

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

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

До захисту

Завідувач кафедри
В.о. декана ННІС
С. Гавриш

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: Дослідження бурової лебідки із модернізованою системою
гальмування з використанням циліндричного мультиплікатора

Пояснювальна записка

Керівник

Ст. викладач Похилко А.М.
посада, наук. ступінь, ПІБ


підпис, дата,

Виконавець роботи

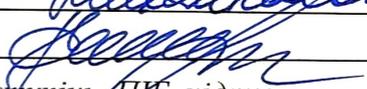
Киричук Вячеслав Олександрович
студент, ПІБ

група 601-МН

В. Киричук 21.01.25
підпис, дата

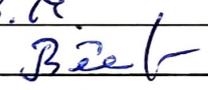
Консультант за 1 розділом

к.т.н. доц. Михайлова О.В.


посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

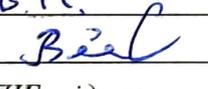
Консультант за 2 розділом

доц. Савчук В.М.


посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

доц. Савчук В.М.


посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 4 розділом

к.т.н. доц. Михайлова О.В.


посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту 21.01.25р.

Полтава, 2025

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, проаналізовано недоліки системи гальмування бурової лебідки.

2. В розділі “Опис технічної пропозиції” проведено обґрунтування доцільності та економічної ефективності введення запропонованих технічних рішень з модернізації бурової лебідки, яка оснащена циліндричним мультиплікатором, що забезпечить підвищення гальмівного моменту, що передається на підйомний вал бурової лебідки гідродинамічним гальмом. Розрахований економічний ефект від впровадження модернізованої бурової лебідки.

3. В розділі “Дослідно-конструкторська робота” проведено теоретичні та експериментальні дослідження, які спрямовані на комплексне розв'язання проблеми зниження динамічних навантажень на бурову вишку, талеву систему і бурильну колону та на підвищення ефективності роботи бурових установок.

4. В розділі “Розрахунки працездатності” підтверджена ефективність технічного рішення з модернізації бурової лебідки.

5. В розділі “Монтаж і експлуатація обладнання” розроблений комплекс робіт з підготовки до проведення монтажних робіт з обладнанням бурової установки НБО-3Д, особливості проведення монтажу бурових лебідок, підготовчі роботи перед експлуатацією бурових лебідок. Розрахована кількість робітників бригади для монтажу бурової установки. Розглянуто типовий процес ремонту лебідки, проаналізовано деталі, які необхідно зміцнювати. Також вказано на необхідність виконання заходів безпеки та охорони праці при експлуатації та монтажу бурових лебідок.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри НГГТ

В.О. Кошдратюк
" " " 20__ року

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

Киричук Вячеслав Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження бурової лебідки із модернізованою системою гальмування з використанням циліндричного мультиплікатора

Керівник роботи ст. викладач Похилко Аліна Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом закладу вищої освіти від "09" 08 2024 року № 18992

2. Строк подання студентом роботи 24.12 2024 року

3. Вихідні дані до роботи _____

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

1 Вибір та опис технологічного обладнання: 1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання. 1.2 Опис вибраного технологічного обладнання. 2 Опис технічної пропозиції: 2.1 Опис модернізованої конструкції. 2.2 Оцінка економічної ефективності. 3 Дослідно-конструкторська робота. 4 Розрахунки працездатності. 5 Монтаж і експлуатація обладнання: 5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу обладнання. 5.2 Експлуатація та ремонт обладнання. 5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання. Висновки. Список використаної літератури. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

В.Курішів.
(підпис)

Курішів В.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

[Підпис]
(підпис)

Полішко А.В.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	5
1. Вибір та опис технологічного обладнання.....	7
1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання	7
1.2 Конструкція бурової лебідки ЛБУ-1200	16
2. Опис технічної пропозиції.....	30
2.1 Опис модернізованої конструкції системи гальмування бурової лебідки	30
2.2 Оцінка економічної ефективності.....	33
3. Дослідно-конструкторська робота	43
3.1 Розрахунок гальмівних режимів роботи підйомальної системи бурових установок.....	43
3.2 Порівняльний аналіз результатів експериментальних та теоретичних досліджень гальмівних режимів роботи бурової установки.....	51
4. Розрахунки працездатності.....	56
4.1 Розрахунок та вибір мультиплікатора.....	56
4.2 Перевірка міцності вала мультиплікатора і шпонкових з'єднань	58
4.2.1 Підбір матеріалу.....	58
4.2.2 Перевірка міцності вала в небезпечному перерізі.....	58
4.2.3 Перевірка міцності шпонкових з'єднань.....	60
4.3 Розрахунок довговічності підшипників	61
5. Монтаж і експлуатація обладнання.....	64
5.1 Організація робіт з монтажу бурової лебідки.....	64
5.1.1 Підготовчі роботи перед монтажем обладнання.....	64
5.1.2 Монтаж обладнання.....	65
5.1.3 Підготовчі роботи перед експлуатацією обладнання.....	66
5.1.4 Розрахунок чисельності монтажної бригади.....	67

5.2 Експлуатація та ремонт обладнання.....	70
5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання.....	76
Висновки.....	86
Список використаної літератури	88

ВСТУП

Актуальність теми. В процесі буріння нафтогазових свердловин широко використовуються бурові лебідки, які є невід'ємною частиною бурового обладнання і устаткування.

Бурова лебідка – основний механізм підйомної системи бурової установки. Вона призначена для проведення таких операцій: спуск, підйом і утримання бурильної колони та спуск обсадних колон; припідйом бурильної колони і труб при нарощуванні; розкріплення замків бурильних труб; допоміжні роботи по підтягуванню в бурову інструменту, обладнання і труб; монтаж і ремонт бурової установки. При підйомі обертання барабану лебідки, яке здійснюється приводом за допомогою талевого каната, перетворюється в поступальний рух талевого блоку. Під час спуску гальмівні пристрої бурової лебідки обмежують швидкість талевого блоку, який опускається під дією власної ваги і ваги підвішеного інструменту.

Недолік гідродинамічного гальма-аналога полягає в тому, що при збільшенні ваги бурової колони і малих обертах підйомного вала бурової лебідки пристрій не розвиває гальмівний момент, який достатній для підтримки заданої швидкості спуску бурової колони і при цьому збільшуються навантаження на стрічкове гальмо. Актуальність роботи обумовлена важливістю забезпечення високої якості процесу проведення спуско-піднімальних операцій, яка суттєво залежить від ефективності налаштувань та надійності роботи бурової лебідки. Для розширення функціональних можливостей бурової лебідки пропонується в модернізованій системі гальмування гідродинамічне гальмо забезпечити циліндричним мультиплікатором, елементи якого з одного боку встановлені між барабаном лебідки і елементом муфтового з'єднання, встановленим на підйомному валу, з іншого боку – між ротором і елементом муфтового з'єднання, встановленим на валу ротора.

Це все підтверджує актуальність проблеми і необхідність подальших

науково-дослідницьких робіт, направлених на удосконалення конструкції бурової лебідки з метою підвищення надійності роботи, міжремонтного ресурсу, довговічності та ремонтпридатності бурової лебідки.

Мета роботи. Модернізація бурової лебідки із встановленим циліндричним мультиплікатором.

Об'єкт дослідження. Процеси, які відбуваються під час експлуатації циліндричного мультиплікатора.

Предмет дослідження. Властивості і характеристики бурових лебідок, що оснащені циліндричним мультиплікатором.

Наукова новизна отриманих результатів.

- побудована математична модель динамічних процесів, які виникають в бурових установках під час гальмування колони бурильних труб;

- підтверджено істотний вплив динамічних явищ, які виникають в буровій установці під час гальмування бурильної колони на робочі зусилля в елементах бурової установки.

Можливі результати, які очікуються при виконанні роботи, їхня новизна та значення. При запровадженні модернізованої конструкції бурової лебідки забезпечується підвищення гальмівного моменту, що передається на підйомний вал бурової лебідки гідродинамічним гальмом.

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

Структура й обсяг магістерської роботи.

Магістерська робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел, який містить 33 найменування, додатків. Основна частина магістерської роботи викладена на 87 сторінках комп'ютерного набору і містить 15 рисунків і 14 таблиць. Повний обсяг магістерської роботи становить 91 сторінку.

1 ВИБІР ТА ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання

1.1.1 Вихідні дані для магістерської роботи

Конструкція свердловини глибиною 5200 м подана на рис. 1.1.

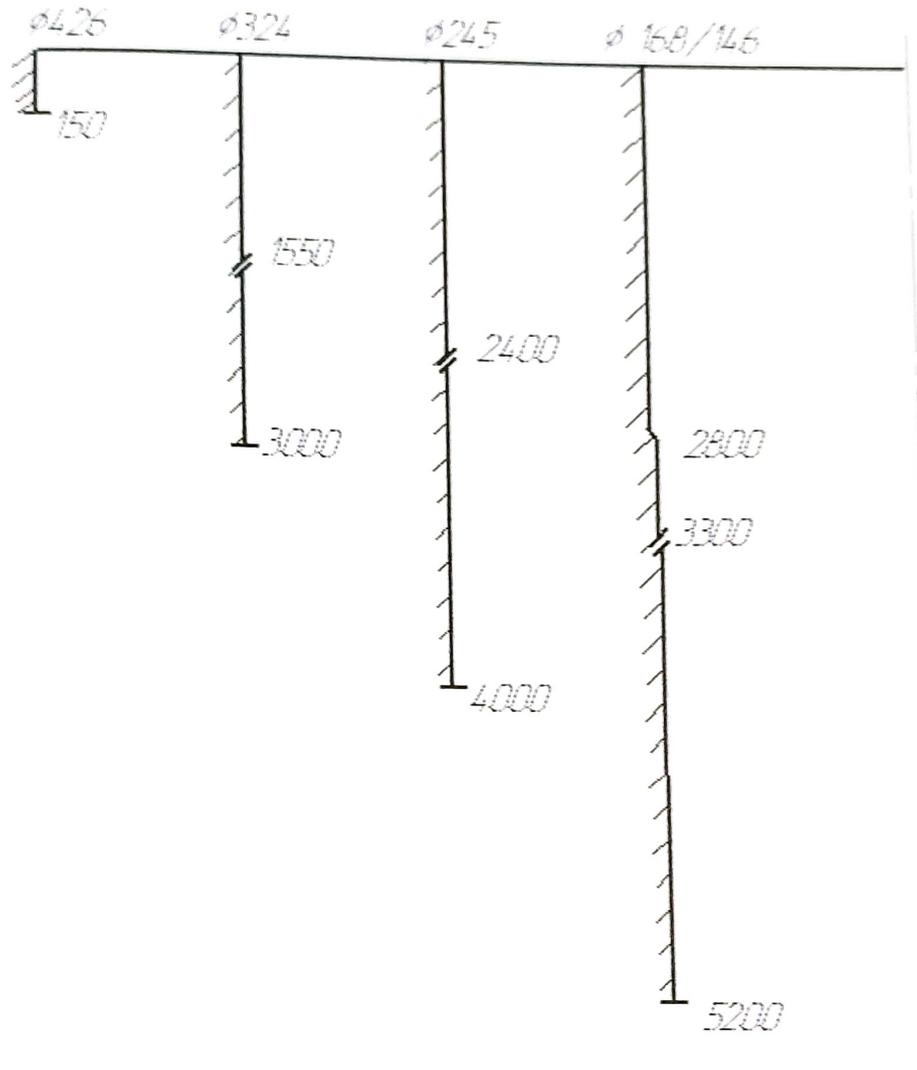


Рисунок 1.1 – Конструкція свердловини

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

Проміжна колона $d = 324\text{мм}$ спускається на глибину 3000 м двома

секціями із стиковками на глибині 1550м з метою перекриття відкладів пермі, схильних до поглинань, а також кам'яно-вугільних відкладів, схильних до обсіпань і обвалів, ізоляції пластів з нижчим пластовим тиском. Цементується колона по всій довжині.

Проміжна колона $d = 245\text{мм}$ спускається на глибину 4000м двома секціями із стиковкою на глибині 2400м з метою перекриття частини стрийських відкладів з аномально-високим пластовим тиском. Цементується колона по всій довжині.

Експлуатаційна колона $d = 168/146$ мм спускається до проектної глибини 5200м двома секціями із стиковкою на глибині 3300м і переходом на глибині 2800м. Цементується колона по всій довжині.

1.1.2 Розрахунок діаметрів доліт

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

$$D_{\text{дол.}} = D_m + 2\Delta, \quad (1.1)$$

де D_m – зовнішній діаметр муфти колони обсадних труб [7];

2Δ – величина проміжку між муфтою і стінками свердловини [7].

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

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

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

Під експлуатаційну колону $D_{\text{дол.}}^{146} = 166 + 20 = 186$ мм; приймаємо

$D_{\text{дол.}}^{146} = 190$ мм.

1.1.3 Розрахунки обсадних і бурильних колон

1.1.3.1 Визначення довжини ОБТ

Довжину ОБТ при бурінні під кожен обсадну колону визначаємо за

формулою

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

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

G – осьове навантаження на долото [7];

$q_{\text{ОБТ}}$ – вага 1 м.п. ОБТ [7];

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

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

Під кондуктор:

$$\ell_{\text{ОБТ}}^{426} = \frac{1,25 \cdot 60 \cdot 10^3}{1920 \left(1 - \frac{1120}{7850}\right)} = 55 \text{ м}$$

Під проміжну колону $\varnothing 324$ мм:

$$\ell_{\text{ОБТ}}^{324} = \frac{1,25 \cdot 200 \cdot 10^3}{1920 \left(1 - \frac{1160}{7850}\right)} = 160 \text{ м}$$

Під проміжну колону $\varnothing 245$ мм:

$$\ell_{\text{ОБТ}}^{245} = \frac{1,25 \cdot 180 \cdot 10^3}{1890 \left(1 - \frac{1160}{7850}\right)} = 150 \text{ м}$$

Під експлуатаційну колону:

$$\ell_{\text{ОБТ}}^{146} = \frac{1,25 \cdot 140 \cdot 10^3}{970 \left(1 - \frac{1410}{7850}\right)} = 210 \text{ м.}$$

1.1.3.2 Визначення довжини бурильного інструменту

Розраховуємо бурильний інструмент при бурінні під експлуатаційну колону.

Для I-ої секції бурильної колони приймаємо бурильну трубу $\varnothing 114$ мм із

товщиною стінки 10 мм групи міцності К. Визначаємо допустиму глибину бурильних труб за формулою:

$$\ell_{\text{дон}}^I = \frac{Q_{\text{дон}}^I - \ell_{\text{обт}} \cdot q_{\text{обт}} \left(1 - \frac{j_{\text{б.р.}}}{j_{\text{м.}}}\right)}{q'_{\text{пр}} \left(1 - \frac{j_{\text{б.р.}}}{j_{\text{м.}}}\right)} + \ell_{\text{обт}}, \quad (1.3)$$

де $q'_{\text{пр}}$ – вага 1 м.п. бурильної труби [7];

$Q_{\text{дон}}^I$ – допустиме розтягуюче навантаження на тілі труби; визначаємо за формулою

$$Q_{\text{дон}}^I = \frac{Q_p^I}{K}, \quad (1.4)$$

де Q_p – розтягуюче навантаження, при якому напруження у тілі труби досягає межі текучості [7];

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

$$Q_{\text{дон}}^I = \frac{2300}{1,4} = 1643 \text{ кН};$$

$$\ell_{\text{дон}}^I = \frac{1643 \cdot 10^3 - 210 \cdot 970 \left(1 - \frac{1410}{7850}\right)}{301 \cdot \left(1 - \frac{1410}{7850}\right)} + 210 = 6187 \text{ м}$$

Верхню частину колони складаємо із труб діаметром 127 мм із товщиною стінки 10 мм групи міцності К. Визначаємо допустиму довжину 2-ої секції за формулою

$$\ell_{\text{дон}}^{II} = \frac{Q_{\text{дон}}^{II} - Q_{\text{дон}}^I}{q''_{\text{пр}} \cdot \left(1 - \frac{j_{\text{б.р.}}}{j_{\text{м.}}}\right)}, \quad (1.5)$$

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

$Q_{\text{дон}}^{II}$ – допустиме розтягуюче навантаження на тілі труби 2-ої секції.

$$Q_{\text{дон}}^{II} = \frac{Q_p^{II}}{K}. \quad (1.6)$$

$$Q''_{дон} = \frac{2550}{1,4} = 1821,4 \text{ кН};$$

$$l''_{дон} = \frac{1821,4 \cdot 10^3 - 1643 \cdot 10^3}{331 \cdot \left(1 - \frac{1410}{7850}\right)} = 656 \text{ м}$$

Третю секцію бурильних труб складемо із труб діаметром 140 мм із товщиною стінки 10 мм групи міцності К. Допустиму довжину визначаємо аналогічно допустимій довжині 2-ої секції за формулою

$$l'''_{дон} = \frac{Q'''_{дон} - Q''_{дон}}{q'''_{пр} \cdot \left(1 - \frac{j_{б.р.}}{j_m}\right)}; \quad (1.7)$$

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

$Q'''_{дон}$ – допустиме розтягуюче навантаження на тілі труби 3-ї секції

$$Q'''_{дон} = \frac{Q'''_p}{K}. \quad (1.8)$$

$$Q'''_{дон} = \frac{2850}{1,4} = 2035,7 \text{ кН};$$

$$l''_{дон} = \frac{2035,7 \cdot 10^3 - 1821,4 \cdot 10^3}{388 \cdot \left(1 - \frac{1410}{7850}\right)} = 674 \text{ м}$$

Відповідно проведених розрахунків складаємо таблиці вибору компонування бурильного інструменту.

