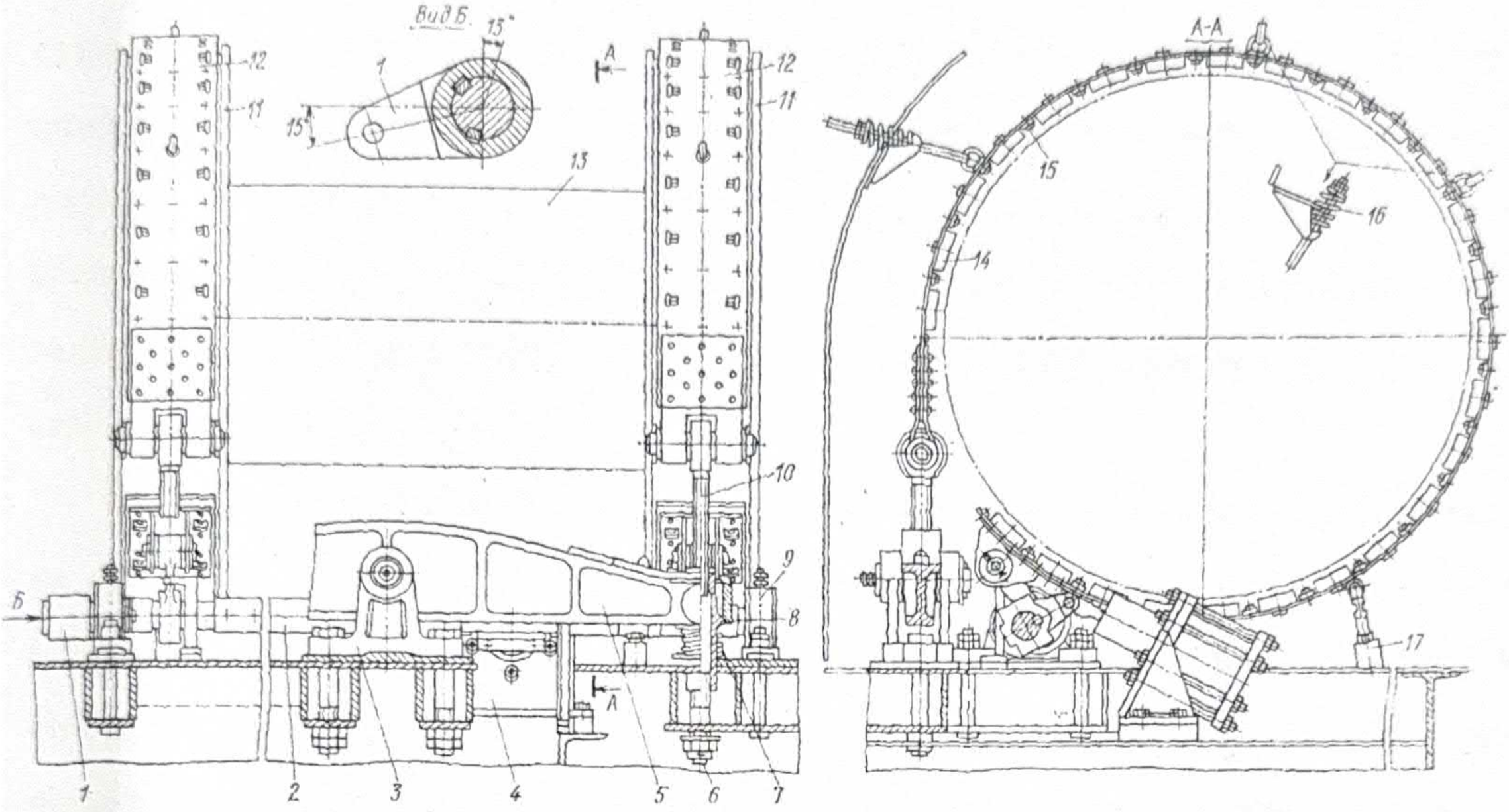


Рисунок 1.4 – Стрічкове гальмо бурової лебідки:

1 – важіль; 2 – колінчатий вал; 3 – стійка; 4 – рама лебідки; 5 – балансир; 6 – шпильки; 7 – пружина стиску; 8 – різьбовий стакан; 9 – корпус; 10 – болт; 11 – гальмівні шківи; 12 – гальмівні стрічки; 13 – барабан; 14 – накладки; 15 – дистанційні планки; 16 – пружинні відтяжки; 17 – опорні ролики

Між колодками з зазором 1,7 – 4,2 мм встановлені дистанційні планки 15, які сприяють щільному і рівномірному приляганню колодок до поверхні гальмівних шківів. Рівномірність радіального зазору між гальмівними накладками і шківом по дузі охоплення регулюється пружинними відтяжками 16 і опорними роликами 17. Одночасно пружинні відтяжки служать для відводу стрічки від шківа при розгальмовуванні бурової лебідки. Гальмівні шківи і диски барабана 13 між собою з'єднуються на ковзаючих посадках. Невелика глибина центрованих посадочних поверхонь полегшує їх збирання.

Балансир 5 служить для вирівнювання натягування гальмівних стрічок і являє собою стальний рівноплечий важіль. Балансир обертається на осі, встановленій в стійці 3, яка кріпиться болтами до рами 4 лебідки. До балансира за допомогою

болтів 10 і різьбових стаканів 8 приєднуються набігаючі кінці гальмівних стрічок. Болт має вушко для з'єднання з гальмівною стрічкою і різьбу для накручування стакана. При прокручуванні стакана болт переміщується по різьбі і регулює радіальний зазор між шківом і гальмівними накладками, який створюється в розімкнутому гальмі. Якщо зазори відрегульовані неоднаково, балансир обертається на своїй осі і опускає кінець стрічки, яка охоплює гальмівний шків з великим зазором. В результаті цього досягається одночасне затягування гальмівних стрічок з однаковим зусиллям.

Кут повороту балансира зростає із збільшенням різниці радіальних зазорів на шківах гальма. Якщо зазори на кожному із двох шківів відрегульовані однаково, то при гальмуванні балансир зберігає горизонтальне положення. Опори мають сферичну форму, яка забезпечує їх самовстановлення при відхиленнях балансира від горизонтального положення. Пружина стиску 7 вибирає осьовий зазор між балансиром і стаканом, який утворюється при розгальмовуванні.

Через отвори в рамі проходять шпильки 6, які з'єднуються на різьбі із стаканами балансира. На хвостовики шпильок накручені аварійні гайки, які сприймають натяг стрічки при обриві або при надто великому радіальному зазорі одної із стрічок гальма. Аварійні гайки закручуються з осьовим зазором відповідно нижньої опорної плити на рамі лебідки. Величина зазору залежить від вільного ходу стрічки і не повинна перевищувати допустимого значення. При великому зазорі гальмування лебідки однією стрічкою стає неможливим, так як після вибору вільного хода гальмівні накладки не будуть притиснуті до шківа. Тому переміщення набігаючого кінця стрічки обмежується зазором між аварійною гайкою і опорною плитою рами, допустиму величину якого за вимогами безпеки слід постійно контролювати в процесі експлуатації бурових лебідок [22].

Привід стрічкового гальма складається з колінчатого вала 2, який встановлений на радіальних сферичних підшипниках, корпуса 9, які закріплені на рамі лебідки. Шатунні шийки колінчатого вала за допомогою тяг з'єднуються із збігаючими кінцями гальмівних стрічок. Обойма тяги надівається на вал і

встановлюється у напівтулках з антифрикційних матеріалів. Згідно вимог, кінець гальмівної ручки при замкнутому гальмі повинен знаходитись від підлоги площадки бурильника на відстані не менше 800 – 900 мм, а мускульне зусилля, яке прикладається до ручки, не повинно перевищувати 250 Н.

Збільшення кута повороту ручки під час замикання гальма свідчить про недопустимий радіальний зазор між гальмівними накладками і шківами, який викликаний їх спрацюванням в процесі експлуатації. Для встановлення нормального положення ручки при замиканні гальма необхідно зменшувати створений зазор шляхом підтягування гальмівних стрічок різьбовими стаканами балансира [22]. Ручка гальма встановлюється на кінці гальмівного вала або на окремому валу, який з'єднаний з гальмівним валом лебідки за допомогою важеля 1 і механічних передач.

Висновки

За найбільшим навантаженням на гаку під час буріння свердловини глибиною 4900 м вибрана бурова установка БУ 5000 ЕУ, за допомогою якої будемо здійснювати технологічні операції в процесі спорудження даної свердловини. У склад вибраної бурової установки входить бурова лебідка ЛБУ-1100.

Недоліком стрічкового гальма бурової лебідки є складність охолодження пар тертя в гальмі, а також регулювання та управління величиною гальмівного моменту. Тому існує необхідність в модернізації гальмівної системи бурової лебідки ЛБУ-1100 у буровій установці БУ 5000 ЕУ.

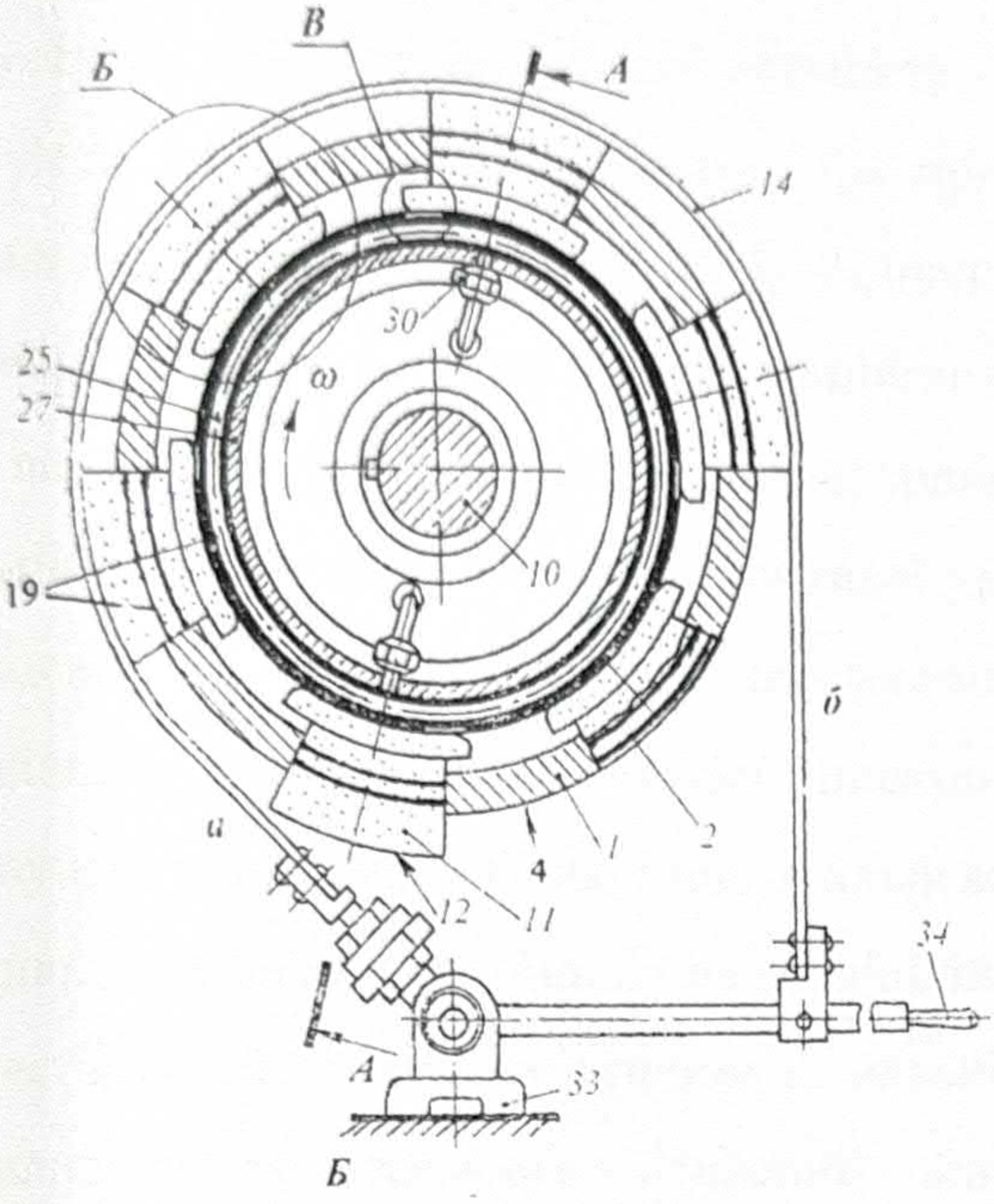
2 ОПИС ТЕХНІЧНОЇ ПРОПОЗИЦІЇ

2.1 Опис модернізованої конструкції

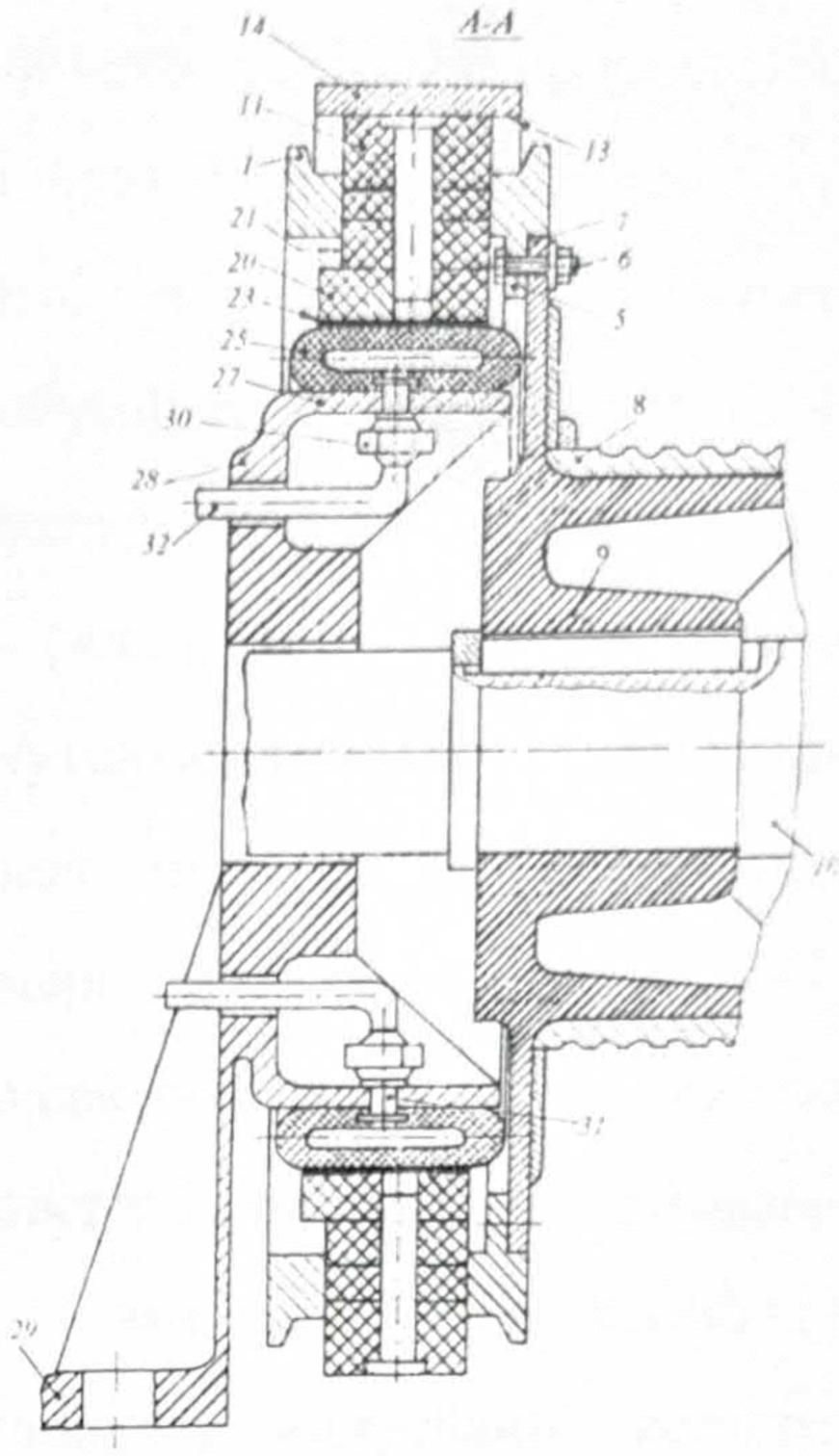
Стрічково-колодкове гальмо бурової лебідки ЛБУ-1100 має той недолік, що його гальмівний шків не виконує функцій теплопоглинаючого і теплоохолоджувального вузла. Метою вдосконалення гальма є зниження теплонавантаженості пар тертя гальма для поліпшення його експлуатаційних параметрів.

Поставлена мета досягається тим, що модернізоване стрічково-колодкове гальмо (рис. 2.1) містить гальмівний шків 1, що має вікна 2, розташовані з постійним кроком по його периметру. Між вікнами 2 знаходяться порожнини 3 над робочою поверхнею 4 шківа 1. Останній має виступ 5, яким він за допомогою болтового з'єднання 6 кріпиться до фланця 7 барабана 8. Маточина 9 барабана 8 з фланцем 7 за допомогою призматичної шпонки закріплена на підйомному валу 10 лебідки.

У вікна 2 шківа 1 встановлені фрикційні елементи (накладки) 11, що мають в поздовжньому перерізі форму різнобічної трапеції, більша основа 12 якої випукла. При замиканні гальма воно взаємодіє з внутрішньою поверхнею 13 гальмівної стрічки 14, при цьому радіуси кривизни сполучених поверхонь накладки і стрічки рівні. Пара тертя «випукла велика основа 12 фрикційного елемента 11 – внутрішня поверхня 13 гальмівної стрічки 14» є зворотною парою тертя. Для даної пари тертя характерні наступні співвідношення твердості матеріалів і площ робочих поверхонь: $H_2 > H_1$ і $A_{н1} > A_{н2}$ (індекс «1» ставиться до зовнішньої робочої поверхні 12 фрикційних елементів 11, індекс «2» – до внутрішньої поверхні 13 гальмівної стрічки 14). До меншої увігнутої основи 15 фрикційного елемента 11 прикріплений за допомогою циліндричних трубок 16 зі шляпкою 17 і циліндричною вставкою 18 шляхом їх запресовування кільцевий сектор 19, виготовлений з такого ж фрикційного матеріалу.



