

Національний університет «Полтавська  
політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут нафти і газу

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НГІТ.602МН.001-00.00.000 МР

Група 602-МН

Видюк Віталій Володимирович

Полтава, 2025

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

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

До захисту

Завідувач кафедри  
В.О. Дурасюк  
С. Габурек

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: Дослідження роботи талевої системи бурової установки з  
удосконаленням конструкції пристрою укладання канатів для ефективної їх  
експлуатації

Пояснювальна записка

Керівник

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

Виконавець роботи

Видюк Віталій Володимирович  
студент, ПІБ  
група 602-МН  
В.В.  
підпис, дата

Консультант за 1 розділом

Доцент, к.т.н. Деміренко В.  
В.В.  
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом

к.т.н. доц. Мухоморов О.В.  
М.В.  
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

к.т.н. Савик В.М.  
В.С.  
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 4 розділом

к.т.н. доц. Шемченко Т.М.  
Т.М.  
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту 22.01.2025р

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 використовуваних канатоукладчиків.

2. В розділі “Опис технічної пропозиції” проведено обґрунтування доцільності та економічної ефективності введення запропонованих технічних рішень з модернізації бурової лебідки для підвищення ефективності укладання талевого канату на барабан. Розрахований економічний ефект від впровадження модернізованого канатоукладчика.

3. В розділі “Дослідно-конструкторська робота” на основі теоретичних і експериментальних досліджень отримані формули для оцінки величин максимально можливих амплітуд поперечних коливань ходової струни талевого канату при підйомі гака, а також залежність мінімального кроку навивки (глибини канавки) від параметрів талевої системи і навивки. Запропонована конструкція барабана, який забезпечує малу вагу і достатню міцність, технологічність виготовлення і легкість монтажу-демонтажу.

4. В розділі “Розрахунки працездатності” вибраний діаметр і тип талевого каната для оснастки талевої системи бурової установки, проведений перевірочний розрахунок вибраного талевого каната на міцність, проведено розрахунок пружини модернізованого канатоукладчика.

5. В розділі “Монтаж і експлуатація обладнання” розроблено комплекс робіт з проведення монтажу силового приводу бурової установки та розроблені підготовчі роботи перед експлуатацією бурової лебідки. Описано роботи, які здійснюються в процесі експлуатації бурової лебідки й канатоукладчика, роботи при його поточному та капітальному ремонті. Проаналізовані потенційні небезпеки при монтажі, експлуатації та ремонті бурових лебідок й канатоукладчиків, методи і засоби для забезпечення нормальних умов їх експлуатації.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри НГІТ  
В.О. Диряченко  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Видюк Віталій Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження роботи талевої системи бурової установки з удосконаленням конструкції пристрою укладання канатів для ефективної їх експлуатації

Керівник роботи доцент Савик Василь Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом закладу вищої освіти від "09" \_\_\_\_\_ 2024 року № 18/09/24

2. Строк подання студентом роботи 27.10. 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Кондуктор  $d=324$  мм опускається на глибину 1500 м, приймає копка  $d=245$  мм опускається на глибину 2750 м, експлуатаційна копка  $d=168/146$  мм опускається до проекційної глибини 4650 м, технічні характеристики бурової лебідки ЛБГ-1200

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

1 Технічна характеристика бурової установки НБО-Е, схема розташування обладнання, технічні характеристики. 2 Лебідка ЛБГ-1200, тех. характеристика, вигоди. 3 Канатоукладчик: технічні характеристики, тех. вигоди. 4 Канатоукладчик модернізований. 5 Схема гідросистеми канатоукладчика. 6 Розрахункова схема талевої системи бурової установки

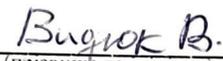
6. Дата видачі завдання 14.10.2024

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

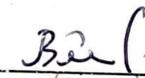
№ з/п	Етапи підготовки	Термін виконання
1	Інформаційно-оглядова частина	14.10-03.11
2	Експериментальна частина	04.11-24.11
3	Теоретична частина (Аналітика. Статистика. Моделювання)	25.11-15.12
4	Впровадження результатів досліджень	16.12-05.01
5	Оформлення та узгодження роботи	06.01-12.01
6	Попередні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