Таблиця 1.1 – Робочий інструмент при бурінні під експлуатаційну колону

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
140	10К	388	674
127	10К	331	656
114	10К	301	3660
ОБТ-108	-	970	210

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

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2	3	4
127	10К	331	190
114	10К	301	3660
ОБТ-197	-	1890	150

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

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2	3	4
114	10К	301	2840
ОБТ-203	-	1920	160

Таблиця 1.4 – Робочий інструмент при бурінні під кондуктор

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2	3	4
114	10К	301	95
ОБТ-203	-	1920	55

1.1.3.3 Визначення ваги колони бурильних і обсадних труб

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

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

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

$Q_{ОБТ}$ - вага колони ОБТ;

K – коефіцієнт прихвату; приймаємо $K=1,3$

Під експлуатаційну колону:

$$Q_{б.к.}^e = (388 \cdot 674 + 331 \cdot 656 + 301 \cdot 3660 + 970 \cdot 210) \cdot 1,3 = 2319210,4 \text{ Н} \approx 2319 \text{ кН}$$

Під проміжну колону ϕ 245 мм:

$$Q_{6.к.}^{np} = (331 \cdot 190 + 301 \cdot 3660 + 1890 \cdot 150) \cdot 1,3 = 1882465 \text{ Н} \approx 1883 \text{ кН}$$

Під проміжну колону ϕ 324 мм:

$$Q_{6.к.}^{np} = (301 \cdot 2840 + 1920 \cdot 160) \cdot 1,3 = 1510652 \text{ Н} \approx 1511 \text{ кН}$$

Під кондуктор:

$$Q_{6.к.}^k = (301 \cdot 95 + 1920 \cdot 55) \cdot 1,3 = 174453,5 \text{ Н} \approx 175 \text{ кН}$$

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

Визначаємо вагу кожної секції експлуатаційної колони діаметром 168/146 мм, яка спускається двома секціями:

1-ша секція довжиною 1900 м:

$$Q_{e.}^I = (3300 \cdot 301 + 780 \cdot 393 + 1120 \cdot 360) \cdot 1,15 = 1958496 \text{ Н} \approx 1959 \text{ кН}$$

2-га секція довжиною 3300 м:

$$Q_{e.}^{II} = (1330 \cdot 471 + 1470 \cdot 435 + 500 \cdot 393) \cdot 1,15 = 1682278,7 \text{ Н} \approx 1682 \text{ кН}$$

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

1-ша секція довжиною 1600 м:

$$Q_{np.}^I = (2400 \cdot 301 + 220 \cdot 627 + 1380 \cdot 568) \cdot 1,15 = 1890807 \text{ Н} \approx 1891 \text{ кН}$$

2-га секція довжиною 2400 м:

$$Q_{np.}^{II} = (1100 \cdot 824 + 900 \cdot 693 + 400 \cdot 627) \cdot 1,15 = 2048035 \text{ Н} \approx 2048 \text{ кН}$$

Визначаємо вагу кожної секції проміжної колони діаметром 324мм, яка спускається двома секціями:

1-ша секція довжиною 1450 м:

$$Q_{np.}^I = (1550 \cdot 301 + 500 \cdot 918 + 950 \cdot 839) \cdot 1,15 = 1980990 \text{ Н} \approx 1981 \text{ кН}$$

2-га секція довжиною 1550 м:

$$Q_{np.}^{II} = (1200 \cdot 996 + 350 \cdot 918) \cdot 1,15 = 1743975 \text{ Н} \approx 1744 \text{ кН}$$

Визначаємо вагу кондуктора діаметром 426мм і довжиною 150м:

$$Q_{к.} = 150 \cdot 1260 \cdot 1,15 = 217350 \text{ Н} \approx 217 \text{ кН}$$

Таблиця 1.5 – Зведена вагова характеристика обсадних і бурильних колон

№ п/п	Назва колони	Діаметр труб, мм	Товщина стілки, мм і група міцн.	Глибина спуску, м	Вага секції, кН	Вага колони, кН
1	Бурильний інструмент під експлуатаційну колону	140	10К	674	2319	2319
		127	10К	656		
		114	10К	3660		
		ОБТ-146	-	210		
2	Бурильний інструмент під проміжну колону ϕ 245 мм	127	10К	190	1883	1883
		114	10К	3660		
		ОБТ-197	-	150		
3	Бурильний інструмент під проміжну колону ϕ 324 мм	114 ОБТ-203	10К -	2840 160	1511	1511
4	Бурильний інструмент під кондуктор	114 ОБТ-203	10К -	95 55	175	175
5	Експлуатаційна колона	114	10К	3300	Іс. - 710	1959
		146	11Л 11Е 10К 10Д	300 480 720 400		
		168	12К 11К 11Д 11Л	1330 800 670 500		
6	Проміжна колона ϕ 245 мм	114	10К	2400	Іс. - 922	1891
		245	10К 9Д 9К	220 740 640		
		245	13,84Р110 11Д 10К	1100 900 400		
7	Проміжна колона ϕ 324 мм	114	10К	1550	Іс. - 1256	1981
		324	11Д 10К 10Д	500 310 640		
		324	12К 12Д 11К	220 980 350		
8	Кондуктор	426	12Д	150	217	217

1.1.4 Вибір типу бурової установки та її технічна характеристика

Згідно ГОСТ 16293-89 вибираємо п'ятий клас, для бурових установок якого регламентовані наступні параметри, що мають відношення до проектного обладнання:

$$G_{\text{б.у.}} \geq G_{\text{max}}; 2500 \geq 2319.$$

Тому вибираємо бурову установку НБО-3Д з найбільшою вантажопідйомністю 2700 кН. Комплектність та технічна характеристика вибраної бурової установки наведена у табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Комплектність та технічна характеристика бурової установки НБО-3Д

Параметри	Бурова установка
1	2
Допустиме навантаження на гаку, кН	2000
Умовна глибина буріння, м,	5000
Загальна встановлювальна потужність, кВт	1650
Найбільша оснастка талевого механізму	5x6
Діаметр талевого каната, мм	32
Привід бурової установки	дизельний
Привід лебідки, ротора і насосів	Груповий
Лебідка	ЛБУ-1200
Потужність лебідки, кВт	809
Буровий насос	УНБ-600
Число насосів	2
Потужність насоса, кВт	600
Найбільший тиск на виході і насоса, МПа	25
Найбільша ідеальна подача насоса, м /с	0,051
Ротор	УР – 560
Діаметр прохідного отвору в столі ротора, мм	560
Потужність приводу ротора, кВт	370
Статична вантажопідйомність ротора, т	320

Число шестерень редуктора	4
Вертлик	УВ - 250
Статична вантажопідйомність вертлика, т	250
Бурова вежа	ВВ - 53 - 320
Вантажопідйомність вежі, т	320
Кремінь	УКВ - 6 - 270
Вантажопідйомність креміня, т	270
Зовнішній діаметр шківів, мм	1120
Талевий блок	УТБ - 5 - 225
Вантажопідйомність талевого блока, т	225
Дизель-генераторна станція	ТМЗ - ДЄ - 104 - С3
Потужність станції, кВт	100x2
Компресори: з дизельним приводом; з електричним приводом	К5 - М; КСЄ - 5М
Тиск повітря, МПа	0,8
Подача, приведена до умов усмохтування, м/с	0,0835
Засоби механізації та автоматизації: подачі інструмента; спуско-підйомних операцій	ПКР-560; АКМ-3М2
Допоміжне гальмо	УТГ - 1450
Маса комплексу поставки, т	168

1.2 Конструкція бурової лебідки ЛБУ-1200

У бурових лебідках ЛБУ-1200 (рис. 1.2), які входять в склад вибраної бурової установки, для передачі потужності на барабан лебідки й трансмісію редуктора використовується зубчастий редуктор. Передача потужності на редуктор лебідки і ланцюгову трансмісію для привода котушкового вала та отримання п'ятої швидкості здійснюється карданными валами.

Особливість цієї лебідки полягає в тому, що її робота неможлива без коробки швидкостей, яка змінює частоту обертання барабана (перемикання

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 [10].

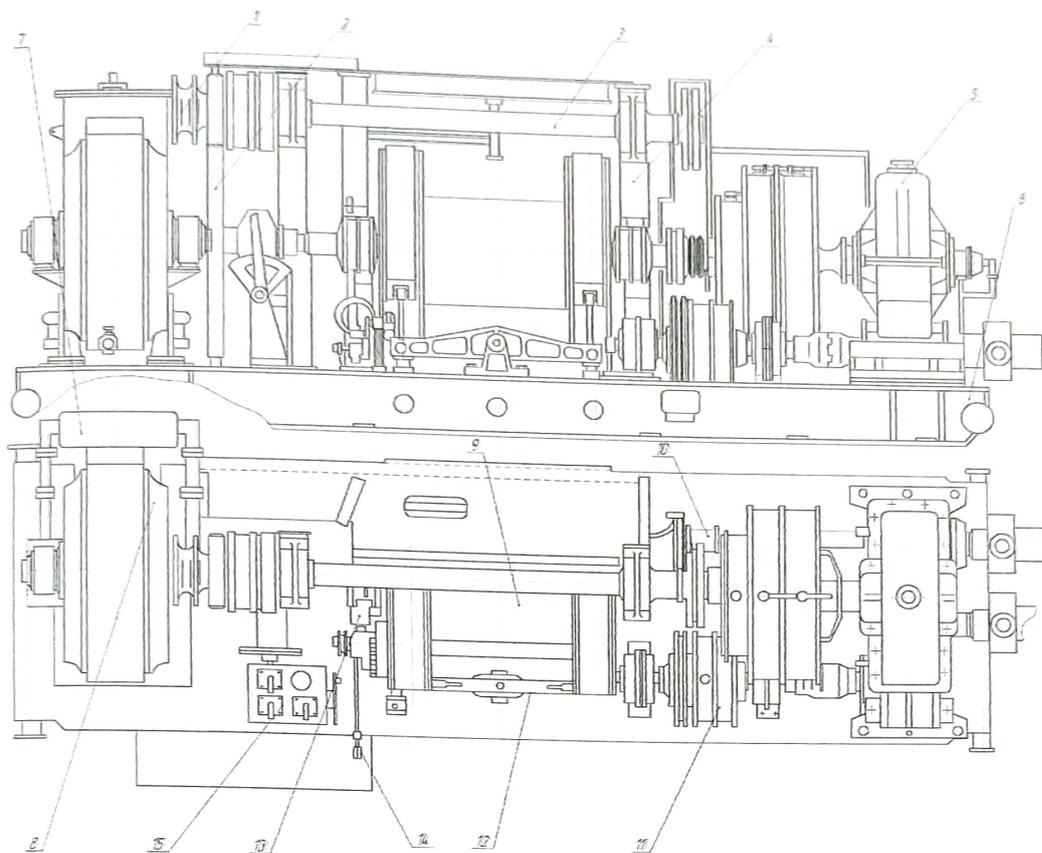


Рисунок 1.2 – Бурова лебідка ЛБУ-1200

Кінематична схема тривалої лебідки ЛБУ-1200 (рис. 1.3) 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.

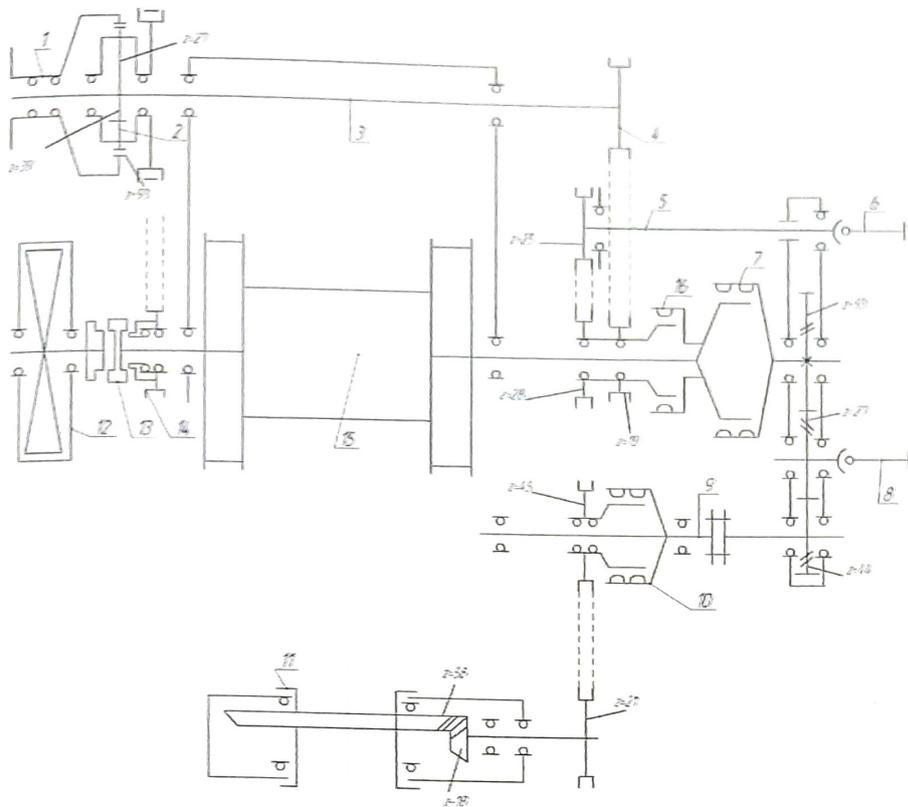


Рисунок 1.3 – Кінематична схема бурової лебідки ЛБУ-1200

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, катушковий вал 3 перебуває в постійному зачепленні зі швидкохідним валом коробки передач. На консолі катушкового вала встановлена фрикційна катушка I із планетарною зубчастою передачею 2, яка використовується для допоміжних робіт на буровій [5].

Змушене холосте обертання катушкового 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 присднюються до піднімального вала лебідки двосторонньою кулачковою муфтою 13 [3].

Підйомний вал (рис. 1.4) — 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.

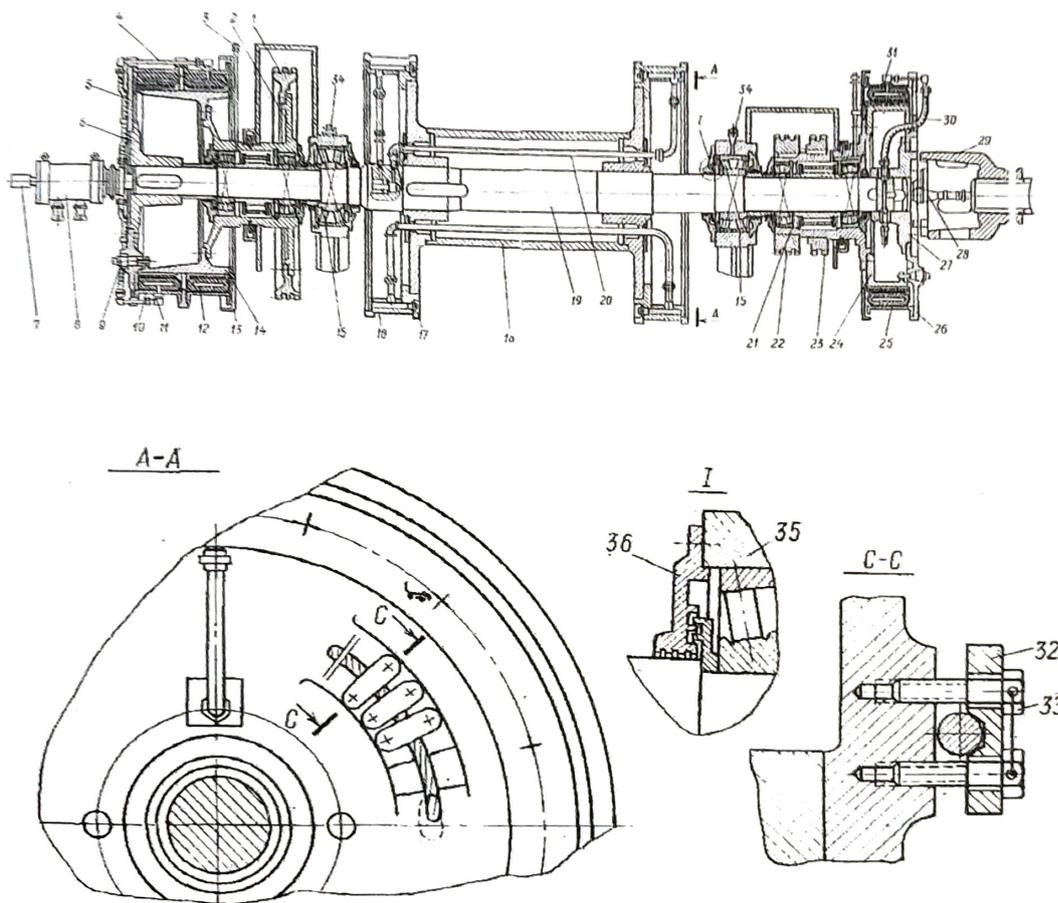


Рисунок 1.4 – Підйомний вал в зборі

Корінні роликові радіально-сферичні підшипники 15 підйомного валу, встановлені в розточуваннях корпуси масляної ванни, змащуються густим мастилом через тавотниці 34. Внутрішні обойми роликотпідшипників фіксуються на валу втулками, розпорів, а зовнішні — кришками, торців корпусу підшипника. Для компенсації температурних подовжень валу 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 [5].

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 [3].

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 напресованих на вал маточин.

Кожух 13 оберігає шків 14 від попадання масла. Підшипники маточини 2 змащуються за допомогою масельнички 3 з трубкою, укрупненою 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 електромагнітного гальма, вертлюжок 28, отвір у валу 19, повітропровід 30 і

клапан-розрядник 31.

