

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

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
на тему: Дослідження гальм бурових лебідок

Пояснювальна записка

Керівник

Ст. викладач Ковчак С.С.

посада, наук. ступінь, ПІБ

[підпис]
підпис, дата

Виконавець роботи

Кеда Валентин Юрійович

студент, ПІБ

група 605-МН

[підпис]
підпис, дата

Консультант за 1 розділом

к.т.н. доц. Михайловська О.В.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом

к.т.н. Савук В.А.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

к.т.н. Савук В.А.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 4 розділом

к.т.н. доц. Михайловська О.В.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту

20.01.2025р.

Полтава, 2025

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІНІТТ
В.є. директор ІНІТТ
Сергій ТИВЕРЦЬ

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кеда Валентин Юрійович
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи: Дослідження гальм бурових лебідок

Керівник роботи: ст. викладач Ковпак Сергій Станіславович
(прізвище, ім'я, по-батькові, посада, місце роботи, місце проживання)

затверджена наказом закладу вищої освіти від "09" 08 2024 року № 104/09

2. Строк подання студентом роботи _____ 20__ року

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

- 1 Вибір та опис технологічного обладнання: 1.1 Розрахунок та вибір оптимального 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

АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі розроблені наступні розділи:

1. У розділі "Вибір та опис технологічного обладнання" обґрунтовано вибір бурової установки й бурової лебідки, проведено їх порівняльно-критичний аналіз. Коротко описано призначення, конструкцію, комплектність та принцип дії вибраного обладнання.
2. В розділі "Опис технічної пропозиції" проведено обґрунтування доцільності та економічної ефективності введення запропонованих технічних рішень з модернізації гідродинамічного гальма бурової лебідки для підвищення надійності гальма за рахунок підвищення ефективності охолодження деталей гальма, за рахунок підвищення його навантажувальної здатності. Розрахований економічний ефект від впровадження модернізованої бурової лебідки.
3. В розділі "Дослідно-конструкторська робота" встановлено, що інтенсивність зносу найбільш поширеної в стрічкових гальмах фрикційної пари "ретинакс-сталь" переважно залежить від контактної тиску, вплив якого в певній мірі знижується зі зменшенням швидкості ковзання.
4. В розділі "Розрахунки працездатності" підтверджена ефективність технічного рішення з модернізації гідравлічного гальма бурової лебідки.
5. В розділі "Монтаж і експлуатація обладнання" розглянуто комплекс робіт з проведення монтажу бурової лебідки та розроблені підготовчі роботи перед її експлуатацією. Проаналізовані потенційні небезпеки при монтажі, експлуатації та ремонті бурових лебідок, методи і засоби для забезпечення нормальних умов їх експлуатації.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	4
1. Вибір та опис технологічного обладнання.....	7
1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання.....	7
1.2 Бурові лебідки. Загальні відомості	15
1.3 Конструкція бурової лебідки ЛБУ-1200.....	23
2. Опис технічної пропозиції.....	33
2.1 Опис модернізованої конструкції гідравлічного гальма бурової лебідки.....	33
2.2 Оцінка економічної ефективності.....	35
3. Дослідно-конструкторська робота	45
3.1 Розробка уточнених методів вибору оптимальних конструктивних параметрів і раціональних режимів експлуатації гальм бурових лебідок...	45
3.2 Дослідження спільного впливу швидкості ковзання і контактного тиску на знос фрикційної пари стрічкових гальм.....	47
4. Розрахунки працездатності.....	53
4.1 Розрахунок барабану підйомного валу.....	53
4.2 Розрахунок напруги в стінці барабана.....	59
4.3 Визначення кількості обертів підйомного вала лебідки.....	64
4.4 Розрахунок підшипників підйомного валу бурової лебідки.....	67
5. Монтаж і експлуатація обладнання.....	69
5.1 Комплекс робіт з монтажу бурових лебідок.....	69
5.2 Експлуатація та ремонт обладнання.....	77
5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання.....	78
Висновки.....	89
Список використаної літератури	91

ВСТУП

Актуальність теми.

Бурові лебідки разом із талевою системою бурової установки служать для спуску, піднімання та підтримання у підвішеному стані бурильної та обсадної колон й іншого інструменту під час буріння і кріплення свердловини. Вони також виконують численні допоміжні функції. Саме за їх переліком лебідки поділяються на універсальні та спеціалізовані. Універсальні бурові лебідки служать для привода ротора за відсутності в нього індивідуального привода, для створення тягового зусилля в канатах підвісних машинних ключів, для піднімання, затягування в бурову та викидання з неї різних вантажів порівняно невеликої маси при бурінні свердловини, монтажі і ремонті установки, для звинчування і роззвинчування різьбових з'єднань колони труб, для піднімання складених в горизонтальному положенні шоглових вишок та їх зворотного вкладання, для виконання у свердловині різних робіт із застосуванням інструментів та приладів, що опускаються на бурильних трубах або канаті. Специфіка виконуваних функцій вимагає монтажу універсальних лебідок на одному рівні з ротором, тобто вони монтуються на високих лебідково-роторних основах. Така компоновка спричиняє зростання маси металоконструкцій основ, погіршує монтажоздатність. Тому більшість установок сучасних моделей оснащуються спеціалізованими буровими лебідками, змонтованими на низькій основі. Таким лебідкам залишено лише основні функції, в деяких установках із груповим приводом в груповій компоновці через них також приводиться ротор.

Гідродинамічне гальмо бурових лебідок, що використовується для обмеження швидкості спуску бурильних і обсадних труб в свердловину, представляє собою лопатевий гідравлічний пристрій, що складається з обертального ротора та нерухомого статора, робоча порожнина яких заповнена рідиною. Гідродинамічне гальмо діє подібно гідромуфті в гальмівному режимі, при якому турбінне колесо заклинюється і ковзання стає рівним 100%. При обертанні радіальні лопаті ротора відкидають рідину від центру до периферії та

направляють її на лопаті статора. Пройшовши по міжлопатевих каналах статора, рідина знову попадає на лопаті ротора і, таким чином, встановлюється замкнута циркуляція рідини між ротором і статором.

Сили гідравлічних опорів, обумовлених тертям рідини в міжлопатевих каналах і втратою напору на удари в вихрових зонах між лопатами ротора та статора, створюють гальмівний момент, протидіючий обертанню ротора. Величина гальмівного моменту залежить від діаметра та частоти обертання ротора і регулюється рівнем наповнення гідродинамічного гальма робочою рідиною. Механічні втрати, що викликаються тертям в опорах і ущільненнях вала ротора, не впливають значно на величину гальмівного моменту. Механічна енергія, що поглинається в процесі гальмування, перетворюється в теплову і викликає нагрів робочої рідини, і деталей гідродинамічного гальма. Допустима температура нагріву залежить від фізичних властивостей робочої рідини. При використанні води температура нагріву не повинна перевищувати 90°C , так як при температурі, більш близької до точки кипіння, виникає загроза кавітації. Для охолодження робочої рідини використовується холодильник, що одночасно служить для регулювання рівня наповнення гальма рідиною.

На сьогодні конструкція гідродинамічного гальма потребує модернізації та дослідження його конструктивно-експлуатаційних параметрів. Це все ще раз підтверджує актуальність проблеми і необхідність подальших науково-дослідницьких робіт, направлених на удосконалення конструкції бурових лебідок з метою підвищення надійності в роботі підйомного бурового комплексу.

Мета роботи. Дослідження конструктивно-експлуатаційних параметрів гальма бурової лебідки із врахуванням контактного тиску та швидкості ковзання фрикційних пар.

Об'єкт дослідження. Процеси нагрівання й зношення вузлів гальмівної системи бурової лебідки.

Предмет дослідження. Властивості і характеристики модернізованої бурової лебідки.

Наукова новизна отриманих результатів.

- встановлено, що інтенсивність зносу найбільш поширеної в стрічкових гальмах фрикційної пари "ретинакс-сталь" переважно залежить від контактного тиску, вплив якого в певній мірі знижується зі зменшенням швидкості ковзання;

- встановлено із урахуванням результатів випробувань на знос при проектуванні стрічкових гальм бурових лебідок слід виходити не з допустимого контактного тиску використовуваної фрикційної пари, а з постійного критерію, що виражає добуток контактного тиску на швидкість ковзання.

Можливі результати, які очікуються при виконанні роботи, їхня новизна та значення. На основі проведених досліджень із розгляду різних критеріїв, що визначають режим спуску і гальмування, слідує, що кращим є критерій, який забезпечує при певному обмеженні достатню безпеку гальмування і швидкості спуску, що близькі швидкостям підйому, встановленим тяговою характеристикою бурової лебідки.

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

Структура й обсяг магістерської роботи.

Магістерська робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел, який містить 57 найменувань. Основна частина магістерської роботи викладена на 90 сторінках комп'ютерного набору і містить 15 рисунків і 12 таблиць. Повний обсяг магістерської роботи становить 95 сторінок.

І ВИБІР ТА ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання

Таблиця 1.1 Конструкція свердловини

Діаметр колони, мм	Товщина стінок, мм група міцності	Довжина колони, м	Вага 1 п.м. труби, Н
426	10Д	7	1069
324	10Д	100	796
	9Д	80	721
	10Д	130	796
	12Д	20	946
245	10Д	2380	595
	12Д	120	705
146	11К	170	374
	10К	170	343
	11Д	80	374
	10Д	430	343
	9Д	820	312
	8Д	1580	280

Кондуктор $d = 324$ мм спускається на глибину 330 м з метою перекриття верхніх нестійких порід, схильних до обвалів і поглинань. Цементується по всій довжині.

Проміжкові колона $d = 245$ мм спускається на глибину 2500м двома секціями із стиковкою на глибині 1300м з метою перекриття тріасових і юрських відкладів, де можливе звуження ствола і жолобоутворення, а також для перекриття пермських відкладів, схильних до поглинання бурового розчину. Цементується колона по всій довжині.

Експлуатаційна колона $d = 146$ мм спускається до проектної глибини 3250м. Цементується колона по всій довжині.

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

$$D_{\text{долота}} = D_{\text{м}} + \Delta; \quad (1.1)$$

де $D_{\text{м}}$ – зовнішній діаметр муфти колони обсадних труб [20];

Δ – величина проміжку між муфтою і стінками свердловини [20].

Діаметр долота підбираємо зі стандартного ряду діаметрів шарошкових долот: 140, 145, 151, 161, 172, 190, 214, 243, 269, 295, 320, 346, 370, 394, 445, 490 мм.

- 1) $D_d^{max} = 351 + (35 \dots 40) = 386 \dots 391$ мм, приймаємо $D_d^{max} = 394$ мм;
- 2) $D_d^{max} = 270 + (25 \dots 30) = 295 \dots 300$ мм, приймаємо $D_d^{max} = 295$ мм;
- 3) $D_d^{max} = 166 + (10 \dots 20) = 176 \dots 186$ мм, приймаємо $D_d^{max} = 190$ мм.

Довжину ОБТ при бурінні під кожну обсадну колону визначаємо за формулою

$$l_{OBT} = \frac{K \cdot G}{q_{OBT} \left(1 - \frac{j_{\Delta p}}{j_u}\right)}; \quad (1.2)$$

де K – коефіцієнт, який урахує перевищення ваги ОБТ над навантаженням на долото; приймаємо $K=1,25$;

G – осьове навантаження на долото [20];

q_{OBT} – вага 1 м.п. ОБТ [20];

$j_{\Delta p}$ – питома вага бурового розчину; приймаємо $j_{\Delta p} = 1300 \text{ кг/м}^3$;

j_u – питома вага матеріалу труб; приймаємо $j_u = 7850 \text{ кг/м}^3$.

Довжину ОБТ приймаємо з урахуванням довжини однієї свічки 25 м.

$$1) l_{OBT}^{max} = \frac{1,25 \cdot 400 \cdot 10^3}{1920 \left(1 - \frac{1300}{7850}\right)} = 312 \text{ м}, \text{ приймаємо } 300 \text{ м};$$

$$2) l_{OBT}^{max} = \frac{1,25 \cdot 400 \cdot 10^3}{1890 \left(1 - \frac{1300}{7850}\right)} = 317 \text{ м}, \text{ приймаємо } 325 \text{ м};$$

$$3) l_{OBT}^{max} = \frac{1,25 \cdot 220 \cdot 10^3}{970 \left(1 - \frac{1300}{7850}\right)} = 339,77, \text{ приймаємо } 350 \text{ м}.$$

Розраховуємо бурильний інструмент при бурінні під експлуатаційну

колоні.

Для 1-ої секції бурильної колони приймемо бурильну трубу діаметром 114 мм із товщиною стінки 9 мм групи міцності К. Визначимо допустиму довжину бурильних труб за формулою

$$l_{\text{доп}} = \frac{Q'_{\text{доп}} - l_{\text{ост}} \cdot q_{\text{ост}} \left(1 - \frac{J_{\text{в.р.}}}{J_n}\right)}{q'_{\text{в.р.}} \left(1 - \frac{J_{\text{в.р.}}}{J_n}\right)} + l_{\text{ост}}; \quad (1.3)$$

де $q'_{\text{в.р.}}$ – вага 1 м.п. бурильної труби [4];

$Q'_{\text{доп}}$ – допустиме розтягуюче навантаження на тілі труби; визначимо за формулою:

$$Q'_{\text{доп}} = \frac{Q_r}{K}; \quad (1.4)$$

$$Q'_{\text{доп}} = \frac{2100}{1,4} = 1500 \text{ кН};$$

де Q_r – розтягуюче навантаження, при якому напруження у тілі труби досягає межі текучості [20];

K – коефіцієнт запасу міцності; приймемо для роторного буріння $K=1,4$.

$$l_{\text{доп}} = \frac{1500 \cdot 10^3 - 350 \cdot 970 \left(1 - \frac{1300}{7850}\right)}{277 \left(1 - \frac{1300}{7850}\right)} + 350 = 5614,26 \text{ м.}$$

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

$$l''_{\text{доп}} = \frac{Q''_{\text{доп}} - Q'_{\text{доп}}}{q''_{\text{в.р.}} \left(1 - \frac{J_{\text{в.р.}}}{J_n}\right)}; \quad (1.5)$$

де $q''_{\text{в.р.}}$ – вага 1 м.п. бурильної труби 2-ої секції;

$Q''_{\text{доп}}$ – допустиме розтягуюче навантаження на тілі труби 2-ої секції

$$Q''_{\text{max}} = \frac{Q''_{\text{р}}}{K} \quad (1.6)$$

$$Q''_{\text{max}} = \frac{2300}{1,4} = 1642,86 \text{ кН}$$

$$L''_{\text{max}} = \frac{1642,86 \cdot 10^3 - 1500 \cdot 10^3}{305(1 - \frac{1300}{7850})} = 561,35 \text{ м}$$

Враховуючи довжину свічі приймаємо 550 м.

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

$$L'''_{\text{max}} = \frac{Q'''_{\text{рmax}} - Q''_{\text{max}}}{q'''_{\text{сп}}(1 - \frac{j_{\text{а.р.}}}{j_{\text{а}}})} \quad (1.7)$$

$$Q'''_{\text{max}} = \frac{Q'''_{\text{р}}}{K} \quad (1.8)$$

$$Q'''_{\text{max}} = \frac{2600}{1,4} = 1857,14 \text{ кН}$$

$$L'''_{\text{max}} = \frac{1857,14 \cdot 10^3 - 1642,86 \cdot 10^3}{360(1 - \frac{1300}{7850})} = 713,35 \text{ м}$$

Враховуючи довжину свічі приймаємо 700 м.

Відповідно проведених розрахунків складемо таблиці вибору комплектування бурильного інструменту:

Таблиця 1.2- 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
140	9К	360	700
127	9К	305	550
114	9К	277	1650
ОБТ-146	-	970	350

Таблиця 1.3– Робочий інструмент при бурінні під проміжну колону

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності,	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
140	9К	360	700
127	9К	305	550
114	9К	277	925
ОБТ-197	-	1890	325

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
114	9К	277	30
ОБТ-197	-	1920	300

Визначення ваги колони бурильних і обсадних труб

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

$$Q_{\text{в.н.}} = (Q_{\text{бур.}} + Q_{\text{обс.}})K, \quad (1.5)$$

де $Q_{\text{бур.}}$ – вага колони бурильних труб;

$Q_{\text{обс.}}$ – вага колони ОБТ;

K – коефіцієнт запасу допустимого навантаження на гаку для бурильної колони.

Згідно з ГОСТ 16293-89 коефіцієнт запасу по буровій колоні приймається рівним $K=1,67 \dots 2,0$. Для забезпечення підвищеного терміну служби обладнання підйомного механізму бурової установки переважно з значення $K \geq 2,0$.

Можна приймати K меншим за 2, але не нижче 1,67, але при цьому слід мати на увазі, що із зменшенням величини цього коефіцієнта знижується довговічність вузлів і елементів підйомного механізму бурових установок.

$$Q_{\text{в.к.}}^{\text{макс}} = (700 \cdot 360 + 550 \cdot 305 + 1650 \cdot 277 + 350 \cdot 970) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2432,6 \text{ кН};$$

$$Q_{\text{в.к.}}^{\text{норм}} = (700 \cdot 360 + 550 \cdot 305 + 925 \cdot 277 + 325 \cdot 1890) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2578,95 \text{ кН};$$

$$Q_{\text{в.к.}}^{\text{норм}} = (277 \cdot 30 + 300 \cdot 1920) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 1168,62 \text{ кН}.$$

Отже максимальна навантаження на гак від ваги бурильної колони:

$$Q_{\text{в.к.}}^{\text{макс}} = 2578,95 \text{ кН}.$$

Вагу обсадних колон визначасмо згідно конструкції свердловини за такою формою:

$$Q_{\text{в.к.}} = Q_{\text{в.т.}} \cdot k; \quad (1.6)$$

де $Q_{\text{в.т.}}$ - вага обсадних труб, кН;

k - коефіцієнт запасу допустимого навантаження на гаку для обсадної колони.

Коефіцієнт запасу допустимого навантаження на гаку для обсадної колони k визначається з умови забезпечення додаткового (безпечного) навантаження в різьбових з'єднаннях із врахуванням необхідного запасу міцності у відповідності з рекомендаціями і вимогами, вказаними в "Інструкції по розрахунку колон для нафтових і газових свердловин" і в РД-39.047014.515.85. В будь-якому випадку $k \geq 1,15$ ($k = 1,15 \dots 1,6$). В магістерській роботі приймаємо $k = 1,6$.

$$Q_{\text{обсадна}}^{\text{експл}} = (374 \cdot 170 \cdot 10^{-3} + 343 \cdot 170 \cdot 10^{-3} + 374 \cdot 80 \cdot 10^{-3} + 343 \cdot 430 \cdot 10^{-3} + 312 \cdot 820 \cdot 10^{-3} + 280 \cdot 1580 \cdot 10^{-3}) \cdot 1,6 = 1596,064 \text{ кН};$$

$$Q_{\text{обсадна}}^{\text{проект (I)}} = (1080 \cdot 595 \cdot 10^{-3} + 120 \cdot 705 \cdot 10^{-3} + 375 \cdot 305 \cdot 10^{-3} + 925 \cdot 277 \cdot 10^{-3}) \cdot 1,6 = 1756,48 \text{ кН};$$

$$Q_{\text{обсадна}}^{\text{проект (II)}} = 1300 \cdot 595 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 = 1237,6 \text{ кН};$$

$$Q_{\text{обсадна}}^{\text{конт}} = (100 \cdot 796 \cdot 10^{-3} + 80 \cdot 721 \cdot 10^{-3} + 130 \cdot 796 \cdot 10^{-3} + 20 \cdot 946 \cdot 10^{-3}) \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 415,488 \text{ кН};$$

Отже максимальне навантаження на гак від ваги обсадної колони:

$$Q_{\text{обсадна}}^{\text{макс}} = 1756,48 \text{ кН}.$$

На основі розрахунку обсадних колон і вибору бурильного інструменту складасмо зведену таблицю ваги всіх колон:

Таблиця 1.5 – Зведена вагова характеристика обсадних і бурильних колон

Назва колони	Діаметр труб, мм	Довжина колони, м	Вага 1 м.п. труби, Н	Вага колони, кН
1	2	3	4	5
Кондуктор				
ОБТ	203	300	1920	1168,62
бурильна	114	30	277	
обсадна	324	100	796	415,488
		80	721	
		130	796	
		20	946	
1	2	3	4	5
Проміжна				
ОБТ	197	325	1890	2578,95
бурильна	114	925	277	
	127	550	305	
	140	700	360	
Обсадна (1 секція) бурильна	245	1080	595	1756,48
		120	705	
	114	925	277	
	127	325	305	
Обсадна	245	1300	595	1237,92

(II секція)				
Експлуатаційна				
ОБТ бурильна	146	350	970	2432,6
	114	1650	277	
	127	550	305	
	140	700	360	
Обсадна	146	170	374	1596,064
		170	343	
		80	374	
		430	343	
		820	312	
		1580	280	

Вибір типу бурової установки, її комплектність і технічна характеристика

Бурові установки повинні володіти певною універсальністю або допускати швидку модифікацію і пристосованість до конкретних умов буріння безпосередньо на місці роботи. Бурові установки поділяються на три категорії:

1. Для буріння глибоких експлуатаційних та розвідувальних свердловин.
1. Для буріння неглибоких структурних і пошукових свердловин.
3. Для буріння на морі (шельфі).