Студент

  
 (підпис)

  
 (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
 (підпис)

  
 (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	4
1. Вибір та опис технологічного обладнання.....	6
1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання .....	6
1.2 Конструкція бурової лебідки ЛБУ-1200.....	13
1.3 Механізми для поліпшення навівання талевого канату на барабан бурової лебідки .....	16
2. Опис технічної пропозиції.....	20
2.1 Опис модернізованої конструкції канатоукладчика .....	20
2.2 Оцінка економічної ефективності.....	23
3. Дослідно-конструкторська робота .....	37
3.1 Аналіз величин максимально можливих амплітуд поперечних коливань ходової струни талевого канату .....	37
3.2 Математична модель вимушених поперечних коливань ходової струни при різних режимах підйому бурового гака .....	41
3.3 Теоретичні дослідження взаємодії талевого канату з поверхнею барабана при його намотуванні.....	45
4. Розрахунки працездатності.....	51
4.1 Вибір діаметра і типу талевого канату для оснастки талевої системи...	51
4.2 Перевірочний розрахунок талевого канату на міцність.....	55
4.3 Розрахунок пружини канатоукладчика .....	56
5. Монтаж і експлуатація обладнання.....	58
5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу бурових лебідок.....	58
5.2 Експлуатація та ремонт обладнання.....	62
5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації бурових лебідок.....	63
Висновки.....	68
Список використаної літератури .....	70

## 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.

Ефективність функціонування бурової лебідки напряму залежить від надійності та безпеки роботи, зручності в експлуатації пристроїв для намотування канату на барабан. До недоліків існуючих конструкцій канатоукладчиків що зменшують їх ефективність в процесі експлуатації, відноситься: зміна напрямку переміщення гідроциліндра здійснюється за рахунок зростання тиску в гідролінії при упиранні поршня в кришку гільз гідроциліндра, але під час спрацювання клапана реверсування канат продовжує намотуватися на барабан, що призводить до неузгодженості швидкостей намотування канату і пересування каретки, причому похибка збільшується зі збільшенням шарів укладання; реверсування приводу барабана здійснюється за рахунок зусилля в канаті, що впливає на важіль, але при ненавантаженому канаті управління процесом укладання канату за рахунок важеля практично неможливо і в підсумку виникає неузгодженість рівномірного укладання канату на барабані, при чому у разі заклинювання важеля з канатом станеться неузгодженість між переміщенням пристрою укладання канату і напрямом навивки канату на барабан; складність конструкції, безліч датчиків керування, а також необхідність установки додаткового масляного бака.

Таким чином, на сьогодні конструкція канатоукладчика потребує модернізації та дослідження ефективності роботи модернізованого пристрою. Це все ще раз підтверджує актуальність проблеми і необхідність подальших науково-дослідницьких робіт, направлених на удосконалення конструкції бурових лебідок з метою підвищення ефективності навивання канату на барабан бурової лебідки.

**Мета роботи.** Удосконаленням конструкції пристрою укладання канатів

для ефективної експлуатації та подовження терміну служби бурової установки.

**Об'єкт дослідження.** Процеси зношення канатного кінця вузла бурової лебідки.

**Предмет дослідження.** Властивості і характеристики канатоукладника, що оснащений додатковими елементами в кінематичній і підшипниковій частині.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

- отримані формули для оцінки величини максимального моменту опору при поперечних коливаннях ходової струни талевого канату при ідентичній навантаженні;

- підтверджено умову впорядкованого навівання талевих канатів на барабан бурової лебідки.

**Можливі результати, які очікуються при виконанні роботи, їхня новизна та значення.** Удосконалена конструкція канатоукладника бурової лебідки більш технологічна, простіша у виготовленні та ремонті. Впровадження нової конструкції канатоукладника бурової лебідки дасть змогу продовжити міжремонтний цикл на 5%.

**Апробація роботи.** Основні положення магістерської роботи досліджувались 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 58 найменувань, додатків. Основна частина магістерської роботи викладена на 69 сторінках комп'ютерного набору і містить 10 рисунків і 8 таблиць. Повний обсяг магістерської роботи становить 75 сторінок.