Вал приводу ротора (рис. 1.5) встановлюється на двох роликівих 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 роликівідшипниках 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.

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 [4].

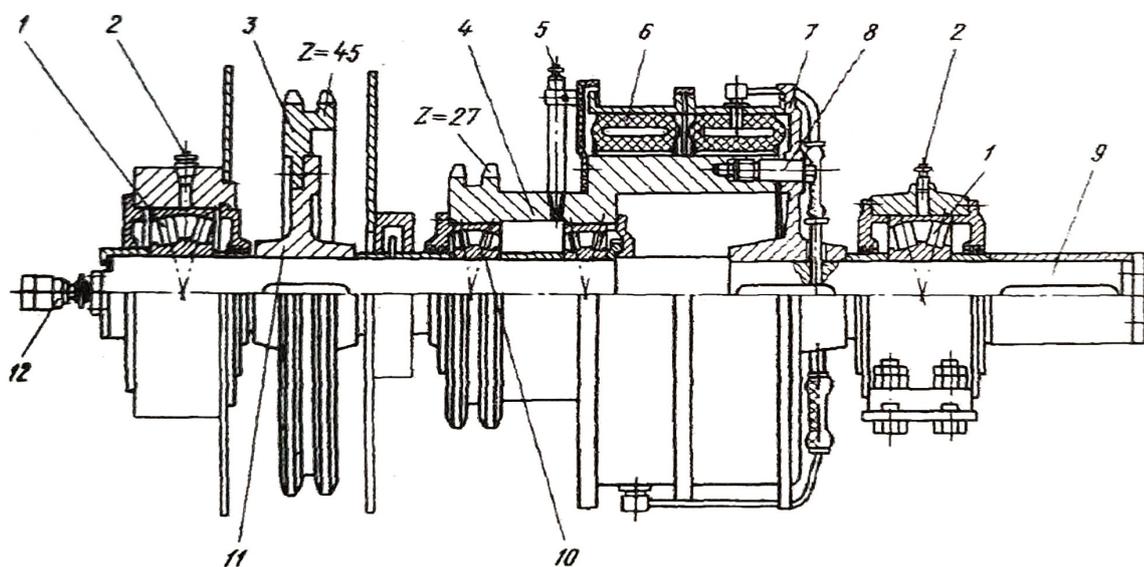


Рисунок 1.5 — Вал приводу ротора в зборі

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

Конструкція стрічкового гальма бурової лебідки ЛБУ-1200 показана на рис. 1.6. Гальмівні стрічки 12 виготовляються із сталевого листа товщиною 6-10 мм, зігнутою по діаметру гальмівних шківів 11 барабана 13 лебідки. Ширина стрічки вибирається залежно від колодок, що використовуються, ширина яких по стандарту становить 220-260 мм. Довжина стрічки розраховується по діаметру і кута охоплення ($270-340^\circ$) гальмівного шківів 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.

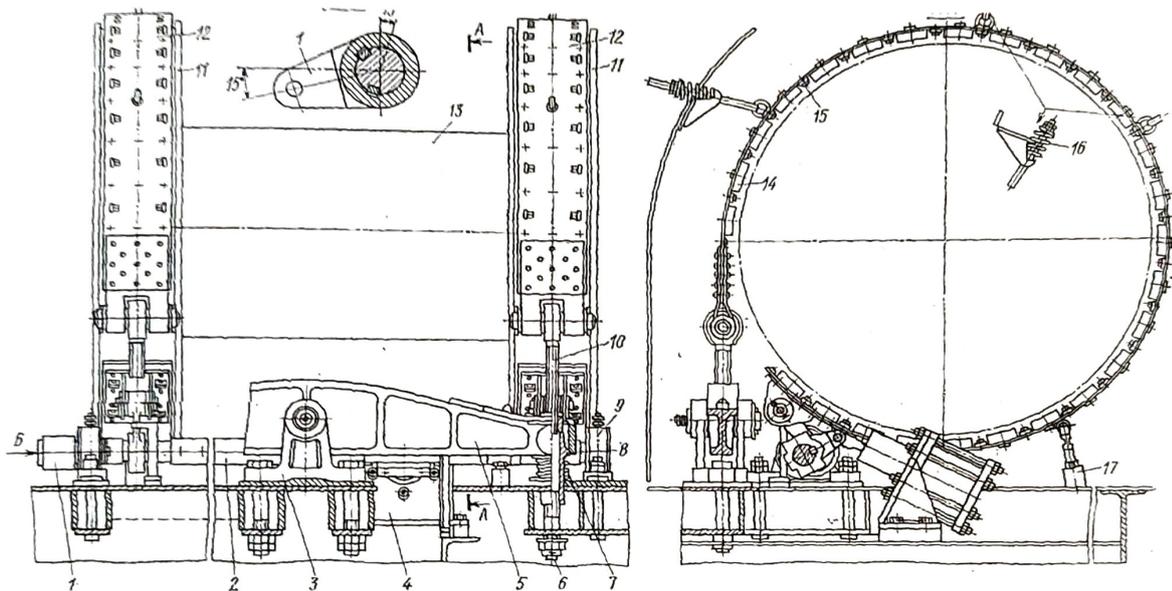


Рисунок 1.6 – Стрічкове гальмо бурової лебідки

Внаслідок великих контактних тисків гальмівні колодки, розміщені з сторони набігаючого кінця стрічки, зношуються більш інтенсивно. Для вирівнювання зношування колодок кінці стрічок в процесі експлуатації міняють місцями. Завдяки цьому значно скорочується розхід колодок. Останні

кріпляться до стрічки стальними планками, запресованими в тіло колодки. Для цього кінці планок виводять через отвори в стрічці і загинають з зовнішньої сторони. Кріплення гальмівних колодок за допомогою болтів і заклепок з потайними головками більш трудомістке [7].

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 шківви 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 стальний рівноплечий важіль. Балансир обертається на осі, встановленій в стійці 3, яка кріпиться болтами до рами 4 лебідки. До балансира за допомогою болтів 10 і різьбових стаканів 8 приєднуються набігаючі кінці гальмівних стрічок. Болт має вушко для з'єднання з гальмівною стрічкою і різьбу для накручування стакану. При прокручуванні стакану болт переміщується по різьбі і регулює радіальний зазор між шківом і гальмівними накладками, який створюється в розімкнутому гальмі. Якщо зазори відрегульовані неоднаково, балансир обертається на своїй осі і опускає кінець стрічки, яка охоплює гальмівний шків з великим зазором. В результаті цього досягається одночасне затягування гальмівних стрічок з однаковим зусиллям.

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

Через отвори в рамі проходять шпильки 6, які з'єднуються на різьбі із стаканами балансира. На хвостовики шпильок накручені аварійні гайки, які сприймають натяг стрічки при обриві або при надто великому радіальному зазорі одної із стрічок гальма. Аварійні гайки закручуються з осьовим зазором відповідно нижньої опорної плити на рамі лебідки. Величина зазору залежить від вільного ходу стрічки і не повинна перевищувати допустимого значення. При великому зазорі гальмування лебідки однією стрічкою стає неможливим, так як після вибору вільного 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, корпуса 9, які закріплені на рамі лебідки. Шатунні шийки колінчатого вала за допомогою тяг з'єднуються із збігаючими кінцями гальмівних стрічок. Обойма тяги надівається на вал і встановлюється напівтулках з антифрикційних матеріалів. Згідно вимогам (ГОСТ 11.1.41-79), 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 шківів, 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 1 і механічних передач.

При використанні стрічкового гальма гальмування барабана лебідки здійснюється мускульним зусиллям робітника через гальмівний важіль, який закріплений на колінчастому валу гальма. Для полегшення праці

бурильників передбачено використання пневматичного гальмівного циліндра як приводу стрічкового гальма (рис. 1.7). Дане запобіжне пристосування підвищує степінь надійності гальма і допомагає скороченню циклу спуско-підймальних операцій. Конструкція пневматичного гальмівного циліндра дозволяє виконувати незалежне і одночасне гальмування за допомогою стиснутого повітря і дії робітника на гальмівний важіль..

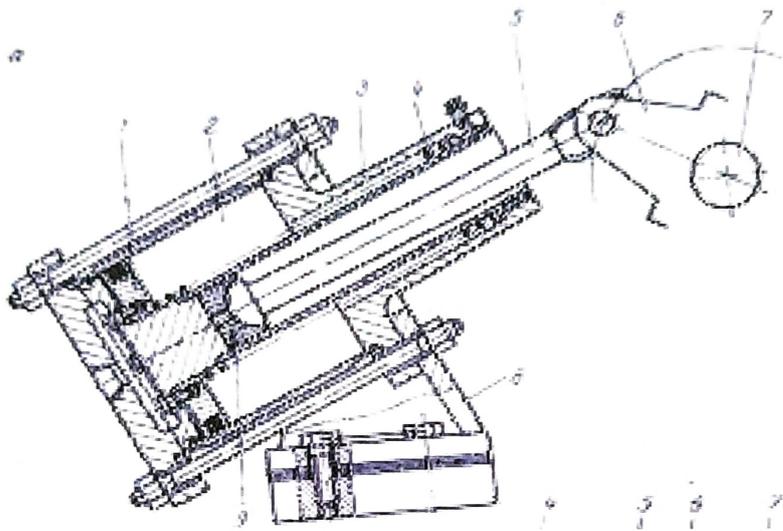


Рисунок 1.7 – Пневматичний гальмівний циліндр односторонньої дії

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

Пневматичний гальмівний циліндр (рис. 1.8) встановлений на стійці 8, яка кріпиться до рами лебідки. В показаному на рисунку положенні стрічкове гальмо розгальмоване, в пневматичному циліндрі немає стиснутого повітря, а поршень 1 переміщений пружиною 4, яка встановлена у верхній торцевій кришці 3, в крайнє положення до нижньої торцевої кришки пневмоциліндра 1. Якщо бурильник поверне гальмівний

вал 7, не використовуючи пневматичного циліндра, то разом з валом повернеться важіль 6 і переміститься з'єднаний з ним віссю шток, не пов'язаний із поршнем.

При подачі стиснутого повітря в циліндр через отвір в торцевій кришці пневмоциліндра поршень 1 переміщується і натискає гумовим буфером 9 на шарову головку штока і повертає гальмівний вал стрічкового гальма. Для переміщення поршня необхідний тиск у пневмоциліндрі 0,6 МПа. Навантаження на штоку при переміщенні поршня у крайнє положення складає 26,3 кН.

Із збільшенням глибин буріння застосування механічного гальма як регульовального і зупинного стає недоцільним, оскільки при спуску важкої колони бурильних труб воно сильно нагрівається і інтенсивно зношуються гальмівні колодки. У зв'язку з цим як регульовальне гальмо використовується передбачена в конструкції бурової лебідки ЛБУ-1200 допоміжна гальмівна гідравлічна система.

Гідродинамічне гальмо є регулюючою гальмівною системою і призначене для полегшення праці бурильника, так як із збільшенням глибин свердловин і ваги бурильних труб під час СПО необхідно прикладати великі зусилля до стрічкового гальма. Система гальмування бурової лебідки ЛБУ-1200 включає гідродинамічне гальмо УТГ-1450 (рис. 1.8), що містить:

- встановлений на вал ротор, укладений в корпус, утворений двома частинами статора,
- елемент муфтового з'єднання, виконаний у вигляді веденої кулачкової напівмуфти, встановленої на валу ротора, що входить в зачеплення з елементом муфтового з'єднання, виконаним у вигляді ведучої кулачкової напівмуфти, встановленої на підйомному валу бурової лебідки.

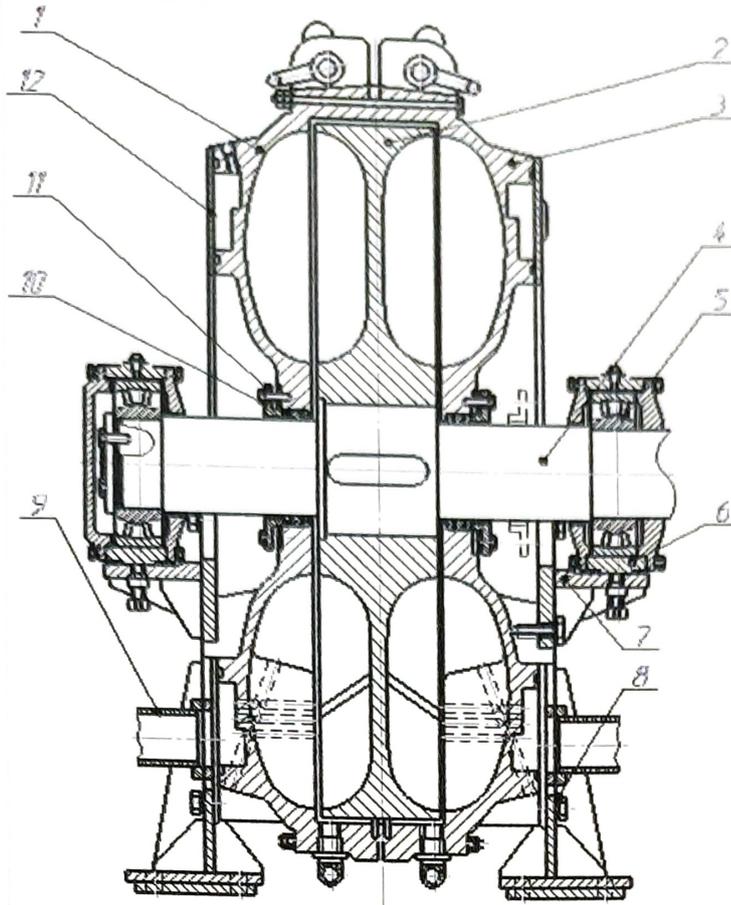


Рисунок 1.8 – Гідродинамічне гальмо УТГ-1450

Включення гідродинамічного гальма здійснюють при виконанні операцій спуску в свердловину бурового інструменту. При включенні гідродинамічного гальма ведуча кулачкова напівмуфта входить в зачеплення з веденою кулачковою напівмуфтою. Технічні характеристики гідродинамічного гальма УТГ-1450 наведені в таблиці 1.6.

При обертанні вала гідрогальма (рис. 1.9) наповнююча його вода під дією відцентрової сили старається рухатись від центра до периферії. Рухаючись по заокругленнях у зовнішній частині між лопаткових каналів ротора, вода направляється на нерухомі лопатки статора, при ударі в які проходить поглинання значної частини енергії, яка підводиться до гідрогальма. Далі вода переміщається по між лопаткових каналах статора до його центра і знову попадає на лопатки ротора. Завдяки високим швидкостям циркуляції води у між лопаткових каналах гідрогальма

створюється значний гальмівний момент. При цьому його значення прямо пропорційне квадрату частоти обертання ротора.

Таблиця 1.7 - Технічна характеристик гідродинамічного гальма УТГ-1450

Номер швидкості підйомного вала	Навантаження на гаку, кН	Число оборотів підйомного вала, об / хв	Необхідний гальмівний момент, кНм	Створюваний гальмівний момент, кНм
1	2000	38	80,6	0
2	1310	85	50,8	15
3	720	133	29	30
4	420	213	17	30
5	260	318	-	-

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 стає постійною (спуск колони на довжину свічки 24 м проходить приблизно за 15-20 с).

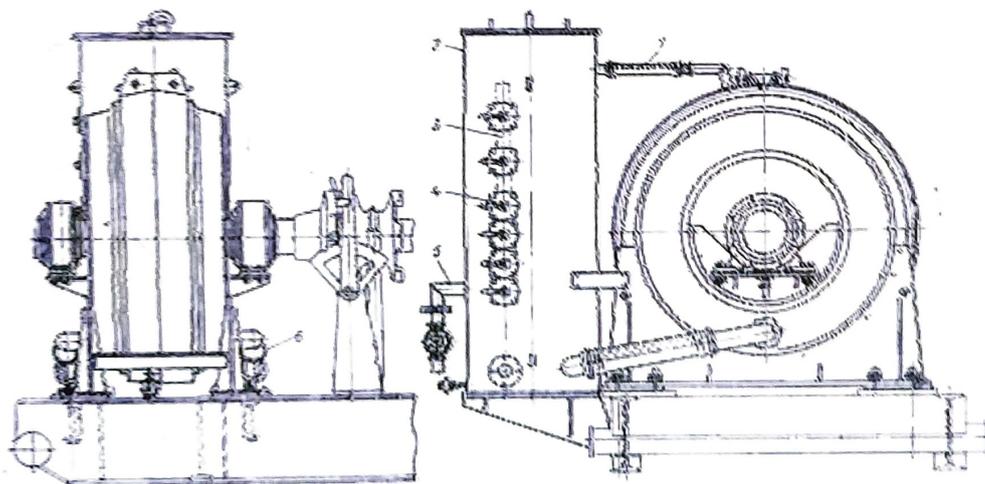


Рисунок 1.9 – Установка гідравлічного гальма із холодильником

На розрізі А-А стрілками показано напрям обертання ротора при спуску. Лопатки статорів і роторів при цьому назустріч одна іншій. При зворотному обертанні ротора при підйомі ненавантаженого гака опір обертанню гальма різко зменшується.

При роботі гідрогальма у верхній частині за роторного пристрою створюється тиск води, яка по трубі 1 рухається у холодильник. На її місце по трубі 6 в гальмо поступає охолоджена вода. Постійна заміна води у гальмі запобігає перегріву. При тривалому спуску важкої колони і високій температурі повітря холодильник може не створювати необхідних умов тепловіддачі і температури води в системі буде недопустимо підвищуватися. Тоді через вентиль 5 в холодильник подають холодну воду. Надлишок нагрітої води із холодильника зливається по трубі 3. Для спостереження за рівнем води у гальмівній системі на холодильнику встановлені пробні крани 4. Чим вищий початковий рівень води у системі, тим більший її обсяг буде циркулювати у між лопаткових порожнинах і тим вище буде гальмівний момент.