Комплектація бурових установок залежить від специфіки вживаної технології буріння, способу монтажу і транспортування, системи енергозабезпечення, облаштування бурової установки з урахуванням кліматичних і геолого-технічних умов. Головні параметри бурової установки - допустиме навантаження на гаку і умовна глибина буріння.

Рекомендується вибір бурової установки здійснювати в наступній послідовності: спочатку встановлюється тип установки за призначенням з

позиції рішення поставленої задачі і умов експлуатації установки, потім проводиться конкретизація установки з урахуванням можливого способу буріння і конструкції основних вузлів. На завершальному етапі проводиться уточнення типу установки по величинах головних параметрів - вантажопідйомності бурової установки та умовної глибини буріння.

Згідно попередніх розрахунків, маємо:

- навантаження від ваги бурильної колони – 2578,95кН;
- глибина буріння – 3250 м.

За попередніми розрахунками та глибиною буріння обираємо бурову установку НБО-Д. Бурова установка ЗД-86-2 з п'ятидизельним приводом рекомендується для турбінного і роторного буріння нафтових і газових свердловин глибиною 5000 м в неелектрифікованих районах.

1.2 Бурові лебідки. Загальні відомості

Бурова лебідка відноситься до головного агрегату бурового комплексу, що визначає ефективність буріння. Варто враховувати, що вона використовується як при спуско-підйомних операціях, так і при розбурюванні вибою свердловини.

До основних технологічних функцій лебідки відноситься [47]:

- підтримка заданого навантаження на долото й подача бурильної колони при розбурюванні вибою свердловини;
- нарощування колони в міру заглиблення свердловини; підйом на поверхню й спуск у свердловину бурильної колони для заміни доліт, вибійних двигунів і добування керна;
- спуск колони обсадних труб при кріпленні свердловин;
- спуск і підйом на трубах контрольно-вимірювальних приладів і ловидельного інструмента при випробуваннях й освоєнні свердловин, ліквідації прихватів й інших аварій у ній.

З допомогою талевого механізму і бурових лебідок спускають, піднімають й утримують у висячому положенні бурильну колоду, обсадні труби й інший інструмент при бурінні й закріпленні свердловин. При підйомі обертний рух, котрий передається лебідці від привода, за допомогою талевого каната перетворюється в поступальний рух талевого блоку. При спуску тальмові пристрої бурової лебідки обмежують швидкість талевого блоку, що опускається під дією власної ваги й ваги підвішеного до нього інструменту. Бурові лебідки використовуються також для передачі обертання ротору, навінчування і розвинчування бурильних й обсадних труб, для підйому й натягування різних вантажів при бурінні свердловини, монтажі й ремонті установки [3].

Бурова лебідка встановлюється виключно 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 повинна бути паралельною осі шківів кронблока, на якій іде ходова вітка талевого каната, а поперечна вісь барабана перпендикулярна до цієї осі й зміщена на величину, яка вказана на кресленнях.

Правильне встановлення забезпечує нормальну експлуатацію лебідки, правильне навівання талевого каната на барабан, а також попереджає підвищене зношення талевого блоку і канавок шківів кронблока. Бурова лебідка повинна бути вивірена у двох напрямках із точністю 0,5 — 0,8 мм на 1 м. При вивірці лебідки, 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 спрощення і полегшення перевезення, завантаження, розвантаження, монтажу й підйому з бурової лебідки перед відправленням замовнику знімаються деякі вузли. Наприклад, у лебідках У2-5-11 знімаються гідравлічне тальмо, холодильник гідротальма, фрикційна котушка.

При нижньому розміщенні лебідки і карданній передачі від лебідки на

ротор через два послідовних карданних вала потрібно менш точне центрування лебідки відносно ротора. Місце розміщення лебідки й кутових редукторів карданної передачі визначене конструкціями основ. Гальмівна ручка, яка розміщена біля пульта бурильника, з'єднується системою важелів та тяг із гальмівним валом стрічкового гальма лебідки [47].

Допоміжна лебідка встановлюється на основі вишко-лебідкового блока і надійно закріплюється за допомогою болтів. Рама лебідки повинна бути зафіксована від зміщення в площині підлоги бурової до центра свердловини, що може виникнути під час скручування й розкручування труб. Місце розміщення лебідки підбирається з таким розрахунком, щоб вісь підйомного вала знаходилась перпендикулярно до осі свердловини та вантажі на містках знаходились у зоні видимості.

Для бурових установок із ланцюговим приводом ротора від лебідок місце встановлення лебідки визначається за відстанню від центра ротора до середньої площини між зубами ланцюгового колеса привідного вала. У більшості роторів ця відстань дорівнює 1370 мм. Лебідку встановлюють так, щоб ланцюгове колесо, яке передає обертання ротору, знаходилось у тій же площині.

Лебідки повинні відповідати вимогам технології буріння й задовольняти умовам їхньої експлуатації. Потужність і тягове зусилля їх повинні бути достатніми для виконання найбільш важких технологічних операцій. Швидкості підйому й спуску повинні забезпечувати безаварійність, економічність і високу продуктивність при спуско-підйомних операціях. Для транспортування в зібраному виді габарити й маса лебідок повинні відповідати нормам, установленим правилам перевезень залізничним транспортом. Необхідно враховувати, що габарити лебідки обмежуються площею бурової й проходами, необхідними для безпечного обслуговування лебідки й інших механізмів. Варто особливо виділити вимоги до їхньої надійності, довговічності й ремонтпридатності.

Система керування лебідкою повинна виключити можливість одночасного включення більше однієї передачі й мимовільне відключення або

перемикання передач. Поряд із цим система керування повинна забезпечувати автоматичне відключення привода й одночасне включення гальма при спрацьовуванні запобіжних пристроїв (обмежувача навантаження талевого механізму й вишки, обмежувача підйому гака й ін.). При відключенні привода й гальмуванні не допускаються розвантаження й розмотування ходової струни талевого каната.

Потужність бурових лебідок перебуває в межах 200 — 2950 кВт залежно від глибини буріння [47].

За числом швидкостей підйому розрізняють двох-, трьох- чотирьох- і шестишвидкісні бурові лебідки. За кордоном застосовуються восьми- і десятишвидкісні бурові лебідки. Швидкості підйому змінюються шляхом перемикання передач між валами лебідки або за допомогою окремої коробки зміни передач.

Бурові лебідки розрізняються по потужності й інших технічних параметрах, а також по кінематичних і конструктивних ознаках.

За схемою включення швидкохідної передачі розрізняють бурові лебідки з незалежною й залежною «швидкою» швидкістю.

Як відомо, при спуску бурильних і обсадних труб відповідно до послідовності виконуваних операцій використовуються дві швидкості:

тиха — для підйому колони труб з метою звільнення клинів або елеватора;

швидка — для наступного підйому не завантаженого елеватора за черговою свічею.

Для прискорення спуска перемикання зазначених швидкостей не повинне займати багато часу й тому здійснюється фрикційними муфтами з робочого місця буровика. Бурові лебідки з незалежною схемою швидкостей дозволяють піднімати не завантажений елеватор на швидкій швидкості незалежно від тихої швидкості, використовуваної для підйому. При залежній схемі не завантажений елеватор піднімають на різних швидкостях, рівних або пропорційних швидкості, використовуваній для підйому колони труб.

Залежно від використовуваного привода розрізняють бурові лебідки зі

ступінчастою, безперервно-ступінчастою й безступінчастою зміною швидкостей підйому. Ступінчаста зміна швидкостей підйому — в бурових лебідках з механічними передачами від теплових двигунів й електричних двигунів змінного струму. При гідромеханічних передачах лебідки з тими ж двигунами мають безперервно-ступінчасту зміну швидкості підйому. У випадку використання привода від електродвигунів постійного струму швидкості підйому лебідки змінюються безступінчасто по кривій постійності потужності двигуна.

Бурові лебідки розрізняються по числу швидкостей, переданих ротору, і кінематичній схемі передач, установлених між лебідкою й ротором [7].

За способом керування подачею долота розрізняють бурові лебідки з ручним й автоматичним керуванням, здійснюваним за допомогою регулятора подачі долота.

За числом валів розрізняють одно-, дво- й трьохвальні бурові лебідки. Одно- й двохвальні лебідки забезпечуються окремою коробкою зміни передач. У трьохвальних лебідках швидкості підйому змінюються за допомогою передач, установлених між валами самої лебідки.

Для допоміжних робіт дво- й трьохвальні бурові лебідки забезпечуються фрикційною катушкою. У випадку використання одновальної лебідки для цього підключають додаткову допоміжну лебідку.

Ланцюгова передача 3 (81/21) включається шино-пневматичними муфтами 2 й 9 під тиском повітря, що надходить через вертлюжки на торцях валів, що з'єднують. За допомогою цієї передачі піднімальному валу лебідки повідомляються I, II, III «тихі» швидкості залежно від частоти обертання вала 24 коробки зміни передач, що перемикає кулачковими муфтами 18, 19, 13, 14 й 15. Ланцюгова передача 26 (40/39) включається шино-пневматичною муфтою 27 через вертлюжок на правому торці піднімального вала. При цьому швидкості обертання IV, V, VI («швидкі») вала 24 передаються піднімальному валу.

Кінематичні схеми бурових лебідок за допомогою умовних позначок зображують сукупність, зв'язки й з'єднання їхніх кінематичних елементів. На

обертання піднімального вала контролюється тахогенератором 1.

Спуско-підйомний агрегат бурової лебідки ЛБУ-1100М складається з двох агрегатів (лебідкового Л і приводного П), з'єднаних стягуваннями 6. Лебідковий агрегат складається з барабана 9, встановленого на підшипниках кочення і змонтованого на рамі 2. 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 колонні, що спускається, вал гальмівної машини з'єднується з валом барабана.

Включення кулачкової муфти здійснюється системою, важеля 22 з пневмоприводом, встановленим на рамі 2. З правого боку на валу гальмівної машини укріплено пристрій 20 для підведення води для охолодження гальмівних шківів, а з торця укріплений вертлюжок 21 для підведення стислого 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 вала барабана укріплена зірочка ланцюгової передачі для передачі обертання до тахогенератору 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 змонтований 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 шківками 25 для з'єднання з шинно-пневматичними муфтами приводу, за допомогою яких на трансмісійний вал передається потужність від приводу [3].

З лівого боку на трансмісійному валу встановлений шків гальмівної

пневматичної муфти 32, призначеної для швидкого загальмовування
 валів і фіксації їх при перемиканні швидкостей за допомогою кулачкових муфт
 з зубчатого зачеплення. На проміжному валу 15 встановлена двостороння
 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
 ротору, а за допомогою зубчатих коліс 26 передається зворотне обертання.

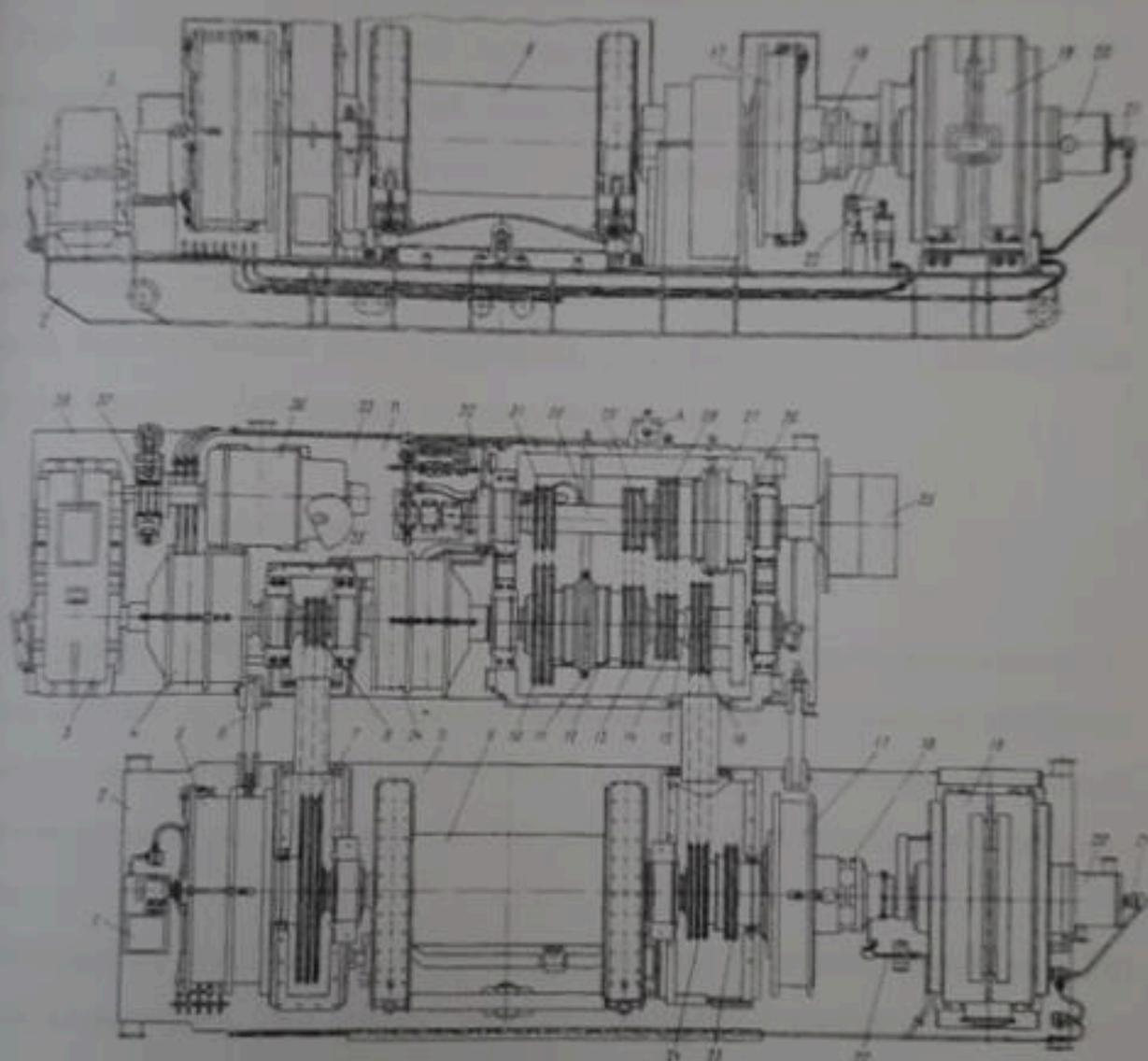


Рисунок 1.3 – Типовий вигляд бурової лебідки та силового приводу

З лівого боку на цьому валу укріплені гальмівні диски для з'єднання із

спареними шинно-пневматичними муфтами 4, встановленими на титанієвому валу редуктора 3 регулятори подачі долота.

Редуктор подачі долота, що складається з редуктора 3, що ієднується з приводним електродвигуном 36 і гальмом, колодки 37, змонтований так само, як і трансмісійний вал 8, 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 змащення підшипників ланцюгових передач коробки швидкостей встановлений шестерний масляний насос 33, що має клинопасовий привід від трансмісійного валу. Для здійснення оперативного гальмування барабана лебідки на рамі 2 змонтоване стрічкове гальмо. Управління шинно-пневматичними муфтами спускоподнімального агрегату, у тому числі і з'єднання трансмісійного валу з приводом, а також включення і відключення гальмівної машини зосереджено на пульті бурильника [47].

1.3 Конструкція бурової лебідки ЛБУ-1200

У бурових лебідках ЛБУ-1200 (рис. 1.4) для передачі потужності на барабан лебідки й трансмісію ротора використовується зубчастий редуктор. Передача потужності на редуктор лебідки і ланцюгову трансмісію для привода катушкового вала та отримання п'ятої швидкості здійснюється карданними валами.

Особливість цієї лебідки полягає в тому, що її робота неможлива без коробки швидкостей, яка змінює частоту обертання барабана (переміщення швидкостей), а в БУ з дизельним приводом – ще і напрям обертання барабана. Переключення швидкостей та включення прямого і зворотного ходів при роботі з дизельним приводом здійснюється безпосередньо за допомогою коробки швидкостей [47].

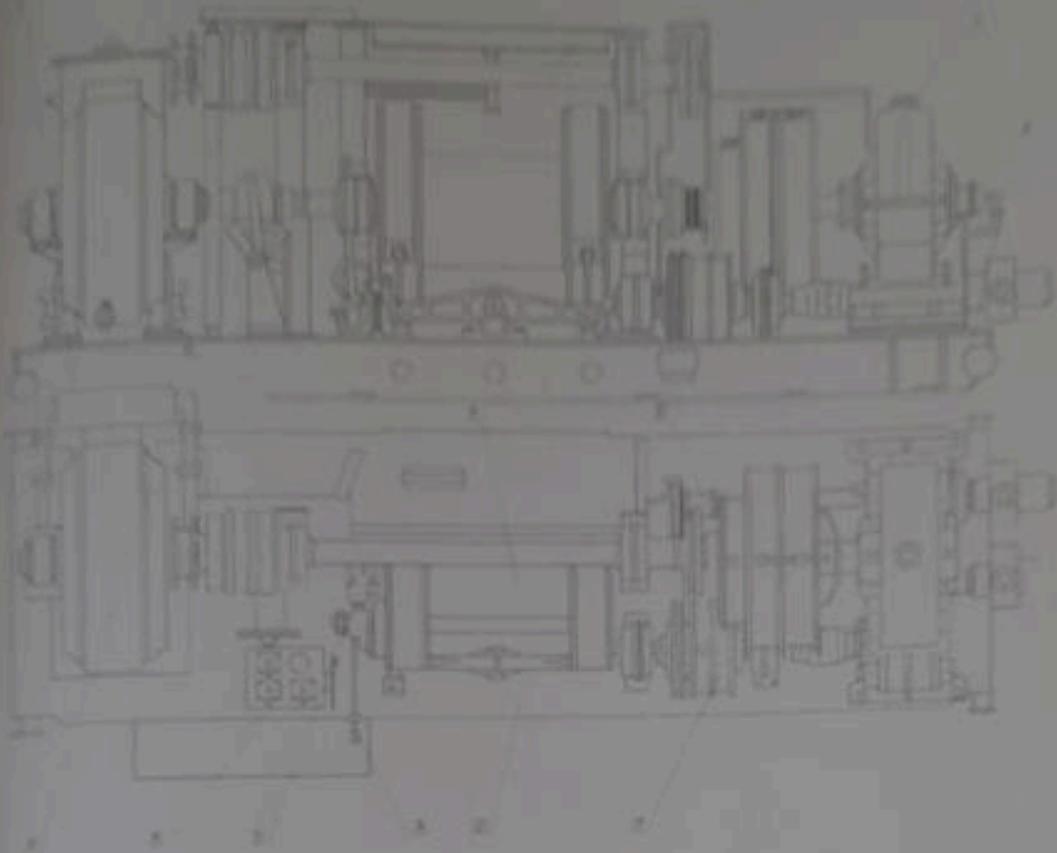


Рисунок 1.4 – Бурова лебідка ЛБУ-1200

Кінематична схема тривалої лебідки ЛБУ-1200 (рисунок 1.5) складається з підйомного 15, трансмісійного 5, котушкового 3 валів і додаткового вала 9 для привода ротора. Лебідка приводиться від зубчастої коробки зміни передач з вихідними валами, веденими й ведучими. Ведучий вал коробки зміни передач з'єднується карданним валом 6 з трансмісійним валом 5 та за допомогою ланцюгової передачі (28/25), шинно-пневматичною муфтою 16, передає підйомному валові «високу» швидкість. Ведений вал коробки зміни передач має чотири швидкості. За допомогою карданного вала ведений вал коробки передач з'єднується із зубчастим редуктором, у якого також два вихідні вали. Один з них з'єднується з підйомним валом лебідки шинно-пневматичною муфтою 7, а другий з валом 9 привода ротора 11.