# 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 4650 м подана на рис. 1.1.

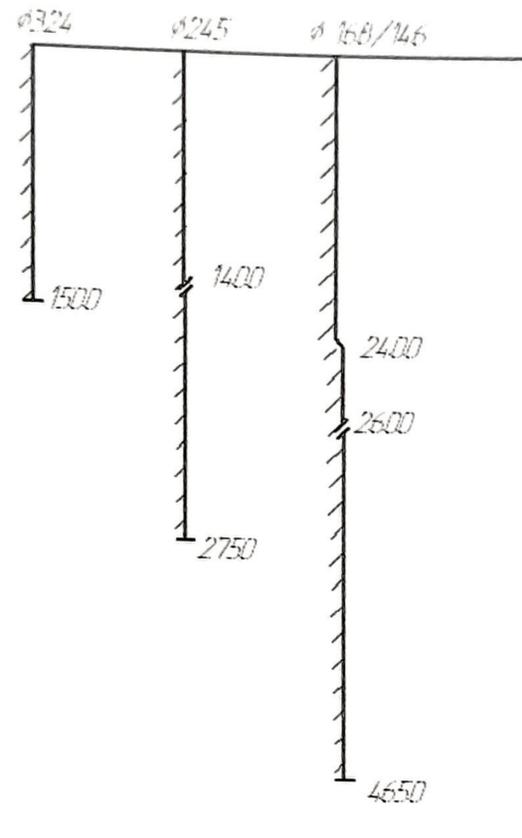


Рисунок 1.1 – Конструкція свердловини

Кондуктор  $d = 324$  мм спускається на глибину 1500 м з метою перекриття нестійких крейдових тріасових відкладів, схильних до звуження ствола стінок свердловини і поглинання бурового розчину. Цементується по всій довжині.

Проміжна колона  $d = 245$  мм спускається на глибину 2750 м двома секціями із стиковкою на глибині 1400 м з метою перекриття пермських і кам'яно-вугільних відкладів, де можливі поглинання розчину. Цементується колона по всій довжині.

Експлуатаційна колона  $d = 168/146$  мм спускається до проектної глибини 4650м двома секціями із етиковкою на глибині 2600 м і переходом на глибині 2400м. Цементується колона по всій довжині.

### 1.1.2 Розрахунок діаметрів доліт

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

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

де  $D_m$  – зовнішній діаметр муфти колони обсадних труб;

$2\Delta$  – величина зазору між муфтою і стінками свердловини

Діаметр долота підбираємо із стандартного ряду шарашкових доліт:

140, 145, 151, 161, 172, 190, 214, 243, 269, 295, 320, 346, 370, 394, 445, 490мм

При бурінні під кондуктор:

$$D_{\text{дол1}} = D_{m1} + 2\Delta_1 = 451 + 45 = 496 \text{ мм}$$

Приймаємо  $D_{\text{дол1}} = 490\text{мм}$ .

При бурінні під проміжну колону:

$$D_{\text{дол2}} = D_{m2} + 2D_2 = 270 + 25 = 295\text{мм}$$

Приймаємо  $D_{\text{дол3}} = 295\text{мм}$ .

При бурінні під експлуатаційну колону:

$$D_{\text{дол3}} = D_{m3} + 2D_3 = 166 + 20 = 186\text{мм}$$

Приймаємо  $D_{\text{дол3}} = 190\text{мм}$ .

### 1.1.3 Розрахунки обсадних і бурильних колон

#### 1.1.3.1 Визначення довжини ОБТ

Довжину ОБТ при бурінні під кожну обсадну колону визначаємо за формулою

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

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

$G$  – осьове навантаження на долото; приймаємо згідно ГТН;

$q_{\text{обт.}}$  – 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:

$$l_{\text{обт.}}^{426} = \frac{1,25 \cdot 60 \cdot 10^3}{1920 \left(1 - \frac{1120}{7850}\right)} = 45 \text{ м}$$