а)



б)

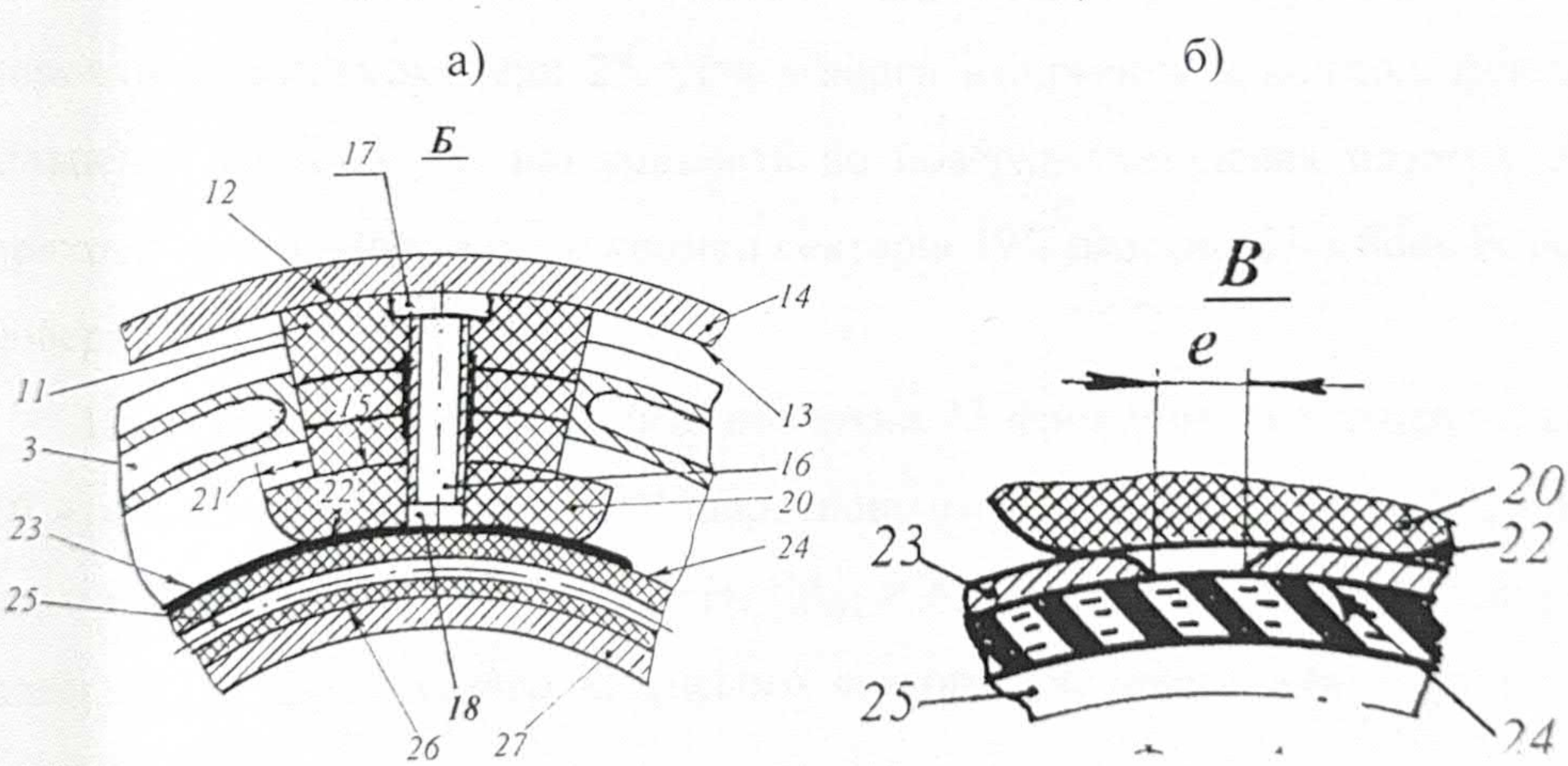


Рисунок 2.1 – Модернізоване стрічково-колодкове гальмо з охолодженням

При цьому в своїй середній частині циліндрична трубка 16 дотикається з теплопровідним розрізаним циліндричним кільцем, до якого приєднані радіальні, прямокутні теплопровідні пластини 20, заформовані у фрикційний елемент 11. Пластини 20 стикаються своїми торцевими поверхнями з бічними поверхнями порожнин 3 шківа 1. Довжина циліндричної трубки 16 вибрана

такою, щоб висота її шапки 17 і циліндричної вставки 18 були більше величини допустимого зносу фрикційного елемента 11 і фрикційного кільцевого сектора 19. Останній має більші розміри, ніж прилеглі до нього нижня частина 15 фрикційного елемента 11, що при їх з'єднанні обумовлює наявність виступів 21, які перешкоджають випаданню фрикційного елемента 11 з вікна 2 шківа 1 при дії на нього гравітаційних і відцентрових сил в зоні, яка не охоплена гальмівною стрічкою 12. Своєю нижньої увігнутою поверхнею 22 фрикційний кільцевий сектор 19 контактує з металевими пластинами 23, встановленими на зовнішній поверхні 24 гумової пневмокамери 25. При цьому радіуси сполучених поверхонь фрикційного кільцевого сектора 19 і металевої пластини 23 рівні. Металеві пластини 23 на зовнішній поверхні 24 гумової пневмокамери 25 встановлені з деяким зазором *e*, наявність і величина якого виключають можливість їх взаємного зіткнення при повному випусканні повітря з порожнини пневмокамери 25. Для м'якого входження в контакт фрикційних кільцевих секторів 19, що ковзають по поверхні металевих пластин 23, при проходженні ними зазору *e* кромки секторів 19 і пластин 23 з боку їх робочих поверхонь закруглені.

Пара тертя «нижня увігнута поверхня 22 фрикційного кільцевого сектора 19 – металева пластина 23» є зворотною парою тертя. Для даної пари тертя характерні наступні умови: $H_4 > H_3$ і $A_{н4} > A_{н3}$ (індекс «3» ставиться до робочої поверхні 22 фрикційного кільцевого сектора 19, індекс «4» – до металевої пластини 23).

Внутрішня поверхня 26 гумової пневмокамери 25 розташована на нерухомому циліндричному кільцевому виступі 27 спеціального фланця 28, що спирається на установчу лапу 29, що кріпиться до станини бурової лебідки, підключена до загальної пневмосистеми бурової установки.

Гальмівна стрічка 14 має набігаючу гілку (а), пов'язану з опорою 33, і збігаючу гілка (б), з'єднану з важелем 34 керування гальмом.

Система охолоджувальних пристроїв складається з пустотілих порожнин 3 в шківах 1, заповнених теплоносієм з високою прихованою теплотою

пароутворення. При цьому бічні сторони порожнин 3 в шківах 1 з'єднані за допомогою радіальних, прямокутних теплопровідних пластин 20, що тягнуться в тілі фрикційних елементів 11 і переходять в циліндричні розрізні кільця, які стикаються з циліндричною трубкою 16 в її середній частині. Кількість циліндричних трубок 16 у фрикційних елементах 11 і кільцевих секторах 19 залежить від ширини обода шківа 1. Пустотілі порожнини 3 шківа 1 і циліндричні трубки 16 загерметизовані і вакуумовані, та заповнюються на дві третини їх обсягів теплоносієм, що дозволяє їм працювати на ефекті "теплової труби ". Крім того, теплові трубки 16 встелені зсередини капілярно-пористим накопичувачем.

Модернізоване стрічково-колодкове гальма з охолодженням працює при наступних гальмівних режимах.

Перший режим гальмування. При натисканні на важіль управління 33 гальмівна стрічка 14 набігаючою (а) і збігаючою (б) гілками взаємодіє з виступаючими над поверхнею шківа 1 опуклими робочими поверхнями 12 фрикційних елементів 11. У результаті цього на поверхнях зовнішніх фрикційних вузлів генерується деяка кількість теплоти. Остання за допомогою шляпок 17 і власне циліндричних трубок 16, які є зоною випаровування I, передається теплоносію і нагріває його. Частина теплоти передається через циліндрично-прямокутні пластини 20, що є свого роду зоною транспортування III, до зони конденсації IV. Останніми є порожнини 3 в шківі 1 з теплоносієм. При цьому відбувається пригальмовування шківа 1, що має момент інерції менший, ніж у шківа-аналога. Виникаючі при нерівномірному обертанні шківа 1 з викладеними у його вікнах 2 фрикційними елементами 11 поштовхи і вібрації гасяться внаслідок наявності гумової пневмокамери 25, на яку спираються і взаємодіють з її металевими пластинами 23 внутрішні увігнуті поверхні 22 фрикційних кільцевих секторів 19. Величина розвиваного гальмом гальмівного моменту визначається не тільки зусиллям його замикання (зусиллям на важелі управління 33), а й тиском стисненого повітря в гумовій пневмокамері 25, оскільки саме величина тиску стисненого повітря в ній

впливає на силу притиснення пар тертя при їх радіальному переміщенні в вікнах 2 шківа 1, а також на величини радіусів поверхонь тертя зовнішніх і внутрішніх фрикційних вузлів.

У загальному випадку гальмівний момент, який розвивається стрічково-колодковим гальмом, рівний

$$M_T = (S_H - S_C) \cdot R, \qquad (2.1)$$

де S_H - натяг набігаючої гілки гальмівної стрічки;

S_C - натяг збігаючої гілки гальмівної стрічки;

R - радіус поверхні тертя.

Гальмівний момент, що розвивається внутрішніми парами тертя стрічково-колодкового гальма, дорівнює

$$M_T = [n \cdot p \cdot A \cdot f - (S_H - S_C)] \cdot R, \qquad (2.2)$$

де n - кількість внутрішніх пар тертя;

p - тиск стисненого повітря у порожнині пневмокамери 25;

A - площа поверхні тертя внутрішніх фрикційних вузлів;

f - коефіцієнт тертя ковзання у внутрішніх парах тертя гальма.

Сумарний гальмівний момент складається із двох моментів поданих у (2.1) і (2.2). Всі складові, що входять в залежності для визначення сумарного гальмівного моменту, є змінними. Цілеспрямовано змінюючи величини $S_н$, $S_с$, n; p; A; f; R можна домогтися істотного зменшення зусиль натягу стрічки при тому ж значенні гальмівного моменту. Таким чином, в першому гальмівному режимі зовнішні і внутрішні пари тертя гальма замкнуті максимальним зусиллям затягування гальмівної стрічки 14 і максимальним тиском стисненого повітря в гумовій пневмокамері 25.

Особливістю роботи систем охолоджувальних пристроїв типу "теплової труби" зовнішніх і внутрішніх фрикційних вузлів гальма, розташованих у верхніх і нижніх фрикційних елементах 11 і фрикційних кільцевих секторах 19, є наступне. У даних охолоджувальних пристроях зонами випаровування І є шапочки 17 теплових труб 16 і більша частина їх довжини, що стикаються з

циліндричним розрізним кільцем, яке переходить в радіальні, прямокутні теплопровідні пластини 20. При цьому в більшій частині довжини циліндричних трубок 16 разом з циліндричною вставкою 18 буде знаходитися теплоносій. Вони всі разом і складають зону випаровування II за рахунок теплоти, що генерується на внутрішніх парах тертя. Чим більше буде різниця температур, з одного боку, між зоною випаровування I і зоною транспорту III, і, з іншого боку, між зоною випаровування II і зоною транспорту III, тим ефективніше працюватимуть теплові трубки 16. Зазначений перепад температур створить перепад тисків між теплоносієм в різних його фазах на довжині теплових труб 16. Переміщення теплоносія з зон випаровування I і II до зони транспорту III буде відбуватися також за рахунок капілярних і відцентрових сил. При цьому істотну роль грає положення зон випаровування I і II теплових труб 16 при гальмуванні, яке впливає на їх змоченість теплоносієм, і як наслідок, на передачу теплоти в зону транспорту III. Остання безпосередньо пов'язана з зоною конденсації IV системи охолоджувальних пристроїв, що і визначає їх ефективність дії.

В цьому випадку сумарний гальмівний момент, що розвивається даним видом гальма, буде дещо більшим, ніж максимальний гальмівний момент гальма-аналога.

Другий режим гальмування. Зовнішні та внутрішні пари тертя гальма замкнуті мінімальним зусиллям затягування гальмівної стрічки 14 і максимальним тиском стисненого повітря в гумовій пневмокамері 25. У цьому випадку змінюються наступні параметри: p; A; f; R. При цьому сумарний гальмівний момент, що розвивається гальмом, мінімальний.

Що стосується зони випаровування II теплових трубок 16, то в даному гальмівному режимі їй відводиться першорядна роль.

Третій режим гальмування. Замикання зовнішніх і внутрішніх пар тертя гальма здійснюється при максимальному зусиллі затягування гальмівної стрічки 14 і максимальному тиску стисненого повітря в гумовій пневмокамері 25. У цьому випадку змінюються параметри: S_u; S_c; p; A; f. При цьому сумарний

гальмівний момент, що розвивається гальмом, буде максимальним.

В цьому режимі гальмування зона випаровування I теплових труб 16 є основною, а зона випаровування II буде додатковою. Це пояснюється тим, що площа шляпки 17 трохи більша циліндричної вставки 18 теплової труби 16. При частому використанні гальма на його зовнішніх і внутрішніх фрикційних вузлах буде генеруватися значна кількість теплоти, яка може перетворити частину теплоносія в охолоджувальних пристроях у пару, яка буде накопичуватися біля зон випаровування I і II теплових труб 16 і по капілярній структурі їх внутрішньої поверхні буде повертатися в холодні зони обертових труб, інтенсивно охолоджуваних зоною конденсації IV порожнин гальмівного шківа 1. Надалі цикли теплової труби будуть повторюватися.

Інтенсивність зносу робочих поверхонь 12 фрикційного елемента 11 і 22 фрикційного кільцевого сектора 19 буде різною: велика – поверхні 12 фрикційного елемента 11 і менша – поверхні 22 фрикційного кільцевого сектора 19. Після зносу робочих поверхонь 12 фрикційного елемента 11 і 22 фрикційного кільцевого сектора 19 до допустимої величини проводять їх заміну.

Порівняно із аналогом запропоноване технічне рішення має такі суттєві ознаки:

- зниження поверхневих температур зовнішніх і внутрішніх пар тертя у модернізованому стрічково-колодковому гальмі за рахунок системи теплових трубок, підключених до потужних зон конденсації, розташованих в ємностях гальмівного шківа;

- зниження теплонавантаженомті гальмівного шківа з вікнами здійснюється за рахунок кондуктивного (передачею теплоти по тілу шківа за допомогою його перемичок між вікнами) і конвективного (розсіюванням теплоти від поверхонь шківа) теплообміну;

- досягається зниження поверхневих температур зовнішніх і внутрішніх пар тертя гальма, що веде до поліпшення його експлуатаційних параметрів;

- забезпечується майже постійний рівень теплонавантаженості зовнішніх і

внутрішніх пар тертя фрикційних вузлів гальма завдяки підтримці на їх поверхнях температур, нижче допустимих для матеріалів фрикційного елемента і кільцевого сектора.

2.2 Оцінка економічної ефективності

2.2.1 Визначення економічної ефективності впровадження модернізованого обладнання

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

$$E = \left[З_1 \cdot k_1 \cdot k_2 + \frac{\Delta C^{експл.} - E_н \cdot \Delta K}{P_2 + E_н} - З_2\right] \cdot A, грн., \quad (2.1)$$

де $З_1, З_2$ – приведені витрати на одиницю відповідно базового і нового обладнання, які включають затрати на науково-дослідницькі роботи, розроблення технічного проекту, робочих креслень та іншої технічної документації, виготовлення дослідної партії, випробування, доведення, розроблення технології виробництва, виготовлення оснащення, освоєння серійного випуску нової продукції, $З_1 = 21000000,00$ грн. (вартість бурової установки базової конструкції);

k_1 – коефіцієнт зростання продуктивності:

B_2, B_1 – річна проходка відповідно новою та базовою технікою;

k_2 – коефіцієнт зміни строків служби, $k_2 = 1$;

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

$\Delta C^{експл}$ – економія експлуатаційних витрат;

ΔK – економія супутніх капітальних вкладів споживача (без урахування вартості основного обладнання); $\Delta K = 0$;

А – річний обсяг виробництва (впровадження) нового обладнання в натуральних одиницях; А = 1.

Приведені витрати на одиницю модернізованого обладнання складаються із вартості $з_1$ аналогічного бурової установки та вартості заходів по проведенню її модернізації:

$$З_2 = З_1 + С^{зах}, грн. \qquad (2.3)$$

де $С^{зах}$ – вартість заходів з модернізації бурової лебідки;

Вартість заходів по модернізації даного виду обладнання визначається за формулою:

$$С^{зах} = С^{вир} + С^{тр.}, грн. \qquad (2.4)$$

Розрахунок витрат на проведення модернізації проводимо за статтями витрат для допоміжних і обслуговуючих виробництв.

1) Сировина і матеріали:

$$С^{мат} = \sum_{i=1}^{n} Н_i^{М} \cdot Ц_i^{М} \cdot \left(1 + \frac{\%ТЗВ}{100}\right) - \sum_{i=1}^{n} Н_i^{відх} \cdot Ц_i^{утил.}, грн. \qquad (2.5)$$

де: $Н_i^{М}$ – витрати матеріалу і – того типу;

$Ц_i^{М}$ – ціна за одиницю матеріалу; приймаємо згідно таблиці 2.1;

%ТЗВ – транспортно-заготівельні витрати; приймаємо в розмірі 5% від витрат на матеріали;

$Н_i^{відх.}$ – кількість відходів матеріалу і – того типу;

$Ц_i^{утил.}$ – ціна утилізації одиниці матеріалу і – того типу;

2) Основна заробітна плата.

$$С^{озп} = \sum_{i=1}^{n} Тр_i \cdot Ст_i \cdot ч_i, грн. \quad (2.6)$$

де $Тр_i$ – трудомісткість операції і – того типу; приймаємо з таблиці 2.2;

Таблиця 2.1 – Витрати на матеріли для проведення модернізації

Вид матеріалу	Од. виміру	Ціна за од. $Ц_i^М$, грн./т	Витрати матеріалу, $Н_i^М$, нат. од./шт.	Кількість відходів, $Н_i^{відх.}$, нат. од/шт.	Ціна утилізації матеріалу, $Ц_i^{утил.}$, грн./т.	Всього витрат, грн
Сталь 50Х ГОСТ 4543-71	т	13430	$26 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2300	364,1
Резина технічна листова	п.м	1690	0,75	-	-	1267,5
Всього						1631,6

$Ст_i^{год}$ – годинна тарифна ставка робітника і – того розряду, приймаємо з таблиці 2.2;

$ч_i$ – кількість виконавців операції і – того типу, приймаємо з таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Заробітна плата основних робітників

Вид трудової операції	Спеціальність	Розряд робіт	Кількість виконавців $ч_i$, чол.	Трудомісткість операції, $Тр_i$, н·год	Годинна тарифна ставка, $Ст_i^{год}$ грн/год	Основна заробітна плата, грн.
Заготівельна	токар	IV	1	0,1	27,60	2,76
Розточування	токар	IV	1	0,6	27,60	16,56
Токарна	Слюса р-рем.	V	1	0,5	31,98	15,99
Чорнове точіння	Слюса р-рем.	V	1	0,5	31,98	15,99
Чистове точіння	Слюса р-рем.	IV	1	0,8	27,60	22,08

Шліфувальна	Слюсар	IV	1	0,6	27,60		16,56
Всього							89,94

3) Додаткова заробітна плата.