Висновки

За найбільшим навантаженням на гаку під час буріння свердловини глибиною 4800 м вибрана бурова установка НБО-3Д, за допомогою якої будемо здійснювати технологічні операції в процесі спорудження даної свердловини. У склад вибраної бурової установки входить бурова лебідка ЛБУ-1200.

Недолік гідродинамічного гальма УТГ-1450, яке використовується у вибраній буровій лебідці, полягає в тому, що при збільшенні ваги бурильної колони і малих обертах підйомного вала бурової лебідки пристрій не розвиває гальмівного моменту, який достатній для підтримки заданої швидкості спуску бурильної колони і при цьому збільшуються навантаження на стрічкове гальмо.

Тому існує необхідність в модернізації системи гальмування для підвищення гальмівного моменту, який передається гідродинамічним гальмом на підйомний вал бурової лебідки при спуску бурильної колони великої ваги.

2 ОПИС ТЕХНІЧНОЇ ПРОПОЗИЦІЇ

2.1 Опис модернізованої конструкції системи гальмування бурової лебідки

Недолік гідродинамічного гальма-аналога полягає в тому, що при збільшенні ваги бурової колони і малих обертах підйомного вала бурової лебідки пристрій не розвиває гальмівний момент, який достатній для підтримки заданої швидкості спуску бурової колони і при цьому збільшуються навантаження на стрічкове гальмо.

Технічний результат модернізованої системи гальмування полягає в підвищенні гальмівного моменту, який передається гідродинамічним гальмом на підйомний вал бурової лебідки при спуску бурової колони великої ваги.

Зазначений технічний результат досягається тим, що в модернізованій системі гальмування (рис. 2.1) порівняно із аналогом гідродинамічне гальмо забезпечене циліндричним мультиплікатором, елементи якого з одного боку встановлені між барабаном лебідки і елементом муфтового з'єднання, встановленим на підйомному валу, з іншого боку – між ротором і елементом муфтового з'єднання, встановленим на валу ротора.

Система гальмування бурової лебідки включає гідродинамічне гальмо 1, на валу 2 якого встановлений ротор 3, що укладений в корпус 4, який утворений двома частинами статора, барабан 5 бурової лебідки, який встановлений на підйомному валу 6, елемент муфтового з'єднання, встановлений на підйомному валу 6, що входить в зачеплення з елементом муфтового з'єднання, встановленим на валу 2 ротора 3, мультиплікатор 7, елементи якого з одної сторони встановлені між барабаном 5 бурової лебідки і елементом муфтового з'єднання, встановленим на підйомному валу 6, з іншого боку – між ротором 3 і елементом муфтового з'єднання, встановленим на валу 2 ротора 3.

При введенні у склад системи гальмування циліндричного мультиплікатора 7 елемент муфтового з'єднання, встановлений на підйомному валу 6, виконаний у вигляді двосторонньої кулачкової напівмуфти 8, яка закріплена на шліцах, елемент муфтового з'єднання, встановлений на валу 2

ротора 3, виконаний у вигляді веденої кулачкової напівмуфти 9. Циліндричний мультиплікатор 7 виконаний у вигляді зубчастого колеса 10, кулачкової напівмуфти 11, що утворюють блок-зірочку 12, яка встановлена на підшипниках на підйомному валу 6 між двосторонньою кулачковою напівмуфтою 8 і барабаном 5 бурової лебідки, контрвала 13, на протилежних кінцях якого встановлені шестерня 14 і зубчасте колесо 15, і шестерні 16, встановленої на валу 2 ротора 3, що утворює з веденою кулачковою напівмуфтою 9 блок-зірочку 17.

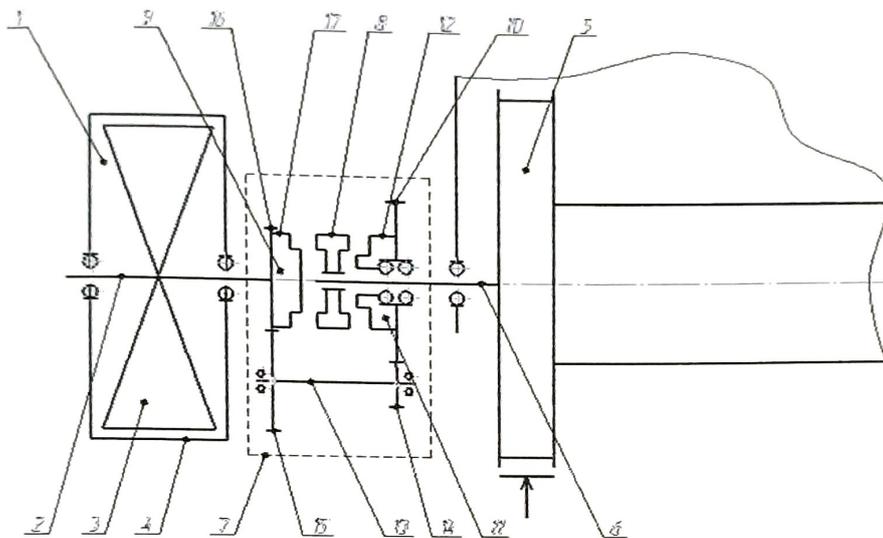


Рисунок 2.1 – Кінематична схема модернізованої системи гальмування бурової лебідки:

- 1 – гідродинамічне гальмо; 2 – вал; 3 – ротор; 4 – корпус; 5 – барабан;
 6 – підйомний вал; 7 – мультиплікатор; 8 – двостороння кулачкова напівмуфта;
 9 – ведена кулачкова напівмуфта; 10 – зубчасте колесо; 11 – кулачкова напівмуфта; 12 – блок-зірочка; 13 – контрвал; 14 – шестерня; 15 – зубчасте колесо; 16 – шестерня; 17 – блок-зірочка

Розглянемо роботу модернізованої системи гальмування бурової лебідки. Перед початком роботи бурильник визначає обсяг робочої рідини, яка необхідна для створення гідродинамічним гальмом гальмівного моменту, достатнього для підтримання заданої швидкості спуску бурильної колони. В

якості робочої рідини використовують воду. Порожнини гідродинамічного гальма заповнюють водою через патрубки підведення робочої рідини, які підведені до корпусу 4 гідродинамічного гальма 1.

Принцип роботи модернізованої системи гальмування бурової лебідки полягає в наступному. При включенні гідродинамічного гальма 1 двостороння кулачкова напівмуфта 8, яка встановлена на підйомному валу 6, входить в зачеплення з елементом муфтового з'єднання, встановленим на валу 2 ротора 3. Між нерухомими частинами статора і обертовим ротором 3 створюється циркуляція робочої рідини. Завдяки високим швидкостям циркуляції робочої рідини і зустрічному нахилу лопаток статора і лопаток ротора створюється значний гальмівний момент, який, зростаючи в міру збільшення швидкості обертання ротора 3, перешкоджає обертанню підйомного вала 6 бурової лебідки.

Гідродинамічне гальмо з циліндричним мультиплікатором 7, що входить до складу модернізованої системи гальмування бурової лебідки, може працювати в 2-х режимах:

- Режим 1: мультиплікатор 7 вимкнений;
- Режим 2: мультиплікатор 7 включений.

На початку операції спуску, коли бурова колона має мінімальну вагу, гідродинамічне гальмо розвиває гальмівний момент, достатній для підтримки заданої швидкості спуску бурильної колони. При цьому гідродинамічне гальмо працює в режимі 1: мультиплікатор 7 вимкнений. Для включення режиму 1 двосторонню кулачкову напівмуфту 8, закріплену на шліцах, переміщують вліво. Двостороння кулачкова напівмуфта 8 і ведена кулачкова напівмуфта 9 входять у зачеплення і передають обертання від підйомного вала 6 бурової лебідки до вала 2 гідродинамічного гальма 1. При цьому число обертів підйомного вала 6 бурової лебідки дорівнює числу обертів вала 2 гідродинамічного гальма 1, блок-зірочка 12, встановлена на підшипниках на підйомному валу 6, обертається на холостому ході. Гідродинамічне гальмо розвиває гальмівний момент, що протидіє обертанню підйомного вала бурової

лебідки, достатній для підтримки заданої швидкості спуску бурильної колони вагою до 720 кН. При роботі в режимі 1 гідродинамічне гальмо 1 має технічні характеристики, аналогічні технічним характеристикам гідродинамічного гальма УТГ-1450 до 85 об / хв підйомного вала 5 (табл. 2.6).

При вазі бурильної колони, яка перевищує 720 кН виникає необхідність у збільшенні гальмівного моменту, гідродинамічне гальмо перемикають в режим 2: мультиплікатор 7 включений. При цьому двосторонню кулачкову напівмуфту 8 переміщують вправо. Двостороння кулачкова напівмуфта 8 і кулачкова напівмуфта 11 входять у зачеплення. При цьому зубчасте колесо 10 передає обертання шестірні 14, яка встановлена на контрвал 13, і зубчастому колесу 15, яке встановлене на протилежному кінці контрвала 13. Зубчасте колесо 15 передає обертання шестірні 16, що утворює з веденою кулачковою напівмуфтою 9 блок-зірочку 17. Обертання від підйомного вала 6 бурової лебідки за рахунок циліндричної передачі, наприклад, що має передавальне число 3, прискорює обертання валу 2 гідродинамічного гальма до $38 \times 3 = 114$ об / хв. При числі обертів 114 об / хв вала 2 гідродинамічне гальмо бурової лебідки розвиває гальмівний момент, рівний 30 кНм, а через мультиплікатор 7 передає на підйомний вал 6 бурової лебідки гальмівний момент рівний $30 \times 3 = 90$ кНм, який є достатнім для підтримання заданої швидкості спуску бурильної колони вагою 2000 кН.

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:

$$E = \left[Z_1 \cdot k_1 \cdot k_2 + \frac{\Delta C^{\text{експл.}} - E_{\text{ж}} \cdot \Delta K}{P_2 + E_{\text{ж}}} - Z_2 \right] \cdot A, \text{ грн.}, \quad (2.1)$$

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, $Z_1 = 21000000,00$ грн. (вартість бурової установки базової конструкції);

k_1 – коефіцієнт зростання продуктивності; визначаємо відношенням проходки новою технікою до проходки старою технікою.

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

$E_{\text{ж}}$ – єдиний нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, $E_{\text{ж}} = 0,15$;

$\Delta C^{\text{експл.}}$ – 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:

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

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

Вартість заходів по модернізації даного виду обладнання визначається за формулою:

$$C^{ММХ} = C^{ММР} + C^{ТР}, \text{ грн.} \quad (2.4)$$

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

1) Сировина і матеріали:

$$C^{ММТ} = \sum_{i=1}^n N_i^M \cdot C_i^M \cdot \left(1 + \frac{\%ТЗВ}{100}\right) - \sum_{i=1}^n N_i^{Відх} \cdot C_i^{Утил}, \text{ грн.} \quad (2.5)$$

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

C_i^M – ціна за одиницю матеріалу; приймаємо згідно таблиці 2.1;

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

$N_i^{Відх}$ – кількість відходів матеріалу i – того типу;

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

2) Основна заробітна плата.

$$C^{ФНП} = \sum_{i=1}^n T_{pi} \cdot C_{Ti} \cdot \varphi_i, \text{ грн.} \quad (2.6)$$

де T_{pi} – трудомісткість операції i – того типу; приймаємо з таблиці 2.2;

Таблиця 2.1 – Витрати на матеріали для проведення модернізації

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

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

$Ч_i$ – кількість виконавців операції i – того типу, приймаємо з таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Заробітна плата основних робітників

Вид трудової операції	Спеціальність	Розряд робіт	Кількість виконавців $Ч_i$, чел.	Трудомісткість операції, $Тр_i$, 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

3) Додаткова заробітна плата.

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

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

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

4) Відрахування на соціальне страхування:

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

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

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

5) Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

$$C^{ел.} = \sum_{i=1}^n T p_i \cdot N m_i^{год} \cdot C^{ел., грн.} \quad (2.9)$$

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

$T p_i$ – трудомісткість операції i -того типу; приймаємо з таблиці 2.3;

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

$C^{ел.} = 169,9 \text{ коп/кВт}$ – ціна за одиницю електроенергії. (станом на 1.10.2016р.).

б) Загальновиобничі витрати

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

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

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

Всього виробничих витрат:

$$C^{вироб.} = C^{мет.} + C^{ОЗД} + C^{ДЗД} + C^{ВСС} + C^{эл.} + C^{ЗВВ}, \text{ грн.} \quad (2.11)$$

$$C^{вироб.} = 1631,6 + 89,94 + 22,49 + 24,73 + 526,69 + 134,91 = 2430,36 \text{ грн.}$$

Вартість витрат на транспортні затрати:

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

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

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

Таблиця 2.3 – Витрати на електроенергію

Вид трудової операції	Обладнання	Норма витрат електроенергії, $N m_i^{год}$, кВт/год	Трудомісткість операції, $T p_i$, 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	12	0,6	169,9	101,94

	моделі 6902 ДМФ2				
Нарізання різьби	Багаторізцевий верстат 1720	8	0,5	169,9	84,95
Чорнове точіння	Токарний верстат 3 ЧПК 16Б1603-05	8,7	0,5	169,9	84,95
Чистове точіння	Токарний верстат 3 ЧПК 16Б1603-05	8,7	0,8	169,9	135,92
Шліфуваль на	Круглошліфу -вальний верстат 3М194	25,5	0,6	169,9	101,94
Всього					526,69

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

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

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

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

$$Z_2 = 2100000 + 2500,36 = 21002500,36 \text{ грн.}$$

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

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

де: $T_1=6$ роки – термін служби бурової установки,

$$P_1 = \frac{1}{6} = 0,17$$

Термін служби модернізованої бурової установки теж складає 6 років, тому:

$$P_1 = P_2 = 0,17$$

$$\frac{P_1 + E_E}{P_2 + E_E} = 1.$$

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

$$\Delta C^{\text{експ.}} = \Delta C^{\text{ТО}} + \Delta C^{\text{РЕМ.}} \quad (2.13)$$

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

Збільшення річного ефективного фонду роботи обладнання після модернізації складатиме

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

Зростання продуктивності бурової установки зумовлене зростанням річної проходки.

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

$$B_1 = \frac{V_k \cdot 12,17}{K_{об}}, \text{ м}, \quad (2.14)$$

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

$K_{об}$ – коефіцієнт оборотності бурових установок

V_k – комерційна швидкість буріння базовою технікою

Комерційна швидкість у загальному вигляді визначається за формулою

$$V_k^{\text{АТ}} = \frac{H \cdot 720}{T_k^{\text{АТ}}}, \frac{\text{м}}{\text{верст.} - \text{міс.}}, \quad (2.15)$$

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);

$T_k^{\text{АТ}}$ – календарний час буріння свердловини, годин (уключає час

механічного буріння, спуско-підйомних операцій, кріплення, допоміжних та ремонтних робіт, час аварій, ускладнень і час простоїв.

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

Глибина буріння складає $H = 4800$ м.

$$V_k^{AT} = \frac{4800 \cdot 720}{12155} = 325,8 \frac{\text{м}}{\text{верст.} - \text{міс.}}$$

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

Тоді,

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

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

$$V_k^{HT} = \frac{H \cdot 720}{T_k^{HT}} = \frac{H \cdot 720}{T_k^{AT} - \Delta T} \frac{\text{м}}{\text{верст.} - \text{міс.}}, \quad (2.16)$$

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

T_k^{AT}, T_k^{HT} – календарний час буріння свердловини базовою і новою технікою відповідно, годин.

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

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

$$V_k^{HT} = \frac{4800 \cdot 720}{12155 - 26,7} = 326,5 \frac{\text{м}}{\text{верст.} - \text{міс.}}$$

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:

$$\Delta C^{TO} = \lambda \sum_1^n \Delta Tr C t_i m_i \left(1 + \frac{ECB\%}{100}\right) k^{вик.мат} k^{н.в}, \text{ грн} \quad (2.17)$$

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

ΔTr – економія трудомісткості проведення технічного обслуговування,

год.

$C t_i$ – годинна тарифна ставка робітника i -го розряду, грн;

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

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

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

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

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

Таблиця 2.4 Склад бурової бригади та годинні тарифні ставки

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

$$\Delta C^{\text{експл}} = 1,35 \cdot 26,7 \cdot (1 \cdot 33,78 + 2 \cdot 30,85 + 1 \cdot 28,45) \cdot \left(1 + \frac{22}{100}\right) \cdot 1,5 \cdot 1,8 = 14714,52 \text{ грн.}$$

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 удосконалення системи гальмування бурової лебідки ЛБУ-1200 полягає в тому, що порівняно із аналогом в конструкцію гідродинамічного гальма введено циліндричний мультиплікатор, що забезпечує збільшення числа обертів ротора в число разів, рівне заданому передавальному числу, і передачу на підйомний вал бурової лебідки гальмівного моменту, збільшеного в число разів, рівне заданому передавальному числу, тобто підвищення гальмівного моменту, що передається на підйомний вал бурової лебідки гідродинамічним гальмом.

Таким чином, гідродинамічне гальмо

- при роботі в режимі 1 (мультиплікатор вимкнений) розвиває гальмівний момент, достатній для підтримання заданої швидкості спуску бурової колони, що має невелику вагу;

- при роботі в режимі 2 (мультиплікатор включений) розвиває гальмівний момент, достатній для підтримання заданої швидкості спуску бурової колони, що має велику вагу.