Під проміжну колону  $\phi 324$  мм:

$$l_{\text{обт.}}^{324} = \frac{1,25 \cdot 200 \cdot 10^3}{1920 \left(1 - \frac{1160}{7850}\right)} = 150 \text{ м}$$

Під проміжну колону  $\phi 245$  мм:

$$l_{\text{обт.}}^{245} = \frac{1,25 \cdot 180 \cdot 10^3}{1890 \left(1 - \frac{1160}{7850}\right)} = 140 \text{ м}$$

Під експлуатаційну колону:

$$l_{\text{обт.}}^{127} = \frac{1,25 \cdot 140 \cdot 10^3}{970 \left(1 - \frac{1310}{7850}\right)} = 220 \text{ м.}$$

### 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 діаметром 114 м із товщиною стінки 8 мм групи міцності Е. Визначаємо допустиму глибину бурильних труб за формулою:

$$\ell_{дон} = \frac{Q'_{дон} - \ell_{обт} \cdot q_{обт} \left(1 - \frac{j_{б.р.}}{j_a}\right)}{q'_{пр.} \left(1 - \frac{j_{б.р.}}{j_a}\right)} + \ell_{обт} \quad (1.3)$$

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

$Q'_{дон.}$  – допустиме розтягуюче навантаження на тілі труби; визначаємо за формулою:

$$Q'_{дон} = \frac{Q'_p}{K} \quad (1.4)$$

$Q'_p$  - розтягуюче навантаження, при якому напруження у тілі труби досягає границі текучості [7];

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

$$Q'_{дон} = \frac{2000}{1,4} = 1428,5 \text{ кН}$$

$$\ell_{дон} = \frac{1428,5 \cdot 10^3 - 220 \cdot 70 \cdot \frac{ж}{н} - \frac{1310 \cdot \frac{н}{ш}}{7850 \cdot \frac{ш}{ш}}}{254 \cdot \frac{ж}{н} - \frac{1310 \cdot \frac{н}{ш}}{7850 \cdot \frac{ш}{ш}}} + 220 = 6130,6 \text{ м}$$

Верхню частину колони складаємо із труб діаметром 127 мм із товщиною стінки 8 мм групи міцності Е. Визначаємо допустиму довжину 2-ої секції за формулою

$$\ell''_{дон.} = \frac{Q''_{дон.} - Q'_{дон.}}{q''_{пр.} \left(1 - \frac{j_{б.р.}}{j_m}\right)} \quad (1.5)$$

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

$Q''_{дон.}$  – допустиме розтягуюче навантаження на тілі труби 2-ої секції.

$$Q''_{дон.} = \frac{Q''_p}{K} \quad (1.6)$$

$$Q''_{дон.} = \frac{2250}{1,4} = 1607,2 \text{ кН};$$

$$l''_{\text{дон.}} = \frac{1607,2 \cdot 10^3 - 1428,5 \cdot 10^3}{279 \cdot \left(1 - \frac{1310}{7850}\right)} = 769 \text{ м}$$

Третю секцію бурильних труб складемо із труб діаметром 140 мм із товщиною стінки 8 мм групи міцності Е. Допустиму довжину визначасмо аналогічно допустимій довжині 2-ої секції за формулами

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

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

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

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

$$Q'''_{\text{дон.}} = \frac{2500}{1,4} = 1785,7 \text{ кН};$$

$$l''_{\text{дон.}} = \frac{1785,7 \cdot 10^3 - 1607,2 \cdot 10^3}{331 \cdot \left(1 - \frac{1310}{7850}\right)} = 647 \text{ м}$$

Відповідно проведених розрахунків складаємо таблиці вибору компонування бурильного інструменту.