Додаткова заробітна плата приймається в розмірі 25% від основної заробітної плати:

$$C^{ДЗП} = C^{ОЗП} \cdot \frac{25}{100}, \text{грн.} \quad (2.7)$$

$$C^{ДЗП} = 89,94 \cdot \frac{25}{100} = 22,49 \text{ грн.}$$

4) Відрахування на соціальне страхування:

$$C^{ВСС} = (C^{ОЗП} + C^{ДЗП}) \cdot ЕСВ, грн. \quad (2.8)$$

де: ЕСВ – відрахування по ставках страхових зборів, ЕСВ = 22%

$$C^{ВСС} = 0,22 \cdot (89,94 + 22,49) = 24,73 \text{ грн.}$$

5) Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

$$C^{ел.} = \sum_{i=1}^{n} Тр_i \cdot Нт_i^{год.} \cdot Ц^{ел.}, грн. \quad (2.9)$$

де $C^{ел.}$ – витрати на електроенергію під час опрацювання бурової лебідки;

$Тр_i$ – трудомісткість операції і-того типу; приймаємо з таблиці 2.3;

$Нт_i^{год.}$ – норма витрат електроенергії для операції і – того типу за 1 год. приймаємо з таблиці 2.3;

$Ц^{ел.} = 169,9$ коп/кВт – ціна за одиницю електроенергії. (станом на 1.10.2017 р.).

6) Загальновиробничі витрати

Загальновиробничі витрати приймаються в розмірі 150% від основної заробітної плати:

$$C^{ЗВВ} = 1,5 \cdot C^{ОЗП}, \text{грн.} \quad (2.10)$$

$$C^{ЗВВ} = 1,5 \cdot 89,94 = 134,91 \text{грн.}$$

Всього виробничих витрат:

$$C^{\text{виробн.}} = C^{\text{мат.}} + C^{\text{ОЗП}} + C^{\text{ДЗП}} + C^{\text{ВСС}} + C^{\text{ел.}} + C^{\text{ЗВВ}}, \text{грн.} \quad (2.11)$$

$$C^{\text{виробн.}} = 1631.6 + 89.94 + 22.49 + 24.73 + 526.69 + 134.91 = 2430.36 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.3 – Витрати на електроенергію

Вид трудової операції	Обладнання	Норма витрат електроенергії, $Нт_i^{год}$, кВт/год	Трудомісткість операції, $Тр_i$, н·год	Ціна за одиницю електроенергії, $Ц^{ел.}$, коп/кВт	Витрати на електроенергію, $С^{ел.}$, грн.
Заготівельна	Нажовочно-відрізний верстат 8Б545	9,2	0,1	169,9	16,99
Розточування	Свердлильно-розточний верстат моделі 6902 ДМФ2	12	0,6	169,9	101,94
Нарізання різьби	Багаторізцевий верстати 1720	8	0,5	169,9	84,95
Чорнове точіння	Токарний верстат з ЧПК 16Б1603-05	8,7	0,5	169,9	84,95
Чистове точіння	Токарний верстат з ЧПК 16Б1603-05	8,7	0,8	169,9	135,92
Шліфувальна	Круглошліфу-вальний верстат 3М194	25,5	0,6	169,9	101,94
Всього					526,69

Вартість витрат на транспортні затрати:

$$C^{\text{тр.}} = N^{\text{km}} \cdot Ц^{\text{km}}, \text{грн.} \quad (2.11)$$

де N^{km} – відстань транспортування обладнання, $N^{\text{km}} = 5$ км;

$Ц^{\text{km}}$ – ціна 1км перевезення обладнання, $Ц^{\text{km}} = 7$ грн./км.

$$C^{тр.} = 5 \cdot 7 \cdot 2 = 70 \text{ грн.}$$

Отже, всього витрат на проведення заходу за формулою (2.4):

$$C^{зах} = 2430,36 + 70 = 2500,36 \text{ грн.}$$

За формулою (2.3) знаходимо приведені витрати на одиницю модернізованого обладнання:

$$З_2 = 21000000 + 2500,36 = 21002500,36 \text{ грн.}$$

Знайдемо частку відрахувань від балансової вартості на повне відновлення базового обладнання, яка розраховуються за наступною формулою:

$$P_1 = \frac{1}{T_1}, \qquad (2.12)$$

де: T_1=15 років – термін служби бурової установки,

$$P_1 = \frac{1}{15} = 0,07$$

Термін служби модернізованої бурової установки теж складає 15 років, тому:

$$P_1 = P_2 = 0,07$$

$$\frac{P_1 + E_н}{P_2 + E_н} = 1.$$

Економію експлуатаційних витрат отримуємо за рахунок економії витрат на проведення технічного обслуговування та ремонтів бурової лебідки:

$$\Delta C^{екон.} = \Delta C^{ТО} + \Delta C^{РЕМ.} \qquad (2.13)$$

Згідно експериментальних даних при застосуванні даної модернізації збільшується міжремонтний період бурової лебідки.

Збільшення річного ефективного фонду роботи обладнання після модернізації складатиме

$$\Delta T = T_p^{НТ} - T_p^{АТ} = 4162,9 - 4136,2 = 26,7 год$$

Зростання продуктивності бурової установки зумовлене зростанням річної проходки.

Річна проходка розраховується, виходячи з комерційної швидкості буріння, та визначається за формулою

$$B_1 = \frac{V_к \cdot 12{,}17}{K_{об}}, м, \qquad (2.15)$$

де 12,17 – кількість верстато-місяців у календарному році;

$K_{об}$ – коефіцієнт оборотності бурових установок

$V_к$ – комерційна швидкість буріння базовою технікою

Комерційна швидкість у загальному вигляді визначається за формулою

$$V_к^{AT} = \frac{H \cdot 720}{T_к^{AT}}, \frac{м}{верст. - міс.}, \qquad (2.16)$$

де H – глибина буріння, м;

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

$T_к^{AT}$ – календарний час буріння свердловини, годин (уключає час механічного буріння, спуско-підйомних операцій, кріплення, допоміжних та ремонтних робіт, час аварій, ускладнень і час простоїв.

Календарний час буріння свердловини базовою технікою складає $T_к^{AT}$ = 12155 год.

Глибина буріння складає H = 4900 м.

$$V_к^{AT} = \frac{4900 \cdot 720}{12155} = 325{,}8 \frac{м}{верст. - міс.}$$

Для даного значення комерційної швидкості коефіцієнт оборотності бурової установки складас Коб =1,2634

Тоді,

$$B_1 = \frac{325{,}8 \cdot 12{,}17}{1{,}2634} = 3138 м$$

При використанні нової техніки досягається скорочення календарного часу буріння і, як наслідок, відбувається зростання комерційної швидкості буріння, тобто

$$V_к^{НТ} = \frac{H \cdot 720}{T_к^{НТ}} = \frac{H \cdot 720}{T_к^{АТ} - \Delta T}, \frac{м}{верст.-міс.}, \qquad (2.14)$$

де ΔT – загальне скорочення календарного часу буріння свердловини, годин;

$T_к^{АТ}, T_к^{НТ}$ – календарний час буріння свердловини базовою і новою технікою відповідно, годин.

Загальне скорочення календарного часу буріння свердловини досягається за рахунок скорочення часу механічного буріння.

За варіантом модернізації досягається загальне скорочення часу на 63,8 год., $\Delta T = 26,7 год.$

$$V_к^{НТ} = \frac{4900 \cdot 720}{12155 - 26,7} = 326,5, \frac{м}{верст.-міс.}$$

Для бурової установки з модернізованою буровою лебідкою коефіцієнт оборотності бурової установки складає Коб =1,264

Тоді,

$$B_1 = \frac{326,5 \cdot 12,17}{1,264} = 3144 \, м,$$

Коефіцієнт зростання продуктивності праці:

$$k_1 = \frac{3144}{3138} = 1,002$$

Економія експлуатаційних витрат зумовлена зменшенням витрат на проведення обслуговуючих робіт може бути розрахована за наступною формулою:

$$\Delta C^{ТО} = \lambda \sum_1^n \Delta Tp Cm_i m_i (1 + \frac{ЄСВ\%}{100}) k^{вик.мат} k^{н.в}, грн \qquad (2.15)$$

де λ – коефіцієнт додаткової заробітної плати (приймається 1,35);

ΔTp – економія трудомісткості проведення технічного обслуговування, год.

Cm_i – годинна тарифна ставка робітника і-го розряду, грн;

m_i кількість робітників і-го розряду в бригаді, чол.

$ЄСВ\%$ – ставка єдиного соціального внеску, % (приймається 22%)

$k^{вик.мат}$ - коефіцієнт використання матеріалів по заробітній платі, (приймається, 1,5)

$k^{н.в}$ – коефіцієнт накладних витрат по заробітній платі основних робітників (приймається 1,8)

Склад бурової бригади та годинні тарифні ставки наведені в табл. 2.4

Таблиця 2.4 Склад бурової бригади та годинні тарифні ставки

Спеціальність	Розряд	Кількість робітників, m_i	Годинна тарифна ставка Cm_i, грн..
Бурильник	VI	1	33,78
Помічник бурильника	V	2	30,85
Помічник бурильника	IV	1	28,45

$$\Delta C^{експл} = 1{,}35 \cdot 26{,}7 \cdot (1 \cdot 33{,}78 + 2 \cdot 30{,}85 + 1 \cdot 28{,}45) \cdot (1 + \frac{22}{100}) \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}8 = 14714{,}5 грн.$$

Отже, за формулою (2.1) маємо:

$$E = \left[2100000 \cdot 1.002 \cdot 1 + \frac{14714.5}{0.17 + 0.15} - 21002500.36\right] \cdot 1 = 85483 грн.$$

Висновки

Суть технічного рішення з удосконалення колодково-стрічкового гальма бурової лебідки ЛБУ-1100 полягає в тому, що порівняно із аналогом система охолоджувальних пристроїв модернізованого гальма складається з пустотілих порожнин гальмівного шківа, заповнених теплоносієм і розташованих між вікнами гальмівного шківа. Бічні сторони пустотілих порожнин з'єднані за

допомогою радіальних прямокутних теплопровідних пластин, що тягнуться в тілі фрикційних елементів, які переходять в циліндричні, і охоплюють зовнішню поверхню теплової труби в її середній частині, при цьому циліндричні теплові труби заповнені теплоносієм і загерметизовані зверху шляпкою, а знизу циліндричною вставкою і з'єднують фрикційний елемент з кільцевим сектором. Зонами випаровування в системі охолоджувальних пристроїв є: в зовнішніх парах тертя – шляпки циліндричних теплових трубок; у внутрішніх парах тертя – циліндричні вставки теплових труб, зоною транспорту від циліндричних теплових труб – циліндрично-прямокутні теплопровідні пластини, а зоною конденсації – пустотілі порожнини.

Проведена модернізація системи колодково-стрічкового гальма бурової лебідки дозволить істотно поліпшити не тільки динаміку процесу гальмування, але і зносо-фрикційні характеристики шляхом охолодження зовнішніх і внутрішніх пар тертя в гальмі, а також регулювання та управління величиною гальмівного моменту.

За результатами розрахунків видно, що сумарний економічний ефект від впровадження модернізованого стрічкового гальма бурової лебідки складає майже 85,5 тис. грн. Отже, удосконалення є економічно доцільним.

3 ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКА РОБОТА

3.1 Обґрунтування і опис конструкції лабораторної установки

Для дослідження роботи гальмівної системи бурової лебідки був розроблений стенд для випробування стрічково-колодкових гальм. На чавунній основі 1 (рис. 3.1) встановлений двохшвидкісний електродвигун 2, який через втулко-пальцеву муфту 3 з'єднаний з валом 4, на якому встановлені інерційні диски 6 і 7. Одна із напівмуфт 5 виконана як гальмівний шків. Інерційна маса складається із трьох дисків, один із яких 7 постійно закріплений на валу, а два диски 6 змінні, що дозволяє змінювати величину моменту інерції обертальних мас установки.

Регулювання величини гальмівного моменту досягається переміщенням гайки 9 по штоку гальма, що вимірюють довжину головної пружини 12, тобто зусилля затяжки, яке і визначає величину головного моменту.

На скобі 11 кріпиться шкала 10, яка дозволяє вимірювати величину деформації головної пружини.

Кількість обертів гальмівного шківа в період гальмування визначається шляхом подачі імпульсів на осцилограф через контактний пристрій 13.

Для управління і контролю за роботою установки служить панель 13, яка кріпиться до основи 1 на поворотних кронштейнах 14.

На панелі монтується електросекундомір 16, сигнальна помпа "мережа" 17, автоматичний вимикач 19, кнопки "Розгін" 20, "Гальмування" 21, "Вибір" 22, перемикач "Швидкість" 23.

Електросекундомір 16 призначений для вимірювання часу гальмування і з'єднаний з реле контролю скорості 18, розриваючи мережу живлення електросекундоміра при зупинці обертання гальмівного шківа.

Лампа 17 сигналізує про підключення установки до мережі. Кришка 24 служить огородженням для дисків при роботі установки.

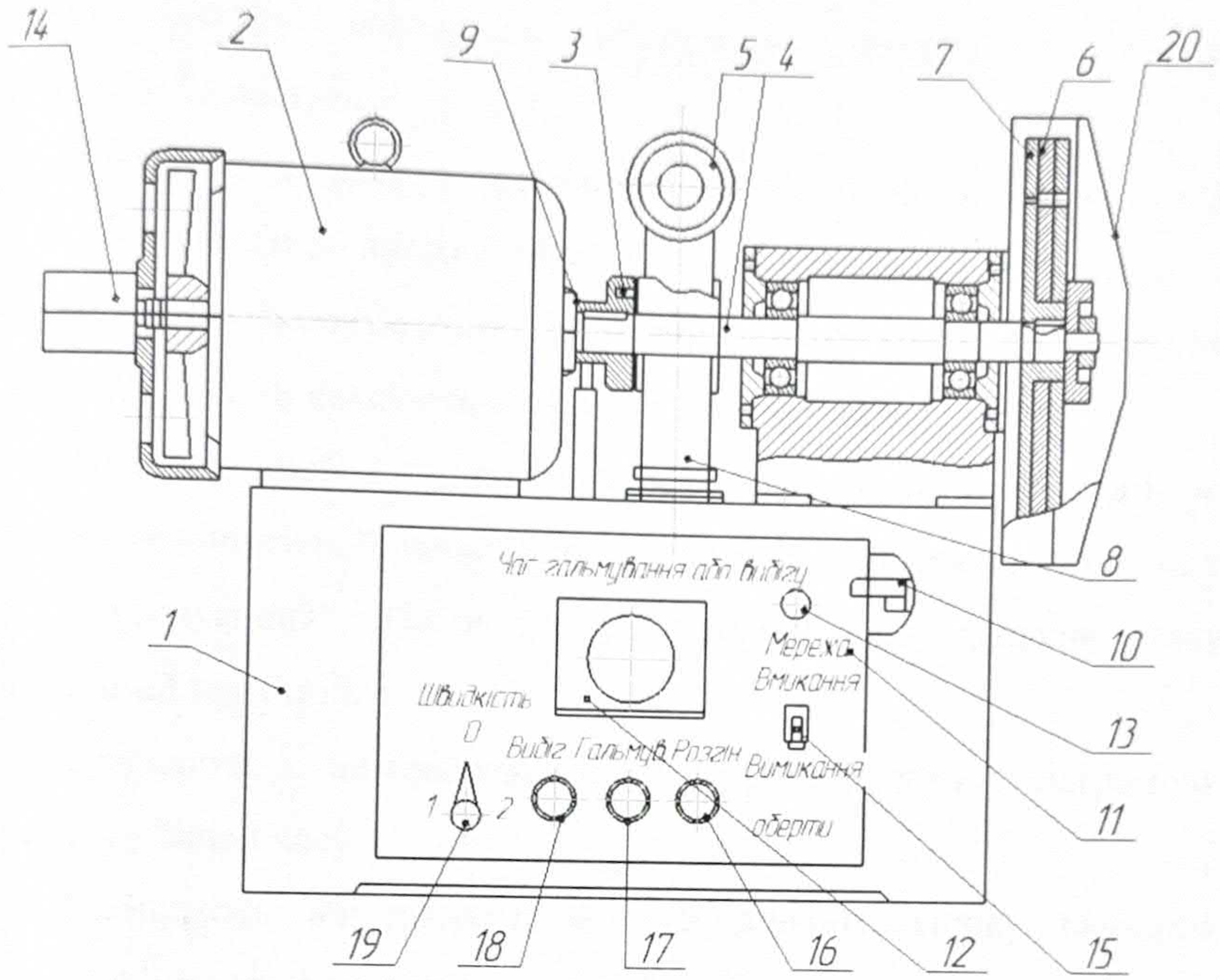


Рисунок 3.1 – Стенд для випробування колодково-стрічкових гальм

Перед проведенням досліджень зовнішніх характеристик колодково-стрічкових гальм була проведена металографічна сертифікація систем стенда, обладнання було атестоване і прийняте в експлуатацію.

Задіяні в експерименті датчики пройшли тарування, за результатами якого похибка їх вимірювань не перевищувала величину 1,0 % (1° С для датчиків температури).

3.2 Програма проведення досліджень

1. Здійснити перевірку працездатності систем стенда, провести їх регулювання.

2. Встановити необхідний стиск колодок гальма, необхідна кількість інерційних дисків, швидкість обертання двигуна і підключається вимірювальний пристрій.

3. Включають двигун установки і після досягнення установленої швидкості натискають кнопку “Вибіг”. При цьому виключається двигун і включається електросекундомір. Час вибігу вала двигуна з установленими інерційними дисками фіксують в журналі спостережень.

4. Після повної зупинки двигуна знову включають двигун і при досягненні установленої швидкості включають вимірювальний пристрій і кнопку “Гальмування”. Після повної зупинки вала двигуна виключають вимірювальний пристрій.

5. Виймають із вимірювального пристрою стрічку з діаграмою запису зміни частоти вала і часу.

6. Вибирають на діаграмі 4 – 5 ділянок запису вказаних вище параметрів, фіксують і заносять в журнал спостережень частоту обертання вала і час на початку і кінці кожної ділянки. За отриманими даними для кожної ділянки визначають кутову швидкість на початку (ω_1) і кінці (ω_2) кожної ділянки і середнє кутове прискорення ε на ділянці за формулою:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n_\omega \cdot z_t}{z_\omega} \tag{3.1}$$

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} \tag{3.2}$$

де n_ω - кількість інтервалів відміток обертів на плівці;

n_t - кількість відміток часу на плівці за прийнятий інтервал часу;

z_ω - кількість відміток обертів за один оберт гальмівного шківа;

z_t - кількість відміток часу на плівці за одну секунду.