За результатами розрахунків видно, що річний економічний ефект від впровадження модернізованого приводу бурової лебідки складає 85483 грн. Отже, удосконалення є економічно доцільним.

3 ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКА РОБОТА

3.1 Розрахунок гальмівних режимів роботи підіймальної системи бурових установок

Процеси гальмування підіймальної системи бурової установки відносяться до найважчих і найнебезпечніших їх режимів роботи. При цьому динамічні явища, які виникають при опусканні бурильної колони у свердловину, суттєво впливають на навантаження бурильних труб [5], талевго канату [7], бурової вишки [10]. При плавній посадці бурильної колони на ротор [4] значно погіршуються коливання механічної системи установки. З практичної точки зору встановлено, що для зменшення шкідливого впливу механічних коливань на умови роботи бурового обладнання і споруд приводить обмеження швидкості опускання бурильної колони [8], але це в певній мірі перешкоджає оптимізації режимів роботи бурового комплексу.

Це все приводить до необхідності всебічного вивчення гальмівних режимів роботи підіймальних систем бурових установок, що потрібно для розв'язання проблеми інтенсифікації технологічних процесів буріння нафтогазових свердловин, коли забезпечуватиметься міцність та надійність елементів бурових установок, й одночасно безпека праці обслуговуючого персоналу. Розглянемо порядок побудови математичної моделі коливальних явищ, які виникають в підіймальній системі під час гальмування із врахуванням зовнішніх механічних характеристик гальмівних пристроїв. Розглянемо розрахункову схему механічної системи, яка зображена на рис. 3.1.

Коефіцієнти розсіювання енергії ν_s за фізичною суттю є силою лінійного опору деформування канату, що відповідає одиничній швидкості відносної деформації.

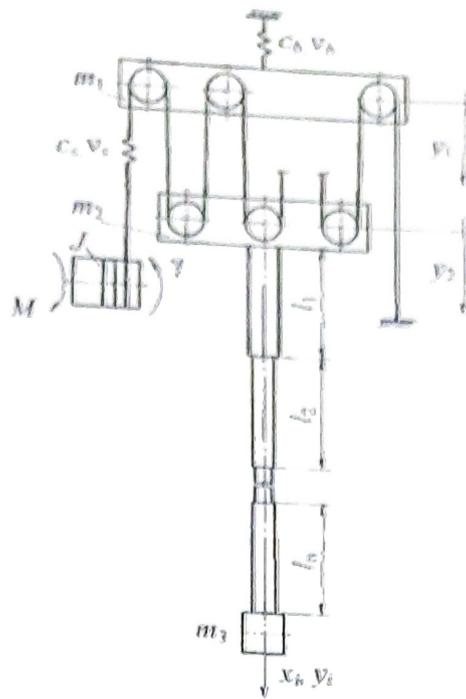


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема підіймальної системи бурової установки:

J – момент інерції барабана лебідки; m_1 – маса бурової вишки з врахуванням маси кронблока; m_2 – маси гакоблока з підвісним обладнанням; m_3 – маса обважненої нижньої частини бурильної колони; c_b – жорсткість бурової вишки; c_s – жорсткість талевого канату; v_b, v_s – коефіцієнти, які характеризують розсіювання енергії у відповідних ланках

На рис. 3.1 бурильна колона розглядається як однорідний прямолінійний стержень, у якого поперечний переріз ступінчасто змінний. Довжини поперечних перерізів ділянок колони, у яких сталі пружно-інерційні характеристики стержня позначаємо l_i , площі поперечних перерізів ділянок колони, у яких сталі пружно-інерційні характеристики стержня позначаємо A_i , де $i = 1, 2, \dots, n$. Координати руху дискретних елементів системи позначаємо, як y , y_1, y_2 . Функціями u_i визначасмо поступальні переміщення перерізів колони. Дані функції залежать від часу і поздовжніх координат x_i з початками у верхніх крайніх перерізах ділянок. Гальмівний момент M вказує на гальмування підіймальної системи на барабан бурової лебідки.

Лінійними функціями кута повороту барабана бурової лебідки є момент його інерції та довжину талевого канату, які визначасмо за формулами:

$$J = J_0 - \alpha \gamma, \quad l_s = l_{s0} + r_1 \gamma; \quad (3.1)$$

де J_0 – початкове значення моменту інерції;

α – сталий коефіцієнт;

l_{s0} – початкове значення довжини талевого каната;

r_1 – радіус намотування талевого каната на барабан бурової лебідки.

За схемою рівнянь Лагранжа другого роду записуємо рівняння руху елементів підйимального механізму у наступному вигляді:

$$J \frac{dw}{dt} - \frac{\alpha}{2} w^2 - r_1 c_s \delta \cdot \left(1 - \frac{\delta}{2l_s} \right) - r_1 v_s \xi = -M; \quad (3.2)$$

$$m_1 \frac{dv_1}{dt} - (k+2) \cdot c_s \delta + c_b y_1 - (k+2) v \xi + v_b v_1 = m_1 g; \quad (3.3)$$

$$m_2 \frac{dv_2}{dt} - k c_s \delta + k v \xi - N_1(0, t) = m_2 g; \quad (3.4)$$

$$\frac{d\gamma}{dt} = w, \quad \frac{dy_1}{dt} = v_1, \quad \frac{dy_2}{dt} = v_2 \quad (3.5)$$

де k – кратність поліспасти;

g – прискорення вільного падіння;

δ – абсолютна деформація талевого каната;

E – швидкість відносної деформації талевого каната;

$N_1(0, t)$ – поздовжня сила у початковому поперечному перерізі першої ділянки бурильної колони;

w, v_1, v_2 – швидкості руху відповідних ланок.

Жорсткість та абсолютну деформацію талевого каната для будь-якого моменту часу знаходимо, використовуючи наступні вирази

$$c_s = \frac{E_s A_s}{l_s}, \quad \delta = -r_1 \gamma - (k+2) \cdot y_1 + k y_2; \quad (3.6)$$

де A_s – площа поперечного перерізу талевого каната;

E_s – модуль пружності талевого каната.

Швидкість відносної деформації талевого каната визначається залежністю

$$\xi = (\eta l_i - r_i \delta w) / l_i^2; \quad (3.7)$$

де η – швидкість абсолютної деформації; визначасмо за формулою

$$\eta = -r_i w - (k + 2) \cdot v_1 + k v_2. \quad (3.8)$$

Рівняння руху ділянок колони у поздовжньому напрямку записуємо у вигляді

$$a_i^2 \frac{d^2 u_i}{dx_i^2} - 2b_i \frac{du_i}{dt} - \frac{d^2 u_i}{dt^2} = -g_i \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (3.9)$$

де a_i – швидкість поширення хвилі пружних деформацій;

b_i – коефіцієнт лінійного опору руху колони бурильних труб у свердловині;

g_i – функція, за якою враховується розподілене навантаження.

Для визначення наступних величин a_i^2 , $2b_i$, g_i застосовуються співвідношення

$$a_i^2 = \frac{E_i}{\rho_i}; \quad (3.10)$$

$$2b_i = \frac{K_i}{A_i \rho_i}; \quad (3.11)$$

$$g_i = g \left(1 - \frac{\rho}{\rho_i} \sin^2 \alpha_0 \right) \cos \alpha_0 - \frac{a_i^2 f}{\rho_0} \text{abs} \left(\frac{du_i}{dx_i} \right) \text{sign} \frac{du_i}{dt} \quad (3.12)$$

де E_i – модуль пружності першого роду;

ρ_i – густина матеріалу бурильних труб;

ρ – густина бурового розчину;

K_i – коефіцієнт, який дорівнює силі, що діє на ділянку одиничної довжини під час її руху з одиничною швидкістю;

α_0 – кут нахилу осі колони до вертикалі;

f – коефіцієнт тертя колони до стінки свердловини;

ρ_0 – радіус кривини свердловини.

Умови інтегрування отриманих рівнянь наступні. Для верхнього кінця бурильної колони

$$y_2 = u_1(0, t); \quad v_2 = \frac{du_1(0, t)}{dt}. \quad (3.13)$$

На межах сусідніх ділянок й на нижньому кінці бурильної колони умови інтегрування мають наступний вигляд:

$$E_i A_i \frac{du_i}{dx_i} - E_{i+1} A_{i+1} \frac{du_{i+1}}{dx_{i+1}} = F_i; \quad u_i = u_{i+1}; \quad (3.14)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n-1), \quad \text{якщо } x_i = l_i, \quad x_{i+1} = 0;$$

$$E_n A_n \frac{du_n}{dx_n} - m_3 \frac{d^2 u_n}{dt^2} = F_n + m_3 g; \quad \text{якщо } x_n = l_n; \quad (3.15)$$

де F_i – зосереджені сили взаємодії колони з буровим розчином.

Розглядаємо механічну систему у рівновазі, враховуючи описані початкові

умови:

$$y_1(0) = \frac{m_1 g k + [N_1(0, 0) + m_2 g](k + 2)}{c_b k};$$

$$y_2(0) = \frac{m_1 g c_s k(k + 2) + [N_1(0, 0) + m_2 g] \cdot [c_b + c_s(k + 2)^2]}{c_s c_b k^2};$$

$$w(0) = w_0, \quad v_1(0) = v_{10}, \quad v_2(0) = v_{20},$$

$$u_i(x_i, 0) = \frac{N_i(0, 0)}{E_i A_i} x_i - \frac{g_i}{2a_i^2} x_i^2 + u_i(0, 0); \quad \left(\frac{du_i}{dt} \right)_{t=0} = v_{30} \quad (i = 1, 2, \dots, n-1); \quad (3.16)$$

де $w_0, v_{10}, v_{20}, v_{30}$ – початкові значення швидкостей елементів механічної системи;

$N_i(0, 0)$ і $u_i(0, 0)$ – поздовжні сили і переміщення верхніх крайніх перерізів ділянок бурильної колони.

$$N_i(0, 0) = \sum_{j=1}^n (A_j l_j \rho_j g_j + F_j) + m_3 g \quad (i = 1, 2, \dots, n);$$

$$u_i(0, 0) = y_2(0); \quad u_i(0, 0) = y_2(0) + \sum_{j=1}^{i-1} \left[\frac{N_j(0, 0) l_j}{E_j A_j} - \frac{l_j^2 g_j}{2a_j^2} \right] \quad (i = 2, 3, \dots, n).$$

Поздовжня сила у поперечному перерізі колони визначається залежністю

$$N_i(x, t) = E_i A_i \frac{du(x_i, t)}{dx_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (3.17)$$

Сили у канаті та в металокопструкції бурової вежі визначаються за формулою:

$$F_s = \frac{c_s \delta + v(\eta l_s - \delta r_t w)}{l_s^2}; \quad F_b = c_b y_1 + v_b v_1. \quad (3.18)$$

Основні та допоміжні гальмівні пристрої використовуються у сучасних бурових установках великої потужності [8, 49]. Для кінцевої зупинки барабана бурової лебідки основними гальмами є стрічкові або колодкові фрикційні гальма, які працюють наприкінці руху талевої системи. В той же час, допоміжні гальма (гідродинамічні, електромагнітні, електромагнітні порошкові) використовуються з метою обмеження швидкості руху. Але у бурових установках невеликої потужності застосовується лише один гальмівний пристрій. Враховуючи вищесказане, гальмівний момент, який діє на барабан бурової лебідки під час опускання колони бурильних труб у свердловину, записується наступними виразами:

$$\begin{aligned} M &= M_1 + M_2, & \text{якщо } w > 0; \\ M &= F_s r_t, & \text{якщо } w = 0; \end{aligned} \quad (3.19)$$

де M_1 і M_2 – моменти, які розвиваються основним і допоміжним гальмівними пристроями.

Момент основного гальмівного пристрою визначається за виразами:

$$\begin{aligned} M_1 &= \beta t, & \text{якщо } 0 \leq t \leq t_m; \\ M_1 &= M_{1m}, & \text{якщо } t > t_m; \end{aligned} \quad (3.20)$$

де t_m – час наростання гальмівного моменту;

M_{1m} – найбільше значення гальмівного моменту;

$\beta = M_{1m} / t_m$ – постійний коефіцієнт.

При зростанні гальмівного моменту раптово від нуля до найбільшого значення, то його вважають постійним $M_1 = M_{1m}$.

При допоміжному гальмівному пристрої гідродинамічному гальмі, гальмівний момент подається у вигляді [8]:

$$M_2 = \lambda \rho \cdot (D^5 - d^5) \cdot \omega^2, \quad (3.21)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного моменту;

ρ – густина робочої рідини;

D і d – зовнішній і внутрішній діаметри кільця рідини, які утворюється під час обертання ротора.

Таким чином, розрахунок процесу гальмування підіймальної системи зводиться до числового інтегрування рівнянь (3.5) і (3.9) із урахуванням умов (3.14), (3.15), початкових умов (3.16) і алгебраїчних залежностей (3.1), (3.6)–(3.8), (3.12), (3.13), (3.19)–(3.21). Розв'язування даної задачі здійснимо із використанням скінченно-різницевої або скінченно-елементної дискретизації рівняння (3.9) згідно з [10]. Навантаження в буриньних трубах, талевому канаті та в металоконструкції бурової вишки на кожному кроці інтегрування рівнянь руху обчислюємо за формулами (3.17), (3.18).

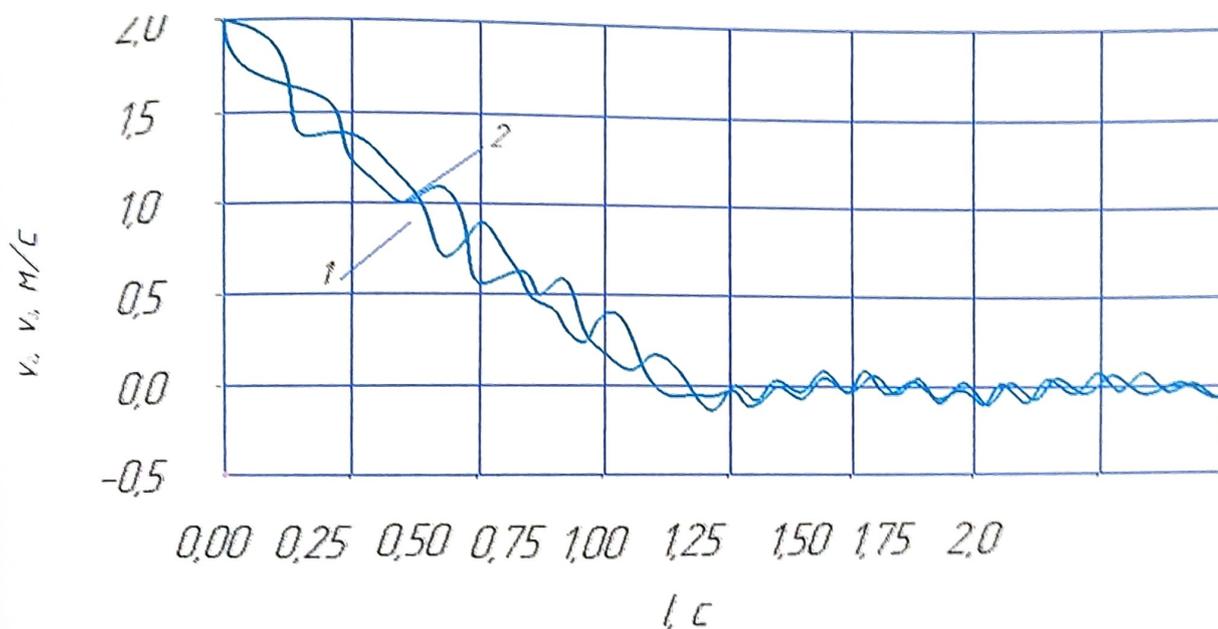


Рисунок 3.2 – Часові залежності швидкостей руху елементів масами m_2 (крива 1) та m_3 (крива 2)

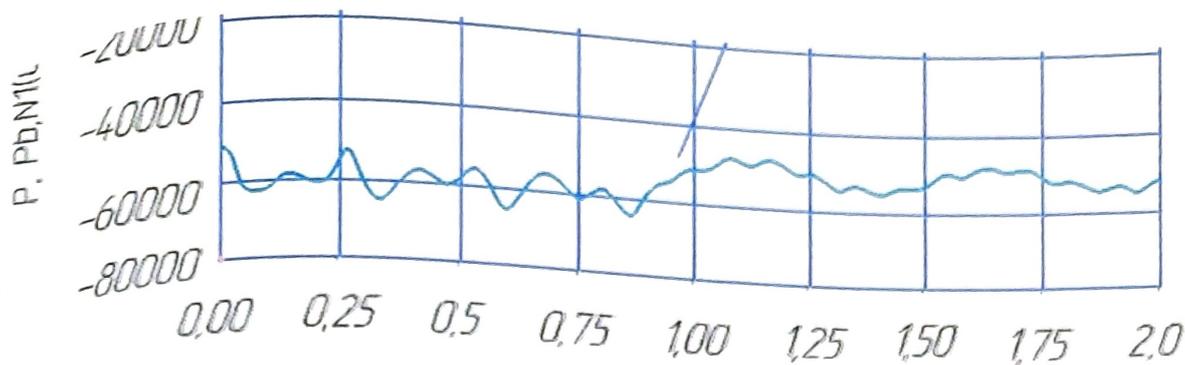


Рисунок 2 – Часові залежності сил в талевому канаті (крива 1), верхньому перерізі ($x=0$) бурильної колони (крива 2) та в металокаркасі бурової вишки (крива 3)

Рисунок 3.3 – Часові залежності сил в талевому канаті (крива 1), у верхньому перерізі ($x_1 = 0$) бурильної колони (крива 2) та в металокаркасі бурової вишки (крива 3)

На рис. 3.2 і 3.3 показано результати розрахунку процесу гальмування підйомної системи бурової установки, яка обладнана одним гальмівним пристроєм, гальмівний момент якого $M = M_1 = 300$ Н-м. Згідно даних графіків видно, що процес гальмування барабана бурової лебідки триває приблизно 1,2 с та супроводжується динамічними явищами, які суттєво впливають на навантаження елементів бурової установки. Однак після зупинки барабана бурової лебідки механічні коливання затухають.