Таблиця 1.1 – Робочий інструмент при бурінні під експлуатаційну колону

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2	3	4
140	8Е	331	647
127	8Е	279	769
114	8Е	254	3014
ОБТ-108	-	970	220

Таблиця 1.2 – Робочий інструмент при бурінні під проміжну колону

Умовний діаметр бурильної труби, мм	Товщина стінки, мм і група міцності.	Вага 1 м.п., Н	Довжина, м
1	2		
114	8E	3	4
ОБТ-108	-	254	2610
		1890	140

Таблиця 1.3 – 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		
114	8E	3	4
ОБТ-203	-	254	1455
		1920	45

### 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:

$$Q_{б.к.}^e = (331 \cdot 647 + 279 \cdot 769 + 254 \cdot 3014 + 970 \cdot 220) \cdot 1,3 = 1829963,2 \text{ Н} \approx 1830 \text{ кН}$$

Під проміжну колону:

$$Q_{б.к.}^{пр} = (254 \cdot 2610 + 1890 \cdot 140) \cdot 1,3 = 1205802 \text{ Н} \approx 1206 \text{ кН}$$

Під кондуктор:

$$Q_{б.к.}^k = (254 \cdot 1455 + 1920 \cdot 45) \cdot 1,3 = 592671 \text{ Н} \approx 593 \text{ кН}$$

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 2050 м:

$$Q'_{c.} = (2600 \cdot 254 + 2050 \cdot 374) \cdot 1,15 = 1641165 \text{ Н} \approx 1641 \text{ кН}$$

2-га секція довжиною 2600 м:

$$Q''_{c.} = (900 \cdot 471 + 1100 \cdot 435 + 400 \cdot 399 + 200 \cdot 374) \cdot 1,15 = 1307320 \text{ Н} \approx 1307 \text{ кН}$$

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

1-ша секція довжиною 1350 м:

$$Q'_{np.} = (1400 \cdot 254 + 1350 \cdot 539) \cdot 1,15 = 1276730 \text{ Н} \approx 1277 \text{ кН}$$

2-га секція довжиною 1400 м:

$$Q''_{np.} = (570 \cdot 705 + 740 \cdot 595 + 90 \cdot 539) \cdot 1,15 = 1024259 \text{ Н} \approx 1024 \text{ кН}$$

Визначаємо вагу кондуктора довжиною 1500 м:

$$Q_{к.} = (350 \cdot 945 + 800 \cdot 796 + 350 \cdot 945) \cdot 1,15 = 1493045 \text{ Н} \approx 1493 \text{ кН}$$

На основі розрахунку обсадних колон і вибору бурильного інструмента складаємо зведену таблицю ваги всіх колон:

Таблиця 1.4 – Зведена вагова характеристика обсадних і бурильних колон

№ n/n	Назва колони	Діаметр труб, мм	Товщина стілки, мм і група міцн.	Глибина спуску, м	Вага секції, кН	Вага колон, кН
1	2	3	4	5	6	7
1	Бурильний інструмент під експлуатаційну колону	140 127 114 ОБТ-146	8Е 8Е 8Е -	647 769 3014 220	1830	1830
2	Бурильний інструмент під проміжну колону	114 ОБТ-197	8Е -	2610 140	1206	1206
3	Бурильний інструмент під кондуктор	114 ОБТ-203	8Е -	1455 45	593	593
4	Експлуатаційна колонна	114 146	8Е 11Е 11К	2600 330 1240	Іс. - 767	1641

1	2	3	4	5	6	7
		168	11Д	480		
			12Д	900		
		146	11Д	1100	Іс. - 1307	1307
			10Д	400		
			11Е	200		
5	Проміжна колона	114	8Е	1400	Іс. - 755	1277
		245	9Д	1350		
		245	12Д	570	Іс. - 1024	1024
			10Д	740		
			9Д	90		
6	Кондуктор	324	12Д	350	1493	1493
			10Д	800		
			12Д	350		

Найбільше навантаження на гаку при бурінні свердловини від ваги бурильного інструмента при бурінні під експлуатаційну колону і складає 1830 кН.

#### 1.1.4 Вибір типу бурової установки та її технічна характеристика

Згідно ГОСТ 16293-89 [6] вибираємо п'ятий клас, для бурових установок якого регламентовані наступні параметри, що мають відношення до проектного обладнання:

$$G_{\text{б.у.}} \geq G_{\text{max}}$$

$$2700 \geq 1927.$$

Тому вибираємо бурову установку НБО-Е з найбільшою навантажопідйомністю 2700 кН.