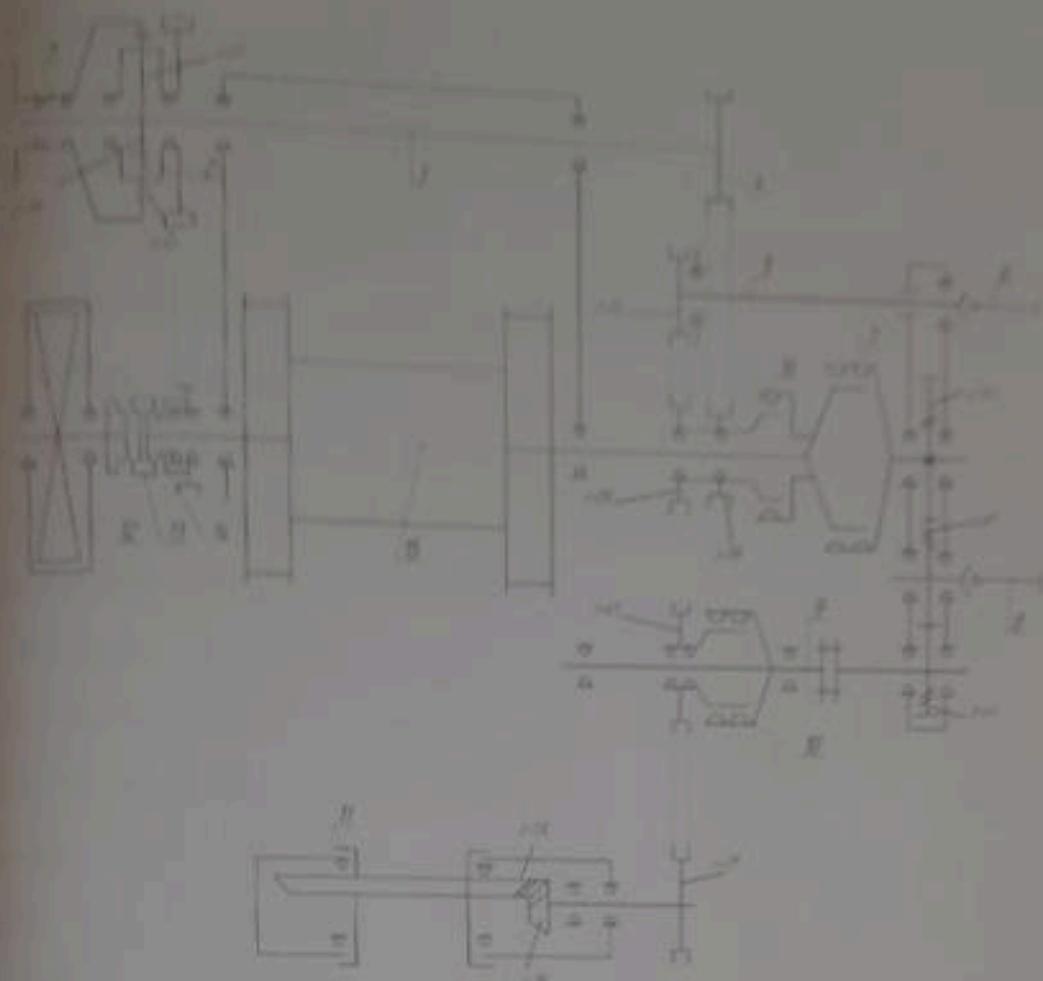


Рисунок 1.5 – Кінематична схема бурової лебідки ЛБУ-1200

Котушковий вал 3 приводиться ланцюговою передачею 4, ведуче колесо $Z=19$ якої на піднімальному валу 15 заблоковано з вільно посадженим ланцюговим колесом $Z = 28$ «швидкої» швидкості. Таким чином, котушковий вал 3 перебуває в постійному зачепленні зі швидкохідним валом коробки передач. На консолі котушкового вала встановлена фрикційна котушка 1 із планетарною зубчастою передачею 2, яка використовується для допоміжних робіт на буровій [47].

Змушене холосте обертання котушкового вала через нероз'ємне його з'єднання зі швидкохідним валом коробки передач — один з недоліків розглянутої кінематичної схеми лебідки.

Привід ротора здійснюється ланцюговою передачею (21/45), що включається шино-пневматичною муфтою 10. Гідродинамічне гальмо 12 і

ланцюгове колесо 14 регулятора подачі долота присдиуються до піднімального вала лебідки двосторонньою кулачковою муфтою 13 [3].

Підйомний вал (рис. 1.6) — основа бурової лебідки. Між корінними підшипниками 15 підйомного валу 19 напресовані маточини дисків барабана 18. У правому доступнішому для роботи диску є внутрішній прилив (перетини А—А і С—С) для кріплення талевого каната планкою 32 і болтами 33. У бурових лебідках канат кріпиться з внутрішньої або зовнішньої сторони диска. Вузол кріплення повинен бути надійним і зручним в роботі. Зовнішнє розташування вузла кріплення доступніше і зручно для швидкого кріплення і звільнення каната. Недолік зовнішнього кріплення — пошкодження витків каната в результаті тертя з верхньою кромкою поглиблення для закладення каната.

Корінні роликові радіально-сферичні підшипники 15 підйомного валу, встановлені в розточуваннях корпуси масляної ванни, змащуються густим мастилом через тавотниці 34. Внутрішні обойми роликпідшипників фіксуються на валу втулками, розпорів, а зовнішні — кришками, торців корпусу підшипника. Для компенсації температурних подовжень вала між корпусом 35 і зовнішньою обоймою 36 одного з підшипників є необхідний зазор. Радіальні і торці лабіринтові ущільнення в кришках служать для утримання мастила в підшипниках [6].

Ланцюгове колесо I тихохідної передачі і шків шинно-пневматичної муфти 12 мають загальну маточину 2, посаджену на вал на роликових радіально-сферичних підшипниках, що вільно обертаються, подібних підшипнику 21. На валу внутрішні обойми підшипників фіксуються втулками. Зовнішня обойма правого підшипника в розточуванні маточини фіксується від осьових переміщень пружинним кільцем і кришкою. Лівий підшипник в маточині встановлюється вільно. Обід 10 шинно-пневматичної муфти 12 планшайбою 5 кріпиться до маточини 6, напресованої на вал [6].

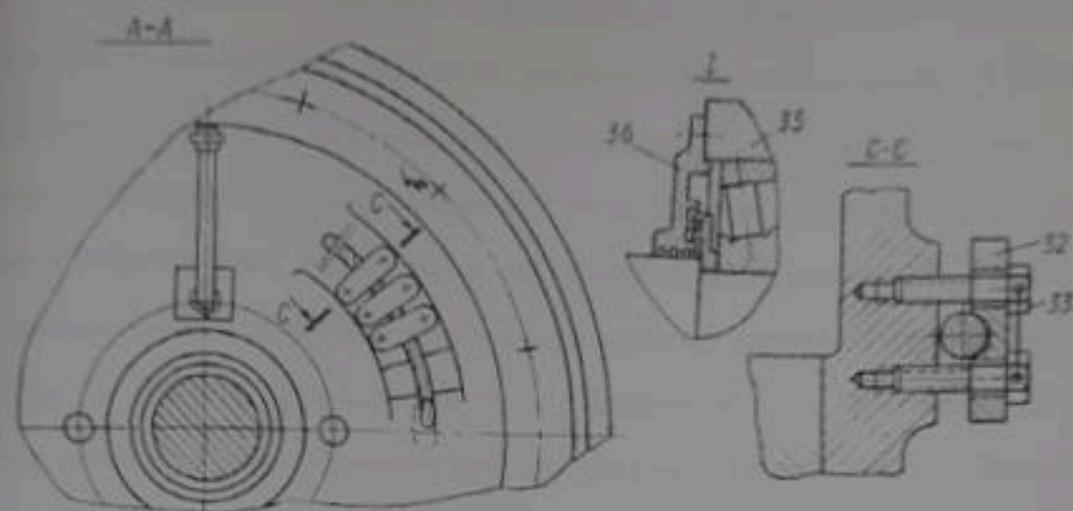
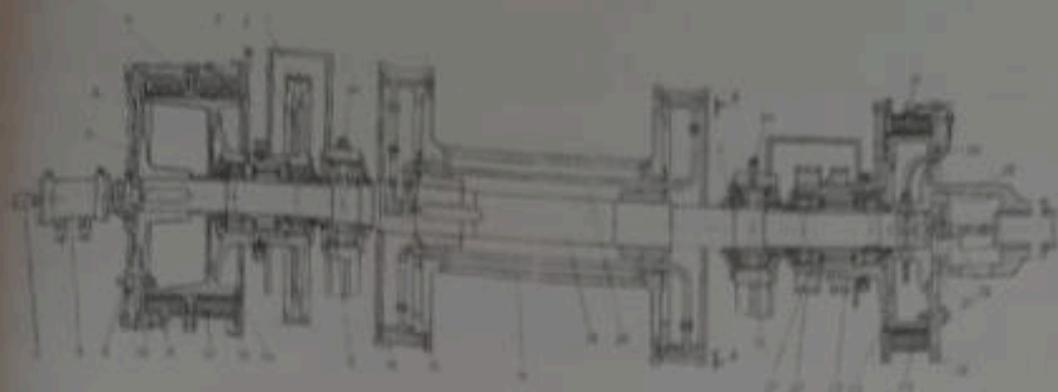


Рисунок 1.6 — Підйомний вал в зборі

Повітря для включення шинно-пневматичної муфти 12 поступає через вертлюжок 7, повітропровід 4 і клапан-розрядник 11. При відмові муфти і у разі недостатнього тиску повітря для з'єднання муфти використовуються аварійні болти 9, які вкручуються в приливи планшайби і входять в пази шківів. За правилами безпеки установка аварійних болтів 9 обов'язкова при використанні бурової лебідки для підйому вежі. Роз'ємне з'єднання ланцюгового колеса 1, шківів 14, 24 і планшайб 5, 26 з маточинами дозволяє ремонтувати муфти і замінювати ланцюгове колесо без знімання напесованих на вал маточин.

Кожух 13 оберігає шків 14 від попадання масла. Підшипники маточини 2 змащуються за допомогою масельнички 3 з трубкою, укрученою в маточину. Аналогічно на іншому кінці підйомного валу встановлені шинно-пневматична

муфта 25 і ланцюгові колеса 22 «швидкої» швидкості лебідки і 23 трансмісії ротора. Повітря до шинно-пневматичної муфти 25 поступає через вал клапан-розрядник 31.

Вал 9 приводу ротора встановлюється на двох роликових радіально-сферичних підшипниках 1. Лівий підшипник встановлюється в корпусі масляної ванни. Корпус правого підшипника кріпиться до рами бурової лебідки. Підшипники закриті фланцевими кришками, забезпеченими лабіринтовим ущільненням. Що веде дворядне ланцюгове колесо 3 обертається від підйомного валу і встановлено на маточині 11, закріпленою на валу шпонкою. Відоме ланцюгове колесо $z = 27$ виконане у вигляді шківа-зірочки 4, що вільно обертається щодо валу на роликопідшипниках 10. Планшайба 7 шинно-пневматичної муфти 6 допомогою шпонки жорстко закріплена на валу 9. Повітря в муфти підводиться через вертлюжок 12 і отвори у валу. У аварійних випадках для з'єднання муфти можуть бути використані болти 8.

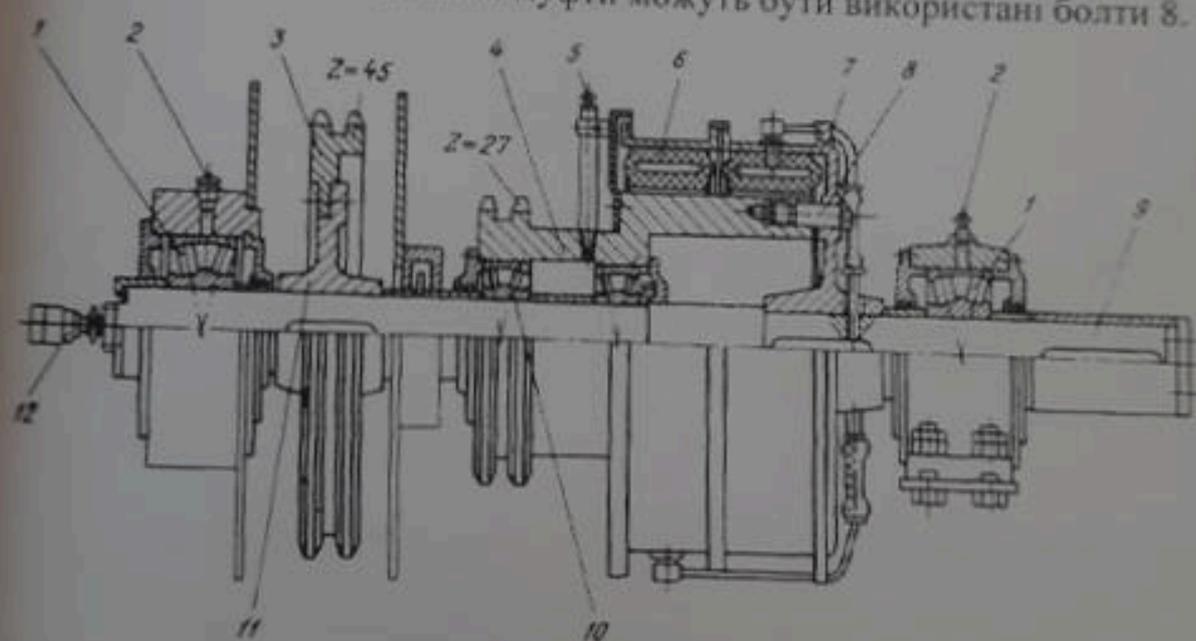


Рисунок 1.7 — Вал приводу ротора в зборі

На вертлюжку 12 є ланцюгова зірочка для приводу тахогенератора, контролюючого частоту обертання столу ротора. Протилежна консоль валу 9 може бути використана для з'єднання з двигуном у разі індивідуального

приводу ротора. Підшипники змащуються через тавотниці 2 і 5 [47].

Для гальмування бурильного інструменту при його спуску використовуються два види гальм: стрічкове і гідравлічне. Гальмівні стрічки 12 виготовляються із сталевого листа товщиною 6-10 мм, зігнутою по діаметру гальмівних шківів 11 барабана 13 лебідки (рисунок 1.10). Ширина стрічки вибирається залежно від колодок, що використовуються, ширина яких по стандарту становить 220-260 мм. Довжина стрічки розраховується по діаметру і кута охоплення ($270-340^\circ$) гальмівного шківа з врахуванням товщини накладок. Стрічка по довжині має отвори для кріплення накладок 14 і оснащена кінцевими провусинами для з'єднання з валом 2 і балансиrom 5 гальма.

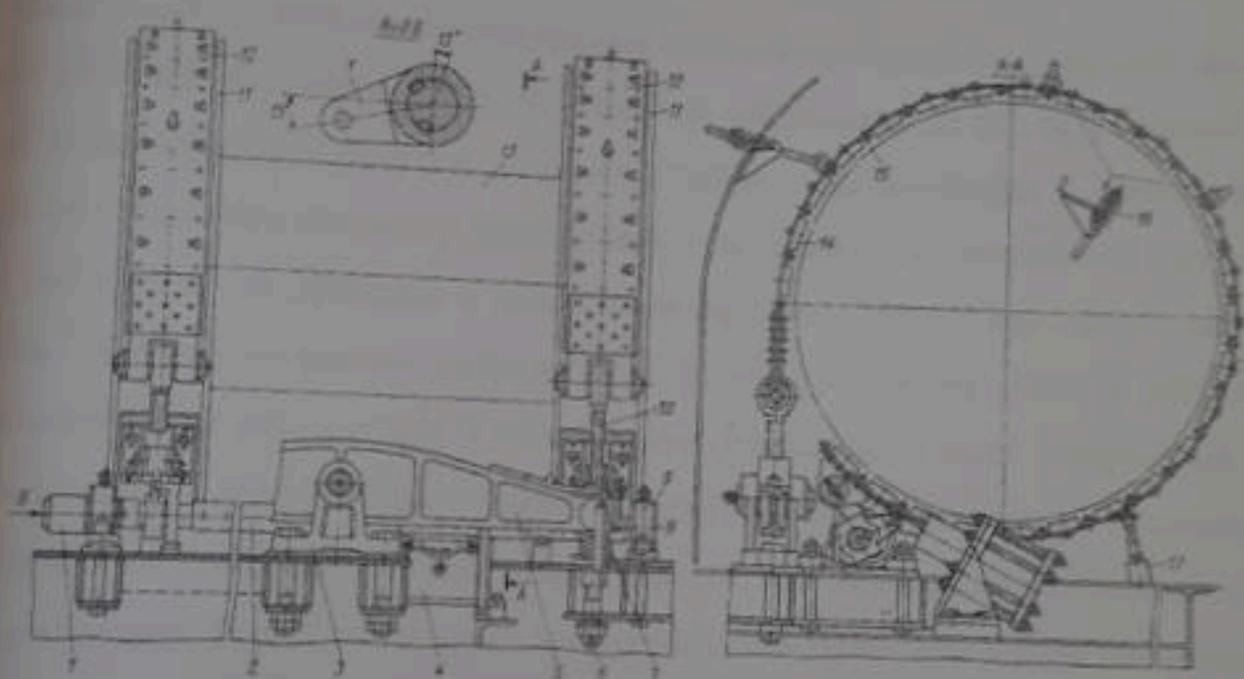


Рисунок 1.8 – Стрічкове гальмо бурової лебідки

Внаслідок великих контактних тисків гальмівні колодки, розміщені з торони набігаючого кінця стрічки, зношуються більш інтенсивно. Для рівнювання зношування колодок кінці стрічок в процесі експлуатації няють місцями. Завдяки цьому значно скорочується розхід колодок. Останні іпляться до стрічки сталевими 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 [6].

Між колодками з зазором 1,7-4,2 мм встановлені дистанційні планки 15, які сприяють щільному і рівномірному прилягання 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 лебідки. Гальмівні шківів і диски барабана 13 між собою з'єднуються на ковзаючих посадках. Невелика глибина центрованих посадочних поверхонь полегшує їх зборку.

Балансир 5 служить для вирівнювання натягування гальмівних стрічок і являє собою сталевий 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 стаканів. При прокручуванні стаканів болт переміщується по різьбі і регулює радіальний зазор між шківом і гальмівними накладками, який створюється в роїмкнутому 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 верстатів мають сферичну форму, яка забезпечує їх самовстановлення при відхиленнях балансира від горизонтального положення. Пружина стиску 7 при виборі 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 ходу гальмівні накладки не будуть притиснуті до шківів. Тому переміщення набігаючого кінця стрічки граничиться зазором між аварійною гайкою і опорною плитою рами, допустиму величину, якого по вимогам безпеки слід постійно контролювати в процесі експлуатації лебідок [5].

Привід стрічкового гальма складається з колінчатого вала 2, який встановлений на радіальних сферичних підшипниках, корпусу 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 напівтулках з антифрикційних матеріалів. Згідно вимогам (ГОСТ 11.141-79), кінець гальмівної ручки при замкненому гальмі повинен знаходитись від підлоги площадки бурильщика 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 шківом, 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 [7].

Ручка гальма, як вказувалось, встановлюється на кінці гальмівного вала або на окремому валу, який з'єднаний з гальмівним валом лебідки за допомогою важеля I і механічних передач.

Висновки

В даному розділі магістерської роботи проведений розрахунок для вибору технологічного комплексу буріння свердловини глибиною 3250 м.

На основі аналізу бурових лебідок встановлені переваги й недоліки гальмівної системи. Усуненню виявлених недоліків, дослідженню модернізованого обладнання присвячені наступні розділи магістерської роботи.

2 ОПИС ТЕХНІЧНОЇ ПРОПОЗИЦІЇ

2.1 Опис модернізованої конструкції гідравлічного гальма бурової лебідки

Мета модернізації гідравлічного гальма бурової лебідки – підвищення надійності в роботі шляхом підвищення ефективності охолодження.

Модернізоване гідродинамічне гальмо бурової лебідки (рис. 2.1) містить вал 1, статори 2, ротор 3 та порожнини теплових труб 4, а також закруглення 5 дощаток 6 в зовнішній частині міжлопаткових каналів 7 ротора 3. Нерухомі дощатки 8 статорів 2 мають канали 9 і порожнини теплових труб 4. Останні отримані в роторі 3 литтям. Порожнини теплових труб 4 через отвір заповнені на 3-4 об'єму рідким металом, після чого решту обсягу в порожнинах теплових труб 4 вакуумується і герметизується пробкою, яка заварюється. Причому застосування тороїдальних теплових труб пов'язано з отриманням поверхні теплообміну. Крім того, тороїдальна тепла труба оптимально вписується в будівельний об'єм гальма. Виконання теплових труб інших перетинів, наприклад, прямокутного, квадратного і т. д., приведе до послаблення перерізу ротора. Більш того, наявність заокруглень в тороїдальній тепловій трубі дозволяє зменшити відцентрові сили. При цьому максимальна відцентрова сила виникає по вертикальній осі ротора, тобто в одному перерізі. Все це дозволяє тороїдальній тепловій трубі працювати на робочому тілі з високим питомим об'ємом, тобто рідким металом в якості робочого тіла.