Побудована математична модель буде корисна в системах автоматизованого проектування бурових установок, де враховуються динамічні явища в розрахунках на міцність і довговічність елементів підйомних механізмів, бурових вишок й колони бурильних труб.

3.2 Порівняльний аналіз результатів експериментальних та теоретичних досліджень гальмівних режимів роботи бурової установки

Як відзначалось раніше, процеси гальмування підіймальної системи належать до найважчих і найбільш небезпечних режимів роботи бурової установки. Під час виконання спуско-піднімальних операцій із бурильною колоною виникають значні динамічні навантаження в бурильних трубах, талевому канаті і опорах бурової вишки [8].

Експериментальне дослідження процесів гальмування при спуску бурильної колони в свердловину проводиться з метою вивчення навантаженості підіймальної системи та бурової вишки в гальмівних режимах роботи бурової установки. Зусилля в талевому канаті і в ногах бурової вишки, момент колодкового гальма бурової лебідки визначаються методом тензометрування.

Навантаження на талевий канат визначаються за допомогою пристрою, який дозволяє перетворювати силу натягу каната в деформацію згину спеціальної вимірювальної балки, яка закріплена на вільній вітці талевого канату.

На пружній пластині гальма, що втримує гальмівні колодки закріплені тензодатчики, які вимірюють гальмівний момент бурової лебідки. Такий спосіб має перевагу в можливості визначення гальмівного моменту без застосування перетворюючих пристроїв. В комплект тензометричної апаратури входять: підсилювач 8АНЧ-7М; осцилограф Н-115 із вбудованим електронним годинником; дротяні тензорезистори типу 2ПКП-30-400ГА.

Тарування вимірювальних канатів за допомогою тарувальної балки проводяться перед вимірюванням зусиль в ногах бурової вишки. Тарування пристрою для визначення зусилля в талевому канаті, а також пристрою для вимірювання гальмівного моменту проводиться шляхом статичного навантаження підіймальної системи бурової установки колоною бурильних труб визначеної ваги. Сигнали записувались осцилографом і покажчиком часу.

На рис. 3.4 зображено осцилограми зусиль в елементах підіймальної

системи та гальмівного моменту при довжині бурильної колони 454 м.

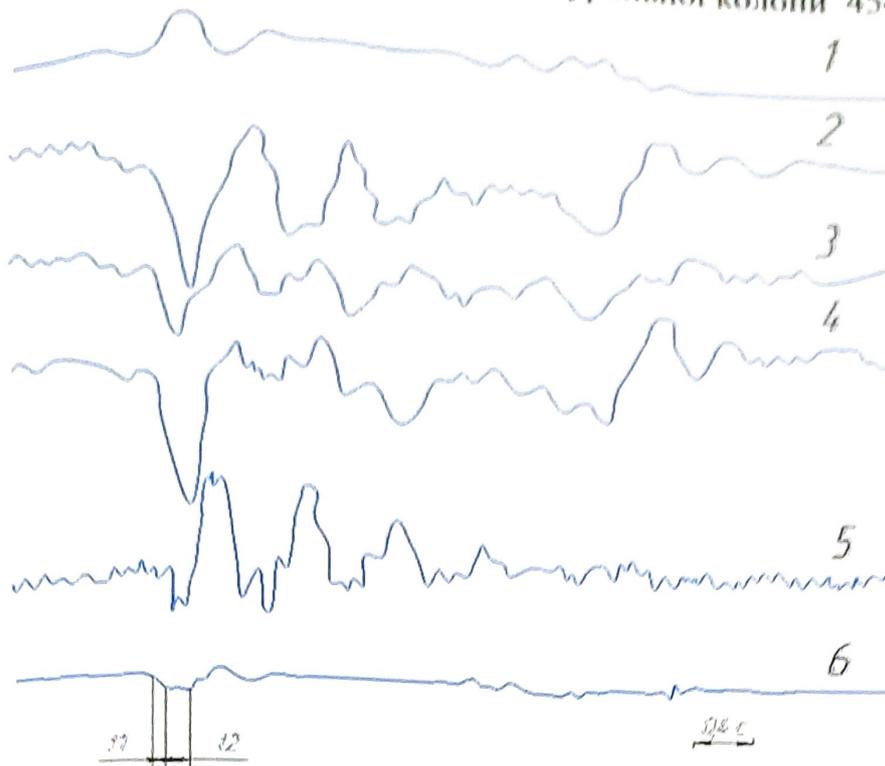


Рис. 3.4 – Осцилограми зусиль в талевому канаті (1), ногах бурової вишки (2-5) та гальмівного моменту (6) при довжині колони 454 м

Аналізуючи осцилограми бачимо, що до початку гальмування бурильної колони момент гальмування та зусилля в елементах підіймальної системи мають постійні значення. На них накладаються незначні коливання. В цей часовий відрізок по осцилограмі відображається опускання колони зі сталою швидкістю. У даний час вага бурильної колони з інструментом і талевим блоком врівноважується гальмівним моментом.

Гальмівний момент плавно зростає на початку процесу гальмування. Різке його збільшення до максимального значення відбувається протягом часового інтервалу t_1 . Надалі протягом деякого проміжку часу t_2 гальмівний момент переважно залишається сталим. При різкому зростанні моменту проходить збільшення зусиль в талевому канаті, бурильній колоні. Також збільшуються навантаження на бурову вишку. Після повної зупинки барабана бурової лебідки проходять інтенсивні коливання механічної системи із затуханням. Через 3-5 с

взаємний момент гальма і зусилля на талевий канат та на бурову вишку зменшуються, коли бурильна колона встановлюється на пристрій для її спускування.

Під час гальмування колони бурильних труб виникають поперечні коливання бурової вишки, які впливають на зусилля в талевому канаті. Тому коливальні зусилля в талевому канаті затухають значно швидше, ніж коливальні зусилля у ногах бурової вишки.

Також необхідно відмітити, що із зростанням довжини колони коефіцієнти динамічності зусиль в елементах бурової установки зменшуються. На зусилля в талевому канаті суттєво впливають коливання в підйимальному механізмі, і відповідно на зусилля в ногах споруди суттєво впливають коливання бурової вишки. Підйимальний механізм і висотна споруда мають слабкий взаємозв'язок динамічних систем, оскільки поперечні коливання бурової вишки незначно впливають на зусилля в талевому канаті.

У цілому динамічна навантаженість ніг бурової вишки є більшою, ніж навантаженість талевого канату. Це пояснюється суттєвим впливом поперечних коливань бурової вишки. Необхідно відмітити, що зусилля на ноги несучої конструкції розподіляються нерівномірно. Одна з них під час гальмування може навіть розвантажуватися. Це пояснюється особливостями конструкції кронблока, специфікою оснащення талевої системи, а також наявністю чи відсутністю пакету свічок у підсвічнику. Крім того, різна згина жорсткість бурової вишки у двох головних площинах сприяє нерівномірному розподілу зусиль між ногами бурової вишки.

Результати, які отримані під час досліджень з використанням математичної моделі [10], з достатньою точністю відображають дійсний процес гальмування підйимального механізму бурової установки. Необхідно відмітити, що значення зусиль в талевому канаті, які отримані при експериментальних і теоретичних дослідженнях збігаються з досить високою точністю (максимальне значення похибки становить близько 10 %). Отримані значення зусилля в буровій вишці без урахування її поперечних коливань є значно нижчими від

фактичних. Для детальнішого дослідження навантаженості щогли у праці [4] пропонується математична модель нестационарних поперечних коливань споруди, що ґрунтується на застосуванні методу узагальнених переміщень.

Висновки

В даному розділі магістерської роботи проведено теоретичні та експериментальні дослідження, які спрямовані на комплексне розв'язання проблеми зниження динамічних навантажень на бурову вишку, талеву систему і бурильну колону та на підвищення ефективності роботи бурових установок.

Із застосуванням розрахункової моделі та одержаних в роботі результатів апроксимації механічних характеристик гальмівних пристроїв побудована математична модель динамічних процесів, які виникають в бурових установках під час гальмування колони бурильних труб.

Встановлено, що динамічні зусилля в елементах бурової установки залежать від найбільшого значення та від швидкості наростання моменту гальма бурової лебідки, й від швидкості опускання та від довжини бурильної колони. Жорсткісні властивості бурової вишки і талевого каната менше впливають на максимальні значення зусиль та на коефіцієнти динамічності. Також необхідно відмітити, що використання в конструкції бурової лебідки додаткового гідродинамічного гальма за умови раціонального добору параметрів гальмівних режимів не призводить до зростання динамічних зусиль в елементах бурової установки.

Поздовжні коливання колони бурильних труб призводять до інтенсивних поперечних коливань бурової вишки. У той же час, поперечні коливання металоконструкції бурової вишки майже не впливають на поздовжні коливання бурильної колони. Існує ймовірність виникнення резонансних режимів роботи висотної споруди, оскільки у певному діапазоні довжин бурильної колони власна частота механічної системи, яка утворена талевою системою і колоною бурильних труб може збігатися з частотою вільних поперечних коливань бурової вишки.

Результати експериментальних досліджень підтверджують істотний вплив динамічних явищ, які виникають в буровій установці під час гальмування бурильної колони на робочі зусилля в елементах бурової установки. Порівняльний аналіз теоретичних і експериментальних даних підтверджує рівномірність прийнятих припущень і достатню точність визначення зусиль в талевому канаті і колоні бурильних труб. Виявлено нерівномірність розподілу навантажень між окремими ногами бурової вишки, що вказує на ексцентричний характер навантаження висотної споруди та суттєвий вплив її поперечних коливань на внутрішні зусилля в ногах бурової вишки.

4. РОЗРАХУНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

4.1 Розрахунок та вибір мультиплікатора

Мультиплікатор, який використовується в модернізованій системі регулювання бурової лебідки, вибираємо, виходячи з розрахункової потужності, частоти обертання двигуна, передаточного числа та режиму роботи. Табличне значення передаточного числа вибраного мультиплікатора не повинно відрізнятися від розрахункового більше ніж на 15%. У разі невиконання цієї умови можна вибрати мультиплікатора іншого типу або ввести в кінематичну систему відкриту зубчасту передачу.

Допустима величина моменту, що передається мультиплікатором,

$$M_{ред} = \psi \cdot 9750 \frac{N_{ред}}{n} = 1,6 \cdot 9750 \frac{58,7}{560} = 1635 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (4.1)$$

де $N_{ред} = 58,7$ кВт – табличне значення потужності при режимі роботи;

ψ – кратність пускового моменту, що приймається залежно від режиму роботи за табл. 4 [21].

Середній момент двигуна в період пуску

$$M_{н.ср} = \frac{M_{н.мах} + M_{н.мін}}{2} = \frac{2,32M_{ном} + 1,1M_{ном}}{2} = 1578,3 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (4.2)$$

де $\psi_{мін}$ – кратність мінімального пускового моменту, $\psi_{мін} = 1,1 \dots 1,4$.

Оскільки $M_{н.ср} = 1578,3 < M_{ред} = 1635$, то мультиплікатор задовольняє умови переваження двигуна в період пуску.

Фактична швидкість підйому вантажу

$$v_{ф} = v \frac{U_{р.р}}{U_{р}} = 0,36 \frac{19,17}{19,88} = 0,35 \text{ м/с}. \quad (4.3)$$

Статичний момент на валу двигуна при підйомі вантажу

$$M_{с.п} = \frac{S_{мах} \cdot a \cdot D_{р}}{2U_{р}\eta_{п}} = \frac{33370 \cdot 2 \cdot 0,471}{2 \cdot 19,88 \cdot 0,85} = 930,1 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (4.4)$$

Час пуску приводу при підйомі й опусканні вантажу, с,

$$t_n = \frac{J_{np} \omega}{M_{n,op} - M_{i,n}} = \frac{6,26 \cdot 58,6}{1678,3 - 930,1} = 0,57 \text{ с}, \quad (4.5)$$

$$t_{\omega} = \frac{J_{np} \omega}{M_{n,op} + M_{i,\omega}} = \frac{6,26 \cdot 58,6}{1578,3 + 514} = 0,18 \text{ с}, \quad (4.6)$$

J_{np} – момент інерції рухомих мас приводу, приведений до вала двигуна;

ω – кутова швидкість обертання ротора двигуна;

Знак "-" відповідає пуску при підйомі вантажу, знак "+" при опусканні.

Момент інерції, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$, рухомих мас механізму, приведений до вала двигуна

$$J_{np} = \delta(J_p + J_n) + \frac{mR_{\delta}^2}{u_n^2 \eta_n} = 1,2 \cdot (4,325 + 0,471) + \frac{12232 \cdot 0,2355^2}{39,76^2 \cdot 0,85} = 6,26 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (4.7)$$

J_p – момент інерції ротора електродвигуна, $J_p = 4,325 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$;

J_n – момент інерції кулачкової муфти, яка використовується в гальмівній

системі;

δ – коефіцієнт, що враховує моменти інерції мас деталей, які обертаються

повільніше ніж вал двигуна, $\delta = 1,04 \dots 1,25$;

m – маса вантажу, що підіймається, кг ;

Розрахунковий гальмівний момент

$$M_z = k_z M_{cm,z} = 1,75 \cdot 604 = 1057 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (4.8)$$

де k_z – коефіцієнт запасу гальмування [21], $k_z = 1,74$.

$M_{cm,z}$ – статичний момент на валу двигуна при гальмуванні,

$$M_{cm,z} = \frac{QD_p \eta_n}{2u_m} = \frac{120000 \cdot 0,471 \cdot 0,85}{2 \cdot 39,76} = 604 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (4.9)$$

Час гальмування механізму підйому

$$t_z = \frac{J_{np,z} \cdot \omega}{M_z \pm M_{cm,z}},$$

де $J_{np,z}$ – момент інерції рухомих мас механізму, приведений до вала двигуна при гальмуванні,

$$J_{оп.з} = \delta(J_p + J_n) + \frac{mR_{\delta}^2 \eta_n}{u_n^2} = 1,2 \cdot 4,796 + \frac{12232 \cdot 0,2355^2 \cdot 0,85}{39,76^2} = 6,12 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (4.10)$$

Час гальмування відповідно при опусканні вантажу

$$t_{z.оп} = \frac{J_{оп.з} \cdot \omega}{M_z - M_{ср.з}} = \frac{6,12 \cdot 58,6}{1057 - 604} = 0,79 \text{ с}. \quad (4.11)$$

З конструктивних міркувань і необхідності отримання необхідного гальмівного моменту приймаємо передаточне відношення мультиплікатора $u = 3$.

4.2 Перевірка міцності вала мультиплікатора і шпонкових з'єднань

4.2.1 Підбір матеріалу

Матеріал вала - сталь 45 ГОСТ 1050-94 з границею міцності на розтяг $\sigma_b = 61 \text{ кгс/мм}^2 = 600 \text{ Мпа}$, границі міцності на згинання і кручення дорівнюють відповідно

$$\sigma_{-1} = 27,5 \text{ кгс/мм}^2 = 275 \text{ Мпа}, \tau_{-1} = 16,5 \text{ кгс/мм}^2 = 165 \text{ Мпа}.$$

4.2.2 Перевірка міцності вала в небезпечному перерізі

Діаметри вала під зубчастими колесами (110 мм) і підшипниками (100 мм) вибрані конструктивно з міркувань використання, застосування найбільшого підшипника, який ще можливий при пластичному мастилі. Міцність цих ділянок вала не викликає сумнівів. У якості небезпечного перерізу вала, міцність якого повинна бути перевірена, вибираємо переріз 1-1 хвостовика вала. Хвостовик піддається згинанню і крутінню, при його розрахунку необхідно враховувати два концентратори напружень: шпонкову канавку і гантель. Напруження від натягу при посадці шківів на вал відсутні, тому що застосовується посадка з зазором.

Розрахунковий згинальний момент у перерізі 1-1:

$$M_1 = P \cdot h_{ш} / 2 = 2200 \cdot 85 / 2 = 93500 \text{ Н} \cdot \text{мм} \quad (4.12)$$

де $h_{ш} = 85 \text{ мм}$ - товщина колеса

Моменти опору згинанню і крученню для перерізу 1-1 :

$$W_{1-1} = \Pi d_x^3 / 32 (1 - \alpha^4) - et (d-t)^2 / 2d_x ; \quad (4.13)$$

$$W_{1-1кр} = \Pi d_x^3 / 16 (1 - \alpha^4) - et (d_x - t)^2 / 2d_x ; \quad (4.14)$$

$$\alpha = d_{отв} / d_x = 10,2 / 38 = 0,268 \quad (4.15)$$

Підставимо у формули 4.13 і 4.14 чисельні значення:

$$W_{1-1} = 3,14 \cdot 38^3 / 32 (1 - 0,268^4) - 10 \cdot 5 \cdot (38 - 5)^2 / 2 \cdot 38 = 4640 \text{ мм}^2 \quad (4.16)$$

$$W_{1-1кр} = 3,14 \cdot 38^3 / 16 (1 - 0,268^4) - 10 \cdot 5 \cdot (38 - 5)^2 / 2 \cdot 38 = 10060 \text{ мм}^2 \quad (4.17)$$

Амплітудне значення напружень згинання:

$$\sigma_{\sigma} = M_1 / W_{1-1} = 93500 / 4640 = 20,2 \text{ МПа} \quad (4.18)$$

Середнє напруження згинання $\sigma_m = 0$

При наявності кількох концентраторів напружень розрахунок проводиться по одному з них, для якого ефективний коефіцієнт концентрації з урахуванням розмірів деталі виявиться більшим. Уданому випадку слід враховувати концентрацію напружень від галтелі.

$$K_{\sigma} = 1,82 ; \quad K_{\tau} = 1,6 \quad [2, \text{с.425}]$$

$$r / d_x = 2 / 38 = 0,052 ; \quad d_x / d_x = 45 / 38 = 1,18 ; \quad (4.19)$$

Масштабний фактор:

Постійна складова й амплітуда напружень кручення :

$$\tau_m = \tau_v = M_{max} / 2 W_{1-1кр} = 214,9 \cdot 10^3 / 2 \cdot 10060 = 8 \text{ МПа} \quad (4.20)$$

Коефіцієнт поверхового зміцнення $\beta = 1$, так як поверхневе зміцнення відсутнє.