Отримані значення ω_1 і ω_2 будуть відповідати середньому часу початку і кінця ділянки, а зачення ε - середньому часу розглядуваної ділянки

$$t_{сер.} = \frac{t_1 + t_2}{2} \tag{3.3}$$

7. Визначають власний момент опору установки

$$T_C = \frac{\kappa \cdot G \cdot D_1^2 + G \cdot D_2^2}{375 \cdot t} \cdot n_0 \qquad (3.4)$$

де κ - кількість інерційних дисків;

$G \cdot D_1^2$ - маховий момент одного диска;

$G \cdot D_2^2$ - приведений маховий момент вала, ротора двигуна та інших обертових деталей (характеристика стенду);

n_0 - кількість обертів гальмівного шківа, об./хв.;

t - час вільного вибігу, отриманий в п. 3.

8. Визначають момент гальмування T_T для кожної ділянки

$$T_T = T_C - I_{np} \cdot \varepsilon \qquad (3.5)$$

де I_{np} - приведений момент інерції обертових деталей, кгм^2.

9. Будують графіки залежностей, використовуючи отримані дані для кожної вибраної ділянки.

10. У випадку виникнення аварійної ситуації персоналу випробовувального стенда негайно зупинити проведення досліджень і діяти у відповідності з інструкцією з техніки безпеки.

11. За результатами досліджень скласти звіт.

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

За результатами проведених досліджень оцінимо величину термічних напруг, які виникають в ободі гальмівного шківа, що є результатом особливостей його теплового навантаження.

Згідно енергетичної теорії міцності максимальна еквівалентна напруга, яка виникає в ободі шківа його з кріпильним виступом, визначаємо по залежності виду

$$\sigma_0 = 2{,}269 \cdot \Delta t \qquad (3.6)$$

де Δt - різниця об'ємних температур між ободом шківа і його кріпильним виступом.

Обробка статичних даних по розрізу країв трьох нових ободів гальмівних шківів показала, що вони сходились на 1,0-2,0 мм, тобто мало місце дії в них стискаючих напруг. Після розрізання 12-ти відпрацьованих шківів їх краї розходились на 40,0-50,0 мм. Отже, значні залишкові розтягуючі напруги в ободі гальмівного шківа утворились тільки в процесах фрикційної взаємодії пар тертя гальма при їх нагріванні і вимушеному охолодженні при спуско-підйомних операціях.

Проаналізуємо величини залишкових розтягуючих напруг в відпрацьованому шківі, вважаючи його складальним із кілець товщиною δ_1 і δ_2 при умові, що в ободах з товщинами $\delta_1 > \delta_2$ (рис. 3.2, а, б) кріпильний виступ розміщений на відстані $1{,}5 \cdot \delta_1$ від торця лівої реборди. Як видно із рис. 3.2, а, максимальні залишкові напруги в ободах шківів складають приблизно $38{,}0 \cdot 10^6$ Па. На рис. 3.2, б показано розподіл залишкових напруг в ободах гальмівних шківів бурових лебідок ЛБУ-1200. Порівняння рис. 3.5, а і 3.2, б показало, що із зменшенням товщини обода шківа δ_2 на 25 % залишкові напруг знижуються приблизно на 31 %. При зменшенні товщини шківа δ_1 до товщини δ_2 залишкові напруги настільки зменшуються, що не дозволяють виникненню на його робочій поверхні великих тріщин. Згідно експериментальних даних максимальні стискаючі напруги на контактній поверхні обода перевищують $30{,}0 \cdot 10^6$ Па.

Як видно із табл. 3.1, стискаючі напруги в ободі гальмівного шківа створюються за рахунок напруг від значного температурного градієнту на поверхнях обода, що складає більше 74 % сумарних напруг, а також від розміщення кріпильного виступа на середині обода (рис. 3.2, в). Із табл.. 3.1 видно, що такі стискаючі напруги в шківі δ_1 могли утворитися при перепаді температур вище 38,5 ^{0}C; перепад температур нижче 22,5 ^{0}C не приводить до утворення залишкових напруг.

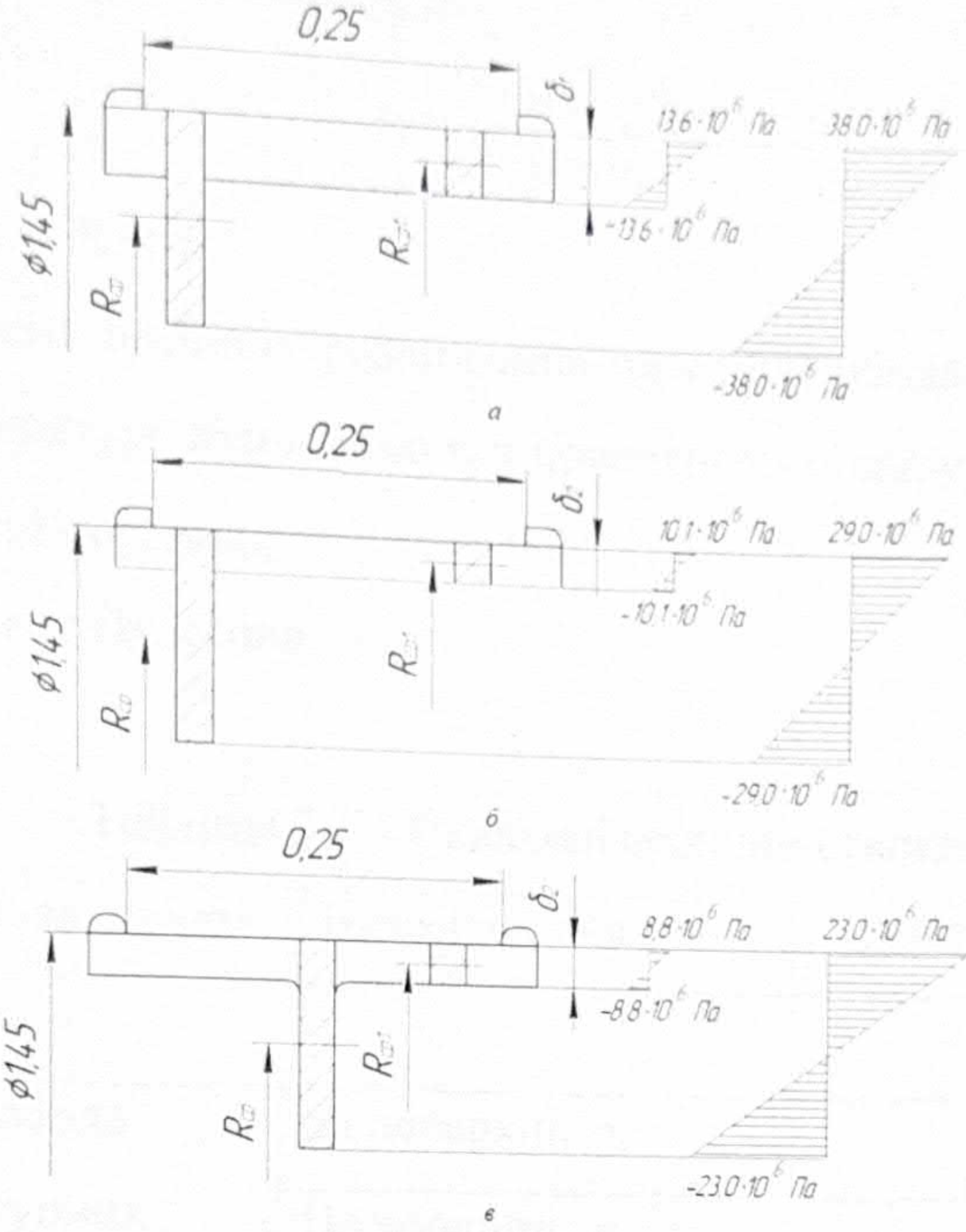


Рисунок 3.2 – Розподіл залишкових напруг в кільці одиничної ширини проектованих гальмівних шківів бурових лебідок ЛБУ-1100 при умові:

а, б – в ободах з товщинами $\delta_1 > \delta_2$ при розміщенні кріпильного виступу на відстані $1{,}5 \cdot \delta_1$ від торця лівої реборди;

в – в ободі при розміщенні кріпильного виступу на його середині

В процесі остивання елементів гальмівного шківа після спуску інструмента внаслідок різної інтенсивності тепловіддачі від полірованої і матових його поверхонь проходить перерозподілення теплових потоків, внаслідок чого виникають температурні градієнти зворотного знаку по товщині шарів обода через їх підпитування тепловими потоками, які йдуть від кріпильного виступу, а також внаслідок процесів, які проходять в поверхневих і під поверхневих шарах фрикційної накладки, які вимушено охолоджують робочу поверхню шківа. В цьому випадку поверхнева температура останнього і стає меншою температури шарів обода (рис. 3.2, а, в). Напруга на поверхні обода гальмівного шківа при цьому співпадає із залишковими напругами.

Величину їх визначаємо за залежністю

$$\sigma_1 = \frac{E \cdot \alpha (t_2 - t_1)}{2 \cdot (1 - \mu)} \qquad (3.7)$$

де E - модуль Юнга;

α - коефіцієнт лінійного розширення матеріалу обода шківа;

t_1, t_2 - Температура відповідно під поверхневого шару обода гальмівного шківа і його робочій поверхні;

μ - коефіцієнт Пуассона.

Таблиця 3.1 – Складові величин стискаючих напруг обода

Назва складових напруг і їх позначення		Значення напруг, МПа
Механічна напруга, $\sigma_м$		18,2
Термічна напруга обода шківа від температурних градієнтів	на поверхні, σ_1	233,0
	По товщині, σ_2	56,0
Максимальні напруги, σ_{max}		307,0

Для досліджуваної конструкції гальмівного шківа при самих несприятливих умовах, тобто при роботі на серійних парах тертя на всьому протязі спуску інструменту до вибою, ці напруги склали менше 5 % залишкових розтягуючих напруг. Температурний градієнт зворотного знаку при цьому складав 10 ^{0}С. При роботі обода шківа в складі покращеного вузла тертя температурний градієнт зворотного знаку не виникав у зв'язку з тим, що поверхнева температура матеріалу фрикційних накладок не досягла допустимою, а відповідно, не виникали в ободі шківа і додаткові розтягуючи напруги. Дослідженнями температурних режимів ободів шківів з покращеними фрикційними вузлами показало, що вказані напруги складають приблизно 6,5 %.

Отримані дані дають можливість визначити максимальну еквівалентну напругу, яка виникає в ободі шківа від спряження з ним кріпильного виступу в

результаті дії температурного градієнта по їх товщині, використовуючи залежність (3.7). В даному випадку при гальмуванні для обода шківа градієнт температури по відношенню до кріпильного виступу складає 65,0 %, а розрахункова напруга при цьому досягає $\sigma_0 = 147{,}5$ МПа.

Отже, температурні напруги в ободі шківа можуть досягати нерегламентованих величин особливо зимою, коли поверхневий температурний градієнт великий. Неодноразове прикладання імпульсних нормальних сил, електричних і теплових струмів приводить до появи в тілі обода шківа залишкових напруг. В гальмівних шківах при експлуатації виникає осідання, що створює на центруючій поверхні зусилля, яке викликає розтягуючу напругу. Цим і пояснюється той факт, що відпрацьовані шківи із сталей всіх марок, при умові відсутності в них тріщин, при демонтажі приходилось розрізувати, при цьому кінці в місцях різу розходились на 40-50 мм.

Таким чином, сумарні напруги, які діють в ободі шківа в результаті прикладеного питомого навантаження, температурних градієнтів і залишкових пружних деформацій, великі і при несприятливому поєднанні можуть приводити до руйнування його робочої поверхні.

Так як в процесі експлуатації на робочій поверхні обода шківа зароджуються термічні втомні тріщини, тому він працює при наявності сітки тріщин на робочій поверхні. Виходячи із цього, доцільно вивчити характеристики металу, із якого виготовлені шківи, стан ободів яких залежить від динамічної і теплової завантаженості їх робочих поверхонь, і як наслідок, супутніх їм стадій зародження і розвитку тріщин.

З метою визначення теплових режимів роботи і оцінки виникаючих при цьому напруг були проведені вимірювання температур елементів шківа із сталі 35ХНЛ в процесі буріння свердловини буровою лебідкою ЛБУ-1100. Для вимірювання температури робочої поверхні обода шківа і його кріпильного виступу використали безконтактний термометр фірми "Балтех", який підводився до точки вимірювання через 3-5 с після зупинки шківа. Для вимірювання температури робочої поверхні обода шківа під фрикційними

накладками в момент гальмування використовувались ковзаючи термопари, вмонтовані у фрикційні накладки.

Модернізований фрикційний вузол був розроблений при умові, що відношення $S_н$ / $S_к$ = 2,5-3,5 (де $S_н$ / $S_к$ – натяг набігаючої і збігаючої вітки гальмівної стрічки).

По закінченню спуску інструмента вимірювались температури остигання шківа.

В результаті обробки експериментальних даних встановлено, що при підйомі інструменту ободи шківів мають об'ємні температури в 2-3 рази менші, ніж при спуску. Температура в місці контакту пари "накладка-шків" при фрикційній взаємодії коливалась від 100 до 1000 ^{0}C і залежить від багатьох факторів: коефіцієнта взаємного перекриття, рівномірності розподілу питомих навантажень, часу гальмування, якості поверхонь плям контактів мікровиступів пар тертя і т.д. Повне остивання шківа з максимальної об'ємної температури нагрівання при температурі швидкісних протікань омиваючого повітря +10...+20 ^{0}C проходить за 4 год. Вирівнювання температури по полірованій і матовій поверхні шківа в процесі природного остигання – за 1,5…2 год.

Закономірності зміни температури обода шківа і його кріпильного виступу від кількості спущених свічок в серійному і в модернізованому фрикційному вузлі стрічково-колодкового гальма бурової лебідки ЛБУ-1100 представлені на рис. 3.3.

Як видно із рис. 3.3, а, б максимальна температура на робочій поверхні обода шківа, виміряна після 3-5 с після його зупинки, досягалась після спуску 30-ти свічок і склала 195 ^{0}C, температура же на кріпильному виступі обода шківа в цей момент – 80 ^{0}C. Після 30-ої свічки максимальна об'ємна температура підповерхневого шару обода шківа почала знижуватись до 140 ^{0}C (після спуску 60-ої свічки), а кріпильного виступу залишалась стабільною і досягла 85 ^{0}C. Цей факт свідчить про те, що наступило теплове насичення кріпильного виступу обода шківа.

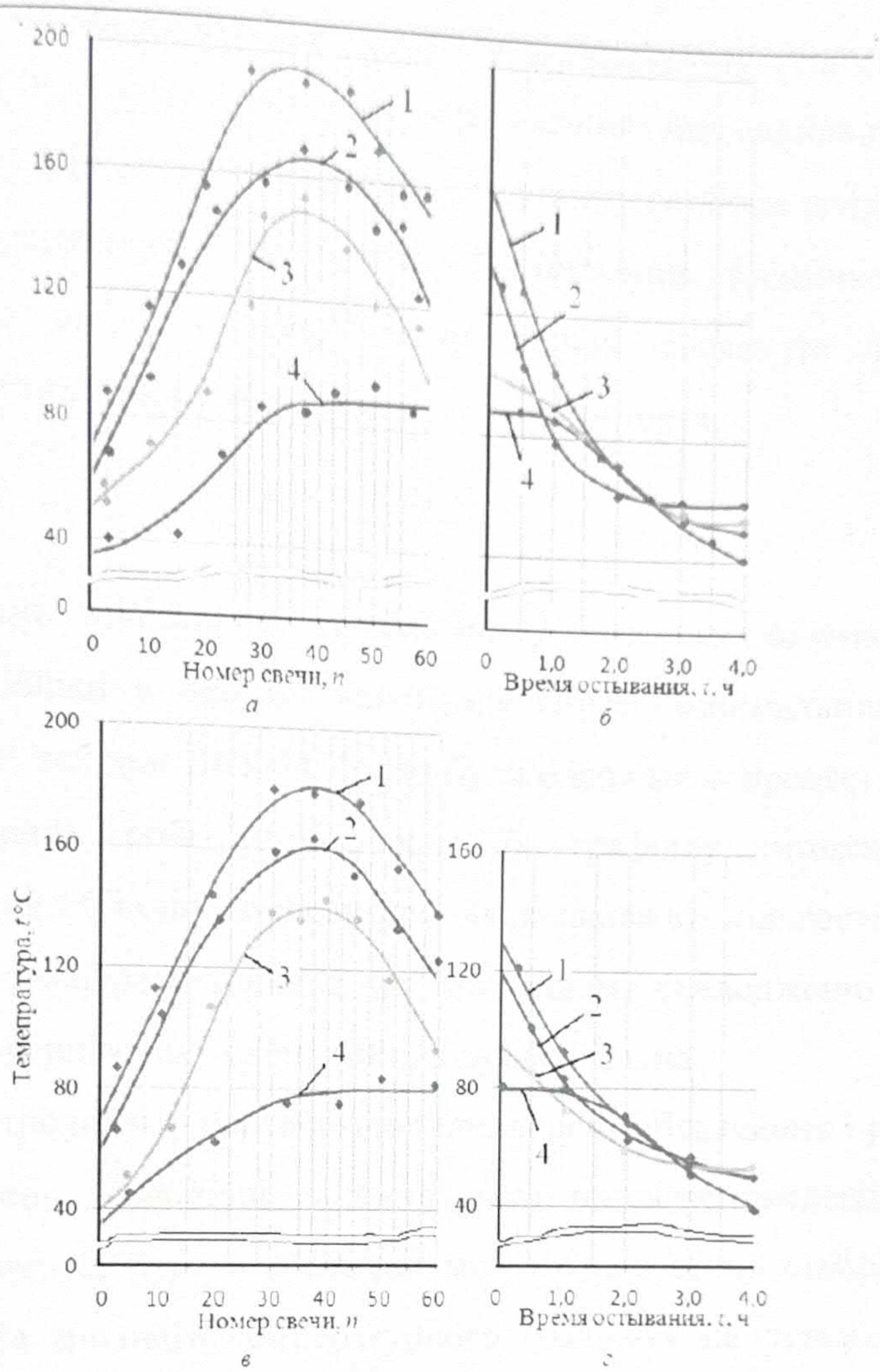


Рисунок 3.3 – Закономірності зміни об'ємної температури обода шківа (криві 1, 2 – в середній частині робочої і зовнішньої поверхонь; крива 3 – на робочій поверхні над кріпильним виступом; крива 4 – в середній частині з внутрішньої сторони кріпильного виступу), від кількості спущених свічок (а, в) і зниження температури шківа при природному охолодженні від часу (б, г) в аналогових (а, б) та в модернізованих (в, г) фрикційних вузлах гальма

Як видно із рис. 3.3, в,г після 30-ої свічки максимальна температура склала 180 ^{0}C і знизилась до 130 ^{0}C (після спуску 60-ої свічки), а кріпильний виступ обода шківа мав, відповідно, 75 ^{0}C і 80 ^{0}C, тобто його насичений тепловий стан залишався.