Наявність зміщення тороїдальної теплової труби щодо вертикальної осі дозволяє мати на їх протилежних заокруглених сторонах зони випаровування і конденсації, що підтримує незначний перепад температур в тілі ротора, наприклад, по горизонтальній осі перерізу теплової труби. Крім того, досягається ефективне охолодження лівої і правої частин ротора за рахунок наявності в них зон випаровування і конденсації.

Модернізоване гідродинамічне гальмо бурової лебідки працює наступним

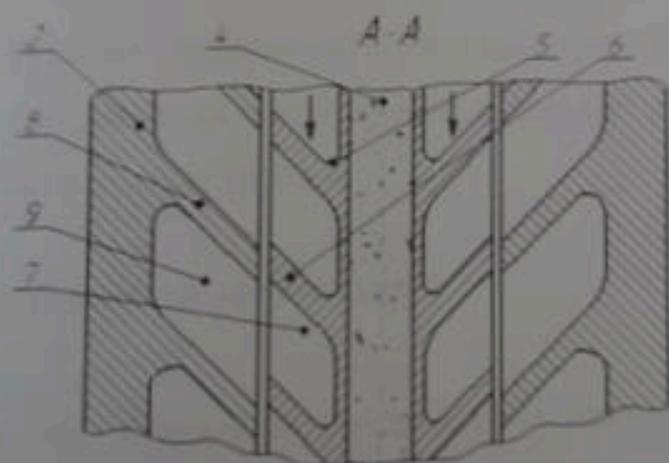
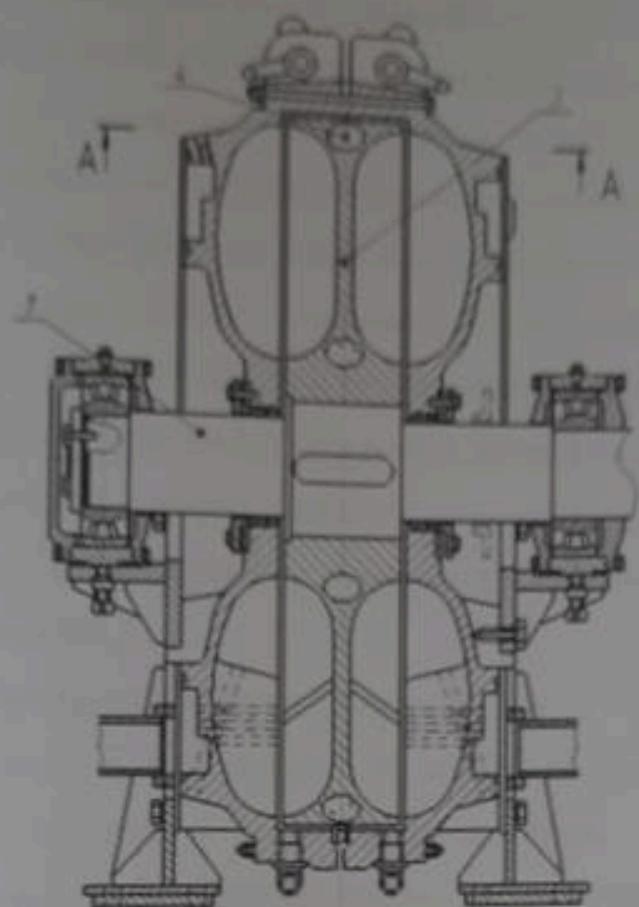


Рисунок 2.1 – Модернізоване гідродинамічне гальмо бурової лебідки:

1 – вал; 2 – статор; 3 – ротор; 4 – порожнини теплових труб; 5 – заокруглення лопаток; 6 – лопатки; 7 – міжлопаткові канали; 8 – лопатки статорів; 9 – канали

Завдяки високим швидкостям циркуляції рідини в міжлопаткових каналах гідрогальма виникає значний гальмівний момент, величина якого прямо

пропорційна квадрату частоти обертання ротора 3. При гальміваних режимах кінетична енергія перетворюється в гідрогальмі в теплову енергію. Якщо вода в гідрогальмі нагрівається до 100 °С, то пара, що утворюється, витісняє воду з робочого простору і гальмівний момент різко падає. Наявність в роторі 3 теплових труб, заповнення їх рідким металом з високим тепловим вмістом дозволяє занебідати перегріванню води, а їх розміщення дозволяє підвищити надійність роботи гідрогальма. У порівнянні з класичною тепловою трубою верхня права (а) і нижня ліва (б) сторони теплових труб підходять близько до міжлопаткових каналів 7 ротора 3. Тому вони є зонами випаровування теплових труб, а верхня ліва (а') і нижня права (б') сторони теплових труб є зонами конденсації теплових труб. Крім того, зони конденсації і випаровування також є в міжлопаткових каналах 7.

Залежно від швидкості обертання валу 1, канали 7 ротора 3 омиваються різною кількістю води. В той канал 7, в який її потрапляє менше в даний момент часу, його поверхня є зоною випаровування, а де більше – зоною конденсації теплової труби. Таким чином, цикли роботи теплової труби повторюються, за рахунок чого досягається ефективне охолодження води. Розташування ж у верхній і нижній частинах тіла ротора 3 порожнин теплових труб 4 пов'язано з тим, що саме в цих місцях можна без значного ускладнення конструкції розмістити теплові труби 4.

2.2 Оцінка економічної ефективності

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

$$E = \left[Z_1 \cdot k_1 \cdot k_2 + \frac{\Delta C^{\text{експл}} - E_x \cdot \Delta K}{P_1 + E_x} - Z_1 \right] \cdot A, \text{ грн.} \quad (2.1)$$

де Z_1, Z_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, $Z_1 = 21000000$ грн. (вартість бурової установки базової конструкції);

k_1 – коефіцієнт зростання продуктивності;

V_2, V_1 – річна проходка відповідно новою та базовою технікою;

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

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

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

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

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

Приведені витрати на одиницю модернізованого обладнання складаються із вартості Z_1 аналогічного бурової установки та вартості заходів по проведенню її модернізації:

$$Z_2 = Z_1 + C^{\text{зах}}, \text{ грн.} \quad (2.3)$$

де $C^{\text{зах}}$ – вартість заходів з модернізації бурової лебідки;

Вартість заходів по модернізації даного виду обладнання визначається за формулою:

$$C^{\text{зах}} = C^{\text{зир}} + C^{\text{тр}}, \text{ грн.} \quad (2.4)$$

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

1) Сировина і матеріали:

$$C^{mat} = \sum_{i=1}^n H_i^M \cdot C_i^M \cdot \left(1 + \frac{\%TЗВ}{100}\right) + \sum_{i=1}^n H_i^{відх} \cdot C_i^{утиліз} \text{ , грн.} \quad (2.5)$$

де: H_i^M – витрати матеріалу i – того типу;

C_i^M – ціна за одиницю матеріалу; приймаємо $C_i^M = 1631,6$ грн.

$\%TЗВ$ – транспортно-заготівельні витрати; приймаємо в розмірі 5% від витрат на матеріали;

$H_i^{відх}$ – кількість відходів матеріалу i – того типу;

$C_i^{утиліз}$ – ціна утилізації одиниці матеріалу i – того типу;

2) Основна заробітна плата.

$$C^{озп} = \sum_{i=1}^n T_{pi} \cdot C_{ti} \cdot \alpha_i \text{ , грн.} \quad (2.6)$$

де T_{pi} – трудомісткість операції i – того типу; приймаємо з таблиці 2.1;

C_{ti} – годинна тарифна ставка робітника i – того розряду, приймаємо з таблиці 2.2;

α_i – кількість виконавців операції i – того типу, приймаємо з таблиці 2.1.

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:

$$C_{BCC} = (C_{OЗП} + C_{ДЗП}) \cdot ECV, \text{ грн.} \quad (2.8)$$

де: ECV - відрахування по ставках страхових зборів, ECV = 22%

$$C_{BCC} = 0,22 \cdot (89,94 + 22,49) = 24,73 \text{ грн}$$

Таблиця 2.1 — Заробітна плата основних робітників

Вид трудової операції	Спеціальність	Розряд робіт	Кількість виконавців $ч_i$, чел.	Трудоємкість операції, Tr_i , н-год	Годинна тарифна ставка, $Ст_i^{год}$, грн/год	Основна заробітна плата, грн.
Заготівельна	токарь	IV	1	0,1	27,60	2,76
Розточування	токарь	IV	1	0,6	27,60	16,56
Токарна	Слюсар-рем.	V	1	0,5	31,98	15,99
Чорнове точіння	Слюсар-рем.	V	1	0,5	31,98	15,99
Чистове точіння	Слюсар-рем.	IV	1	0,8	27,60	22,08
Шліфувальна	Слюсар	IV	1	0,6	27,60	16,56
Всього						89,94

5) Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

$$C^{ex} = \sum_{i=1}^n Tr_i \cdot Nm_i^{exp} \cdot C^{el}, \text{ грн.} \quad (2.9)$$

де C^{el} - витрати на електроенергію під час опрацювання бурової лебідки;

Tr_i - трудоємкість операції i -того типу; приймаємо з таблиці 2.2;

Nm_i^{exp} - норма витрат електроенергії для операції i - того типу за 1 год. приймаємо з таблиці 2.2;

$C^{el} = 169,9 \text{ коп/кВт}$ - ціна за одиницю електроенергії. (станом на 1.11.2020 р.).

6) Загальновиробничі витрати

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

$$C^{202} = 1,5 \cdot C^{201}, \text{ грн.} \quad (2.10)$$

$$C^{202} = 1,5 \cdot 89,94 = 134,91 \text{ грн.}$$

Всього виробничих витрат:

$$C^{203} = C^{200} + C^{201} + C^{202} + C^{203} + C^{204} + C^{205} + C^{206} \text{ грн.} \quad (2.11)$$

$$C^{203} = 16,71 + 89,94 + 22,49 + 74,73 + 326,69 + 134,91 = 665,47 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.2 – Витрати на електроенергію

Вид трудової операції	Обладнання	Норма витрат електроенергії, $N_{T_i}^{\text{год}}$, кВт/год	Трудоємність операції, Tr_i , н год	Ціна за одиницю електроенергії, $C^{эл}$, коп/кВт	Витрати на електроенергію, $C^{эл}$, грн.
Заготівельна	Нажовочно-відрізний верстат 8Б545	9,2	0,1	169,9	16,99
Розточування	Свердлильно-розточний верстат моделі 6902	12	0,6	169,9	101,94
Нарізання різьби	Багаторізцевий верстат 1720	8	0,5	169,9	84,95
Чорнове точіння	Токарний верстат ЧПК 16Б1603-05	8,7	0,5	169,9	84,95
Чистове точіння	Токарний верстат ЧПК 16Б1603-05	8,7	0,8	169,9	135,92
Шліфування	Круглошліфу-вальний верстат 3М194	25,5	0,6	169,9	101,94
Всього					526,69

Вартість витрат на транспортні затрати:

$$C^{TP} = N^{km} \cdot C^{km}, \text{ грн.} \quad (2.12)$$

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

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

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

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

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

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

$$Z_1 = 21000000 + 2500,36 = 21002500,36 \text{ грн.}$$

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

$$P_1 = \frac{1}{T_1} \quad (2.13)$$

де: $T_1 = 15$ років – термін служби бурової установки.

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

Термін служби модернізованої бурової установки теж складатиме 15 років.

тому:

$$P_1 = P_2 = 0,07$$

$$\frac{P_1 + E_k}{P_2 + E_k} = 1$$

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

$$\Delta C^{експ} = \Delta C^{ТО} + \Delta C^{РЕМ} \quad (2.14)$$

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

Збільшення річного ефективного фонду роботи обладнання після модернізації складатиме

$$\Delta T = T_r^{III} - T_r^{II} = 4162,9 - 4136,2 = 26,7 \text{ год}$$

Зростання продуктивності бурової установки зумовлене зростанням

річної проходки.

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

$$B_1 = \frac{V_c \cdot 12,17}{K_{об}} \text{ м.} \quad (2.15)$$

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

$K_{об}$ – коефіцієнт оборотності бурових установок

V_c – комерційна швидкість буріння базовою технікою

Комерційна швидкість у загальному вигляді визначається за формулою

$$V_c^{ст} = \frac{H \cdot 720}{T_c^{ст}} \text{ м.} \quad (2.16)$$

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 \times 24 години);

$T_c^{ст}$ – календарний час буріння свердловини, годин (уключає час механічного буріння, спуско-підйомних операцій, кріплення, допоміжних та інт. час аварій, ускладнень і час простоїв.

ний час буріння свердловини базовою технікою складає

в. ния складає $H = 5400$ м.

$$V_c^{ст} = \frac{5400 \cdot 720}{12155} = 325,8 \text{ м.} \quad \text{верст. - міс.}$$

го значення комерційної швидкості коефіцієнт оборотності установки складає $K_{об} = 1,2634$

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

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

$$V_s^{III} = \frac{H \cdot 720}{T_s^{III}} = \frac{H \cdot 720}{T_s^{II} - \Delta T} \text{ верст.} \cdot \text{міс.} \quad (2.17)$$

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

T_s^{II}, T_s^{III} – календарний час буріння свердловини базовою і новою технікою відповідно, годни.

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

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

$$V_s^{III} = \frac{5400 \cdot 720}{12155 - 26,7} = 326,5 \text{ верст.} \cdot \text{міс.}$$

Для бурової установки з модернізованою буровою лебідкою коефіцієнт оборотності бурової установки складає $K_{об} = 1,264$

Тоді,

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

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:

$$\Delta C^{IO} = \lambda \sum_1^n \Delta T p C_{т,т_i} \left(1 + \frac{ССВ\%}{100}\right) k^{\text{еко.заст}} k^{n-i}, \text{ грн} \quad (2.18)$$

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

ΔTr – економія трудомісткості проведення технічного обслуговування.

Cm_i – годинна тарифна ставка робітника i -го розряду, грн.

m_i – кількість робітників i -го розряду в бригаді, чел.

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

k^{mat} – коефіцієнт використання матеріалів по заробітній платі, (приймається, 1,5)

k^{ov} – коефіцієнт накладних витрат по заробітній платі основних робітників (приймається 1,8)

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

Таблиця 2.3 – 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

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

Отже, за формулою (2.1) маємо:

$$E = \left[2100000 \cdot 1,002 \cdot 1 + \frac{14714,5}{0,17 + 0,15} - 21002500,36 \right] \cdot 1 = 85483 \text{ грн.}$$

Висновки

Суть технічного рішення з модернізації гідродинамічного гальма бурової лебідки полягає в тому, що порівняно з аналогом, охолоджувальний пристрій складається із теплових труб, які виконані у вигляді замкнених кільцевих труб з торіадальним перерізом і розташовані в тілі ротора, в місцях найбільшого потовщення, у верхній і нижній частині ротора, причому теплові труби виконані зі зміщенням щодо вертикальної осі симетрії ротора.

Використання модернізації порівняно з гідродинамічним гальмом бурової лебідки (базовий варіант) дозволить підвищити надійність гальма за рахунок підвищення ефективності охолодження деталей гальма, за рахунок підвищення його навантажувальної здатності.

За результатами розрахунків видно, що сумарний економічний ефект від впровадження модернізованого стрічкового гальма бурової лебідки складає майже 85,5 тис. грн., що вказує на економічну доцільність удосконалення гідродинамічного гальма бурової лебідки.

З ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКА РОБОТА

3.1 Розробка уточнених методів вибору оптимальних конструктивних параметрів і раціональних режимів експлуатації гальм бурових лебідок

Огляд досліджень в області розрахунку та експлуатації стрічкових гальм, виконаних Шахмалієвим Г.М., Александровим М.П., Крагільським І.П., Чечинадзе А.В., Баграмовим Р.А., Іткіс М.Я. показує, що за рамками відомих норм і рекомендацій залишаються ряд питань, що стосуються вибору конструктивних параметрів стрічкових гальм і критеріїв, що визначають раціональні режими їх експлуатації.

У зв'язку з цим розробка уточнених методів вибору оптимальних конструктивних параметрів і раціональних режимів експлуатації стрічкових гальм бурових лебідок має безперечне теоретичне і практичне значення.

На стадії проектування поряд з вибором матеріалів для фрикційної пари, що відповідають відомим вимогам (величина і стабільність коефіцієнта тертя, що допускають контактний тиск і швидкості ковзання, зноєстійкість, сталостійкість та ін.) вирішується питання вибору діаметра гальмівних шківів.

Гальмівний момент, який залежить від конструктивних параметрів стрічкового гальма і контактного тиску:

$$M_{\text{г}} = \frac{8D_{\text{г}}^2 (e^{\alpha} - 1) z}{M_{\text{д}}} [P]; \quad (3.1)$$

де $D_{\text{г}}$ - діаметр гальмівного шківа;

μ - коефіцієнт тертя між шківом і накладками;

α - коефіцієнт обхвату гальмівного шківа стрічкою;

z - кількість гальмівних шківів;

$[P]$ - допустимий контактний тиск;

$M_{\text{д}}$ - максимальний обертовий тиск.

Відповідно до формули (3.1) величина гальмівного моменту, створюваного

залежи тертя між поверхнями контакту гальмівних шківів і фрикційних пар, пропорційна квадрату діаметра гальмівних шківів. Завдяки цьому необхідний гальмівний момент може бути забезпечений при обмеженому контактному тиску, що сприятливо впливає на зносостійкість фрикційних пар.

Однак при цьому згідно з швидкістю ковзання між поверхнями шківів і канатом, яка визначається за формулою:

$$V_s = \frac{D_{\text{шк}}}{D_{\text{кан}}} \cdot i_{\text{т}} \cdot v_{\text{т}}; \quad (3.2)$$

де $D_{\text{шк}}$ - середній діаметр навивки каната на барабан;

$i_{\text{т}}$ - коефіцієнт корисної дії талевої системи;

$v_{\text{т}}$ - швидкість гака талевої системи.

при збереженні швидкості гака зростає швидкість ковзання, що негативно впливає на знос фрикційної пари.

Аналогічний вплив на роботу стрічкового гальма мають кратність зменшення талевої системи, зі збільшенням якої при заданому навантаженні на гаку знижується крутний момент на барабан бурової лебідки і відповідно необхідний гальмівний момент і контактний тиск, але одночасно зростає швидкість ковзання при гальмуванні гака, що спускається із заданою швидкістю.

Таким чином, при розрахунку і виборі діаметра гальмівних шківів бурової лебідки необхідно забезпечити раціональне поєднання контактного тиску і швидкості ковзання, що виникають в процесі гальмування. Для цього необхідно мати дані про спільний вплив на знос фрикційної пари, контактного тиску і швидкості ковзання.

Для визначення прийнятних режимів гальмування необхідно встановити критерії, що обмежують початкові швидкості і тривалості гальмування в залежності від ваги спущеної колони і технічних можливостей гальма.

3.2 Дослідження спільного впливу швидкості ковзання і контактного тиску на знос фрикційної пари стрічкових гальм

Для дослідження спільного впливу швидкості ковзання і контактного тиску на знос фрикційної пари стрічкових гальм використовується машина тертя МТ-3, кінематична схема якої показана на рис. 3.1.