Коефіцієнт чутливості матеріалу до асиметрії циклу

$$\psi_{\sigma} = 0,1 ; \quad \psi_{\tau} = 0,05 \quad [22]$$

Коефіцієнт запасу міцності по нормальних і дотичних напруженнях

$$n_{\sigma} = \sigma_{-1} / (\kappa_{\sigma} / \beta \cdot \epsilon_{\sigma} \cdot \sigma_v + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m) = 275 / (1,82 / 1 \cdot 0,7 \cdot 20,2 + 0,1 \cdot 0) = 5,24 \quad (4.21)$$

$$n_{\tau} = \tau_{-1} / (\kappa_{\tau} / \beta \cdot \epsilon_{\tau} \cdot \tau_v + \psi_{\tau} \cdot \tau_m) = 16,5 / (1,6 / 1 \cdot 0,59 \cdot 8 + 0,05 \cdot 8) = 7 \quad (4.22)$$

Загальний коефіцієнт запасу міцності у перерізі 1-1:

$$n = n_{\sigma} n_{\tau} / \sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2} = 5,24 \cdot 7,5 / \sqrt{5,24^2 + 7,5^2} = 4,7 \quad (4.23)$$

Міцність вала в небезпечному перерізі 1-1 забезпечена з надлишком. Рекомендовані значення запасу міцності $n = 2,5 \dots 3$.

4.2.3 Перевірка міцності шпонкових з'єднань

Перевірку міцності ведемо за напруженням зминання на бічних гранях шпонок. За розрахунковий приймаємо пусковий кружний момент; який діє на з'єднання, менший від максимального, бо частина його витрачається на розгін ведучого і веденого шківів, по-друге, дія максимального моменту короткочасна.

Напруження зминання в шпонці хвостовика (10x8x50 ГОСТ 8789-88):

$$\sigma_{см} = 2 \cdot M_{пуск} / (d_x (\ell - e)(n-t)) = 2 \cdot 1,4 \cdot 97,7 \cdot 10^3 / (38 \times (50-10) \cdot (8-5)) = 44,9 \text{ МПа} ; \quad (4.24)$$

де $e = 10 \text{ мм}$; $h = 8 \text{ мм}$, $\ell = 50 \text{ мм}$ - ширина, висота і довжина шпонки, $t = 5 \text{ мм}$ - глибина канавки.

Напруження зминання в шпонці

$$\sigma_{см} = 2 \cdot M_{пуск} / (d_e (\ell - 2 \cdot c)(h-t)) = 2 \cdot 1,4 \cdot 97,7 \times 10^3 / (110 \cdot (48-2 \cdot 2) \cdot (10-6)) = 14,1 \text{ МПа} \quad (4.25)$$

Де $d_e = 110 \text{ мм}$ - діаметр вала;

$c = 2 \text{ мм}$ - фаска на шпонці;

$t = 6 \text{ мм}$ - глибина канавки.

Допустимі напруження зминання для чавунних ступиць

$[\sigma]_{\text{зм}} = 50 \dots 60$ МПа, для сталевих - $100 \dots 120$ МПа.

4.3 Розрахунок довговічності підшипників

У мультиплікаторі використані підшипники № 7620, що мають таку технічну характеристику: внутрішній діаметр $d_n = 100$ мм; частота обертання при пластичному мастилі $n_n = 1250 \dots 1600$ об/хв; динамічна вантажопідйомність $S = 451000$ н; статична вантажопідйомність $S_0 = 459000$ н; кут контакту $\alpha = 12^\circ$; параметр осевого навантаження $e = 0,31$; коефіцієнт осевого навантаження $Y = 1,91$

Розрахункова схема для визначення навантажень на підшипники представлена на рисунку 4.1.

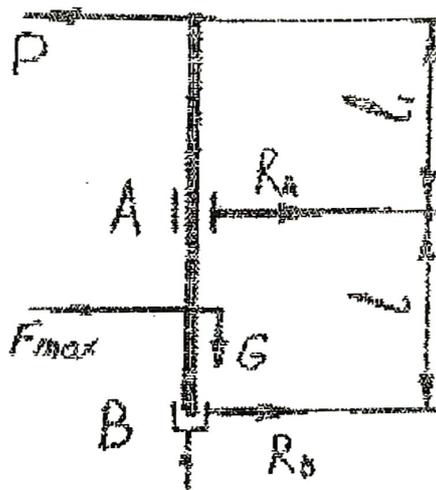


Рисунок 4.1 – Схема навантаження опор вала

Вихідні дані: $l = 150$ мм, $l_1 = 120$ мм; сила тяжіння вала з насадженими на нього деталями приймаємо $G = 100$ кгс = А

Максимальні радіальні зусилля, діючі на підшипники, визначаємо з умов рівноваги вала:

$$R_A = F_{\text{max}} / 2 + P (l + l_1) / l = 102000 / 2 + 2200(150 + 120) / 150 = 55000 \text{ Н} = 55 \text{ кН} \quad (4.26)$$

$$R_B = F_{max}/2 + P \ell_1 / \ell = 102000/2 + 2200 \times 120/150 = 52800 \text{Н} = 52,8 \text{кН} \quad (4.27)$$

Вибір розрахункових коефіцієнтів проводимо з врахуванням [4].

Коефіцієнт обертання при внутрішньому кільці, яке не обертається відносно вектора навантаження, $v = 1,2$.

Коефіцієнт безпеки, який залежить від умов експлуатації, $K_B = 1,3$.

Температурний коефіцієнт $K_T = 1$ при $t < 100^\circ\text{C}$

Осьові сили, які діють на підшипники, з урахуванням радіальних навантажень.

$$F_{aA} = F_{rA} / 2Y = 55000/21,91 = 15400 \text{Н}; \quad (4.28)$$

$$F_{ae} = F_{rA} / 2Y + A = 55000/2191 + 100 = 15400 \text{ Н} \quad (4.29)$$

Допоміжні співвідношення для визначення коефіцієнтів радіального та осьового навантажень:

$$F_{aA} / v F_{rA} = 14400 / 1,2 \cdot 55000 = 0,22 < e = 0,31; \quad (4.30)$$

$$F_{ae} / v F_{re} = 15400 / 1,2 \cdot 52800 = 0,243 < e = 0,31; \quad (4.31)$$

Коефіцієнти радіального й осьового навантажень при

$$X_A = X_B = 1, \quad Y_A = Y_B = 0. \quad (4.32)$$

Приведене навантаження на підшипники

$$P_A = (X_A v F_{rA} + Y F_{aA}) K_B K_T = (1 \cdot 1,2 \cdot 55,00 + 0) \times 1,3 = 85,80 \text{кН} \quad (4.33)$$

$$P_B = (X_B v F_{re} + Y F_{ae}) K_B K_T = (1 \cdot 1,2 \cdot 52,80 + 0) \times 1,3 = 82,40 \text{ кН} \quad (4.34)$$

Розрахункова довговічність підшипника при максимальному навантаженні:

$$L_h = 10^6 / 60 \cdot n (C/P_A)^{10/3} = 10^6 / 60 \cdot 1465 \times (451,00 / 85,80)^{3,33} = 2730 \text{год} \quad (4.35)$$

При постійній роботі з меншою зрушуючою силою розрахункова довговічність буде значно більшою.

Висновки.

Проведені розрахунки в даному розділі магістерської роботи підтверджують ефективність технічного рішення з модернізації системи гальмування бурової лебідки ЛБУ-1200, т. як отримані коефіцієнти запасу міцності більші допустимих.

5. МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

5.1 Організація робіт з монтажу бурової лебідки

5.1.1 Підготовчі роботи перед монтажем обладнання

Монтажним роботам бурової установки НБО-3Д, яка вибрана для спорудження свердловини глибиною 4800 м, передують наступні підготовчі роботи. Земельна ділянка під бурову (будівельний майданчик) відведена в установленому порядку організації – будівельникові.

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

Потім проводяться наступні роботи:

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

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

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

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

5.1.2 Монтаж обладнання

Бурова лебідка ЛБУ-1200 встановлюється строго за заданими на кресленні координатами, при цьому основна база – центр підвишкової основи, що є центром ротора, відносно якого вивіряються поздовжня і поперечна осі барабана лебідки. Поздовжня вісь барабана паралельна осі 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.

Бурова лебідка вивіряється у двох напрямках із точністю 0,5 – 0,8 мм на 1 м. При вивірці лебідки ЛБУ-1200, через яку проходить привід ротора, по висоті, необхідно врахувати, що привідний ланцюг ротора завжди має деяке провисання і не повинен задівати балки рами лебідки та основи.

Для бурових установок із ланцюговим приводом ротора від лебідок місце встановлення бурової лебідки ЛБУ-1200, яка входить в склад бурової установки НБО-Е, визначається за відстанню від центру ротора до середньої площини між зубами ланцюгового колеса привідного вала. Лебідку встановлюють так, щоб ланцюгове колесо, яке передає обертання на ротор, знаходилося у тій же площині.

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

Для спрощення та полегшення перевезення, завантаження, розвантаження,

монтажу і підйому, з бурової лебідки перед відправленням замовнику знімаються деякі вузли, а саме гідравлічне гальмо, холодильник гідрогальма, фрикційна катушка.

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

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

5.1.3 Підготовчі роботи перед експлуатацією обладнання

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

Перед пуском бурової лебідки в роботу необхідно перевірити наступне:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10. Стан і надійність роботи протизатягувача.

11. Стан пневматичного циліндра і його кріплення.

12. Робота лебідки і її вузлів без навантаження.

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

5.1.4 Розрахунок чисельності монтажної бригади

Кількість основних робітників для монтажу бурової установки розраховують за професіями, виходячи з трудомісткості річної програми по видах робіт [16, 29]:

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

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

установки НБО-Е;

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

k — коефіцієнт використання робочого часу робітника.

Дійсний фонд часу одного робітника розраховуємо, виходячи з нормативного фонду часу, за формулою [25]:

$$F_{д.р.} = F_{д.р.}^{норм} - (0,12 \cdot F_{д.р.}^{норм}), \quad (5.2)$$

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

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

Нормативний дійсний фонд часу одного робітника визначаємо за формулою [29]

$$F_{д.р.}^{норм} = (D_K - D_B - D_{св} - D_{псв}) \cdot 40/5 + D_{псв} \cdot 7, \quad (5.3)$$

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

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

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

$D_{псв}$ — кількість передсвяткових днів у році, $D_{псв} = 8$ днів;

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

$D_{рд}$ — кількість робочих днів в тиждень; $D_{рд} = 5$ год.;

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

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

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

Для визначення трудомісткості виконання монтажу бурової установки НБО-Е використовуємо норми часу на її крупноблоковий монтаж [43], розроблені нормативно-аналітичним центром Національної акціонерної компанії "Нафтогаз України" згідно таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Норми часу на монтаж бурової установки НБО-Е

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

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

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

Тоді кількість основних робітників по даному виду робіт буде рівна:

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

Отже, для проведення монтажних робіт бурової установки НБО-Е необхідно 26 робітників відповідної кваліфікації, подані в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Склад бригади при виконанні монтажних робіт бурової установки

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

5.2 Експлуатація та ремонт обладнання

5.2.1 План-графік планово-попереджувальних ремонтів обладнання

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

Назва обладнання	Заводський №	Рік випуску	К-ть відпр. м.год після ост. КР	Вид і дата ост. ремонту	04	05
					6	7
1	2	3	4	5	6	7
ЛЕБІДКА	10	2012			300	660
План наробки в маш.годинах			16390		748	744
Фактично					2 ПО	3 ПО
Вид робіт (ТО або ПОР)				ПоР-03.09	II	III
Фактично						
Підпис відповідального виконавця						

2022 рік									
04	05	06	07	08	09	010	011	012	01
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	660	1020	1380	1740	2100	2460	2820	3180	3540
300	744	744	720	744	720	744	744	672	
748	3 ПО	ПоР	3 ПО						
2 ПО	III	ПР	III	I	III	I	III	I	III
II									

5.2.2 Типовий процес ремонту

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

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

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

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

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

5.2.3 Умови експлуатації та аналіз діючих навантажень

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

Перед пуском бурової лебідки в роботу необхідно перевірити наступне:

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

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

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

колодок допускається до висоти 12 мм). Фіксатор положення гальмівної рукоятки повинен надійно утримувати останню в загальмованому положенні. Гальмівні колодки повинні рівномірно прилягати до гальмівних шківів, а в розгальмованому стані не повинні торкатися до поверхні шківів. При повному гальмуванні барабана лебідки рукоятка повинна відстояти від підлоги бурової на 80—90 см.

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

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

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

7. Стан пневматичної системи. Пневматична система повинна бути виконана відповідно до схеми і герметичної.

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

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

10. Стан і надійність роботи протизатаскувача.

11. Стан пневматичного циліндра і його кріплення.

12. Стан допоміжної лебідки, її кріплення і оснащення, а також регулювання.

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

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

тільки необхідно перевіряти всі вузли: їх кріплення, знос регулювання. Виявлені несправності повинні бути усунені до початку роботи, а у вахтовому журналі зроблені відповідні записи.

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

1. Регулярно перевіряти і своєчасно підтягати болти кріплення всіх вузлів, при цьому особливу увагу необхідно звертати на кріплення валів лебідки і вузлів гальмівної системи.
2. Перевіряти стан шківів гальма і шинно-пневматичних муфт.
3. Стежити за станом гальмівних колодок, а при зносі їх до висоти 12 мм замінювати.
4. Постійно спостерігати за роботою стрічкового гальма і регулювати його, коли хід рукоятки при гальмуванні від вертикального положення досягає 60° .
5. Не допускати попадання води і масла на робочу поверхню шківів гальма і шинно-пневматичних муфт.
6. Стежити за станом підшипників. Підшипники повинні працювати плавно і безшумно. Нагрів не повинен перевищувати 70°C .
7. Регулярно перевіряти ланцюгові передачі і стежити за їх роботою. Особливу увагу необхідно звертати на мастило і стан шплінтів. Пошкоджені шплінти замінювати новими. Витягнуті ланцюги, які можна знайти по різких ударах і ривках в ланцюгових передачах, необхідно укорочувати за рахунок видалення ланок. При натягненні ланцюга стріла провисання повинна бути близько 0,02 відстаней між центрами зірочок.
8. Перевіряти стан фрикційної катушки і в міру необхідності регулювати.
9. Перевіряти стан пневматичної системи управління.
10. Перевіряти стан гідравлічного гальма і стежити за рівнем води в холодильнику і її чистотою. Наявність у воді піску може привести до передчасного зносу робочих органів гальма.

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

12. Перевіряти надійність роботи фіксатора положення гальмівної рукоятки.

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

14. Перевіряти стан кожухів і їх кріплення.

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

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

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

Швидкості необхідно перемикає при зупинці валів. Включати лебідку і проводити допоміжні роботи слід при знижених оборотах двигунів.

У процесі роботи бурової лебідки найбільшому спрацюванню підлягають колодки стрічкового гальма і шино-пневматичних муфт, втулко-во-роликові панцюги, шино-пневматичні муфти, тормозні шківни барабана, ланцюгові колеса та підшипники. Тому при роботі бурових лебідок потрібно вести особливе спостереження за станом перерахованих деталей.

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

Поточні ремонти бурових лебідок виконуються безпосередньо на бу-

ровий, капітальний ремонт, як правило, – на ремонтних заводах або в механічних майстернях. На деяких бурових підприємствах, де транспортування лебідок на завод або в механічні майстерні пов'язана зі складнощами, що виникають через відсутність доріг або більш вантажопідйомного транспорту, капітальний ремонт лебідок виконується безпосередньо на бурових вузловим методом.

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

5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання

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

У даному розділі описані основні підходи до виконання вимог охорони праці при експлуатації бурової лебідки.

Бурова лебідка основний механізм підйомної системи бурової установки. Вона призначена для проведення наступних операцій:

- спуску і підйому бурильних і обсадних труб;
- утримання колони труб на вазі в процесі буріння або промивання свердловини; для підйому бурильної колони і труб при нарощуванні;
- передачі обертання ротора;
- згвинчування і розгвинчування труб;
- допоміжних робіт по підтягуванню в бурову інструменту, обладнання, труб та ін.;
- підйому зібраної вишки у вертикальне положення.

Лебідка має велику кількість рухомих частин, біля яких, безпосередньо знаходяться люди.

При експлуатації обладнання бурової лебідки та її приводних агрегатів в разі недодержанні правил техніки безпеки є випадки травматизму працівників. Особливо це стосується робіт по налагодженню обладнання та проведенні профілактичних робіт, коли знімають огороження обертаючих механізмів і проводять ремонтні роботи.