В цілому в модернізованому стрічково-колодковому гальмі досягнуто зниження об'ємної температури підповерхневих шарів обода шківа порівняно із аналогом на 17,5 %. Що стосується кріпильного виступу обода шківа, то маємо менше зниження температури, яке досягло 5 %. Зниження об'ємних температур обода гальмівного шківа в покращеному гальмі досягнуто за рахунок вирівнювання питомих навантажень між його парами тертя.

Висновки

За результатами проведених досліджень роботи стрічково-колодкового гальма бурової лебідки в процесі виконання спуско-піднімальних робіт за допомогою бурової лебідки ЛБУ-1100, що були одержані в процесі виконання дослідно-лабораторних робіт, побудовано їх графічну інтерпретацію – закономірності зміни об'ємної температури обода шківа від кількості спущених свічок і зниження температури шківа при природному охолодженні від часу в аналогових та в модернізованих фрикційних вузлах гальма

Проведена метрологічна сертифікація стендового обладнання і розроблена програма досліджень дозволили із достатньою точністю експериментально визначити стискаючі напруги в ободі гальмівного шківа, які створюються за рахунок напруг від значного температурного градієнту на поверхнях обода гальмівного шківа.

Порівняння розрахункових даних з експериментальними показує задовільні співпадання, що підтверджує можливість ефективного використання розробленого в магістерській роботі стрічково-колодкового гальма бурової лебідки ЛБУ-1100 у буровій установці БУ 5000 ЕУ.

4. РОЗРАХУНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

4.1 Тепловий розрахунок модернізованого стрічкового гальма

При спуску бурильної колони в процесі проводки свердловин виділяється значна кількість енергії, яка повинна поглинатися гальмівною системою бурової лебідки. При гальмуванні ця енергія перетворюється на теплоту, яка викликає сильний нагрів гальмівних колодок і шківів та приводить до їх швидкого зношування. Одночасно з підвищенням температури гальмівних шківів і колодок зменшується коефіцієнт тертя, що примушує бурильника збільшувати зусилля на гальмівному важелі і тим самим підвищувати навантаження на колодки, що прискорює їх знос.

При експлуатації бурових лебідок без регулюючого гальма гальмівні колодки іноді спрацьовують за один-два спуски бурильної колони.

В процесі спуску відбувається постійне чергування періодів гальмування і спусків колони, періодів підйому ненавантаженого елеватора і періодів пауз, причому вага колони, що спускається, за кожен цикл збільшується на вагу однієї свічки.

На рис. 4.1 приведений схематичний графік роботи гальма бурової лебідки при спуску колони. Час циклу $\tau_ц$ рівний сумі часу гальмування τ_m при спуску, часі пауз τ_o (обробка свічок) і часу підйому ненавантаженого елеватора $\tau_{по}$. Заштриховані площі трикутників A_{i-1}, A_i..., A_{i+1} відповідають роботі гальмуванні за кожен цикл (Дж).

Головні гальма розраховують на нагрів по кількості теплоти, що виділяється, при спуску на довжину свічки колони найбільшої ваги. Менша вага бурильної колони в попередній момент спуску в розрахунку не враховують.

Кількість роботи, яку повинна поглинути гальмівна система при спуску колони на довжину однієї свічки (Дж)

$$A = P_{x.г.} \cdot l_C \text{, кН·м} \qquad (4.1)$$

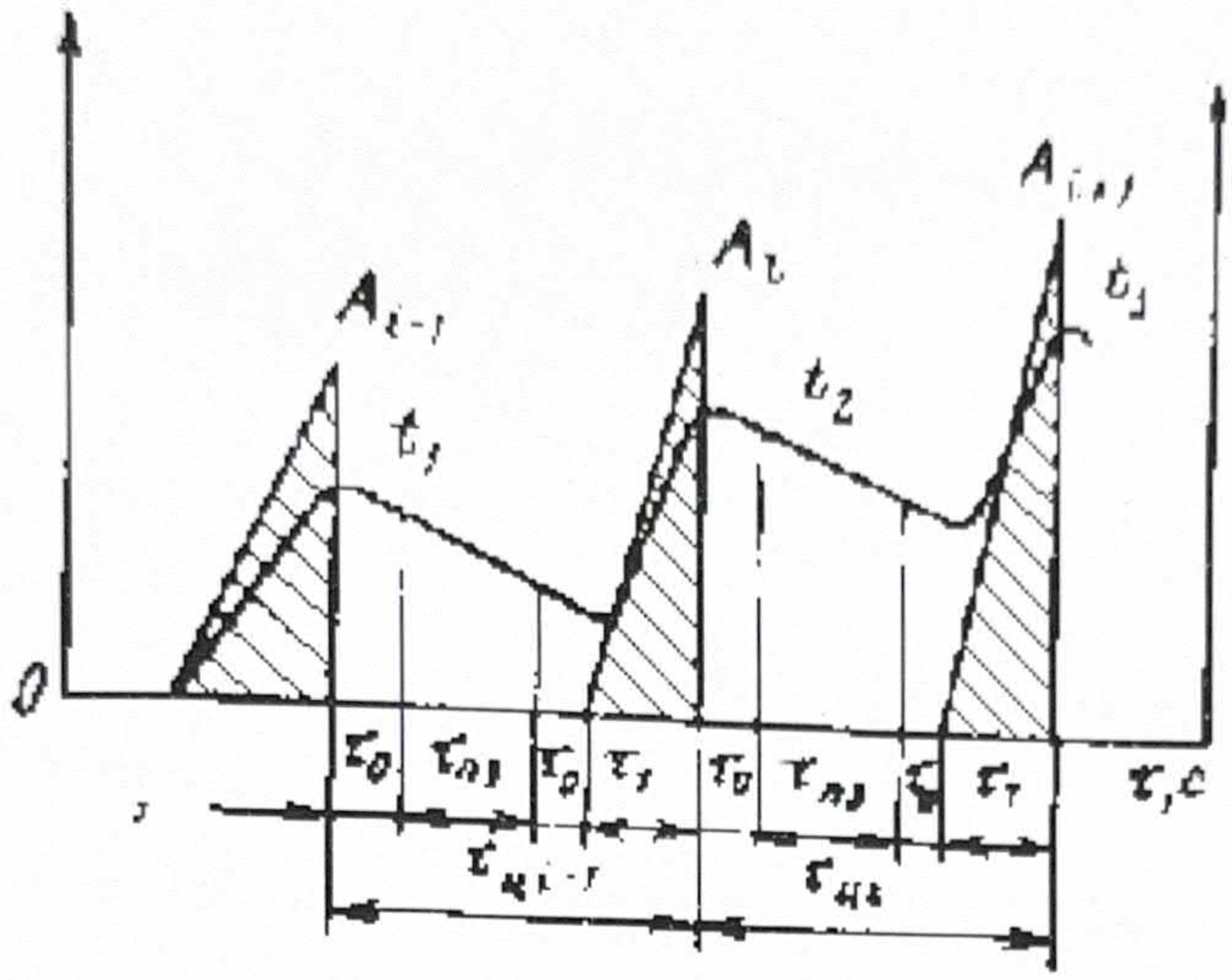


Рисунок 4.1 – Графік роботи і нагріву гальма при спуску колони:

A_T - робота гальмування; t – температура; τ – час; τ_o – тривалість зупинки;

$\tau_{пэ}$ - час підйому незавантаженого елеватора; τ_T – час гальмування;

$\tau_ц$ – час циклу спуску свічки.

де $P_{x.г.}$ – натягнення ведучої струни при спуску, кН;

lc – довжина свічки, м.

$$A = 180{,}69 \cdot 36 = 6505 \text{ кН·м.}$$

Оскільки величини коефіцієнтів тепловіддачі приведені до одиниці часу 1 с, умовно можна приймати, що кількість тепла, що виділяється в гальмі, за 1 год. буде

$$Q_B = A \cdot z \cdot 3.6 \text{, кВт/год} \qquad (4.2)$$

де z – кількість свічок, що спускаються за 1 год.

$$Q_A = 6505 \cdot 16 \cdot 3.6 = 374679 \text{ кВт/год.}$$

При сталому тепловому стані вся теплота, що виділяється під час гальмування, віддається в навколишнє середовище і воді, що подається для охолоджування, тобто повинно бути

$$Q_B = Q_{OT} \qquad (4.3)$$

де

$$Q_{от} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \text{ кВт/год} \qquad (4.4)$$

Кількість випромінюваної теплоти

$$Q_1 = (c_1 П_1 + c_2 П_2) \cdot \left[\left(\frac{273 + t_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + t_2}{100} \right)^4 \right], \text{ кВт/год} \qquad (4.5)$$

де c_1 = 2÷3 Вт/(м^2·К) – коефіцієнт випромінювання відполірованої поверхні гальмівного шківа площею $П_1$;

c_2=8÷12 Вт/(м^2·К) – коефіцієнт випромінювання від шорстких поверхонь площею $П_2$;

$П_1$ і $П_2$ – площі поверхні шківа, випромінюючі теплоту, м^2;

t_1 – температура нагріву шківа, °С;

t_2 – температура навколишнього середовища, °С.

$$Q_1 = (3 \cdot 1{,}13 + 10 \cdot 0{,}45) \left[\left(\frac{273 + 280}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + 25}{100} \right)^4 \right] = 6756 \text{ кВт/год.}$$

Кількість теплоти, що відводиться конвекцією повітря, при нерухомому шківі

$$Q_2 = c_3 П_3 \cdot (t_1 - t_2) \cdot (1 - ПВ) \cdot 3{,}6 \text{ кВт/год} \qquad (4.6)$$

де c_3=12÷25 Вт/(м^2·К) – коефіцієнт тепловіддачі від нерухомого шківа повітрю;

$П_3$ – площа поверхні шківа, що відводить теплоту конвекцією, м^2;

$ПВ = 0{,}4 \div 0{,}6$ – відносна тривалість включення.

$$Q_2 = 20 \cdot 1{,}78 \cdot (280 - 25) \cdot (1 - 0{,}4) \cdot 3{,}6 = 11919 \text{ кВт/год.}$$

Кількість теплоти, що відводиться конвекцією повітря, при шківах, що обертаються

$$Q_3 = (t_1 - t_2) \cdot ПВ \sum f_i c_{4i} \cdot 3{,}6 \text{, кВт/год} \qquad (4.7)$$

де $\sum f_i$ – площа бічних кільцевих поверхонь шківів, м^2;

c_{i4} – коефіцієнти тепловіддачі кільцевих поверхонь гальмівних шківів, що обертаються, Вт/(м^2·К);

$$c_{i4}=15v_i^{0.8}, \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)} \qquad (4.8)$$

v_i – швидкості відповідних кільцевих поверхонь, м/с.

$$c_{i4}=15v_i^{0.8}=15\cdot 1{,}3^{0.8}=18{,}5 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

$$Q_3 = (280 - 25)\cdot 0{,}6 \cdot 3{,}69 \cdot 18{,}5 \cdot 3{,}6 = 37600 \text{ кВт/год.}$$

Стрічкове гальмо розраховують на поглинання всієї теплоти, що виділяється при спуску колон; проте для зменшення зносу механічних гальм лебідки обладнали допоміжним гальмом, яке розраховують на поглинання 75—85 % всієї теплоти, що виділяється

$$Q_4 = (0.75 - 0.85)Q_B \text{, кВт/год} \qquad (4.9)$$

Ця теплота Q_4 повинна розсіватися його поверхнею, а також відводитися охолоджуючою водою.

$$Q_4 = 0{,}85 \cdot 374679 = 318477 \text{ кВт/год.}$$

$$Q_{OT} = 6756 + 11919 + 37600 + 318477 = 374752 \text{ кВт/год.}$$

$$374679 \approx 374752$$

4.2 Розрахунок шпонкового з'єднання

Найбільш небезпечною деформацією для шпонок і канавок є зминання від крутного моменту T, кН·м

$$\sigma_{зм} = \frac{2T}{dl_p(h - t_1)} \le [\sigma_{зм}], \text{ МПа} \qquad (4.10)$$

де l_p – діаметр вала, м;

d – робоча довжина шпонки, м;

$[\sigma_{зм}]$ = 150 МПа – допустима напруга на зминання.

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 45 \cdot 10^3}{0{,}205 \cdot 0{,}288 \cdot (0{,}018 - 0{,}011)} = 108{,}9 МПа \le [\sigma_{зм}] = 150 МПа$$

4.3 Розрахунок вала коробки зміни передач на статичну міцність

Перевірку вала проводимо на сумісну дію згинаючих і крутних навантажень при роботі коробки передач.

Спочатку визначаємо згинаючий момент на шліцевій частині вала:

$$M_{зг} = (P_1 + P_2)b \qquad (4.11)$$

де: Р1- радіальне навантаження на вал КПП, Н;

Р2- радіальне навантаження на вал КПП, Н.

Радіальне навантаження P_1 знаходимо за формулою

$$P1 = K\left[\frac{3EI\Delta y}{(I_1 + c)c^2}\right] \qquad (4.12)$$

де : Е - модуль пружності, Па, $E=2.1 \cdot 10^5$ МПа;

К - коефіцієнт, що враховує компенсуючий вплив зазору між валом і опорою вала, К= 0,45-0,85

I - момент інерції вала, $м^4$; $I = \pi d 4 / 64$

де: d-діаметр вала КПП, м, d = 0.2 м:

$I= 3{,}14(0{,}2)4/64 = 0{,}7 \cdot 10^{-8}$ $м^4$;

у - стріла прогину кінця вала КПП, м, $у=2 \cdot 10^{-3}$м;

В, с ,I - розміри, прийняті згідно розрахункової схеми вала.

Звідси:

$$P1 = 0.65 \cdot \frac{3 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 0{,}7 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6}{(1.8 + 0.4)0.4^2} = 25{,}056 H$$

Складаємо рівняння моментів :

$$\sum M_2 = 0 \qquad R1I - P1(I + c) = 0$$

$$R1 = \frac{P1(l_1 + c)}{l} \tag{4.13}$$

$$R1 = \frac{25{,}06(1.8 + 0.4)}{1.8} = 30{,}63H$$

$$\sum M_1 = 0 \qquad R2I - P1c = 0$$

$$R_2 = \frac{P_1 c}{l} \tag{4.14}$$

$$R_2 = \frac{25{,}06 \cdot 0.4}{1.8} = 5{,}56H$$

$$M_{A-A} = P_1 b \tag{4.15}$$

$$M_{A-A} = 25{,}06 \cdot 0.3 = 7{,}51Hм$$

Визначаємо наступне радіальне навантаження:

$$R_2 = \frac{M_{kp}}{d_{cp}} \tag{4.16}$$

де : Мкр - крутний момент на валу КПП, Нм;

dcp - середній діаметр валу, м;

$$Мкр = N/n$$

де : N - потужність двигуна, кВт;

n – частота обертання вала насоса, хв-1, n=2850 $хв^{-1}$;

$$Мкр = 40 \cdot 103/2850 = 14{,}03 \text{ Нм},$$

$$P2 = 14{,}03/21 \cdot 10\text{-}3 = 668{,}09 \text{ Н}$$

Тоді,

$$Мзг = (25{,}06 + 668{,}09)0{,}3 = 207{,}94 \text{ Нм}$$

Знаючи Мзг, знаходимо напруження згину:

$$\sigma_{зг} = M_{зг} / W \tag{4.17}$$

де : W- момент опору згину розглядуваного перерізу, $м^3$;

$$W = \frac{\pi d_{ВН}^3}{32} + \frac{2}{3} a^2 t \tag{4.18}$$

де : $d_{ВН}$, a, t - внутрішній діаметр частини вала, $d_{ВН}$ = 200 мм,

ширина a=4 мм, висота t=1,5 мм;

$$W = \frac{3.14 \cdot \left(20 \cdot 10^{-3}\right)^3}{32} + \frac{2}{3}\left(4 \cdot 10^{-3}\right)^2 1.5 \cdot 10^{-3} = 8.01 \cdot 10^{-7}\, м$$

$$\sigma_{зг} = \frac{207,94}{8,01 \cdot 10^{-7}} = 259,6 МПа$$

Визначаємо напруження кручення:

$$\tau = M_{кр} / W_{к} \qquad (4.19)$$

де: $W_К$ - момент опору кручення, м3;

$$W_К = \frac{\pi d_{ВН}^3}{16} + 6\frac{at(d-t)^2}{2d} \qquad (4.20)$$

де : d - внутрішній діаметр проточки під стопорне кільце, м,

d=21•10-3м ;

$$W_К = \frac{3.14\left(200 \cdot 10^{-3}\right)^3}{16} + 6\frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 1.5 \cdot 10^{-3}\left(21 \cdot 10^{-3} - 1.5 \cdot 10^{-3}\right)^2}{2 \cdot 21 \cdot 10^{-3}} = 1.9 \cdot 10^{-6}$$

Тоді, т= 14,03/1,9•10-6= 7,4 МПа

Результуюче напруження визначаємо згідно третьої теорії міцності за формулою:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ЗГ}^2 + 4\tau}^2 \qquad (4.21)$$

$$\sigma_{екв} = \sqrt{259,6^2 + 4 \cdot 7,4^2} = 260,02 МПа$$

Знаходимо запас міцності по границі текучості:

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_{E.KB}} \qquad (4.22)$$

де σ_T - границя текучості, для сталі 30ХГС σ_T =840 МПа.

n_1=840/260,02=3,23

Висновки

Проведені розрахунки в даному розділі магістерської роботи підтверджують ефективність технічного рішення з модернізації бурової лебідки, т. як отримані коефіцієнти запасу міцності більші допустимих.

5. МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу обладнання

5.1.1 Підготовчі роботи перед монтажем обладнання

Монтажним роботам бурової установки БУ 5000 ЕУ, яка вибрана для спорудження свердловини глибиною 4900 м, передують наступні підготовчі роботи. Земельна ділянка під бурову (будівельний майданчик) відведена в установленому порядку організації – будівельникові.

Із поверхні будівельного майданчика зрізають родючий шар і переміщають його за межі будівельного майданчика для складування й наступного (після демонтажу бурової) використання з метою відновлення (рекультивації) порушених посівних або малопродуктивних с/г земель. Для цієї мети використовують бульдозери, грейдери, розрихлювачі та інші землерийні машини.