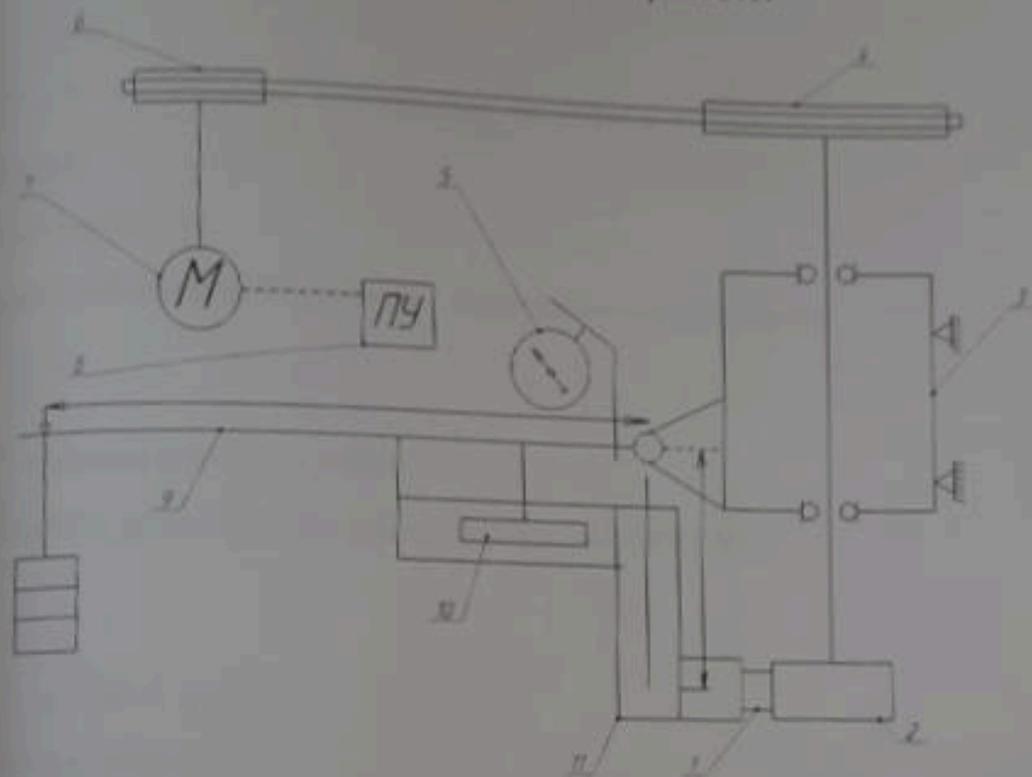


Рисунок 3.1 – Кінематична схема машини тертя МТ-3:

1 – зразок "стержень"; 2 – контрзразок "кільце"; 3 – шпindelь; 4, 6 – шківни клинопасової передачі; 5 – вимірювач зносу зразків; 7 – електродвигун;

8 – пульт управління; 9 – механізм навантаження; 10 – вимірювач сили

тертя; 11 – тримач зразка

Тримач зразка 11 призначений для фіксування зразка щодо контрзразка і передачі навантаження на зразок. Контрзразок в формі "кільця" встановлений на валу шпindelя 2, що складається з корпусу, який обертається на підшипниках. Передача обертання від електродвигуна 7 до валу контрзразка здійснюється клинопасовою передачею зі шківнами 4 і 6. Навантаження на зразок, який випробовують створюється механізмом навантаження 9 з

Для вимірювання зносу випробуваних зразків служить індикатор 5, який закріплений на передній стороні стінки станини, у міру зносу зразків важіль-показчик спрацьовування переміщається пропорційно зносу. Сила притиснення зразка до контрзразка визначається за формулою:

$$C = \frac{L_1}{L_2} \cdot q; \quad (3.3)$$

де L_1, L_2 - довжина відповідно великого і малого важелів механізму притиснення;
 q - вага вантажу.

Контактний тиск між зразком і контрзразком становить:

$$p = \frac{C}{F}; \quad (3.4)$$

де F - площа контакту тертя.

Швидкість зносу зразків визначається за формулою:

$$I = \frac{l}{t}; \quad (3.5)$$

де l - лінійний знос;
 t - час випробування.

З урахуванням технічної характеристики машини тертя МТ-3 випробування проводилися при швидкостях ковзання 0,15; 0,30; 1,0 і 2,10 м/с.

При цьому на кожній швидкості випробування здійснювалося при наступних контактних тисках: 1,3; 1,7; 2,9; 4,0; 5,3; 6,4; 7,6; 9,4; 10,6 МПа.

Результати випробувань, які представлені на рис. 3.2, показують, що знос зразка по сталі підвищується зі збільшенням швидкості ковзання і контактного тиску. Для опису кількісної залежності швидкості зносу використаний метод найменших квадратів і отримано рівняння виду:

$$I = p^{\alpha} \cdot v^{\beta} \cdot 10^{-3}; \quad (3.6)$$

де I - розрахункова швидкість зносу;
 p - контактний тиск;
 v - швидкість ковзання;

α, β – дослідні коефіцієнти, значення яких наводяться в табл. 3.1.

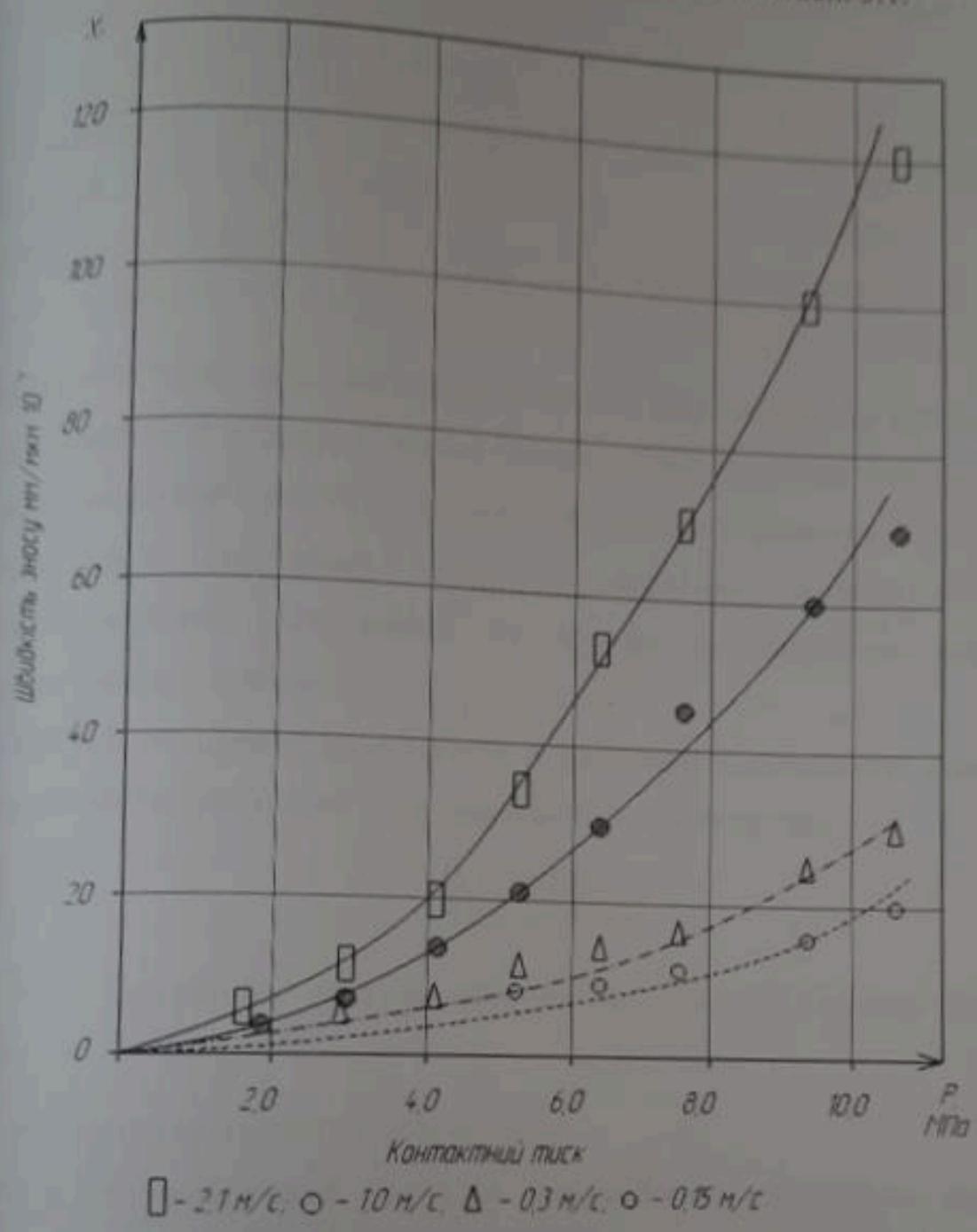


Рисунок 3.2 – Швидкість зносу в залежності від контактного тиску і швидкості ковзання

Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки:

- переважний вплив на швидкість зносу ретинакса по сталі має контактний тиск;
- зі збільшенням швидкості ковзання цей вплив посилюється.

$v', \text{ м/с}$

Таблиця 3.1 – Дослідні коефіцієнти

0,15

 a μ

0,27

1,35

0,1

0,97

1,45

0,1

2,1

1,8

0,2

2,0

0,25

Виходячи із зазначених висновків, з метою зниження зносу фрикційних накладок кращими є гальмівні шківні великого діаметра, що забезпечують збільшення гальмівного моменту пропорційно квадрату діаметра. При цьому зменшується рівень контактних тисків, що позитивно впливає на знос фрикційних накладок, незважаючи на збільшення швидкості ковзання пропорційно діаметру шківів.

Контактний тиск, який характеризує в поєднанні зі швидкістю ковзання, знос і довговічність фрикційної пари визначається за формулою:

$$M_{\text{с}} = \frac{(P_{\text{доп}} + G_{\text{с}}) \cdot D_{\text{с}} \cdot e^{\mu}}{8D_{\text{с}}^2 \cdot i_{\text{с}} \cdot (e^{\mu} - 1)}; \quad (3.7)$$

де $P_{\text{доп}}$ – допустиме навантаження на гаку талевої системи бурової оснастки;

$G_{\text{с}}$ – вага рухомих частин талевої системи.

Поряд з цим позитивний вплив на зносостійкість фрикційних пар має збільшення кратності оснащення талевої системи бурових лебідок, в результаті якого відповідно до формули (3.7) зменшується контактний тиск, що сприятливо впливає на збільшення терміну служби гальмівних накладок, незважаючи на те, що при цьому, згідно з формулою (3.2), збільшується швидкість ковзання при заданій швидкості спуску гака.

Для визначення впливу діаметра гальмівного шківів і кратності оснастки на довговічність фрикційних пар стрічкових гальм були використані експериментальні дані. Вихідний режим мають параметри: $P = 6 \text{ МПа}$,

$v = 0,97 \text{ м/с}$ швидкість зносу $\gamma = 23 \cdot 10^{-3} \text{ мм/хв.}$

При збільшенні діаметра гальмівного шківів в 1,4 рази швидкість зносу зменшується в 2,5 рази, коефіцієнт запасу гальмування підвищується в 2 рази, а при збільшенні кратності оснащення 3x4 на 5x6 швидкість зносу зменшується в 9 рази, запас гальмування підвищується в 1,7 рази.

Більш раціональним способом підвищення ефективності стрічкового гальма є підвищення кратності оснащення талевої системи, так як це призводить не тільки до підвищення коефіцієнта запасу гальмування і довговічності стрічкового гальма, але в значній мірі сприяє роботі інших вузлів деталей підйомного механізму бурової установки, так як зі збільшенням кратності оснащення знижується рівень навантажень, що діють в талевому канаті і також у вузлах, деталях підйомної частини бурової установки.

Висновки

Підвищення потужності бурових лебідок, що обумовлене збільшенням глибини буріння, вимагає відповідного посилення стрічкового гальма, від яких можливостей якого залежать безпека і швидкість спуску, обсяг якого збільшується з сумарною довжиною труб, і при бурінні окремих свердловин досягає сотень тисяч метрів.

За межею різнобічних дослідів, виконаних різними авторами з області підвищення ефективних стрічкових гальм, виявилися роботи, що дають неоднозначні відповіді про вплив контактної тиску і швидкості ковзання стрічкової пари на вибір конструктивних параметрів стрічкового гальма і режимів гальмування, що визначають безпеку експлуатації і довговічність стрічкового гальма, що набуває особливої важливості у зв'язку зі збільшенням потужності бурових лебідок.

Недостатня увага до зазначених питань при проектуванні і експлуатації стрічкових гальм зумовили зменшення запасів гальмування і зростання контактної тиску і швидкостей ковзання зі збільшенням потужності бурових лебідок і в результаті цього підвищену небезпеку і порівняно низьку

В результаті лабораторних випробувань встановлено, що інтенсивність зносу найбільш поширеної в стрічкових гальмах фрикційної пари "ретиник-метал" зростає з зменшенням швидкості ковзання.

З урахуванням результатів випробувань на тиск при проектуванні стрічкових гальм бурових лебідок слід виходити не з допустимого контактного тиску використовуваної фрикційної пари, як це прийнято, а з постійного тиску, що виражає добуток контактного тиску на швидкість ковзання, що становить допустимі величини якого дозволяє зберегти довговічність фрикційної пари гальма незалежно від потужності бурової лебідки.

При заданому контактному тиску і інших однакових умовах швидкість зносу підвищується при збільшенні гальмівного моменту стрічкового гальма прямо пропорційного квадрату діаметра гальмівних шківів, або шляхом збільшення чинного на гальмо крутного моменту, завдяки збільшенню кратності оснащення талевої системи.

Другий спосіб є кращим, тому що зі збільшенням кратності оснащення підвищується ефективність гідродинамічного гальма і знижується рівень навантажень, що діють в талевого канаті, а також у вузлах і деталях підйомної частини бурової установки, що сприятливо впливає на їх міцність і довговічність.

З розгляду різних критеріїв, що визначають режим спуску і гальмування, слідє, що кращим є критерій, який забезпечує при певному навантаженні достатню безпеку гальмування і швидкості спуску, що близькі до швидкостей підйому, встановленим тяговою характеристикою бурової лебідки.

4.1 Розрахунок барабану підйомного валу

Для визначення розмірів барабана перш за все необхідно знайти його діаметр D_b . Довговічність каната забезпечується дотриманням певних співвідношень діаметру барабана D_b до діаметру каната d_c . Офіційними нормами правила узаконено мінімальне значення співвідношення $\frac{D_b}{d_c}$; для підйомних лебідок при середньому і важкому режимі роботи $D_b = (20 + 30)d_c$.

У бурових лебідках нижню межу беруть трохи меншою, відносна це співвідношення до середнього діаметру, тобто:

$$D_b = (20 + 30)d_c, \quad (4.1)$$

Довжина каната L_k , що намотується на барабан, залежить від висоти підйому крюка h , тобто від висоти вежі і кількості гільз в оснащенні і.

Потрібна канатоємкість барабана:

$$L_{\text{ка}} = h + L_k, \quad (4.2)$$

де L_k — довжина каната, що не змотується з барабана при важкому положенні крюка (запасна):

$$L_k = C \pi (D_b + d_c), \quad (4.3)$$

де C — число запасних витків каната на барабані; береться не менше 4.

Довжина l_b барабана лебідки залежить від висоти вежі H , котра визначає кут λ відхилення (девіації) каната (рис. 4.1).

$$l_b = 2H \operatorname{tg} \lambda, \quad (4.4)$$

Практикою експлуатації бурових лебідок встановлено, що при багат шаровому намотуванні каната на гладкий барабан без канатоукладчика рівномірне намотування забезпечується при

$\lambda > 45^\circ + 1^\circ$ і цей кут не повинен бути більше кута θ підйому гвинтової
лінії укладання каната.



Рисунок 4.1 — Відхилення канату від середньої лінії під час
навивання

Так як

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{d_s}{\pi D_s}, \text{ то } l_s \leq \frac{2Hd_s}{\pi D_s}. \quad (4.5)$$

При $\lambda > 1$ витки каната нещільно укладаються один до одного від
реборди і середньої лінії і навпаки; під час намотування від середини
до реборди укладання йде щільніше унаслідок того, що при відхиленні
каната виникає складова горизонтальна сила N_s , що діє завжди по
напрямку середини барабана, тобто нейтрального положення каната. При
намотуванні кожного наступного шару канат рухається в напрямку,
протилежному попередньому шару і частина верхнього ряду з менш

щільним намотуванням укладається на частину нижнього ряду з більш щільним і навпаки, що приводить до урізування каната між рядами і його псування.

При $\lambda < 45$ горизонтальна складова сила N_x недостатня для відштовхування каната від реборди, в результаті відбувається набігання одного витка на інший, а зрив витка з витка приводить до удару і псування канату.

Число витків в одному ряді:

$$m = \frac{l_n}{d_s \beta} \quad (4.6)$$

де β - коефіцієнт щільності укладки; $\beta = 1,05 - 1,1$.

Наближене число шарів намотування каната без врахування того, що зім'яло в рядах може бути визначено з формули:

$$z = -\frac{Db}{2d_s} + \sqrt{\left(\frac{D_s}{d_s}\right)^2 + \frac{d_s}{\pi m d_s}} \quad (4.7)$$

Число шарів $z > 5$ не рекомендується, оскільки збільшується знос каната.

У лебідках останніх конструкцій число шарів каната що намотуються на барабан складає 2 — 4 проти 5 — 7 в старих, діаметри барабанів збільшені до 700—900 мм замість 500—600 мм і довжина до 1000—1600 мм замість 600—800 мм.

Фактична канатоємкість барабана L залежить від довжини каната, що намотується на кожен ряд, числа шарів намотування, діаметру барабана і каната:

для першого ряду

$$L_1 = \pi m (D_s + d_s);$$

для другого ряду

$$L_2 = \pi m (D_s + d_s + 2d_s a);$$

для третього ряду

$$L_3 = \pi m (D_s + d_s + 4d_s a);$$

для будь-якого ряду

$$L = \pi[D_0 + d_0 + (2z - 2)M, a],$$

Загальна довжина каната, що намотується на барабан.

$$L_{\text{заг}} = \pi[D_0 + d_0 + (z - 1)M, a], \quad (4.8)$$

де a — коефіцієнт, що враховує відстань між шарами намотування каната при гладкому барабані, рівний 0,9—0,93.

Загальна довжина каната для оснащення талевої системи:

$$L_{\text{т}} = \left(\frac{\pi D_{\text{ш}}}{2} + h \right) \cdot (i + 2) + l_{\text{з}} + l_{\text{к}}, \quad (4.9)$$

де $D_{\text{ш}}$ — діаметр шківів талевої системи;

$l_{\text{к}}$ — запасна довжина з боку закріпленої гілки, що перемотується на барабан по мірі зносу каната (зазвичай складає 100—400 м).

Момент інерції барабана лебідки повинен бути по можливості невеликим, щоб полегшити розгін при спускові ненавантаженого елеватора.

Барабан виконують із катаної сталевий або литий обичайки, звареної з литими сталевими дисками і маточинами, що забезпечує легку технологічну конструкцію, яка має невеликий момент інерції. Шківів гальма оснащуються ребрами і вентиляційними крильчатками для поліпшення відводу теплоти чи камерами для водяного охолодження. Гальмівні шківів кріпляться до ребер болтами й шпильками, щоб при зношуванні їх можна було б легко замінити.

Диски барабанів зварної конструкції виготовляють із вуглецевої сталі марки 30Л чи 36Л. Бочки барабана — 20ХГ, а литі барабани — 35Л, 40Г2Л.

Барабан разом із валом з гальмівними шківів потрібно статично балансувати з точністю 1,5 Н·м.

Діаметр барабана вибираємо залежно від діаметра каната і товщини дроту в ньому, довжину — від потрібної канатосмістості та вибраного

числа шарів навівання каната. Для буріння на великі глибини необхідно не лише збільшувати діаметр барабана, а й зменшувати число шарів навівання каната за рахунок збільшення довжини барабана.

У сучасних лебідках діаметр барабанів – 0,6...1,07 м довжина – 0,9...1,83 м.

Рекомендують наступні співвідношення між діаметром барабана D_6 і каната d для бурових лебідок:

$$D_6 = (1.8...25)d, \quad (4.10)$$

де D_6 – діаметр барабана, м;

d – діаметр талевого каната, м.

$$D_6 = 20 \cdot 0,032 = 0,64 \text{ (м)}$$

Для лебідок, що призначені для буріння при великій кількості спусків і підйомів, потрібно вибирати барабани за такою формулою:

$$D_6 \geq 20d, \text{ м.} \quad (4.11)$$

Довжину барабана L_6 вибираємо залежно від діаметра барабана в межах:

$$L_6 = (1,5...2,2)D_6, \quad (4.12)$$

$$L_6 = 2 \cdot 0,64 = 1,28 \text{ (м)}$$

Для потужних бурових лебідок:

$$L_6 = (1,5...1,9)D_6, \text{ м.} \quad (4.13)$$

або

$$L_6 = m(d + \Delta), \text{ м.} \quad (4.14)$$

де m – число витків каната в ряду, $m=34...40$;

Δ – проміжок між витками, $\Delta=1...2$ мм.

При виборі довжини барабана потрібно перевірити кут відхилення каната від його середньої лінії (кут девіації). Приймаємо в межах $\lambda=44...60^\circ$.

При $\lambda>60^\circ$ канат не щільно укладається, внаслідок чого витки верхнього ряду попадають у проміжок між витками нижнього ряду і

$$1 + \frac{4 + 30\lambda + 70\lambda^2 + 50\lambda^3}{(1 + \lambda)(1 + 2\lambda)(1 + 3\lambda)(1 + 4\lambda)}$$

4.2 Розрахунок напруги в стінці барабана

При намотуванні каната в стінці барабана виникає складна напруга від вигину, кручення і стиснення барабана канатом. Якщо визначається напруга в стінці, то барабан розглядається як циліндр, що знаходиться під дією зовнішнього тиску g , що створюється натягненням каната P_c . У барабанах з ребрами жорсткості враховується також вплив лише поперечних ребер.