Виробничі процеси в бурінні проходять на відкритому повітрі, часто при несприятливих кліматичних умовах.

Виробничі процеси в бурінні супроводжуються значним рівнем шуму і вібрації. Встановлено, що при роботі лебідки рівень шуму знаходиться в межах 90-100 дБ, при цьому найбільший шум досягається при підйомі свічки робочої труби. Шум має негативний вплив на нервову систему людини, послаблює увагу, зменшує працездатність.

Під час експлуатації лебідки можливі її зсуви і перекидання.

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

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

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

На даний момент практикують підняття і установку бурової лебідки на основу за допомогою талевої системи, що приводиться в рух за допомогою тягачів та тягачів, що за допомогою тросів відтягують бурову лебідку від

конструктивних елементів основи. Такий монтаж бурової лебідки в ряді випадків призвів до травматизму монтажників.

Експлуатація та обслуговування бурової лебідки супроводжується наступними небезпечними моментами:

- можливість падіння робітників з висоти при відсутності пристроїв, що дозволяють безпечно проводити ремонтно-монтажні роботи; забруднення території біля лебідки нафтою й у зв'язку із цим небезпека пожежі;
- підвищені рівні шуму та вібрації, що виникають під час роботи приводів силових та насосних агрегатів і значно перевищують допустимі норми, а це негативно впливає на стан людини і погіршує її працездатність;
- травмування робітників обертовими елементами устаткування;
- незадовільні мікрокліматичні умови;
- ураження органів дихання і слизових оболонок токсичними продуктами;
- опіки працюючих при доторканні до розігрітої поверхні обладнання, електрообігрівачів (при їх пошкодженні).

Таким чином розглянувши процес експлуатації бурової лебідки та проаналізувавши найбільш характерні види небезпек при її експлуатації, можна вважати дане обладнання вкрай небезпечне для життя працівників.

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

Гальмівна система лебідки є одним із основних вузлів лебідки.

зубчастий механізм головного гальма не повинен допускати виходу рукоятки і попадання пари із зачеплення при крайніх робочих положеннях робочої рукоятки і попадання посторонніх предметів, тому в проекті передбачено механічне огороження. Конструкція механічного стрічкового гальма передбачає огорожу зубчатого сектора, інакше попадання якого-небудь предмету на сектор приведе до аварії.

При використанні стрічкового гальма гальмування барабана лебідки здійснюється мускульним зусиллям робітника через гальмівний важіль, який закріплений на колінчастому валу гальма. Для полегшення праці буровиків в дипломному проекті передбачено використання пневматичного гальмівного циліндра як приводу стрічкового гальма (рис. 5.3). Дане запобіжне пристосування підвищує степінь надійності гальма і допомагає скороченню циклу спуско-підймальних операцій. Конструкція пневматичного гальмівного циліндра дозволяє виконувати незалежне і одночасне 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.

Для попередження підйому талевого блоку вище гранично допустимої висоти і удару його в крон блок в проекті передбачений обмежувач підйому талевого блоку під кронблок. Він монтується на нижній частині вежі. Трос одним кінцем кріпиться до поясу бурової вежі на відстані 4—6 м від кронблока, протягується між струнами талевого каната до протилежної сторони або до другої щогли вежі і через поворотний ролик опускається уздовж полотна або щогли вежі вниз. Цей кінець троса приєднується до траверси кранів, які кріпляться в задній частині бурової лебідки за допомогою шплінта. При цьому рукоятки кранів повинні бути в піднятому положенні, один кран відкритий, а другий — закритий. Крани до

системи пневматичного управління бурової установки підключаються наступним чином. До кожного крана повітря по трубопроводах відводиться з центральної магістралі, при цьому трубопровід під'єднується до штуцерів введення повітря. Від одного крана, який закритий при відкритті траверси, повітропровід 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 сполучається з чотирьох клапанним краном керування муфтами підйомного валу лебідки. Чотирьохклапанний кран встановлюється на пульті управління бурильника.

При підйомі талевого блоку вище встановленого троса висмикується шплінт із траверси, вантаж опускається вниз і включає кран. Повітря із крана кінцевого вимикача поступає в клапан-прискорювач, який перекриває повітря для живлення крана управління муфтою барабанного вала, і повітря із муфти через клапан-прискорювач виходить в атмосферу. При спрацюванні крана кінцевого вимикача повітря одночасно поступає в клапан-прискорювач і через перемикаючий клапан – в гальмівний циліндр бурової лебідки. Проходить одночасне відключення шинно-пневматичної муфти приводу барабана лебідки і його гальмування.

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

5.3.2 Техніки безпеки при експлуатації та обслуговуванні обладнання

У процесі експлуатації бурових лебідок необхідно дотримуватись наступних вимог:

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

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

▪ необхідно ретельно стежити за станом зубів ланцюгових коліс. При сильному їхньому зносі виникають поштовхи й удари в передачі, що

приводить до розриву ланцюгів. Запобіжні щити треба встановлювати так, щоб ланцюг не зачіпав за них. Гарне змащення ланцюга, а також безупинний контроль за її станом (зміна шплінтів і т.д.) поліпшують умови її експлуатації.

- при натягу ланцюгів їхні кінці треба стягати так, щоб валикова ланка входила в роликові ланки від легких ударів молотка. Валики повинні бути змазані. Після установки пластини потрібно поставити шплінт і акуратно його загнути. Попереднє стягування ланцюгів варто виконувати прядив'яним тросом, залишковим пристосуванням для стягування.

- для загинання шпильок треба застосовувати торцевий ключ.

Навантажувати лебідку впливає відповідно до характеристики, зазначеної в таблиці вантажопідйомності для усіх швидкостей. Перевантаження її неприпустиме, тому що викликає швидкий знос деталей і їхній розривши.

Гальмова система – один з основних вузлів бурової лебідки. Щоб виключити можливість важких аварій, необхідно ретельно стежити за справністю гальмового пристрою, за огороженням зубцюватого передавального механізму гальма. У протилежному випадку можливе влучення в нього сторонніх предметів, що буде перешкоджати переміщенню гальмової рукоятки, у результаті чого може чи відбутися затаскування талевого блоку під кронблок, чи удар талевого блоку об роторний стіл. При цьому не виключена можливість виникнення нещасливих випадків.

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

При пневматичному керуванні лебідок необхідно систематично стежити за справністю пневмосистеми. Несправності в ній позначаються на роботі лебідки і можуть бути причиною нещасливого випадку. Варто також звернути увагу на

роботу компресорів, герметичність воздухопроводов, справність крана Казанцева.

При експлуатації шинно-пневматичних муфт необхідно дотримувати наступні правила.

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

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

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

При використанні бурових лебідок, що не мають фіксатора положення, для змінення гальмової рукоятки необхідно застосовувати пристрою у виді вантажника, міцно прикріпленої до підлоги, чи м'якого троса, пропущеного через підлогу, із прив'язаним до нього вантажем.

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

Якщо хід рукоятки при гальмуванні складає не менш 60° (від верхнього положення), це означає, що колодки зносилися і потрібно підтягти стрічки. Необхідно регулярно перевіряти стан гальмових шківів. Вихід їх з ладу може

привести до важких нещасливих випадків. Наявність тріщин на гальмових шківів, нерівностей робочих поверхонь, вироблень глибиною більш 5 мм, поперечних чи тріщин глибоких рисок більш 2 мм із порушенням профілю гальмової поверхні приводить до неповного прилягання колодок до робочої поверхні шківа. У результаті цього колодки зношуються нерівномірно і швидко виходять з ладу, що приводить до додаткових робіт по зміні стрічок. Для виключення утворення мікротріщин на гальмовому шківі необхідно стежити за тим, щоб на них не попадала олія. Забороняється прохолоджувати нагріті шківів водою.

Для полегшення роботи бурильника, а також збільшення терміну служби (особливо гальмових колодок і шківів) лебідки комплектуються допоміжним гідравлічним гальмом, що потрібно підключати в роботу відповідно до інструкції з монтажу й експлуатації лебідки. Необхідно слідкувати, щоб гідрогальмо в процесі роботи був заповнений рідиною до необхідного рівня. У протилежному випадку зменшується ефективність його дії й утрудняється процес гальмування. Кількість води потрібно регулювати за допомогою контрольних кранів.

Всі машини і механізми повинні мати міцні металеві огорожі, що надійно закривають доступ з усіх сторін до рухомих частин.

В процесі опробування обладнання не дозволяється знімати захисні кожухи.

Усі елементи кріплення повинні бути забезпечені від самовідгвинчування.

Всі працівники зайняті проходкою свердловини повинні проходити попередній (перед допуском до роботи) та періодичний медичні огляди. Керівнику робіт забороняється допускати до роботи працівників в хворобливому чи нетверезому стані, а також тих, у кого закінчився строк дії медичного огляду. Дані про строки чергових медоглядів на всіх працівників повинні бути на буровій.

Під час проводки та випробування свердловини на буровій повинна зберігатися пускова документація і "Журнал з охорони праці", ведення якого входить в службові обов'язки керівника робіт, а також інструкцій з охорони

... по професіям на всіх членів вахти і інструкцій з охорони праці при
... проведенні конкретних видів робіт, що проводяться на буровій

Висновки

В даному розділі магістерської роботи розроблений комплекс робіт з
... до проведення монтажних робіт з обладнанням бурової установки
... 3Д, особливості проведення монтажу бурової лебідки та розроблені
... бригади розраховано згідно норм часу на виконання монтажу
... установки, згідно яких потрібно 26 робітників, склад бригади при
... робіт подано в таблиці. За даними експлуатації було
... план-графік планово-попереджувальних ремонтів. Було розглянуто
... процес ремонту бурової лебідки, проаналізовано деталі, які необхідно
... іпнювати.

Також розділ містить детально проаналізовані потенційні небезпеки при
... бурових лебідок, методи і засоби для забезпечення нормальних
... праці, розроблені запобіжні (превентивні) заходи на випадок виникнення
... ситуації.

ВИСНОВКИ

1. У розділі “Вибір та опис технологічного обладнання” проведено порівняльно-критичний аналіз бурового обладнання й устаткування, охарактеризовано позитивні та негативні бурових лебідок, проведено розрахунок основних параметрів та на його основі було вибрано бурову установку для буріння свердловини глибиною 4800 м НБО-3Д. У склад вибраної бурової установки входить бурова лебідка ЛБУ-1200. Недолік гідродинамічного гальма УТГ-1450, яке використовується у вибраній буровій лебідці, полягає в тому, що при збільшенні ваги бурильної колони і малих обертах підйомного вала бурової лебідки пристрій не розвиває гальмівного моменту, який достатній для підтримки заданої швидкості спуску бурильної колони і при цьому збільшуються навантаження на стрічкове гальмо.

2. В розділі “Опис технічної пропозиції” обґрунтована доцільність та економічна ефективність введення запропонованих технічних рішень з модернізації бурової лебідки. Суть технічного рішення з удосконалення системи гальмування бурової лебідки ЛБУ-1200 полягає в тому, що порівняно із аналогом в конструкцію гідродинамічного гальма введено циліндричний мультиплікатор, що забезпечує збільшення числа обертів ротора в число разів, рівне заданому передавальному числу, і передачу на підйомний вал бурової лебідки гальмівного моменту, збільшеного в число разів, рівне заданому передавальному числу, тобто підвищення гальмівного моменту, що передається на підйомний вал бурової лебідки гідродинамічним гальмом. За результатами розрахунків видно, що річний економічний ефект від впровадження модернізованого приводу бурової лебідки складає 85483 грн. Отже, удосконалення є економічно доцільним.

3. В розділі “Дослідно-конструкторська робота” проведено теоретичні та експериментальні дослідження, які спрямовані на комплексне розв'язання проблеми зниження динамічних навантажень на бурову вишку, талеву систему і бурильну колону та на підвищення ефективності роботи бурових установок,

побудована математична модель динамічних процесів, які виникають в бурових установках під час гальмування колони бурильних труб. Встановлено, що динамічні зусилля в елементах бурової установки залежать від найбільшого значення та від швидкості наростання моменту гальма бурової лебідки, й від швидкості опускання та від довжини бурильної колони. Поздовжні коливання колони бурильних труб призводять до інтенсивних поперечних коливань бурової вишки. У той же час, поперечні коливання металоконструкції бурової вишки майже не впливають на поздовжні коливання бурильної колони. Результати експериментальних досліджень підтверджують істотний вплив динамічних явищ, які виникають в буровій установці під час гальмування бурильної колони на робочі зусилля в елементах бурової установки. Виявлено нерівномірність розподілу навантажень між окремими ногами бурової вишки, що вказує на ексцентричний характер навантаження висотної споруди та суттєвий вплив її поперечних коливань на внутрішні зусилля в ногах бурової вишки

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

5. В розділі “Монтаж і експлуатація обладнання” розроблений комплекс робіт з підготовки до проведення монтажних робіт з обладнанням бурової установки НБО-3Д, особливості проведення монтажу бурової лебідки та розроблені підготовчі роботи перед експлуатацією бурової лебідки. Кількість робітників монтажної бригади розраховано згідно норм часу на виконання монтажу бурової установки, згідно яких потрібно 26 робітників. За даними експлуатації було описано план-графік планово-попереджувальних ремонтів. Було розглянуто типовий процес ремонту бурової лебідки, проаналізовано деталі, які необхідно зміцнювати. Також розділ містить детально проаналізовані потенційні небезпеки при експлуатації бурових лебідок, методи і засоби для забезпечення нормальних умов праці, розроблені запобіжні (превентивні) заходи на випадок виникнення надзвичайної ситуації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналітприлад [Електронний ресурс]: ДАК датчики-газоаналізатори інфрачервоні. – Режим доступу. <http://www.analytpribor.ru/catalog/snyatye/dak.htm>. – Назва з титулу екрану.
2. Бойко В. С. Довідник з нафтогазової справи / Бойко В.С., Кондрат Р.М., Яремійчук Р.С. – Львів: Світ, 1996. – 620 с.
3. Бойко В. С. Розробка та експлуатація нафтових родовищ / Бойко В.С.– Київ: Міжнародна економічна фундація, 2008. – 488 с.
4. ВАТ «Техногазкомплект» [Електронний ресурс]: СТМ-30 – датчик-сигналізатор горючих газів. – Режим доступу: <http://www.texnogaz.com/pribori-tipa-stm-stg-sgg/stm-30-datchik-signalizator-goriuchich-gaziv>. – Назва з титулу екрану.
5. Гандзюк М.П. Основи охорони праці – Київ: Основа, 2000. – 318 с.
6. Дурняк Б.Г. Основи проектування цифрових логічних пристроїв: Навчальний посібник / Б.Г. Дурняк, І.Т. Стрепко, Г.Н. Тітов, Я.В. Тимошенко. – Львів: Видавництво Української академії друкарства, 2006. – 212 с.
7. Draeger [Електронний ресурс]: Газовимірювальні прилади / Режим доступу: <http://www.draeger.com/>.
8. Екоінформаційні, багато параметрові газоаналітичні прилади і системи екологічного моніторингу довкілля / О. А. Дашковський, І.Л. Міхєєва, В.П. Приміський // Вісті Академії інженерних наук України. – 2003. – №2. – С. 6-14.
9. Економіка підприємства: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Я. С. Витвицький, У. Я. Витвицька, М. О. Данилюк, А. О. Устенко, І. І. Цигилик. За ред. Я.С.Витвицького – Івано-Франківськ : ІМЕ, 2002. – 318 с.
10. Жидецький В.Ц. Практикум з охорони праці: навчальний посібник / Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
11. Злобін Ю. А. Основи екології. Підручник – К. Лібра;1998 – 246 с.

12. Івасенко В.М. Полум'яно-іонізаційний детектор з коаксіальним подаванням газів. Експериментальні дослідження / В.П. Приміський, В.М. Івасенко // Метрологія та прилади. - 2015. - № 2. - С. 29-32.

13. Івасенко В.М. Дослідження основних метрологічних характеристик полум'яно-іонізаційного детектора / В.М. Івасенко // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія: Приладобудування. - 2015. - Вип. 49. - С. 75-81.

14. Івасенко В.М. Залежність чутливості полум'яно-іонізаційного детектора від витрат газів [Текст] / В.М. Івасенко, А.В. Жужа // Приладобудування: стан і перспективи: XII міжн. наук.-техн. конф., 23-24 квітня 2013.: тези доп. - Київ, - С.148-149.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

24. Приміський В.П. Станції контролю атмосфери: стан та перспективи розвитку / В. П. Приміський, В. М. Івасенко // Метрологія та прилади. - № 1. - С.43-49.

25. Приміський В.П. Стан та перспективи розвитку полум'яно-іонізаційного розвитку для вимірювання концентрації вуглеводнів / В.П. Приміський, А. В. Жужа // Метрологія та прилади. – 2013. – № 2. – С. 45 - 52.

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

27. Пушкар, М.С. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.

28. Типовий проект безпечної організації вишкономонтажних робіт при монтажі, демонтажі бурової установки НБО-3Д. Загальні вимоги. – Чернігів, 2002. – 30 с.

29. Ткачов В.В. Технічні засоби автоматизації / В.В. Ткачов, В.П. Чернишев, М.М. Одновол. – Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 174 с.

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

31. Туз Ю.М. Вимірювання акустичного взаємного зв'язку між п'єзоелектричними елементами в ультразвукових фазованих решітках / Ю.М.

Туз, А.П. Красковський, І.В. Богачов // Науково-технічний журнал “Методи та прилади контролю якості”. – Івано-Франківськ. – 2009. – № 23. – С. 8 – 12.

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

33. Шваб'юк В. І. Опір матеріалів: Підручник / В. І. Шваб'юк. – К.: Знання, 2016. — 407 с.