Потім проводяться наступні роботи:

- будівництво під'їзної дороги, передбаченої проектом;
- будівництво полігонів для монтажу крупногабаритних вузлів, водопроводів;
- обваловка площадки під бурову;
- транспортування обладнання (блоків і вузлів) на будівельний майданчик.

На підготовленому будівельному майданчику вибирають напрямок прийомних містків, приступають до розбивання і утворення фундаментів і їх спорудженню [2, 14].

Монтаж бурової установки повинен виконуватися в суворій відповідності з монтажними установочними і вузловими кресленнями бурової установки. Монтується бурова вежа і талева система. Гакоблок і вертлюг при агрегатному методі монтажу БУ транспортуються на бурову автомашинами вантажопідйомністю до 4,5 т.

Для монтажу бурового обладнання використовуємо фундаменти із готових залізобетонних блоків, які можна застосовувати багаторазово. Для таких фундаментів риємо котлован, у який насипаємо піщану подушку і на неї укладаємо відповідні фундаментні блоки. Для витягування блоків за допомогою крана вони мають спеціальні петлі із пруткового заліза.

5.1.2 Монтаж обладнання

Бурова лебідка ЛБУ-1100 встановлюється строго за заданими на кресленні координатами, при цьому основна база – центр підвишкової основи, що є центром ротора, відносно якого вивіряються поздовжня і поперечна осі барабана лебідки. Поздовжня вісь барабана паралельна осі шківа кронблока, на який іде ходова вітка талевого каната, а поперечна вісь барабана перпендикулярна до цієї осі й зміщена на величину, яка вказана на кресленнях.

Бурова лебідка вивіряється у двох напрямках із точністю 0,5 – 0,8 мм на 1 м. При вивіренні лебідки ЛБУ-1100, через яку проходить привід ротора, по висоті, необхідно врахувати, що привідний ланцюг ротора завжди має деяке провисання і не повинен задівати балки рами лебідки та основи.

Для бурових установок із ланцюговим приводом ротора від лебідок місце встановлення бурової лебідки визначається за відстанню від центру ротора до середньої площини між зубами ланцюгового колеса привідного вала. Лебідку встановлюють так, щоб ланцюгове колесо, яке передає обертання на ротор, знаходилось у тій же площині.

За відсутності ротора по перетину діагоналей ніг бурової вежі визначається центр свердловини і від нього на поперечній осі відміряється відстань до середньої площини ланцюгового колеса лебідки, яка передає обертання ротору. Відстань від центра свердловини по поздовжній осі до підйомного вала лебідки повинна бути не меншою ніж 3 м.

Для спрощення та полегшення перевезення, завантаження, розвантаження, монтажу і підйому, з бурової лебідки перед відправленням замовнику

знімаються деякі вузли, а саме гідравлічне гальмо, холодильник гідрогальма, фрикційна котушка.

Гідравлічні гальма й холодильники монтуються після перевірки і кріплення бурової лебідки до основи. Співвісність підйомного вала лебідки із валом гідрогальма перевіряється за торцевим і радіальним биттям установлених на валах муфт, яке не повинно перевищувати 0,5 – 0,8 мм. Холодильник з'єднується шлангом із гідрогальмом та водопроводом.

Правильна установка забезпечує нормальну експлуатацію бурової лебідки, правильне навивання талевого каната на барабан, а також запобігає підвищеному зношенню талевого блока й канавок шківів кронблока.

5.1.3 Підготовчі роботи перед експлуатацією обладнання

Безпечна й безаварійна робота бурових лебідок може бути забезпечена тільки за умови організації правильного та вчасного нагляду за ними і грамотної їх експлуатації.

Перед пуском бурової лебідки в роботу необхідно перевірити наступне:

1. Правильність монтажу бурової лебідки й збирання її вузлів. Лебідка повинна бути надійно прикріплена. Осі валів мають бути паралельними і горизонтальними. Ланцюгові колеса, які працюють у парі, повинні знаходитись в одній площині.

2. Надійність кріплення талевого каната на барабані лебідки. Болти кріплення кінця каната повинні бути затягнуті повністю. На барабані лебідки повинно залишатись не менше від восьми витків талевого каната при найнижчому положенні талевого блока (він лежить на підлозі робочої площадки основи).

3. Стан і регулювання стрічкового гальма. Гальмівні шківи не повинні бути зношеними вище від допустимого (найменша товщина шківа допускається 15-20 мм) і не повинні мати тріщин довжиною більше ніж 80 мм. Гальмівні колодки надійно закріплені до стрічок та мають знос не більше від

допустимого. Гальмівні колодки повинні рівномірно прилягати до гальмівних шківів, а в розгальмованому стані не мають дотикатися до поверхні шківів.

4. Стан гідравлічного гальма і механізму його включення. При цьому необхідно звернути особливу увагу на співвісність валів гальма й барабана лебідки, а також герметичність усіх з'єднань.

5. Стан шинно-пневматичних муфт. Балони муфт повинні бути герметичними. За відсутності повітря проміжок між колодками муфт і шківами повинен бути 2-3 мм та рівномірним по кругу.

6. Стан підшипників. Корпуси підшипників надійно закріплені, підшипники чисті й заповнені відповідним змащувальним матеріалом.

7. Стан пневматичної системи. Пневматична система повинна бути герметичною та виконаною згідно зі схемою.

8. Наявність на буровій лебідці всіх кожухів та надійність їх кріплення.

9. Стан і надійність роботи пульта бурильника. При цьому необхідно звернути особливу увагу на правильність розміщення кранів та надійність їх роботи.

10. Стан і надійність роботи протизатягувача.

11. Стан пневматичного циліндра і його кріплення.

12. Робота лебідки і її вузлів без навантаження.

Всі виявлені неполадки повинні бути усунені до пуску бурової лебідки в роботу.

5.1.4 Розрахунок чисельності монтажної бригади

Кількість основних робітників для монтажу бурової установки розраховують за професіями, виходячи з трудомісткості річної програми по видах робіт [29]:

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

де $\sum T$ - сумарна трудомісткість річної програми монтажу бурової

установки БУ 5000 ЕУ;

$F_{др}$ — дійсний фонд часу одного робітника, год.

k – коефіцієнт використання робочого часу робітника.

Дійсний фонд часу одного робітника розраховуємо, виходячи з нормативного фонду часу, за формулою [15]:

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

де $F_{Д.Р.}^{норм}$ – нормативний дійсний фонд часу одного робітника, год.;

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

Нормативний дійсний фонд часу одного робітника визначаємо за формулою [15]

$$F_{Д.Р.}^{НОРМ} = (Д_К - Д_В - Д_{СВ} - Д_{ПСВ}) \cdot 40/5 + Д_{ПСВ} \cdot 7\ , \qquad (5.3)$$

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

$Д_В$ – кількість вихідних днів у році, $Д_В$=104 днів;

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

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

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

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

$Т_{зм}$ – кількість робочих годин у передсвяткові дні, $Т_{зм}$=8 год.

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

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

Для визначення трудомісткості виконання монтажу бурової установки БУ 5000 ЕУ використовуємо норми часу на її крупноблоковий монтаж [14], розроблені нормативно-аналітичним центром Національної акціонерної компанії "Нафтогаз України" згідно таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Норми часу на монтаж бурової установки БУ 5000 ЕУ

№п\п	Зміст робіт	Норма часу, год
1	Підготовчі роботи	1670,0
2	Монтаж вишкового блоку	258,0
4	Монтаж насосного блока	143,5
5	Монтаж блока приготування глинистого розчину	83,0
7	Монтаж маніфольда циркуляційної системи	304,0
8	Монтаж доливної ємності	41,3
9	Монтаж водяної ємності	10,6
10	Монтаж блока паливно-мастильних матеріалів	8,8
11	Монтаж блока рідких хімреагентів	19,5
13	Монтаж блока допоміжного обладнання	27,4
14	Монтаж приймального моста	83,6
15	Монтаж енергообладнання	28,6
16	Установка запасних ємностей	24,0
17	Монтаж пневмосистеми	42,1
19	Монтаж трубопроводів	182,7
20	Електромонтажні роботи	677,0
21	Заключні роботи	104,0
22	Всього:	3708,1

Монтаж бурової установки БУ 5000 ЕУ проводиться на протязі приблизно 1-го місяця, тоді дійсний фонд часу одного робітника буде дорівнювати

$$F_{Д.Р.} = 1760 : 12 = 146{,}6 \text{ год.} \quad (5.4)$$

Тоді кількість основних робітників по даному виду робіт буде рівна:

$$R = \frac{3708{,}1}{146{,}6} = 26 \text{ чол.} \quad (5.5)$$

Отже, для проведення монтажних робіт бурової установки БУ 5000 ЕУ необхідно 26 робітників відповідної кваліфікації, подані в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Склад бригади при виконанні монтажних робіт бурової установки БУ 5000 ЕУ

Професії робітників	Розряд	Кількісний склад
Бригадир	VI	1
Вишкомонтажник	VI	2
Вишкомонтажник	V	4
Вишкомонтажник	IV	3
Вишкомонтажник	III	3
Вишкомонтажник	II	2
Вишкомонтажник-зварювальник	VI	2
Вишкомонтажник-зварювальник	IV	3
Вишкомонтажник-електромонтер	V	3
Вишкомонтажник-електромонтер	IV	3
Разом		26

5.2 Експлуатація та ремонт обладнання

5.2.1 План-графік планово-попереджувальних ремонтів обладнання

Таблиця 5.3 – План-графік технічного обслуговування та поточного ремонту обладнання

Назва обладнання	Заводський №	Рік випуску	К-ть відпр. м.год після ост. КР	Вид і дата ост. ремонту		
					О4	О5
1	2	3	4	5	6	7
ЛЕБІДКА	10	2012				
План наробки в маш.годинах					300	660
Фактично			16390		748	744
Вид робіт (ТО або ПОР)					2 ПО	3 ПО
Фактично				ПоР-03.09	II	III
Підпис відповідального виконавця						

Продовження

2010 рік							2011 рік		
О6	О7	О8	О9	О10	О11	О12	О1	О2	О3
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1020	1380	1740	2100	2460	2820	3180	3540	3900	4260
744	720	744	720	744	744	672			
ПоР	3 ПО	ПоР	3 ПО	ПоР	3 ПО	ПоР	3 ПО	ПоР	3 ПО
ПР	III	I	III	I	III	I	III	I	IIII

5.2.2 Типовий процес ремонту

В процесі експлуатації обладнання відбувається зміна працездатності механізму, яка викликана спрацьованістю робочої поверхні деталі. Згідно ГОСТ 18322 передбачається ремонт обладнання:

- плановий;
- позаплановий, викликаний відмовою або аварією при експлуатації;
- технічне обслуговування (ТО);
- поточний ремонт (ПР);
- середній ремонт (СР);
- капітальний ремонт (КР).

Середній ремонт – це комплекс робіт, який включає в себе об'єм ПР, дефектацію окремих вузлів і деталей. СР може включати в себе: ремонт окремих вузлів лебідки з заміною частин деталей; перезаливку вкладишів підшипників; заміна гальмівних стрічок, тросів, ланцюгів; заміну прокладок, ущільнень та кріпильних деталей; проточку клапанів з подальшим їх припасуванням, проточку штоків та заміну поршневих кілець; налагодження або заміну зношеної апаратури і трубопроводів.

При *капітальному ремонті* виконується повне розбирання обладнан-ня, миття, складання, регулювання, випробовуваввння під навантаженням і фарбування. КР здійснюється в МРС, чи БВО філій, або на спеціалізованих підприємствах. Обладнання відправляється на КР згідно з планом-графіком

планового ремонту. Порядок здавання в ремонт, випробовування і прийом його з ремонту, визначається технічними умовами на ремонт обладнання і ГОСТ 20831. Ремонт необхідно виконувати по ремонтній документації, а в разі її відсутності, а також ТУ (або керівництво по ремонту), технологічна або конструкторська документація на КР (СР) розробляється підприємством, на яке передано виріб для КР і яка погоджується з підприємством, на балансі якого знаходиться це обладнання.

5.2.3 Умови експлуатації та аналіз діючих навантажень

За допомогою бурових лебідок проводяться спуско-підйомні операції, які є самими трудомісткими і небезпечними роботами при проводці свердловин. Тому незначні несправності лебідки можуть бути причинами серйозних аварій. Безпечна і безаварійна робота бурових лебідок може бути забезпечена тільки за умови організації правильного і своєчасного догляду за ними і грамотної їх експлуатації.

Перед пуском бурової лебідки в роботу необхідно перевірити наступне:

1. Правильність монтажу лебідки і збірки її вузлів. Лебідка повинна бути прикріплена до фундаменту болтами, а передаючі обертання вузли, получені з вузлами інших агрегатів, повинні бути відцентровані. Осі валів повинні бути паралелі між собою і горизонтальні. Ланцюгові колеса, що працюють в парі, повинні бути встановлені в одній площині.

2. Надійність кріплення талевого каната на барабані лебідки. Болти кріплення кінця каната необхідно затягнути повністю і закріпити. На барабані повинне бути не менше 8—10 витків талевого ка-ната при самому нижньому положенні крюка.

3. Стан і регулювання стрічкового гальма. Гальмівні шківи не повинні мати зносу вище за допустимий (мінімальна товщина шківа допускається 15—20 мм) і тріщин завдовжки понад 80 мм. Гальмівні колодки повинні бути надійно прикріплені до стрічок і мати знос не зверх допустимого (знос

колодокдопускається до висоти 12 мм). Фіксатор положення гальмівної рукоятки повинен надійно утримувати останню в загальмованому поло-женні. Гальмівні колодки повинні рівномірно прилягати до гальмівних шкі-вів, а в розгальмованому стані не повинні торкатися до поверхні шківів. При повному гальмуванні барабана лебідки рукоятка повинна відстояти від під-логи бурової на 80—90 см.

4. Стан гідравлічного гальма і механізму його включення. При цьому необхідно надавати особливу увагу співвісності валів гальма і барабана лебідки, а також герметичності всіх з'єднань.

5. Стан шинно-пневматичних муфт. Балони муфт повинні бути гер-метичні. За відсутності повітря зазор між колодками муфт і шківами повинен бути 2—3 мм і рівномірним по колу. Балони і шківи муфт повинні бути надійно захищені від попадання мастила.

6. Стан підшипників. Корпуси підшипників необхідно надійно закрі-пити. Підшипники повинні бути чистими і заповнені відповідним свіжим мастилом.

5. Стан пневматичної системи. Пневматична система повинна бути вико-нана відповідно до схеми і герметичної.

8. Наявність на лебідці всіх кожухів і надійність їх кріплення.

9. Стан і надійність роботи пульта бурильника. При цьому необхідно надати особливу увагу правильності ррозташування кранів і надійності їх роботи.

10. Стан і надійність роботи протизатаскувача.

11. Стан пневматичного циліндра і його кріплення.

12.Стан допоміжної лебідки, її кріплення і оснащення, а також регу-лювання.

13.Роботу лебідки і її вузлів без навантаження. Всі виявлені несправ-ності повинні бути усунені до пуску лебідки в роботу.

В процесі експлуатації при прийомі і здачі кожної вахти необхідно зовні оглядати лебідку і випробувати окремі її вузли; не рідше одного разу на

тиждень необхідно перевіряти всі вузли: їх кріплення, знось регулюван-ня. Виявлені несправності повинні бути усунені до початку роботи, а у вахтовому журналі зроблені відповідні записи.

Крім того, в процесі експлуатації лебідки необхідно проводити наступні роботи:

1. Регулярно перевіряти і своєчасно підтягати болти кріплення всіх вузлів, при цьому особливу увагу необхідно звертати на кріплення валів лебідки і вузлів гальмівної системи.

2. Перевіряти стан шківів гальма і шиннопневматичних муфт.

3. Стежити за станом гальмівних колодок, а при зносі їх до висоти 12 мм замінювати.

4. Постійно спостерігати за роботою стрічкового гальма і регулювати його, коли хід рукоятки при гальмуванні від вертикального положення досягає 60°.

5. Не допускати попадання води і масла на робочу поверхню шківів гальма і шинно-пневматичних муфт.

6. Стежити за станом підшипників. Підшипники повинні працювати плавно і безшумно. Нагрів не повинен перевищувати 70° С.

5. Регулярно перевіряти ланцюгові передачі і стежити за їх роботою. Особливу увагу необхідно звертати на мастило і стан шплінтів. Пошкоджені шплінти замінювати новими. Витягнуті ланцюги, які можна знайти по різких ударах і ривках в ланцюгових передачах, необхідно укорочувати за рахунок видалення ланок. При натягненні ланцюга стріла провисання повинна бути близько 0,02 відстаней між центрами зірочок.

8. Перевіряти стан фрикційної котушки і в міру необхідності регулю-вати її.

9. Перевіряти стан пневматичної системи управління.

10. Перевіряти стан гідравлічного гальма і стежити за рівнем води в холодильнику і її чистотою. Наявність у воді піску може привести до перед-

часного зносу робочих органів гальма.

11. Перевіряти стан протизатаскувача перед початком виконання спуско-підйомних операцій.

12.Перевіряти надійність роботи фіксатора положення гальмо ний рукоятки.

13.Перевіряти стан карданних передач. Карданні передачі повинні працювати безшумно.

14. Перевіряти стан кожухів і їх кріплення.

15. Регулярно мастити поверхні, що труть, згідно карті мастила, стежити за чистотою мастила і за тим, щоб не були забруднені змащувальні канали.

Догляд за лебідкою є повсякденним обов'язком обслуговуючого персоналу. Правильна експлуатація лебідки забезпечує високу її продуктивність і тривалу безвідмовну роботу.

В процесі експлуатації навантажувати лебідку слід відповідно до технічної характеристики. Перевантаження приводить до більш швидкого зносу деталей, а часто і до поломки окремих вузлів.

Швидкості необхідно перемикати при зупинці валів. Включати лебідку І проводити допоміжні роботи слідує при знижених оборотах двигунів.

5.2.4 Зміст технічного обслуговування обладнання. Перелік та ослідовність робіт при технічному обслуговувані і поточному ремонті.

Довговічність вимагає своєчасних зупинок. Для цього застосовується ланово-попереджувальна система.

Ця система являє собою сукупність організаційно-технічних заходів по бслуговуванню, нагляду і ремонту, які проводяться в плановому поряд-ку.

Особливості системи:

- обладнання ремонтується в плановому порядку через деяку кількість відпрацьованого часу;

– кількість видів обслуговування і ремонту складають періодичний ремонтний цикл.

Ремонтний цикл – це промфжок часц між двома капітальними ремон-тами або між часом введення в експлуатацію і плановим ремонтом.

Капітальний ремонт – найбільш складний і трудоємний вид планового ремонту, при якому проводять повне розбирання обладнання з послідуючим ремонтом і заміною вузлів та деталей.

Поточний ремонт – мінімальний по об'єму ремонт, з допомогою якого обладнання і машини підтримуються в роботоспроможному стані.