Барабани розраховують загальноприйнятими методами, при цьому напруга кручення унаслідок невеликої величини не враховується.

Тонкостінні барабани, що не мають ребер жорсткості, можуть зруйнуватися унаслідок втрати стійкості стінки. У цих випадках критичне навантаження стискування визначається як для круглого кільця, навантаженого рівномірно розподіленням зовнішнім тиском.

У зварних барабанах шви розраховуються на зріз і вигин. У литих переходи виконуються плавними, товщина стінок — рівномірною щоб уникнути появи усадкових тріщин і раковин.

В процесі роботи лебідки підймальний вал систематично вмикається і загальмовується, при цьому величини зусиль і моментів, що діють не залишаються постійними. Ці обставини викликають необхідність розрахунку валу як на статичну міцність, так і на довговічність.

Розрахунок валу на статичну міцність ведеться по загальноприйнятій методиці по найбільшому зусиллю, що короткочасно діє у ведучій гілці каната при максимальному діаметрі накручування каната на барабан. Маточини, котрі передають момент що крутить, кріпляться на валу на шпонках і посадці. При розрахунку

враховується те, щоб кожна з цих деталей могла передавати повний момент, що крутить, тобто

$$M_{\text{вн}} = M_{\text{л}} \geq M_{\text{кр.ст.}} \quad (4.17)$$

де $M_{\text{вн}}$, $M_{\text{л}}$, $M_{\text{кр.ст.}}$ — моменти, що крутять, передаються шпонкою посадкою і максимально діючий.

Підіймальний вал на довговічність розраховується по найбільшому зусиллю у ведучій гілці $P_{\text{вн}}$, що виникає під час підйому бурильної колони найбільшої маси в процесі буріння свердловини, прийнятої за базову. При цьому враховуються коефіцієнт довговічності K і коефіцієнт $K_{\text{вн}}$ зміни вигинаючого моменту підіймального валу залежно від переміщення каната упродовж барабана.

$$M_{\text{вн}} = P_{\text{вн}} \frac{D_{\text{вн}}}{2} K \quad (4.18)$$

де $D_{\text{вн}}$ — середина діаметра намотування каната;

K — коефіцієнт довговічності

$$K = \sqrt{\sum \left(\frac{K_{\text{вн}} P_{\text{вн}}}{P_{\text{вн}}} \right)^2 \frac{N_{\text{вн}}}{N_0}} \quad (4.19)$$

де $P_{\text{вн}}$ — зусилля у ведучій гілці при роботі на x -му ступені;

$K_{\text{вн}}$ — коефіцієнт, що враховує вплив переміщення каната уздовж барабана;

$$K_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{1 - \gamma_{\text{вн}}^{m+1}}{m+1 \cdot (1 + \gamma_{\text{вн}})}} \quad (4.20)$$

де $\gamma_{\text{вн}}$ — відношення напруги $\sigma'_{\text{вн}}$ (або зусиль) в січenni валу, що розраховується, між опорами до напруги $\sigma_{\text{вн}}$, котрий виникає при роботі на x -ому ступені

$$\gamma_{\text{вн}} = \frac{\sigma'_{\text{вн}}}{\sigma_{\text{вн}}}$$

γ — показник міри кривої витривалості.

Після визначення моментів вигинів і кручення знаходять еквівалентні напруження по вигину і крученню, і загальний запас

міцності по довговічності, як указувалось раніше.

Для валів лебідок коефіцієнт запаса міцності по довговічності вибирають в межах 1,3-1,5.

Розрахунок деформацій валу визначається відомими способами для наступних випадків навантаження.

1. При повній вантажопідйомності:
 - а) талевий канат знаходиться в правій реборді барабана,
 - б) талевий канат розташовується в лівій реборді барабана.
2. При дії на підйомальний вал сили тяжіння мас деталей, що

знаходяться на ньому.

Для цих випадків будуються епюри моментів, що вигинають, і повороту ϕ вісі валу в підшипниках.

Для сферичних роликпідшипників, зазвичай вживаних в бурових лебідках.

$$\phi = \frac{f}{R} \leq 0,05, \quad (4.21)$$

де f — стріла прогину;

R — відстань від опори до січення з максимальним прогином.

Підшипники кочення вибираються по загальноприйнятій методиці з врахуванням коефіцієнта довговічності K . Їх розміри визначаються діаметром валу, а тип — необхідною довговічністю. Коефіцієнт довговічності K визначається з врахуванням переміщення каната уздовж барабана по формулі 4.20 при значенні показника степеня кривої витривалості $t=3$.

Роз'ємні з'єднання барабана з валом і ребордами розраховуються по найбільшому моменту, що крутить, на барабані, а болти кріплення гальмівних шківів — на розтягування по повному зусиллю затягування. У деяких конструкціях застосовують контрольні штифти або призонні болти, які

враховуються на зріз від дії найбільшого моменту, що крутить.
 При цьому момент тертя між гальмівним шківом і ребордою не
 враховується.

Визначимо місцеві навантаження в стінці бочки:

$$P = \frac{P_1}{R_0 \cdot t} A_1, \text{ Па.} \quad (4.22)$$

де P_1 – натяг ведучої гілки кінця каната, Н;

t – крок навивання каната, м;

R_0 – зовнішній радіус барабана, м;

A_1 – коефіцієнт, що враховує число шарів навивання каната

λ – коефіцієнт, який враховує вплив модулів пружності й площ
 перерізу каната E_k та F_k та барабана E_0 і F_0

$$\lambda = \frac{E_k F_k}{E_0 F_0}, \quad (4.23)$$

де F_k – площа поперечного перерізу дротинки каната, береться із
 ГОСТу залежно від вибраного каната. $F_k = 564,1 \text{ мм}^2$.

F_0 – площа поперечного перерізу бочки на довжині кроку, мм^2 :

$$F_0 = t \delta_1, \quad (4.24)$$

де t – крок навивання каната, мм;

$$\delta_1 = (1,2 \dots 1,3)d, \text{ мм}$$

$$\delta_1 = 1,25 \cdot 32 = 40 \text{ (мм)}$$

$$F_0 = 40 \cdot 32 = 1280 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Тоді за формулою:

$$\lambda = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 564,1}{1,15 \cdot 10^5 \cdot 1280} = 0,81$$

За таблицею 4.1

$$A = 1 + \frac{2 + 3\lambda}{(1 + \lambda)(1 + 2\lambda)}$$

$$A = 1 + \frac{2 + 3 \cdot 0,81}{(1 + 0,81)(1 + 2 \cdot 0,81)} = 0,93$$

Визначимо коефіцієнт навантаження в стінці бочки:

$$P_1 = \frac{480200}{0,032 \cdot 0,309} \cdot 0,93 = 45 \text{ (МПа)}$$

$$P_2 = \frac{285800}{0,032 \cdot 0,309} \cdot 0,93 = 27 \text{ (МПа)}$$

Розрахуємо нормальні напруження в стінці бочки:
Напруження на волокнах внутрішньої поверхні, МПа:

$$\sigma_w = \frac{2PR_0^2}{R_o^2 - R_w^2}, \quad (4.25)$$

де R_w – внутрішній радіус барабана, м.

$$R_w = R_o - \delta, \quad (4.26)$$

$$R_w = 0,309 - 0,04 = 0,269 \text{ (м)}$$

$$\sigma_w = \frac{2 \cdot 45 \cdot 0,309^2}{0,309^2 - 0,269^2} = 372 \text{ (МПа)}$$

Напруження на волокнах зовнішньої поверхні, МПа:

$$\sigma_{11} = \frac{-P(R_o^2 + R_w^2)}{R_o^2 - R_w^2}, \quad (4.27)$$

$$\sigma_{11} = \frac{-45(0,309^2 + 0,269^2)}{0,309^2 - 0,269^2} = -327 \text{ (МПа)}$$

Еквівалентні напруження визначають за енергетичною теорією міцності

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]}, \quad (4.28)$$

де $\sigma_1 = P$, $\sigma_2 = \sigma_w$, $\sigma_3 = 0$

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_w)^2 + \sigma_1^2 + \sigma_w^2} \quad (4.29)$$

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2}(45 - 327)^2 + 45^2 + 327^2} = 386 \text{ (МПа)}$$

За отриманими напруженнями визначасмо запас міцності межі текучості матеріалу σ_s .

На рис. 4.2 показана частина кінематичної схеми бурової установки ДКС-Д. Коробка швидкостей 1 з'єднується за допомогою здвосної пневматичної муфти ШПМ-500 з трьохшестеринним приводом. На ведучому валу коробки швидкостей, яка безпосередньо через муфту ШПМ-500 з'єднується з приводом, вмонтована муфта ПМ-300. Муфта ПМ-300 служить для гальмування валів при перемиканні швидкостей. Коробка швидкостей дає можливість включати як прямий, так і зворотний хід. Якщо пересувна шестерня $z=28$ знаходиться в зачепленні з шестернею $z=38$, маємо прямий хід; при зачепленні з шестернею $z=70$ - зворотний. Коробка швидкостей дає можливість отримати п'ять швидкостей на лебідці і чотири швидкості на роторі. Через карданний вал 2, який сполучає один з ведених валів коробки швидкостей з провідним валом редуктора 4, передається I, II, III і IV швидкість як на лебідку, так і на ротор. Включення I, II, III і IV швидкості на лебідці здійснюється за допомогою здвосної муфти ШПМ-1070, яка сполучає вал барабана з валом редуктора. Чотири швидкості на ротор передаються також через редуктор 4 і включаються здвосною пневматичною муфтою ШПМ-500. Через карданний вал 3 на лебідку передається незалежна V швидкість. I, II, III і IV швидкості на коробі включаются за допомогою штурвалів, які через систему зубчатих передач і рейкові механізми переміщують блоки шестерень 5 і 6. При визначенні числа обертів столу ротора необхідно врахувати передаточне відношення знижуючого редуктора з $i=1,53$, який сполучає за допомогою еластичної муфти колінчастий вал дизеля з трансмісією приводу.

Визначаємо число обертів підйомного валу лебідки на I швидкості:

$$n_1 = \frac{n_{дв}}{i} \cdot \frac{z_{28}}{z_{20}} \cdot \frac{z_{28}}{z_{22}} \cdot \frac{z_{22}}{z_{20}} \cdot \frac{z_{27}}{z_{44}} \cdot \frac{z_{46}}{z_{19}} \cdot \frac{z_{30}}{z_{68}} = \frac{1600 \cdot 28 \cdot 38 \cdot 32 \cdot 27}{1,53 \cdot 38 \cdot 82 \cdot 88 \cdot 44} = 38 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо число оборотів підйомного валу лебідки на II

швидкості:

$$n_{VI} = \frac{n_{дв}}{i} \cdot \frac{z_{20}}{z_{20}} \cdot \frac{z_{20}}{z_{45}} \cdot \frac{z_{28}}{z_{60}} \cdot \frac{z_{27}}{z_{44}} \cdot \frac{z_{45}}{z_{19}} \cdot \frac{z_{18}}{z_{68}} = \frac{1600 \cdot 28 \cdot 38 \cdot 54 \cdot 27}{1,53 \cdot 38 \cdot 82 \cdot 68 \cdot 44} = 85 \text{ об/хв.}$$

Визначасмо число оборотів підйомного валу лебідки на III

швидкості:

$$n_{III} = \frac{n_{дв}}{i} \cdot \frac{z_{20}}{z_{20}} \cdot \frac{z_{28}}{z_{45}} \cdot \frac{z_{27}}{z_{44}} \cdot \frac{z_{45}}{z_{19}} \cdot \frac{z_{18}}{z_{68}} = \frac{1600 \cdot 28 \cdot 38 \cdot 70 \cdot 27}{1,53 \cdot 38 \cdot 82 \cdot 50 \cdot 44} = 145 \text{ об/хв.}$$

Визначасмо число оборотів підйомного валу лебідки на IV

швидкості:

$$n_{IV} = \frac{n_{дв}}{i} \cdot \frac{z_{20}}{z_{20}} \cdot \frac{z_{28}}{z_{45}} \cdot \frac{z_{27}}{z_{44}} \cdot \frac{z_{45}}{z_{19}} \cdot \frac{z_{18}}{z_{68}} = \frac{1600 \cdot 28 \cdot 38 \cdot 82 \cdot 27}{1,53 \cdot 38 \cdot 82 \cdot 38 \cdot 44} = 224 \text{ об/хв.}$$

П'ята незалежна швидкість на підйомний вал передасться через шест п'ятої швидкості і дорівнюватиме 318 об/хв.

Якщо частота обертів колінчатого валу дизеля 1200 об/хв:

Визначаємо число обертів підйомного валу лебідки на I

швидкості:

$$n_I = \frac{n_{дв}}{i} \cdot \frac{z_{20}}{z_{20}} \cdot \frac{z_{28}}{z_{45}} \cdot \frac{z_{27}}{z_{44}} \cdot \frac{z_{45}}{z_{19}} \cdot \frac{z_{18}}{z_{68}} = \frac{1200 \cdot 28 \cdot 38 \cdot 52 \cdot 27}{1,53 \cdot 38 \cdot 82 \cdot 88 \cdot 44} = 28 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо число оборотів підйомного валу лебідки на II

швидкості:

$$n_{II} = \frac{n_{дв}}{i} \cdot \frac{z_{20}}{z_{20}} \cdot \frac{z_{28}}{z_{45}} \cdot \frac{z_{27}}{z_{44}} \cdot \frac{z_{45}}{z_{19}} \cdot \frac{z_{18}}{z_{68}} = \frac{1200 \cdot 28 \cdot 38 \cdot 54 \cdot 27}{1,53 \cdot 38 \cdot 82 \cdot 68 \cdot 44} = 64 \text{ об/хв.}$$

Визначасмо число оборотів підйомного валу лебідки на III

швидкості:

$$n_{III} = \frac{n_{дв}}{i} \cdot \frac{z_{20}}{z_{20}} \cdot \frac{z_{28}}{z_{45}} \cdot \frac{z_{27}}{z_{44}} \cdot \frac{z_{45}}{z_{19}} \cdot \frac{z_{18}}{z_{68}} = \frac{1200 \cdot 28 \cdot 38 \cdot 70 \cdot 27}{1,53 \cdot 38 \cdot 82 \cdot 50 \cdot 44} = 109 \text{ об/хв.}$$

Визначасмо число оборотів підйомного валу лебідки на IV

швидкості:

$$n_{IV} = \frac{n_{дв}}{i} \cdot \frac{z_{20}}{z_{20}} \cdot \frac{z_{28}}{z_{45}} \cdot \frac{z_{27}}{z_{44}} \cdot \frac{z_{45}}{z_{19}} \cdot \frac{z_{18}}{z_{68}} = \frac{1200 \cdot 28 \cdot 38 \cdot 82 \cdot 27}{1,53 \cdot 38 \cdot 82 \cdot 38 \cdot 44} = 167 \text{ об/хв.}$$

П'ята незалежна швидкість на підйомній вал передається
через вал п'ятої швидкості і дорівнюватиме 239 об/хв.

4.4 Розрахунок підшипників підйомного валу бурової лебідки

Підшипники бурової лебідки являються відповідальним вузлом і від
правильного розрахунку залежить термін їх експлуатації.

Вихідні дані:

$$R_{\text{вн}} = 272289(\text{H}) \quad A = 29204(\text{H})$$

$$R_{\text{вн}} = 26424(\text{H})$$

$$R_{\text{вн}} = 90168(\text{H})$$

$$R_{\text{вн}} = 8777(\text{H})$$

Вибір підшипника проводять по коефіцієнту працездатності C .

Коефіцієнт працездатності визначається за формулою:

$$C = (K_1 R + mA) K_2 K_3 (nh)^{0.2} \quad (4.32)$$

де K_2 – кінематичний коефіцієнт, який враховує вплив обертання
зовнішнього або внутрішнього кільця підшипника кочення на його
довговічність.

$K_2 = 1$, при обертанні внутрішнього кільця підшипника.

R – радіальне навантаження, діюче на підшипники.

$$R_1 = \sqrt{R_{\text{вн}}^2 + R_{\text{вн}}^2} \quad (4.33)$$

$$R_2 = \sqrt{R_{\text{вн}}^2 + R_{\text{вн}}^2} \quad (4.34)$$

$$R_1 = \sqrt{90168^2 + 8777^2} = 90594(\text{H})$$

$$K_2 = \sqrt{2772209 + 26424} = 273558(H)$$

Для розрахунку приймемо $K_2 = 273558(3H)$, то - коефіцієнт призначення навантаження, враховує вплив на довговічність підшипників радіальних і осьових навантажень.

$$\frac{F}{A} \geq 5 \quad (4.35)$$

$$\frac{273558}{29204} = 93 \geq 5$$

Відповідно $m = 3,5$; K_3 - динамічний коефіцієнт, враховує вплив динамічних умов роботи підшипника, $K_4 = 1,3$; число обертів вала бурової лебідки $n = 25$ об/хв. K_5 - коефіцієнт, враховує вплив температурного режиму на довговічність роботи підшипника. $K_6 = 1,05$, L - довговічність роботи підшипник. $h = 1000$ (год.)

$$C = (1 \cdot 273558 + 3,5 \cdot 29204) \cdot 1,05 \cdot 1,3 \cdot (25 \cdot 1000)^3 = 10701362(H)$$

Знаючи діаметр вала в містах посадки підшипника, який дорівнює $\phi = 200$ (мм) виберемо підшипник №3640, у якого $C = 10701362(H)$.

Висновки

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

5.1 Комплекс робіт з монтажу бурових лебідок

Роботи по монтажу і демонтажу експлуатаційного обладнання великої потужності, займають досить багато часу і часто супроводжуються рядом небезпечних операцій. Це пов'язано з тим, що наряду з механізацією праці досить часто ще застосовувати ручний труд.

Для забезпечення безпечних умов з організації праці з монтажу, демонтажу, випробування модернізованого обладнання необхідно перш за все, щоб основне і допоміжне обладнання відповідало умовам, які виникають при експлуатації і установці [3,8,9]. Разом з тим необхідно строго виконання правил експлуатації і безпечного обслуговування обладнання.

Перед початком демонтажу потрібно зупинити всю роботу бурової установки. Далі проводимо роботи по демонтажу бурової лебідки.

Демонтовані частини потрібно складати на спеціальні стенди або стелажі, щоб забезпечити повний контроль складових елементів, та уникнути руйнування і пошкодження. Демонтаж може також бути здійснений при допомозі талевого механізму, лебідкового агрегату чи підйомника.

Автомобільні крани змонтовані на шасі автомобілів різних марок, використовуються в основному для завантажувальних-розвантажувальних робіт і складаються з поворотної шестерні, на якій змонтовано кабіна оператора, поворотної стріли з оснасткою, лебідки для підйому вантажів і стріли виносних опор і механізмів керування. Автомобільні крани порівняно з заводськими мають великі транспортні швидкості і великий виліт стріли. Це дозволяє підіймати вантажі на високі основи. Але ці крани менш маневрені, так як в робочому положенні їх встановлюють на додаткові виносні опори.

Підйомники – це системи, що складаються з одного або кількох виносних двигунів (переважно ДВЗ), трансмісії і перетворювача, який передає

... момент, енергію обертання. В складі трансмісії входять муфти, вали, шестерні, валові передачі, лебідки і поліспат, який з'єднаний з гаком.

Для більш ефективного спрацювання привідних двигунів та для зменшення витрат палива використовуються спеціальні муфти, а іноді і гідротрансформатори. В цьому випадку трансмісія приводиться в дію гідравлічними.

Лебідки підйомників призначені для роботи разом з талевою системою для демонтажу або монтажу агрегатів і обладнання.

Успішна робота лебідки багато в чому залежить від якості монтажу. Тому монтаж потрібно доручати кваліфікованому персоналу під наглядом і керівництвом фахівців.

Монтаж повинен виконуватися в строгій відповідності з кресленнями бурової установки і лебідки, рекомендаціями, висловленими в керівництві по експлуатації бурової установки і вузлів лебідки.

Тому приступати до монтажу можна тільки після ретельного вивчення креслень і інструкцій з експлуатації. Монтажні роботи повинні виконуватися з дотриманням вимог «Правил безпеки в нафтогазовидобувній промисловості» і інших нормативних документів, діючих в галузі. Загальний монтаж лебідки встановлюється, вивіряння, кріплення і з'єднання з суміжними агрегатами, а також монтаж управління дані в технічному описі і інструкції з експлуатації на предмет устаткування.

Установку лебідки почати з вивіряння щодо осі свердловини по зірочках на валу і трансмісії ротора. Встановити і закріпити верхній кронштейн і обвідної котушки фрикційної котушки.

Надіти і натягнути ланцюг від лебідки до ротора. Ланцюг ротора не повинен зачіпати за раму лебідки і підставу.

Встановити і закріпити на рамі лебідки пост бурильника. Приєднати кабелі управління, електричні і інші комунікації до пульту бурильника.

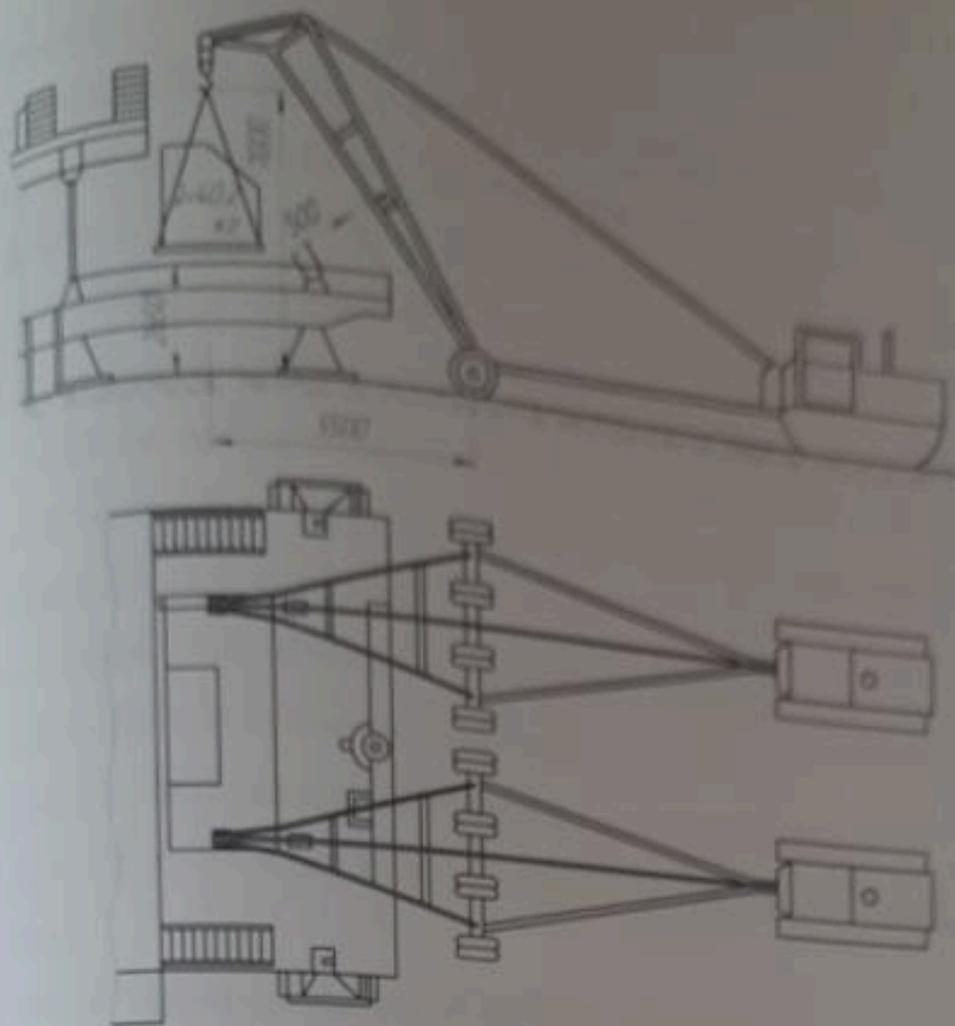


Рисунок 5.1 – Схема монтажу бурової лебідки за допомогою кранів

Після монтажу і кріплення лебідки на основі бурової установки перевірити центровку валів і у разі потреби, провести перецентровку, при цьому прокладки можуть бути встановлені як під вузли, так і під раму лебідки.

Перевірка центровки валу електромагнітного гальма і підйомного валу здійснюється до виміру радіальних і осьових зазорів між стрілками пристосування, встановленого на підйомному валу. Різниця вимірів зазорів при повороті валів на куті 90° допускається не більше 0,5 мм. Центровку інших валів перевірити аналогічним способом.

Після повторного монтажу, після зміни гальмівних шківів і муфт МП-1070 і МП-700 обов'язково проводити перевірку центровки валів. Якщо центровка більше допустимого викликає підвищену вібрацію, скорочує термін служби підшипників, ланцюгових і зубчатих передач, пневматичних і

...муфт.

Після обкатки зняти антикорозійне мастило. Промити підшипники, валів і маслопідвідні канали і заправити свіжим мастилом.

Залити масло в редуктор, фрикційну котушку, в масляну ванну, в баню котушки роторного ланцюга, встановленої на масляній ванні.

До експлуатації лебідки можна приступити після випробування роботи лебідки. Обкатку лебідки проводити без навантаження з відслідкування всіх частин гальвним канатом на всіх швидкостях прямого і зворотного ходу.

При цьому слід перевірити:

- а) правильність включення пневматичних муфт лебідки;
- б) правильність включення блокувань;
- в) роботу шинопневматичного гальма при гальмуванні;
- г) легкість включення електромагнітного гальма до зірочки регулятора швидкості;

д) нагрів підшипників валів лебідки, редуктора, вертлюжків, який не повинен бути вищим $700\text{ }^{\circ}\text{C}$;

е) редуктор лебідки не повинен мати підвищеного шуму.

Виявлені несправності в роботі вузлів лебідки слід усунути, після чого роботу повторити.

Після обкатки лебідки вхолосту ходовий кінець талевого каната закріпити на спеціальному диску барабана лебідки. При самому нижньому положенні талевого каната (якщо він лежить на підлозі бурової) на барабані повинне залишатися не менше десяти витків каната.

Для того, щоб провести роботи по монтажу модернізованої бурової лебідки потрібно спочатку провести роботи по зупиненню бурової лебідки і її демонтажу. Демонтовані частини потрібно скласти на спеціальні стелі або склади, щоб забезпечити повний контроль складових елементів, та уникнути руйнування і пошкодження.

Щоб удосконалити конструкцію модернізованої бурової лебідки, запропоновану в даному дипломному проекті, необхідно провести повне

Для модернізації необхідно в РМЦ виготовити нові диски та змінити конструкцію барабанного вала.

Після проведення модернізації модернізованої бурової лебідки, її оглядають і після того готують до монтажу. Установку модернізованої бурової лебідки почати з вивірення шодо осі свердловини по валах ротора і трансмісії ротора. Монтаж модернізованої бурової лебідки виконується після монтажу приводу лебідки. Він полягає в підйомі КПП з краном крана на основу блока і кріплення до неї. Після цього монтується лебідка.

Після обкаткою модернізованої бурової лебідки злити антикорозійне масло. Промити підшипники і маслопідвідні канали і заправити свіжим маслом. Залити масло в масляну ванну. Обкатку модернізованої бурової лебідки проводити без навантаження на всіх швидкостях прямого і зворотного ходу.

Після обкатки лебідки вхолосту надіваються ланцюги приводу барабанного вала барабана бурової лебідки і здійснюється обкатка під навантаженням. Перемикування швидкостей в коробці передач приводу виконати при відключених муфтах барабана і трансмісії ротора лебідки.

Чисельність основних робітників розраховується за професіями, виходячи з трудомісткості річної програми щодо видів робіт:

$$R = \frac{\sum T}{F_{д.р.} \cdot k} \quad (5.1)$$

ж $\sum T$ — сумарна трудомісткість річної програми по даному виду робіт, год.

$F_{д.р.}$ — діючий фонд часу одного працівника, год.;

k — коефіцієнт виконання норм, $k=1-1.5$.

Середня трудомісткість монтажу-демонтажу однієї бурової лебідки згідно з "Складом норм часу на монтаж бурового і нафтопромислового устаткування", використовуваних при монтажі БУ в Полтавському відділенні бурових робіт

включає із наступних видів робіт, поданих в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок трудозатрат на монтажні-демонтажні роботи

Нормативне джерело	Найменування робіт	Єдиниці виміру			
		Єдиниці виміру	Обсяг робіт	Норми часу	
				На одиницю	На весь обсяг
2	3	4	5	6	7
1. Демонтаж бурової лебідки з коробки перемінні передач					
СНЧ, пар. 222 К=1,1	Зняття карданного валу привода лебідки	шт.	1	4,30	4,73
СНЧ, пар. 150	Зняття лебідки привода	роб.	1	6,0	6,0
СНЧ, 340	Зняття циліндра пневморозкріплювача	шт.	1	1,2	1,2
СНЧ, 339	Зняття ролика пневморозкріплювача	шт.	1	1,2	1,2
СНЧ, (доп.) 278	Зняття ланцюгової передачі від приводу установки з коробки перемінні передач на лебідку і РПДЕ-3	"	1	8,20	8,20
СНЧ, (доп.) 278	Зняття ланцюгової передачі від приводу установки на коробку перемінні передач	"	1	5,65	5,65
СНЧ, (доп.) 277	Зняття ручного гальма пульту бурильника	"	1	2,0	2,0
СНЧ, (доп.) 275	Зняття огорожі з верхніх рам з боку лебідки	комп.	1	3,65	3,65
СНЧ, (доп.) 261	Зняття коробки перемінні передач	шт.	1	4,05	4,05
СНЧ, (доп.) 275	Зняття бурової лебідки	шт.	1	12,05	12,05
СНЧ, (доп.) 275	Зняття рами бурової лебідки	шт.	1	3,7	3,7
2. Монтаж бурової лебідки з коробкою перемінні передач					
СНЧ, (доп.) 250	Установка рами бурової лебідки основи блока	рам.	1	7,4	7,4
СНЧ, (доп.) 275	Установка бурової лебідки	шт.	1	24,1	24,1
СНЧ, (доп.)	Установка коробки	шт.	1	8,1	8,1

261	перемінні передачі				
СНЧ, (доп.) 293	Установка дизельного приводу лебідки і ротора разом з вихлопними трубами та іскрогасниками	4 шт.	1	74,8	74,8
СНЧ, (доп.) 277	Установка ручного гальма бурильника	"	1	4,0	4,0
СНЧ, (доп.) 271	Установка стояка механічного гальма бурильника	"	1	2,0	2,0
СНЧ, (доп.) 278	Установка ланцюгової передачі від приводу установки на коробку перемінні передачі	"	1	11,3	11,3
СНЧ, (доп.) 278	Установка ланцюгової передачі від приводу установки з коробки перемінні передачі на лебідку і РПДЕ-3	"	1	16,4	16,4
СНЧ, 339	Установка ролика пневморозкріплювача	шт.	1	2,4	2,4
СНЧ, 340	Установка циліндра пневморозкріплювача	шт.	1	2,4	2,4
СНЧ, (доп.) 296	Установка карданів між коробкою перемінні передачі і правою та лівою трансмісіями насосів	2 в.	1	7,5	7,5
СНЧ, пар.150	Установка привода лебідки і коробки швидкостей	шт.	1	12,0	12,0
СНЧ, пар.423	Установка карданного валу привода лебідки	шт.	1	5,7	5,7
	Разом:				230,53

Трудомісткість монтажу-демонтажу однієї бурової лебідки = 230,53 люд - год. Відповідно річна трудомісткість на монтаж і демонтаж бурових лебідок становитиме:

$$\sum T = m \cdot T_{\text{од}} \quad (5.2)$$

де m – річна програма монтажу-демонтажу бурових лебідок; $m = 20$ шт.

Тоді в людино-годинах трудомісткість буде:

$$\sum T = 20 \cdot 230,53 = 4610,6 \text{ людино-годин.}$$

Діючий фонд часу одного працівника розраховується виходячи з нормативного фонду часу за формулою:

$$F_{\text{д.р.}} = F_{\text{д.р.}}^{\text{норм}} - (0,12 * F_{\text{д.р.}}^{\text{норм}}), \quad (5.3)$$

де $F_{\text{д.р.}}^{\text{норм}}$ — нормативний дійсний фонд часу одного робітника, год.

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

$$F_{\text{д.р.}}^{\text{норм}} = (D_k - D_n - D_{\text{св}} - D_{\text{св}}) * 40/5 + D_{\text{св}} * 7, \quad (5.4)$$

де D_k — кількість календарних днів у році, $D_k = 365$ днів;

D_n — кількість вихідних днів у році, $D_n = 104$ днів;

$D_{\text{св}}$ — кількість святкових днів у році, $D_{\text{св}} = 10$ днів;

$D_{\text{св}}$ — кількість передсвяткових днів у році, $D_{\text{св}} = 8$ днів;

$D_{\text{р}}$ — кількість робочих годин у тижні, $D_{\text{р}} = 40$ год.;

$D_{\text{р}}$ — кількість робочих днів в тиждень; $D_{\text{р}} = 5$ год.;

$T_{\text{св}}$ — кількість робочих годин у передсвяткові дні, $T_{\text{св}} = 8$ год.

Звідси:

$$F_{\text{д.р.}}^{\text{норм}} = (365 - 104 - 10 - 8) * 40/5 + 8 * (8 - 1) = 2000 \text{ год.}$$

$$\text{Тоді } F_{\text{д.р.}} = 2000 - (0,12 * 2000) = 1760 \text{ год.}$$

Чисельність основних робітників складатиме:

$$R = \frac{4610,6}{1760 * 1,2} = 2,2 \text{ чол.}$$

Приймаємо 2 людини. Професійно-кваліфікаційний склад бригади.

Виятої монтажем та демонтажем бурової лебідки, містить:

1. Вишкомонтажник 4 розряду — 1 чол.;

2. Вишкомонтажник 5 розряду — 1 чол.

Крім основних робітників для монтажних робіт використовуватиметься

машинист. Керуватиме роботами майстер або прораб.

Серпень	ТО
Вересень	
Жовтень	ПР
Листопад	
Грудень	ТО

5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання

Бурова лебідка – найбільш небезпечне обладнання бурової установки. Під час експлуатації бурової лебідки велику небезпеку для оператора 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 обробленню міцними металевими щитами.

При спуску важкого інструменту при гальмуванні механічним способом відбувається інтенсивний знос гальмівних колодок, що призводить до нагрівання гальмівних колодок і шківів до високих температур (600 °С) і горінням продуктів зносу безпосередньо у поста оператора.

Бурова лебідка – вантажопідійомний механізм, що сприймає усі вертикальні і горизонтальні навантаження від ваги бурильного інструменту, обсадних труб при виконанні спуско-підйомних операцій. Під час експлуатації бурової лебідки виникає шум, особливо в процесі гальмування. Обертові частини лебідки створюють інерційні сили, що призводять до зменшення терміну служби вузлів і деталей, а також при цьому виникає вібрація.

Під час експлуатації лебідки можливі її зсуви і перекидання. Для уникнення таких випадків лебідку надійно укріплюють і проводять розрахунок противаг. Даний розрахунок приведений в інженерних

...указках дипломного проекту.

Негативний вплив на роботу лебідки має її перевантаження, тому що перевантажувати бурову лебідку необхідно у відповідності із характеристикою, вказаною в таблицях вантажопідйомності для всіх лебідок. Перевантаження лебідки приводить до швидкого зносу її деталей, приводить до руйнування, а відповідно і до можливості виникнення нещасних випадків.

Робота із фрикційною катушкою бурової лебідки несе небезпеку для підготовчого персоналу на великих оборотах. Гальмівна система лебідки вважається справною, якщо при крайньому нижньому положенні рукоятки ручки вантаж піднімається, в середньому положенні він не рухається, а в крайньому верхньому – опускається.

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

Передача обертового моменту між валами лебідки здійснюється за допомогою втулково-роликів ланцюгів. Нерідко трапляються випадки обриву ланцюгів. Ланцюгові передачі повинні бути захищені суцільними сталевими щитами, міцність яких повинна бути достатньою, щоб витримувати удару ланцюга, що розірвався. При натягуванні ланцюгів потрібно стягувати так, щоб валикова ланка входила в роликіву ланку від легких ударів молотком. Для стягування ланцюгів в дипломному проекті передбачений спеціальний пристрій для стягування ланцюгів.

Гальмівна система лебідки є одним із основних вузлів лебідки. Фрикційний механізм головного гальма не повинен допускати виходу вільної пари із зачеплення при крайніх робочих положеннях робочої рукоятки і попадання сторонніх предметів, тому в проекті передбачено його захист. Конструкція механічного стрічкового гальма передбачає наявність зубчатого сектора, інакше попадання якого-небудь предмету на

...приведе до аварії.

Для використання стрічкового гальма гальмування барабана лебідки використовується мускульним зусиллям робітника через гальмівний важіль, закріплений на колінчастому валу гальма. Для поліпшення умов роботи в магістерській роботі передбачено використання пневматичного гальмівного циліндра як приводу стрічкового гальма. Далеке пристосування підвищує ступінь надійності гальма і допомагає зменшити цикл спуско-підіймальних операцій. Конструкція пневматичного гальмівного циліндра дозволяє виконувати незалежне і точне гальмування за допомогою стиснутого повітря і дії робітника на гальмівний важіль.

Плавне гальмування барабана (різке гальмування недопустиме) досягається поступовим збільшенням тиску повітря в пневматичному циліндрі. Для керування подачі повітря у гальмівний пневматичний циліндр використовується кран машиніста системи Казанцева.

Із збільшенням глибини буріння застосування механічного гальма як регульовального і зупинного стає недоцільним, оскільки при спуску важкої бурини бурильних труб воно сильно нагрівається і інтенсивно зношуються ковзні колодки. У зв'язку з цим як регульовальне гальмо використовується передбачена в конструкції модернізованої бурової машини ЛБУ-1200 допоміжна гальмівна гідравлічна система, застосування якої дозволяє забезпечити процес спуску інструменту, значно зменшити знос барабана бурильника, що прикладається до важеля механічного гальма машини, скоротити знос гальмівних колодок і шківів і поліпшити умови роботи бурильника.

При обертанні вала гідрогальма наповнююча його вода під дією центробіжної сили старається рухатись від центра до периферії. Рухаючись по радіусу в напрямку зовнішній частині між допаткових каналів ротора, вода спрямовується на нерухомі допатки статора, при ударі в які відбувається поглинання значної частини енергії, яка підводиться до

гідрогальма. Далі вода переміщується по між лопаткових каналах статора його центра і знову попадає на лопатки ротора. Завдяки високим шкостям циркуляції води у між лопаткових каналах гідрогальма створюється значний гальмівний момент. При цьому його значення прямо пропорційне квадрату частоти обертання ротора.

При спуску колони труб частота обертання підйомного вала лебідки зростає до того часу, поки опір гідрогальма не зрівноважить колону і її рух стане рівномірним. При правильному виборі кількості води в баку і гідрогальмі і при частоті обертів вала 250-350 об/хв. Швидкість спуску колони буде постійною (спуск колони на довжину свічки 24 м проходить приблизно за 15-20 с).

Енергія падаючого вантажу перетворюється в теплову, яка нагріває воду. Для запобігання перегріву води в магістерській роботі передбачено установку холодильника 2 (рис. 5.2).

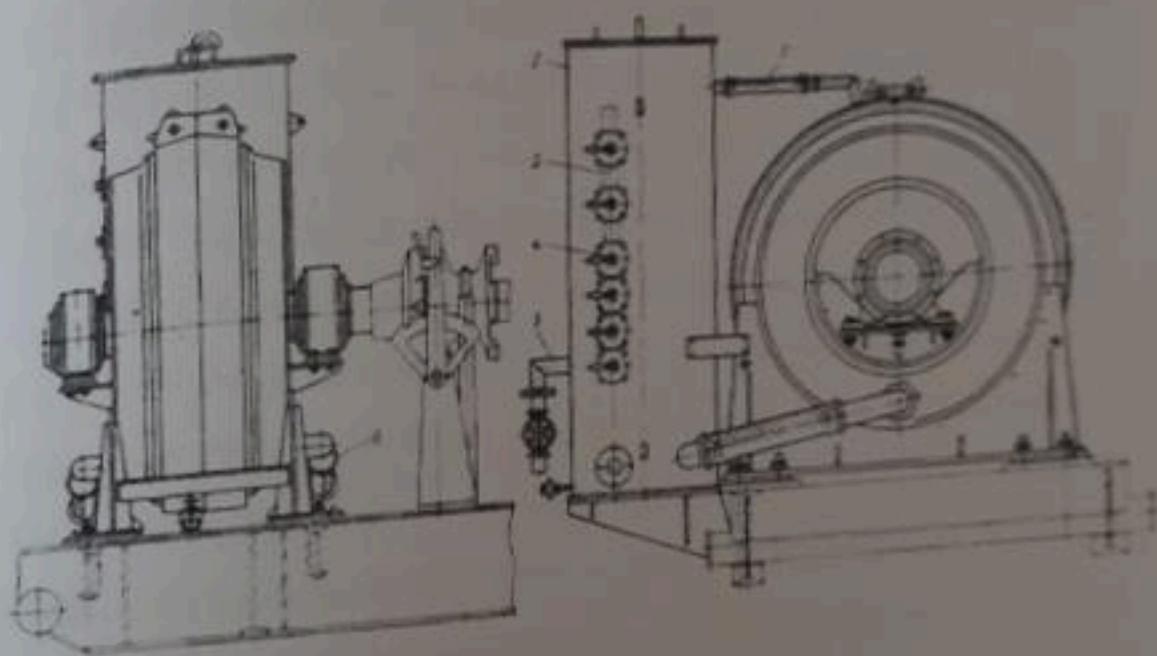


Рисунок 5.2 – Установка гідравлічного гальма із холодильником

При роботі гідрогальма у верхній частині за роторного пристрою створюється тиск води, яка по трубці 1 рухається у холодильник. На її місце по трубці 6 в гальмо поступає охолоджена вода. Постійна заміна води

...температурі повітря холодильних машин може не створювати необхідних
...тепловіддачі і температури води в системі буде недопустимо
...Тількишок нагрітої води із холодильника зливається по трубі 3. Для
...розмежування за рівнем води у гальмівній системі на холодильнику
...встановлені пробні крани 4. Чим вищий початковий рівень води у системі,
...тим більше буде гальмівний момент.