Середній ремонт – такий вид, при якому частково розбирають машину або обладнання для заміни окремих деталей , термін служби яких менший ніж міжремонтний цикл.

Технічний огляд (ТО): щоденний, проміжний і міжсезонний.

В наступній таблиці наведені дані витрачечного часу на ремонт деякого обладнання.

Таблиця 5.4 – Витрати часу на ремонт обладнання.

Обладнання	Ремонтний цикл, год	Час в ремонті, діб	Затрати праці
Лебідка	8100	КР – 17	795
		СР – 8	360
		ПР – 2	65
Насос	4080	КР – 17	395
		СР – 8	170
		ПР – 1	45
Вертлюг	1860	КР – 4	110
		СР – 2	50
		ПР – 1	9

У процесі роботи бурової лебідки найбільшому спрацюванню підлягають

колодки стрічкового гальма і шино-пневматичних муфт, втулко-во-роликові ланцюги, шино-пневматичні муфти, тормозні шківи барабана, ланцюгові колеса та підшипники. Тому при роботі бурових лебідок потрібно вести особливе спостереженням за станом пепрерахованих деталей.

При поточному ремонті бурових лебідок виконуються наступні профілактичні та ремонтні роботи: промивання та ревізія системи управлін-ня лебідкою, при цьому особливо ретельно перевіряється гальмівна система; ревізія і заміна ланцюгів, колодок гальма і шино-пневаматичних муфт; перевірка кріплення валів та інших вузлів; очистка та промивка системи змащування.

Поточні ремонти бурових лебідок виконуються безпосередньо на буровій, капітальний ремонт, як правило, – на ремонтних заводах або в механічних майстернях. На деяких бурових підприємствах, де транспортування лебідок на завод або в механічні майстерні пов'язана зі складношами, що виникають через відсутність доріг або більшвантажопідйомного транс-порта, капітальний ремонт лебідок виконується безпосередньо на бурових вузловим методом.

При проведенні ремонта лебідки використовують різні підйомно-транспортні механізми в залежності від маси знімаючих вузлів і умов ре-монту. Лебідку ремонтують відповідно до графіка ППР і наявності дефектів.

5.2.5 Технологія відновлення спрацьованих деталей

Фізична довговічність (ресурс) машин залежить від часу збереження роботоздатності окремих з'єднань.

У процесі роботи елементи сполучень зношуються , тобто змінюються їх структурні параметри, до яких належать: шорсткість поверхні, геоме-трична форма, розмір робочої поверхні.

Сукупність змін перерахованих параметрів приводить до зміни основ-ного структурного параметра сполучень - проміжку, а також до порушення

взаємного розташування деталей. При досягненні граничної величини проміжку сполучення втрачає роботоздатність. Для її відновлення необхідно забезпечити початковий проміжок, тобто посадку сполучених деталей, що здійснюється трьома методами:

1) без зміни розмірів деталі;

2) зміною початкових розмірів;

3) відновленням початкових розмірів.

Відновлення посадки без зміни розмірів деталей здійснюється наступними способами: регулюванням проміжку, зміною однієї зі зношених деталей або перестановленням її в додаткову робочу позицію.

Відновлення посадки регулюванням проміжків застосовується для легкодоступних і маловідповідальних сполучень та до переміщення однієї чи декількох деталей. У результаті відновлюється початковий проміжок. Але цей спосіб не забезпечує відновлення початкового ресурсу сполучень, оскільки не усувається невідповідність геометричної форми і зміна початко-вої шорсткості.

Регулювання проміжку в сполученнях підшипників, конічних пар шестерень, важелів залежно від їх конструктивних особливостей виконуються одним із таких прийомів: усуненням або розміщенням прокладки, підтягуванням (регулюванням) різьбових чи клинових з'єднань, автоматичним регулюванням і т. д.

Відновлення посадки заміною деталі або її перестановленням у допоміжну робочу позицію не забезпечує повного відтворення роботоздатності сполучень, оскільки в цьому випадку нова деталь чи незношена поверхня старої (при перестановленні її в нову позицію) працює в парі із частково зношеною деталлю й, отже, S буде більше початкового

$S_н \le S \le S_{max}$,

де $S_н$ - початковий проміжок;

S_{max} – проміжок у зношеному сполученні;

S - проміжок після відновлення деталей заміною деталі.

Часткове відновлення посадки доцільне, якщо ресурс відремонтова-ного

взаємного розташування деталей. При досягненні граничної величини проміжку сполучення втрачає роботоздатність. Для її відновлення необхідно забезпечити початковий проміжок, тобто посадку сполучених деталей, що здійснюється трьома методами:

1) без зміни розмірів деталі;

2) зміною початкових розмірів;

3) відновленням початкових розмірів.

Відновлення посадки без зміни розмірів деталей здійснюється наступними способами: регулюванням проміжку, зміною однієї зі зношених деталей або перестановленням її в додаткову робочу позицію.

Відновлення посадки регулюванням проміжків застосовується для легкодоступних і маловідповідальних сполучень та до переміщення однієї чи декількох деталей. У результаті відновлюється початковий проміжок. Але цей спосіб не забезпечує відновлення початкового ресурсу сполучень, оскільки не усувається невідповідність геометричної форми і зміна початко-вої шорсткості.

Регулювання проміжку в сполученнях підшипників, конічних пар шестерень, важелів залежно від їх конструктивних особливостей виконуються одним із таких прийомів: усуненням або розміщенням прокладки, підтягуванням (регулюванням) різьбових чи клинових з'єднань, автоматичним регулюванням і т. д.

Відновлення посадки заміною деталі або її перестановленням у допоміжну робочу позицію не забезпечує повного відтворення роботоздатності сполучень, оскільки в цьому випадку нова деталь чи незношена поверхня старої (при перестановленні її в нову позицію) працює в парі із частково зношеною деталлю й, отже, S буде більше початкового

$S_н \leq S \leq S_{max}$,

де $S_н$ - початковий проміжок;

S_{max} – проміжок у зношеному сполученні;

S - проміжок після відновлення деталей заміною деталі.

Часткове відновлення посадки доцільне, якщо ресурс відремонтова-ного

сполучення достатній для роботи впродовж чергового міжремонтного періоду.

Метод відновлення посадки зміною початкових розмірів деталей здійснюється наступними способами: застосуванням ремонтних розмірів, виконанням допоміжних ремонтних деталей.

Метод відновлення посадки доведенням розмірів сполучених деталей до початкових величин забезпечує найбільш повне відтворення початкових структурних параметрів сполучення. При цьому повністю відновлюється його роботоздатність.

Класифікація способів відновлення зношених деталей

На ремонтних підприємствах нафтової і газової промисловості широко застосовують різні способи ремонту деталей, що забезпечують відновлення порушених при експлуатації посадок у сполученнях, механічної міцності, зносостійкості і корозійної стійкості.

Довговічність відремонтованих деталей залежить від того, якою мірою змінилися початкові фізико-механічні властивості деталі й особливо її робо-чі поверхні. Переважно застосовують способи ремонту, що не знижують основних фізико - механічних і експлуатаційних характеристик деталі, втом-леної міцності, та, якщо можливо, то змінюють їх мінімально.

Відновлення початкових розмірів деталі здійснюють в основному двома шляхами:

1) нарощуванням зношеної поверхні;

2) пластичним деформуванням зношених деталей.

Ремонт деталейметодом механічного оброблення

Сутність способу механічного оброблення полягає у тому, що одну зі зношених деталей сполучення, звичайно більш трудомістку, піддають механічному обробленню до раніше встановленого ремонтного розміру з метою надання їй правильної геометричної форми й отримання заданої шорсткості поверхні, а іншу деталь замінюють новою або раніше відремонтованою до цього ж ремонтного розміру, що забезпечує нормальну посадку в сполучен-ні.

У парі “вал – підшипник” ремонтні розміри поверхонь будуть меншими, а

в парі “циліндр -поршень” більше початкових розмірів.

Застосовують вільні та стандартні ремонтні розміри.

В якості вільного ремонтного розміру використовують ближній розмір деталі, що ремонтується, який дозволяє отримати потрібну геометричну форму і шорсткість поверхні.

Перевагою вільних розмірів є мінімальна трудомісткість механічного оброблення та максимальна кількість ремонтних розмірів.

Недоліки:

1) неможливо виготовити іншу деталь сполучення, поки не відремонтована більш трудомістка;

2) виключається взаємозамінність деталей.

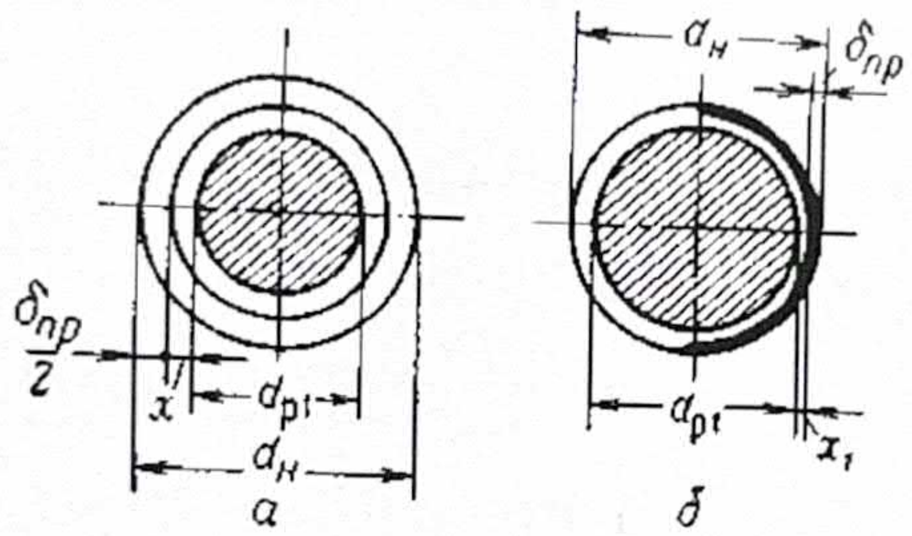


Рисунок 5.1 – Схема визначення ремонтного розміру:

а) при рівномірному зношенні вала; б) при односторонньому зношенні вала

Для визначення ремонтних розмірів пари “вал - підшипник” розглянемо два випадки:

1) зношення вала рівномірне по колу;

2) зношення вала одностороннє.

Вал із рівномірним зношенням ремонтується механічним обробленням (якщо є на зношеній поверхні риски і т. п.) або (при хорошій якості зноше-ної поверхні) –простою заміною сполученої деталі деталлю з ремонтними розмірами.

Ремонтні розміри шийки вала визначаються з таких відношень:

I. Ремонтний розмір

$d_{P1} = d_{II} - (\delta_{пр}+2x) = d_{II} - w.$

II. Ремонтний розмір

$d_{p2} = d_{p1} - w.$

III. Ремонтний розмір

$d_{p3} = d_{p2} - w,$

де d_H — первинний діаметр вала, мм;

d_{P1}, d_{p2}, d_{p3} — ремонтні розміри вала, мм;

$\delta_{пр}$ — максимальна величина зношення вала по діаметру, мм;

x — припуск на сторону на механічне оброблення для отримання ремонтного розміру, мм;

w — ремонтний інтервал, мм.

$w = \delta_{пр} + 2x.$

При незначній кількості ремонтних розмірів слід ураховувати, що зміна розмірів деталі зменшує її міцність, жорсткість, а в деяких випадках приводить до зольшення питомих навантажень.

При відновленні шийки вала з одностороннім зношенням необхідне механічне оброблення для надання зношеній деталі правильної геометрич-ної форми й видалення дефектного поверхневого шару.

Величина $\delta_{пр}$ визначається з рівняння

$S_{max} - S_{поч} = \delta_{пр} + \delta_{підш} = \delta_{пр} + \xi\,\delta_{пр} = \delta_{пр}(1+\xi),$

де S_{max} — максимально допустимий проміжок у сполученні, мм;

$S_{поч}$ — початковий проміжок у сполученні, мм;

ξ — коефіцієнт, що враховує, в скільки разів підшипник зношується швидше, ніж вал;

$\delta_{підш}$ — зношення підшипника, мм.

Для регулювання проміжку в підшипниках ковзання звичайно застосовують прокладки, які поступово усувають у міру зношування деталей для доведення проміжку до величини $S_{поч.}$

Позначивши загальну товщину прокладок буквою m, одержимо

S_{max}-$S_{поч}$+m= $\delta_{пр}$+ ξ $\delta_{пр}$= $\delta_{пр}$(1+ ξ),

звідси

$$\delta_{пр} = \frac{S_{max} - S_{поч} + m}{1 + E}.$$

Позитивними сторонами способу ремонтних розмірів є підвищення строку служби і простота технології ремонту більш дорогої та трудомісткої деталі сполучення; можливість раніше організувати виготовлення деталі сполучення, яка заміняється, що дозволяє скоротити терміни ремонту і знизити його вартість.

Недоліки: необхідність заміни сполученої деталі; наявність декількох ремонтних розмірів деталей, що, крім експлуатаційних незручностей, спричиняє необхідність мати зайвий резерв запасних частин.

Спосіб ремонтних розмірів застосовують при ремонті циліндрів компресорів і двигунів внутрішнього згорання, циліндрових втулок поршневих насосів, шийок колінчастих валів, зубчастого вінця столу ротора й інших деталей.

Спосіб додаткових ремонтних деталей

Цей спосіб полягає у використанні додаткових ремонтних деталей, які закріплюють безпосередньо на зношеній поверхні.

Товщина додаткових ремонтних деталей звичайно значно перевищує величину зношення деталі, котра ремонтується, у зв'язку із чим перед установленням додаткової деталі необхідно видалити зі зношеної поверхні шар металу.

Користуючись цим способом при відновленні кінцевої шийки вала, обробляють шийку до меншого розміру, якщо дозволяє механічна міцність, і запресовують додаткову втулку, а потім проводять її механічне оброблення до первинного розміру та необхідної шорсткості поверхні. Можливе додаткове кріплення втулки на валу штифтами, різьбовими стопорами або електрозварюванням.

При відновленні шийки в середній частині вала використовують дві

напіввтулки, які встановлюють на попередньо оброблену поверхню шийки і закріпляють штифтами чи зварюванням, а потім здійснюють їх механічне оброблення по зовнішній поверхні.

Зношені отвори розточують під більший розмір та запресовують ремонтну втулку, котру обробляють до номінального розміру отвору деталі. Товщина стінок ремонтних втулок зі сталі повинна бути не меншою ніж — 2—2,5 мм; із чавуну — 4—4,5 мм.

Зношений отвір попередньо розточують і запресовують втулку з додатковим кріпленням її зварюванням. Потім втулку розточують та нарізають різьбу початкового розміру.

Недолік способу полягає в зменшенні механічної міцності основної деталі внаслідок механічних операцій.

5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання

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

В даному розділі розглядаються потенційні шкідливі та небезпечні фактори експлуатації бурової лебідки ЛБУ-1100 та розглядаються технічні і організаційні заходи по їх усуненню.

Бурова лебідка – найбільш небезпечне обладнання бурової установки. Під час експлуатації бурової лебідки велику небезпеку для бурильника і його помічників створює велика кількість рухомих частин лебідки. Це насамперед ланцюг, який під час експлуатації отримує великі навантаження і може розірватися, а також обертові вали, які підлягають огородженню міцними металевими щитами.

При спуску важкого інструменту при гальмуванні механічним гальмом відбувається інтенсивний знос гальмівних колодок, що супроводжується нагріванням гальмівних колодок і шківів до високих температур (600 °С) і горінням продуктів зносу безпосередньо у поста бурильника.

Бурова лебідка – вантажопідйомний механізм, що сприймає усі вертикальні і горизонтальні навантаження від ваги бурильного інструменту, обсадних труб при виконанні спуско-підйомних операцій.

При експлуатації бурової лебідки виникає шум, особливо в процесі гальмування. Обертові частини лебідки створюють інерційні сили, що впливають на зменшення терміну служби вузлів і деталей, а також при цьому виникає вібрація.

Під час експлуатації лебідки можливі її зсуви і перекидання. Негативний вплив на роботу лебідки має її перевантаження, тому що навантажувати бурову лебідку необхідно у відповідності із характеристикою, вказаною в таблицях вантажопідйомності для всіх швидкостей. Перевантаження лебідки приводить до швидкого зносу деталей, приводить до руйнування, а відповідно і до можливості виникнення нещасних випадків.

При спуско-підйомних операціях з використанням бурової лебідки нерідко бувають випадки, коли по необережності бурильника талевий блок піднімається вище гранично допустимої висоти і ударяється в кронблок. При цьому відбувається зривання кронблока або обривання талевого канату і політ інструменту, що приводить до аварій та нещасних випадків.

5.3.2 Технічні рішення і пропозиції по забезпеченню безпеки експлуатації обладнання

З метою безпечної експлуатації обладнання лебідки та приводних агрегатів ротора передбачають установку технічних засобів з техніки безпеки, а саме:

а) обмежувачем висоти підйому талевого блоку;

б) блокуючими пристроями включення бурової лебідки при знятих задніх щитах огородження;

в) автозатягувачем квадрату в шурф;

г) блокуючим пристроєм з відключення ротора при піднятих клинах ПКР;

д) пристроєм для покращення навивки талевого канату і для зменшення

вібрації талевого канату при спуско-підіймальних операціях.

є) заспокоювачем ходового кінця талевого каната;

ж) системою обігріву підсвічника та робочого місця бурильника;

з) первинними засобами пожежогасіння.

Передача обертового моменту між валами лебідки здійснюється за допомогою втулково-роликових ланцюгів. Нерідко трапляються випадки обриву ланцюгів. Ланцюгові передачі повинні бути захищені суцільними металевими щитами, міцність яких повинна бути достатньою, щоб протистояти удару ланцюга, що розірвався. При натягуванні ланцюгів кінці потрібно стягувати так, щоб валикова ланка входила в роликову ланку від легких ударів молотком.

Гальмівна система лебідки є одним із основних вузлів лебідки. Зубчастий механізм головного гальма не повинен допускати виходу передаючої пари із зачеплення при крайніх робочих положеннях робочої ручки і попадання сторонніх предметів, тому в проекті передбачено його огородження. Конструкція механічного стрічкового гальма передбачає огорожу зубчатого сектора, інакше попадання якого-небудь предмету на сектор приведе до аварії.

При використанні стрічкового гальма гальмування барабана лебідки здійснюється мускульним зусиллям робітника через гальмівний важіль, який закріплений на колінчастому валу гальма. Для полегшення праці бурильників в дипломному проекті передбачено використання пневматичного гальмівного циліндра як приводу стрічкового гальма. Дане запобіжне пристосування підвищує степінь надійності гальма і допомагає скороченню циклу спуско-підйомних операцій. Конструкція пневматичного гальмівного циліндра дозволяє виконувати незалежне і одночасне гальмування за допомогою стиснутого повітря і дії робітника на гальмівний важіль. При підйомі талевого блоку вище встановленого троса висмикується шплінт із траверси, вантаж опускається вниз і включає кран. Повітря із крана кінцевого вимикача поступає в клапан-прискорювач, який перекриває повітря для живлення крана управління муфтою барабанного вала, і повітря із муфти через клапан-

прискорювач виходить в атмосферу. При спрацюванні крана кінцевого вимикача повітря одночасно поступає в клапан-прискорювач і через перемикаючий клапан – в гальмівний циліндр бурової лебідки. Проходить одночасне відключення шинно-пневматичної муфти приводу барабана лебідки і його гальмування.

Для затягування труб та іншого інструменту з містків в бурову і викидання їх з бурової та для виконання інших операцій мною передбачена установка допоміжної бурової лебідки. Таке конструктивне рішення спрощує кінематичну схему бурової лебідки і потребу встановлювати її разом з приводом на високу основу, що зменшує вплив вібрації лебідки на бурильника, а також шкідливу дію продуктів зносу гальмівних накладок лебідки

5.3.3 Техніки безпеки при експлуатації та обслуговуванні обладнання

Однією із основних умов безпечної експлуатації лебідки є утримання її у справному стані, своєчасне виявлення і усунення усіх дефектів.

У процесі експлуатації лебідок необхідно наступне:

- стежити за збігом площини ланцюгового колеса лебідки, що передає обертання ротору, із середньою площиною зубів роторного ланцюгового колеса;
- Передня і задня лапки лебідки повинні бути надійно закріплені;
- усі зовнішні що рухаються й обертаються частини лебідок (ланцюгові передачі, кінці валів і ін.) повинні бути обгороджені міцними металевими щитами, робота без захисних кожухів над ланцюговими передачами, муфтами і гальмовими стрічками забороняється;
- захисні кожухи варто надійно закріплювати чи болтами шпильками; не допускається експлуатація лебідки, на якій захисні кожухи скріплені чи цвяхами зв'язані дротом, тому що таке кріплення не виключає руйнування захисних кожухів ланцюгом, що розірвався, а отже, можливе травмування

робітників відлетілими елементами ланцюга, дверцята кожухів повинні бути завжди закриті і забезпечені від вибивання при розривах ланцюгів.

Щораз перед зміною і прийомом вахти необхідно випробувати й оглянути лебідку, перевірити і підтягти ослабілі гайки, перемінити ненадійні ланки в ланцюгах і ін. У процесі експлуатації ланцюга унаслідок випробовуваних ними чи ударів поштовхів піддаються додатковим напругам, що зменшують їхня міцність, що може привести до розриву ланцюга і травмуванню робітників відлетілими її частинами. Щоб виключити це, необхідно правильно натягати ланцюга лебідки. При збільшеному числі ланок (слабкіше натяг) виходять різкі поштовхи й удари, що приводять до обриву ланцюгів.

Необхідно ретельно стежити за станом зубів ланцюгових коліс. При сильному їхньому зносі виникають поштовхи й удари в передачі, що приводить до розриву ланцюгів. Запобіжні щити треба встановлювати так, щоб ланцюг не зачіпав за них. Гарне змащення ланцюга, а також безупинний контроль за її станом (зміна шплінтів і т.д.) поліпшують умови її експлуатації.

При натягу ланцюгів їхні кінці треба стягати так, щоб валиковоа ланка входила в роликові ланки від легких ударів молотка. Валики повинні бути змазані. Після установки пластини потрібно поставити шплінт і акуратно його загнути. Попереднє стягування ланцюгів варто виконувати прядив'яним тросом, остаточн-пристосуванням для стягування. Для загинання шпильок треба застосовувати торцевий ключ. Навантажувати лебідку випливає відповідно до характеристики, зазначеної в таблиці вантажопідйомності для усіх швидкостей. Перевантаження її неприпустиме, тому що викликає швидкий знос деталей і їхній розривши.

Гальмова система – один з основних вузлів бурової лебідки. Щоб виключити можливість важких аварій, необхідно ретельно стежити за справністю гальмового пристрою, за огородженням зубцюватого передавального механізму гальма. У противному випадку можливе влучення в нього сторонніх предметів, що буде перешкоджати переміщенню гальмової рукоятки, у результаті чого може чи відбутися затаскування талевого блоку під

кронблок, чи удар талевого блоку об роторний стіл. При цьому не виключена можливість виникнення нещасливих випадків.

При роботі пневматичним гальмом необхідно стежити за тиском у циліндрі гальма; воно повинно бути в межах 0,2—0,3 МПа. Гальмування повинне бути плавним. Для цього треба плавно повертати рукоятку на гальмовому важелі. Різкий поворот приводить до швидкого підвищення тиску в циліндрі і різкому гальмуванні барабана, у результаті чого може відбутися ривок гака з можливим зривом підвішеного інструмента і падінням його на робочу площадку.

При пневматичному керуванні лебідок необхідно систематично стежити за справністю пневмосистеми. Несправності в ній позначаються на роботі лебідки і можуть бути причиною нещасливого випадку. Варто також звернути увагу на роботу компресорів, герметичність воздухопроводов, справність крана Казанцева.

При експлуатації шинно-пневматичних муфт необхідно дотримувати наступні правила:

1. Стежити за тиском повітря при включенні муфт. При недостатньому тиску повітря відбуваються пробуксовка муфт, нагрівши і посилений знос колодок. Якщо виявлене нагріваннямуфт на 30—40 °С вище температури навколишнього повітря, те потрібно знайти й усунути причину нагрівання (витоку повітря, чи забруднення повний знос гальмових колодок і ін.).

2. Ретельно оберігати камеру муфти і гальмові колодки від улучення на них дизельного палива, мастил, гасу й інших речовин, що розчиняють гуму, а також від механічних ушкоджень. Забруднені олією місця треба обмити теплою водою з милом.

3. Шинно-пневматичні муфти варто включати різким рухом ручки крана при знижених частотах обертання двигуна.

При використанні бурових лебідок, що не мають фіксатора положення, для зміцнення гальмової рукоятки необхідно застосовувати пристрою у виді ланцюга, міцно прикріпленої до підлоги, чи м'якого троса, пропущеного через

підлогу, із прив'язаним до нього вантажем.

Щоб виключити аварії при роботі лебідки, необхідно періодично перевіряти стан стрічкового гальма. Один раз протягом кожної вахти при тривалих спуско-підйомних операціях і кілька разів у міру зносу колодок треба регулювати натяг гальмових стрічок. Стрічки гальм повинні бути натягнуті рівномірно і щільно охоплювати обидва шківи. При прослизанні гальма варто відрегулювати стрічки і коромисло. При повному гальмуванні лебідки рукоятка гальмового важеля повинна відстояти від підлоги бурової на відстані 80—90 див. У цьому положенні гальмовий важіль повинний надійно фіксуватися.

Якщо хід рукоятки при гальмуванні складає не менш 60° (від верхнього положення), це означає, що колодки зносилися і потрібно підтягти стрічки. Необхідно регулярно перевіряти стан гальмових шківів. Вихід їх з ладу може привести до важких нещасливих випадків. Наявність тріщин на гальмових шківах, нерівностей робочих поверхонь, вироблень глибиною більш 5 мм, поперечних чи тріщин глибоких рисок більш 2 мм із порушенням профілю гальмової поверхні приводить до неповного прилеганию колодок до робочої поверхні шківа. У результаті цього колодки зношуються нерівномірно і швидко виходять з ладу, що приводить до додаткових робіт по зміні стрічок. Для виключення утворення мікротріщин на гальмовому шківі необхідно стежити за тим, щоб на них не попадала олія. Забороняється прохолоджувати нагріті шківи водою.

Робота без захисних кожухів над ланцюговими передачами, муфтами, барабаном і гальмівними стрічками забороняється. Не допускається експлуатація лебідки, на якій захисні кожухи скріпляють цвяхами або зв'язані дротом, оскільки таке кріплення не виключає можливості руйнування кожухів ланцюгом або іншими деталями, що рухаються, а отже, і травмування робітників предметами, що відлетіли.

Гальмівна система є одним із основних вузлів бурової лебідки. Конструкція гальмівної системи не повинна допускати різкого переміщення гальмівної ручки при обертанні барабана лебідки. Кінець гальмівної ручки в

крайньому положенні не повинен знаходитись від підлоги площадки бурильника на відстані більше ніж 70-80 см. Фіксуючий пристрій повинен забезпечувати утримання гальмівної ручки в будь-якому положенні. Необхідно перевірити, щоб зубчастий механізм головного гальма не допускав виходу передаючої пари із зачеплення при крайніх робочих положеннях гальмівної ручки.

При гальмуванні обидві гальмівні стрічки повинні щільно охоплювати гальмівні колодки барабана, стяжні пружини – рівномірно відводити гальмівні стрічки від гальмівних колодок.

Гальмування максимально допустимого вантажу на гаку повинно здійснюватись зусиллям одного робітника.

Забороняється робота бурової лебідки, якщо механічне гальмо має тріщини і надриви. В робочому стані гальмо повинно щільно і рівномірно охоплювати обидва шківи.

Гальмівні колодки не повинні бути зношені до рівня головки заклепок. Колодки повинні кріпитися або безболтовими з'єднаннями, або болтами, або заклепками з кольорового металу.

При тиску в мережі нижче 0,6 МПа будь-які роботи лебідкою заборонені.

Навантажувати лебідку слід відповідно до характеристик, вказаних в таблицях вантажопідйомності для всіх швидкостей. Перевантаження її недопустиме, оскільки спричиняє за собою більш швидкий знос деталей, що приводять до розриву, отже, і до можливості виникнення нещасних випадків.

В розгальмованому стані важіль гальма повинен стояти під кутом 10° до вертикалі, при повному гальмуванні – під кутом 20…60° до вертикалі. Знос гальмівних стандартних колодок завтовшки 32 мм, закріплені за допомогою заклепок з кольорового металу, допускається не більше 18 мм, а при безболтовому з'єднанні – не більше 26 мм.

Якщо при гальмуванні кут між важелем гальма і вертикаллю досяг 60°, то це значить, що колодки зносилися. Робоча поверхня гальмівних шківів повинна бути гладкою, без вироблень, рисок і тріщин.

Забороняється робота бурової лебідки, якщо на робочій поверхні шківа є тріщини завдовжки більше 80 мм, шириною 0,2-0,5 мм і глибиною 2 мм з порушенням профілю поверхні шківа, а також вироблення глибиною більше 15-20 мм.

Категорично забороняється охолоджувати нагріті шківи водою, щоб виключити утворення на них мікротріщин. При перевірці вироблення гальмівних шківів необхідно вжити всіх заходів, запобігаючи розгальмування лебідки.

Барабан лебідки не повинен мати тріщин і порушень заклепувальних з'єднань або зварних швів в місцях з'єднання барабана з ребордою. На барабані лебідки передбачений спеціальний пристрій для закріплення тягового кінця талевого канату. Кріплення повинне бути виконано так, щоб виключалися деформації і стирання канату. Болти пристрою повинні бути затягнутий повністю і зашплінтовані. Необхідно ретельно стежити за станом пристрою для кріплення канату.

Висновки

В даному розділі магістерської роботи розроблений комплекс робіт з підготовки до проведення монтажних робіт з обладнанням бурової установки БУ 5000 ЕУ, особливості проведення монтажу бурової лебідки та розроблені підготовчі роботи перед експлуатацією бурової лебідки. Кількість робітників монтажної бригади розраховано згідно норм часу на виконання монтажу бурової установки, згідно яких потрібно 26 робітників, склад бригади при виконанні монтажних робіт подано в таблиці.

Описано роботи, які здійснюються в процесі експлуатації бурових лебідок, роботи при поточному, середньому та капітальному ремонтах. У розділі також проаналізовані потенційні небезпеки при монтажі, експлуатації та ремонті бурових лебідок, методи і засоби для забезпечення нормальних умов їх експлуатації.

ВИСНОВКИ

1. У розділі "Вибір та опис технологічного обладнання" проведено розрахунок основних параметрів та на його основі було вибрано бурову установку для буріння свердловини глибиною 4900 м, коротко розглянуто конструкційні та технологічні особливості вибраного обладнання, охарактеризовано позитивні та негативні сторони бурових установок та бурових лебідок.

2. В розділі "Опис технічної пропозиції" обґрунтована доцільність та економічна ефективність введення запропонованих технічних рішень з модернізації бурових лебідок, запропоновано технічне вдосконалення, обґрунтовано його доцільність. Суть технічного рішення з удосконалення колодково-стрічкового гальма бурової лебідки ЛБУ-1100 полягає в тому, що порівняно із аналогом система охолоджувальних пристроїв модернізованого гальма складається з пустотілих порожнин гальмівного шківа, заповнених теплоносієм і розташованих між вікнами гальмівного шківа. Бічні сторони пустотілих порожнин з'єднані за допомогою радіальних прямокутних теплопровідних пластин, що тягнуться в тілі фрикційних елементів, які переходять в циліндричні, і охоплюють зовнішню поверхню теплової труби в її середній частині, при цьому циліндричні теплові труби заповнені теплоносієм і загерметизовані зверху шляпкою, а знизу циліндричною вставкою і з'єднують фрикційний елемент з кільцевим сектором. Зонами випаровування в системі охолоджувальних пристроїв є: в зовнішніх парах тертя – шляпки циліндричних теплових трубок; у внутрішніх парах тертя – циліндричні вставки теплових труб, зоною транспорту від циліндричних теплових труб – циліндрично-прямокутні теплопровідні пластини, а зоною конденсації – пустотілі порожнини. Проведена модернізація системи колодково-стрічкового гальма бурової лебідки дозволить істотно поліпшити не тільки динаміку процесу гальмування, але і зносо-фрикційні характеристики шляхом охолодження зовнішніх і внутрішніх пар тертя в

гальмі, а також регулювання та управління величиною гальмівного моменту. Очікуваний економічний ефект від впровадження модернізованого стрічкового гальма бурової лебідки складає майже 85,5 тис. грн.

3. В розділі "Дослідно-конструкторська робота" за результатами проведених досліджень роботи стрічково-колодкового гальма бурової лебідки в процесі виконання спуско-піднімальних робіт за допомогою бурової лебідки ЛБУ-1100 побудовано їх графічні закономірності зміни об'ємної температури обода шківа від кількості спущених свічок і зниження температури шківа при природному охолодженні від часу в аналогових та в модернізованих фрикційних вузлах гальма. Проведена метрологічна сертифікація стендового обладнання і розроблена програма досліджень дозволили із достатньою точністю експериментально визначити стискаючі напруги в ободі гальмівного шківа, які створюються за рахунок напруг від значного температурного градієнту на поверхнях обода гальмівного шківа.

4. Проведені розрахунки в розділі "Розрахунки працездатності" підтверджують ефективність технічного рішення з модернізації бурової лебідки, т. як отримані коефіцієнти запасу міцності більші допустимих.

5. В розділі "Монтаж і експлуатація обладнання" розроблений комплекс робіт з підготовки до проведення монтажних робіт з обладнанням бурової установки БУ 5000 ЕУ, особливості проведення монтажу бурової лебідки та розроблені підготовчі роботи перед експлуатацією бурової лебідки. Кількість робітників монтажної бригади розраховано згідно норм часу на виконання монтажу бурової установки, згідно яких потрібно 26 робітників. Описано роботи, які здійснюються в процесі експлуатації бурових лебідок, роботи при поточному, середньому та капітальному ремонтах. У розділі також проаналізовані потенційні небезпеки при монтажі, експлуатації та ремонті бурових лебідок, методи і засоби для забезпечення нормальних умов їх експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артим В.І., Рачкевич Р.В., Гриців В.В., Гладкий С.І. Вплив локальних напружень на довговічність різьбових з'єднань бурильних труб. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ,* 2009. – № 1 (30). – С. 29 - 31.

2. Артим В.І. Підвищення експлуатаційної надійності трубних і штангових колон для буріння та видобування нафти і газу: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Івано-Франківськ, 2010. – 36 с.

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

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

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

6. 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.

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. Дейнега Р., Артим В., Рачкевич Р. та ін. Урахування корозійного чинника при розрахунку довговічності деталей машин. *Вісник Тернопільського Державного технічного університету* 2009. № 4. – С. 12 - 18.

11. 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.

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

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

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

15. 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.

16. Івасів В.М., Артим В.І., Гладун В.В., Дейнега Р.О. Модель багатоциклового корозійно-втомного пошкодження деталей машин. *Механічна втома металів:* Праці колоквіуму. Тернопіль, 2006. – С. 198 - 203.

17. Іщенко І. І. Оцінка економічної ефективності виробництва і затрат: Навч. посіб. / Іщенко І. І., Терещенко С. П. – К.: Вища шк., 1991.–173 с.

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

19. Копей В.Б. Підвищення ресурсу штангової колони при видобутку парафінистих нафт: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.12 / Івано-Франківськ, 2004.

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

21. Копей Б.В. Науково-технологічні методи комплексного підвищення ресурсу деталей нафтогазового обладнання: дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.07 / Івано-Франківськ, 1996.

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

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

24. Крижанівський Є.І. Мобільні установки для буріння, ремонту і обслуговування свердловин. / Є.І. Крижанівський, Ю.В. Міронов, Л.І. Романишин. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. – 209 с.

25. Крижанівський Є.І. Івасів В.М., Рачкевич Р.В. та ін. Втомна довговічність різьбових з'єднань насосно-компресорних труб в криволінійних ділянках свердловин. *Науковий вісник Національного гірничого університету.* 2015. № 5. – С. 14 - 21.

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. 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.

29. Mitchell R.F. The effect of friction on initial buckling of tubing and flowlines. *SPE Drilling & Completion.* 2007. № 22 (2). – P. 112 - 118.

30. Miller T.J., Su T., Dussan 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.

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

32. Ніколаєнко А.М. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації: навчальний посібник / А.М. Ніколаєнко, Н.О. Міняйло. – Запоріжжя, ЗДІА, 2011. – 444 с.

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

34. 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.

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

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

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

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

39. 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.

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

41. 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.

42. Пушкар П.В. Оцінка довговічності насосних штанг з урахуванням експлуатаційних факторів: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.12 / Івано-Франківськ, 2007.

43. Савула С.Ф., Колодій В.Т., Харченко Є.В. та ін. Оцінка впливу коливань колони насосно-компресорних труб на умови роботи різьових з'єднань. *Науковий вісник Національного Технічного Університету Нафти і Газу.* 2004. № 2 (8). – С. 116 - 125.

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

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

46. Типовий проект безпечної організації вишкомонтажних робіт при монтажі, демонтажі бурової установки БУ-5000 ЕУ. Загальні вимоги. – Чернігів, 2002. – 30 с.

47. Токаренко В.М Технологія автодорожнього машинобудування і ремонт машин. Курсове проектування: – Навчальний посібник. – К: Вища шк., 1992 –127 с.

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

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