Для попередження підйому талевого блоку вище гранично допустимої
...висоти і удару його в крон блок в проекті передбачений обмежувач
...талевого блоку під кронблок. Він монтується на нижній частині
...кронблоку, протягується між струнами талевого каната до протилежної
...вежі або до другої щогли вежі і через поворотний ролик опускається
...по полотну або щогли вежі вниз. Цей кінець троса приєднується до
...перси кранів, які кріпляться в задній частині бурової лебідки за
...помогою шпінта. При цьому рукоятки кранів повинні бути в піднятому
...положенні, один кран відкритий, а другий – закритий. Крани до системи
...автоматичного управління бурової установки підключаються наступним
...чином. До кожного крана повітря по трубопроводах підводиться з
...центральної магістралі, при цьому трубопровід під'єднується до штуцерів
...заслінки повітря. Від одного крана, який закритий при піднятій траверсі,
...трубопровід підключається до гальмівного циліндра барабанного валу
...лебідки для його гальмування при відкритті крана. Щоб уникнути різкого
...гальмування на повітропроводі ставиться дросельна шайба. Від другого
...крана, який знаходиться у відкритому положенні, повітропровід
...підключається з чотирьохклапанним краном керування муфтами підомного
...крану лебідки. Чотирьохклапанний кран встановлюється на пульті
...керування бурильника.

При опусканні із траверси вантаж опускається вниз і величезна яра. Повітря із кінцевого вимикача поступає в клапан-прискорювач, який дерезриває муфти через клапан-прискорювач виходить в атмосферу. При спрацюванні кінцевого вимикача повітря одночасно поступає в клапан-прискорювач і через перемикаючий клапан - в гальмівний циліндр бурової лебідки. Проходить одночасне відключення шинно-пневматичної муфти барабана лебідки і його гальмування.

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

Однією із основних умов безпечної експлуатації лебідки є утримання її у справному стані, своєчасне виявлення і усунення усіх дефектів. Ремонт лебідок під час експлуатації не допускається.

Робота без захисних кожухів над ланцюговими передачами, муфтами, барабаном і гальмівними стрічками забороняється. Не допускається експлуатація лебідки, на якій захисні кожухи скріплюють цвяхами або шпильками дротом, оскільки таке кріплення не виключає можливості руйнування кожухів ланцюгом або іншими деталями, що рухаються, а також 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 максимального допустимого вантажу на гаку повинно здійснюватись зусиллям одного робітника (390 Н).

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

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 зимовий період не можна допускати обмерзання гальмівної системи (важелів, колінчастого валу, балансира, гальмівного циліндра). Забороняється робота на буровій лебідці при несправності крана Казанцева через негерметичності повітропроводу гальма.

В розгальмованому стані важіль гальма повинен стояти під кутом 10° до вертикалі, при повному гальмуванні — під кутом $20-60^\circ$ до вертикалі. Для гальмівних стандартних колодок завтовшки 32 мм, закріплені за допомогою заклепок з кольорового металу, допускається не більше 18 мм.

Якщо при гальмуванні кут між важелем гальма і вертикаллю досягає значень, то це означає, що колодки зношуються. Робоча поверхня гальмівних колодок повинна бути гладкою, без вироблень, рисок і тріщин.

Забороняється робота бурової лебідки, якщо на робочій поверхні колодки є тріщини завдовжки більше 80 мм, шириною 0,2-0,5 мм і глибиною більше 15-20 мм.

Категорично забороняється охолоджувати нагріті шківни водою з метою уникнути утворення на них мікротріщин. При перевірці вироблення шківів необхідно взяти всіх заходів, запобігаючих виробленню шківів.

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

Необхідно стежити за герметичністю всіх з'єднань і чистотою води, що відводиться до холодильника, оскільки вміст піску або інших механічних домішок може привести до поломки гідравлічного гальма. Температура води в гідрогальмі не повинна перевищувати 75-80°C.

Взимку після наповнення водою холодильник необхідно прогріти до температури 30-40 °C. Температуру води слід періодично перевіряти. Після закінчення роботи або при тривалій зупинці воду з гідральма потрібно злити при обертанні ротора, щоб уникнути замерзання її в кранах і лопатках. В районах з холодним кліматом замість води слід застосовувати незамерзаючу рідину.

Гальмівну систему і інші механізми бурової лебідки необхідно

...завантажити з
...адаптації.

відповідності з технічними вимогами

Всі місця, що труться, в буринні лебідні потрібні маслені змазки з
...заводської карти машини. Прикрасні в ній означають
...вимоги і не допускають вступу. Замінювати сорт маслини
...механіка.

Для запобігання від ривка і забруднення мостика між барами з
...місткості. Магазинчик переїзду масленика необхідно
...виграти. При забрудненні масла слід замінити до закінчення роботи
...машиною в карті машини.

Для попередження падіння талового блоку при
...виступає висоти і удару його в край блоку в процесі зупинки
...обмежувач підйому талового блоку під кронблок. Для зупинки
...безпечної і безаварійної його експлуатації необхідно
...вимоги з монтажу та обслуговування.

Кінцевий вимикач обмежувача для зручності обслуговування
...повинен бути встановлений в добре доступному місці і так, щоб
...включалась можливість передачі на нього вібрації від роботи машини
...та інструмента. Кінцевий вимикач потрібно надійно кріпити до сталевих
...площадки. В зоні падіння траверси не повинно бути жодних предметів.

Для забезпечення нормальної роботи обмежувача необхідно
...можливість дотику сталюого тростя і сегментів машини
...обладнання, так як з винятку машини з

Всі місця, що труться, в буровій лебіді потрібно мастити відповідно
інструкції з
мастилом. Приведені в ній вказівки обов'язкові для
виконання і не допускають відступу. Замінювати сорт мастила можна з
увагою механіка.

Для запобігання від вологи і забруднення мастила слід берегти в
спеціальній місткості. Масельнички перед мащенням необхідно ретельно
очищати. При забрудненні мастила слід замінити до закінчення терміну
використання в карті мащення.

Для попередження підйому талого блоку вище граничної
висоти і удару його в крон блок в проєкті передбачений
обмежувач підйому талого блоку під кронблок. Для створення умов
надійної і безаварійної його експлуатації необхідно виконувати наступні
вимоги з монтажу та обслуговування.

Кінцевий вимикач обмежувача для зручності обслуговування
повинен бути встановлений в добре доступному місці і так, щоб
не виключалась можливість передачі на нього вібрації від роботи механізмів
інструмента. Кінцевий вимикач потрібно надійно кріпити до гальмівної
системи. В зоні падіння траверси не повинно бути ніяких предметів,
деталей і деталей іншого обладнання.

Для забезпечення нормальної роботи обмежувача необхідно
включити можливість дотику сталюого тросика з елементами конструкції
тросової вежі та іншим обладнанням, так як у випадку заземлення тросика
обмежувач може не спрацювати.

Під час експлуатації обмежувача не можна допускати накопичення
конденсату в пневмосистемі і двоходовому крані. Конденсат в умовах
низьких температур може утворити льодяну пробку, яка перекриє
вхідний отвір і у випадку включення кінцевого вимикача виключить
роботу обмежувача.

При роботі на шпильовій спіральній катушці, яка встановлюється на допоміжній лебідці, передбаченій в дипломному проєкті, необхідно звернути увагу на справність запобіжного кожуха. У випадку деформації кожуха канавки його стають неоднакової ширини і можливе заклинювання шпильки.

Щоб бурінні свердловини необхідно дотримуватись вимог "Правил пожежної безпеки в газовій промисловості". На площаді бурової необхідно розмістити зовнішнє водозабезпечення для пожежогасіння.

Розміщення вагон-будинків для житлово-побутових потреб, складських приміщень і допоміжних приміщень, під'їзних шляхів і майданчиків для розміщення спеціальної техніки повинні бути виконані у відповідності з вимогами Правил пожежної безпеки, а бурова забезпечена первинними засобами пожежогасіння.

На відстані 15 м від устя свердловини передбачається будівництво площадки шириною 12 м для розміщення пожежної техніки на випадок гасіння пожежі газонафтових фонтанів. Будівництво повітряної лінії електропередач передбачається таким чином, щоб обрив проводів не створював пожежної небезпеки.

Одним з основних правил пожежної безпеки є підтримання об'єктів у належній чистоті і порядку.

На відстані 15 м від устя свердловини передбачається будівництво площадки шириною 12 м для розміщення пожежної техніки на випадок гасіння пожежі газонафтових фонтанів. Будівництво повітряної лінії електропередач передбачається таким чином, щоб обрив проводів не створював пожежної небезпеки.

Електророзподільчий щит блоку очистки і дегазації бурового розчину передбачається встановити в інтенсивно провітрюваному місці за межами установки блоку дегазаторів, а в покрівлі і обшивці стінок блоку передбачаються вентиляційні вікна.

Висновки
В даному розділі магістерської роботи розроблено комплекс робіт з
А.Д. особливості проведення монтажних робіт з обладнання бурової установки
готовчі роботи перед експлуатацією бурової лебідки та розроблено
монтажної бригади розраховано згідно норм часу на виконання монтажу
бурової лебідки.

З даними експлуатації було описано плани-графи планово-
обслуговувальних ремонтів. Було розглянуто типовий процес ремонту лебідки,
визначено деталі, які необхідно змішувати.

Також описані шкідливі та небезпечні заходи, які зустрічаються під час
експлуатації бурових лебідок, а саме: виробничий шум, вібрація, потрапляння
масти і різних хімічних реагентів, які входять до складу промислової рідини на
очі робітників, травмування технологічним обладнанням, а також під час
експлуатації бурильного інструменту. Для усунення даних недоліків в роботі
передбачене використання промислових вкладишів, протизащумових
шарнірників, спецкостюма, чоботів, рукавиць, використання запобіжних
пристроїв та встановлення обмежувач підйому талевого блока під кран блка.
Також в магістерській роботі вказано на необхідність впровадження технічних
заходів з експлуатації бурових лебідок. Удосконалення стрічкового гальма
бурової лебідки, розроблене в магістерській роботі, а також використання
імпозитних гідролічних гальм дозволить покращити умови її монтажу
та експлуатації.

2. У розділі "Вибір та опис технологічного обладнання" проведено порівняння для вибору технологічного комплексу бурових свердловин глибини 3230 м. На основі аналізу бурових лебідок визначено методи й подоліки гальмівної системи.

3. В розділі "Опис технічної пропозиції" обґрунтовано доцільність та економічну ефективність модернізації гідродинамічного гальма бурової лебідки, обґрунтовано технічну доцільність. Суть технічного рішення з модернізації гідродинамічного гальма бурової лебідки полягає в тому, що порівняно з аналогом, охолоджувальний пристрій складається із теплових труб, виконаних у вигляді замкнутих кільцевих труб з торцевими перерізами і встановлених в тілі ротора, в місцях найбільшого потовщення, у верхній частині ротора, причому теплові труби виконані зі зменшеною швидкісною частотою осі симетрії ротора. Використання модернізації порівняно з динамічним гальмом бурової лебідки (базовий варіант) дозволяє підвищити надійність гальма за рахунок підвищення ефективності охолодження швидкісної частоти гальма, за рахунок підвищення його навантажувальної здатності. За результатами розрахунків видно, що сумарний економічний ефект від впровадження модернізованого стрічкового гальма бурової лебідки складе майже 85,5 тис. грн., що вказує на економічну доцільність удосконалення гідродинамічного гальма бурової лебідки.

3. В розділі "Дослідно-конструкторська робота" у результаті лабораторних випробувань встановлено, що інтенсивність зносу найбільш поширеної в стрічкових гальмах фрикційної пари "ретинакс-сталь" переважно залежить від контактного тиску, вплив якого в певній мірі знижується зі зменшенням швидкості ковзання. З урахуванням результатів випробувань на знос при проектуванні стрічкових гальм бурових лебідок слід виходити не з допустимого контактного тиску використовуваної фрикційної пари, як це прийнято, а з оптимального критерію, що виражає добуток контактного тиску на швидкість

...но величезній допустимій величині його дозволяє зберігати
...фрикційної пари гальма незалежно від потужності бурової
...контракту при збільшенні гальміючого моменту стрічкового
...прямо пропорційного квадрату діаметра гальміючих шківів, або шляхом
...чинного на гальмо крутного моменту, завдяки збільшенню кривизни
...талевих систем. З розгляду різних критеріїв, що визначають режим
...гальмування, слідус, що кращим є критерій, який забезпечує при
...обмеженні достатню безпеку гальмування і швидкості спуску, що
...швидкостям підйому, встановленим тяговою характеристикою бурової

4. В розділі "Розрахунки працездатності" проведені розрахунки
...модернізованої бурової лебідки ЛБУ-1200, які включають
...ефективного використання технічного рішення з модернізації
...лебідки.

5. В розділі "Монтаж і експлуатація обладнання" розроблений комплекс
...підготовки до проведення монтажних робіт з обладнанням бурової
...НБО-3Д, особливості проведення монтажу бурової лебідки та
...підготовчі роботи перед експлуатацією бурової лебідки. Кількість
...монтажної бригади розраховано згідно норм часу на виконання
...бурової лебідки. Розглянуто типовий процес ремонту лебідки, описані
...та небезпечні заходи, які зустрічаються під час експлуатації бурових
...Для усунення даних недоліків в роботі передбачене використання
...вкладніщів, протишумових навушників, спецкостюма, чоботів,
...використання запобіжних пристроїв та встановлення обмежувача
...блока під кронблок. Також в магістерській роботі вказано
...необхідність виконання...

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баласанян Р.А. Атлас деталей машин: Навч. посібник для техн. вузів. – Основа, 1996. – 134 с.
2. Бедрій Я. І. Охорона праці : Навчальний посібник. Львів : ІТТВФ, 1997. 258 с.
3. Бойко В. С. Довідник з нафтогазової справи / Бойко В.С., Кондрат Р.М., Мельничук Р.С. – Львів: Світ, 1996. – 620 с.
4. Бойко В. С. Розробка та експлуатація нафтових родовищ / Бойко В.С. – Міжнародна економічна фундація, 2008. – 488 с.
5. Бойчук Ю. Д. Шульга М. В. Основи екології та екологічного права. – Посіб. Університетська книга – Суми-Київ, 2005. – 235 с.
6. Вольченко О.І. Курс лекцій з деталей машин та тестові завдання / О.І. Вольченко, В.С. Ловейкін, Д.Ю. Журавльов, В.Я. Малик – Івано-Франківськ: Прикарпатського університету ім. Василя Стефаника, 2011. – 246 с.
7. Войтенко В.С. Технологія і техніка буріння: узагальнююча навчальна книга. – Львів: Центр Європи, 2012. – 708 с.
8. Гандзюк М.П. Основи охорони праці – Київ: Основа, 2000. – 318 с.
9. Горбійчук М. І., Семенцов Г. Н. Оптимізації процесу буріння глибоких свердловин. Івано-Франківськ : Факел, 2003. 493 с.
10. ДНАОП 0.00-1.32-01. Електрообладнання спеціальних установок.
11. ДсанПін 3.3.2.007-98. Норми опромінення при виконанні робіт.
12. ДБН В. 1.1.-7-2002. Державні будівельні норми України. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва - К.: - 2002.
13. Деталі машин. Методичні вказівки до самостійної роботи. Розділ «Механічні передачі» для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Стаценко В.С. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 82 с.
14. Економіка підприємства: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / С. Витвицький, У. Я. Витвицька, М. О. Данилюк, А. О. Устенко, І. І. Ситалик. За ред. Я.С.Витвицького – Івано-Франківськ : ІМЕ, 2002. – 318 с.

... В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М. - Львів: Афіон, 2001.

20. Закон України «Про охорону навколишнього середовища», Закон від 25.06.1991 № 1264 - XII.

21. Закон України «Про охорону праці».

22. Любін Ю. А. Основи екології. Підручник - К. Дібро, 1999 - 246 с.

23. Косів І. А. Види негативного впливу на навколишнє середовище та охорони навколишнього середовища при будівництві (буріння) сконденсатних свердловин // Молодий вчений, 2014 - №10 - С. 172.

24. Іщенко І. І., Терешенко С. П. Оцінка економічної ефективності буріння і затрат: навч. посіб. Київ: Вища шк., 1991, 173 с.

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

26. Коновалок Д. М. Деталі машин. Підручник / Д. М. Коновалок, Ковальчук - Вид. 2-ге. - К.: Кондор, 2004. - 584 с.

27. Колей Б. В. Розрахунок, монтаж і експлуатація бурового обладнання. ДУНГ, 2001 - 224 с.

28. Костриба І. В. Основи конструювання нафтогазового обладнання. - Івано-Франківськ: Факел, 2007 - 256 с.

29. Кошулич Я. С. Закінчування свердловин. Підручник для студентів на навч. закладів проф. спрямування "Буріння" / Я. С. Кошулич, О. В. Іщенко. - К.: Інтерпрес ЛТД, 2004. - 366 с.

30. Курмаз Л. В. Основи конструювання деталей машин / Л. В. Курмаз - Львів: Підручник НТУ ХПІ, 2010. - 531 с.

31. Крижанівський Є. І. Системи верхнього привода в бурінні сконденсатних: аналітичний огляд параметрів і конструкцій / Є. І. Крижанівський, М. В. Міронов. - Івано-Франківськ: ІФН ДУНГ, 2003. - 56 с.

30. Малащенко В.О. Деталі машин. Журнал «Укр. інженер» / В.О. Малащенко, В.Т. Павлишин - Львів: Новий світ - 2000, 2011.
31. Мислюк М.А. Буріння свердловин: довідник : в 3 т. / М.А. Мислюк, Р.С. Яремійчук. - Київ: Інтерпрес ЛТД, 2002. Т. 3: Вертикальне та нахилне буріння - 2004. - 294 с.
32. Мочернюк Д. Ю. Моделювання фізичних процесів на основі диференціальних рівнянь. *Нафтова і газова промисловість*, 2001, №3, С. 12 - 14.
33. НПАО 1.1-21.1-20-08. Правила безпеки в нафтогазовидобувній промисловості України.
34. Овчаров Б.З. Розрахунки і проектування деталей машин / Б.З. Овчаров, А.В. Міняйло, Д.І. Мазоренко, Л.М. Тіщенко - Харків: ХНТУСТ, 2008. - 315 с.
35. Організація і планування операційної діяльності нафтогазових підприємств: Навч. посіб. / Я. С. Витвицький, І. В. Андруйчук, О. І. Лисюк, І. Я. Витвицька, В. М. Чарковський. За ред. М. О. Данилюк. - Івано-Франківськ, 2009. - 364 с.
36. Основи цивільного захисту: навчальний посібник / В. О. Васілюк, В. С. Гончарук, С. І. Качан та ін. - Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2010. - 34 с.
37. Охорона праці в нафтогазовій галузі: навч. Посіб. / За редакцією М. Лисяного. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 304 с.
38. Покропивний С.Ф. Економіка виробництва. - К: ІКНЕУ, 2001. - 528 с., іл.

31. ... auf Mikrogefüge und Eigenschaften
 ... C- und Mn-haltigen reinen Schweissgutem/Deutikon-Schweisemit. — 1990. —
 ... P. 20-35.

32. Keen B.J., Mills K.C., Bryont J.W. Effect of interaction between surface
 active elements on the surface tension of iron/Can. Met. Quart. — 1982. — N 4. — P.
 ...

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

34. Tong Z., Liu H., Zhu F. Artificial Intelligence and Computational In-
 telligence, 2009. 5855. 215 p.

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

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

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