#### 1.2 Конструкція бурової лебідки ЛБУ-1200

У бурових лебідках ЛБУ-1200 (рис. 1.2) для передачі потужності на барабан лебідки й трансмісію ротора використовується зубчастий редуктор. Передача потужності на редуктор лебідки і ланцюгову трансмісію для привода

котушкового вала та отримання п'ятої швидкості здійснюється карданними валами.

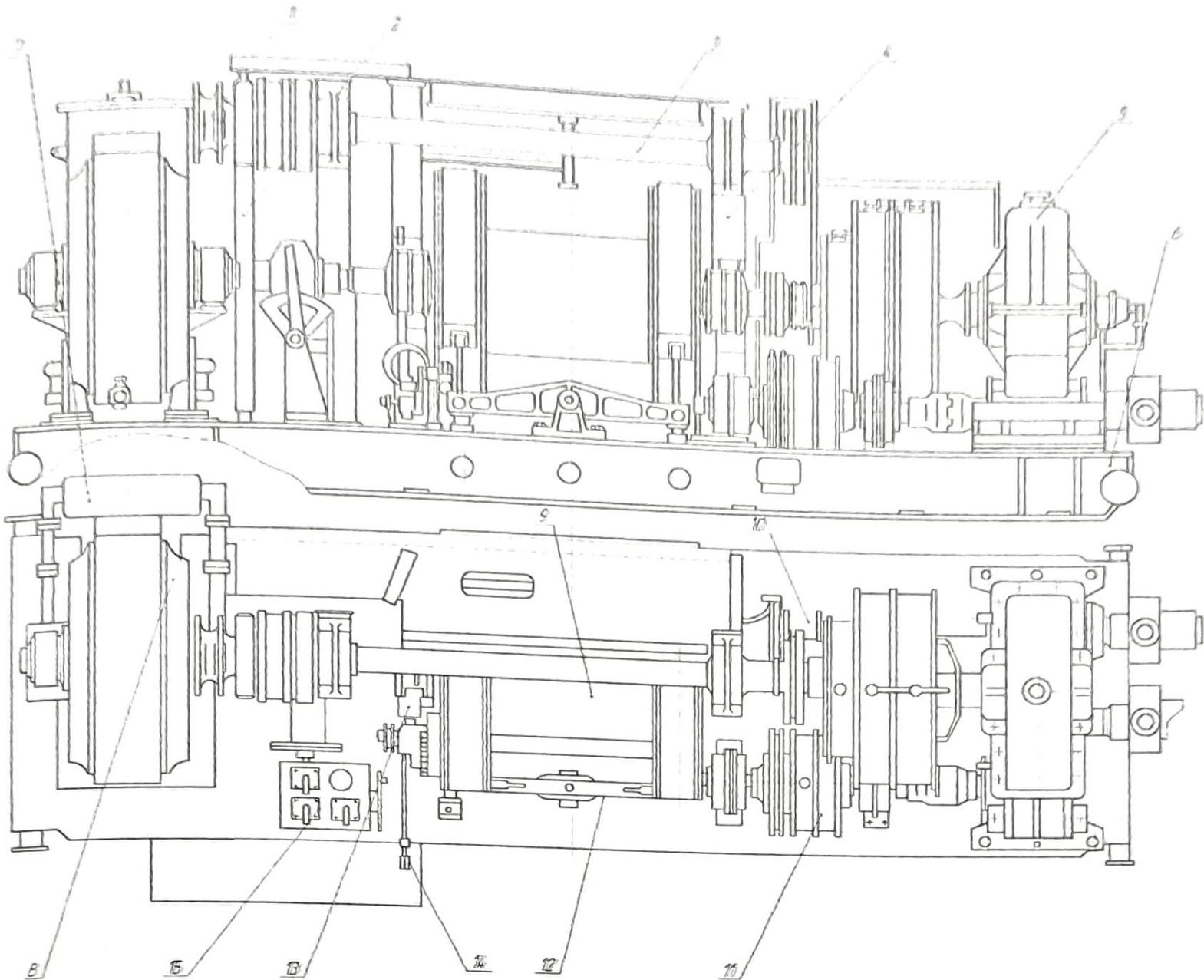


Рисунок 1.2 – Бурова лебідка ЛБУ-1200

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.

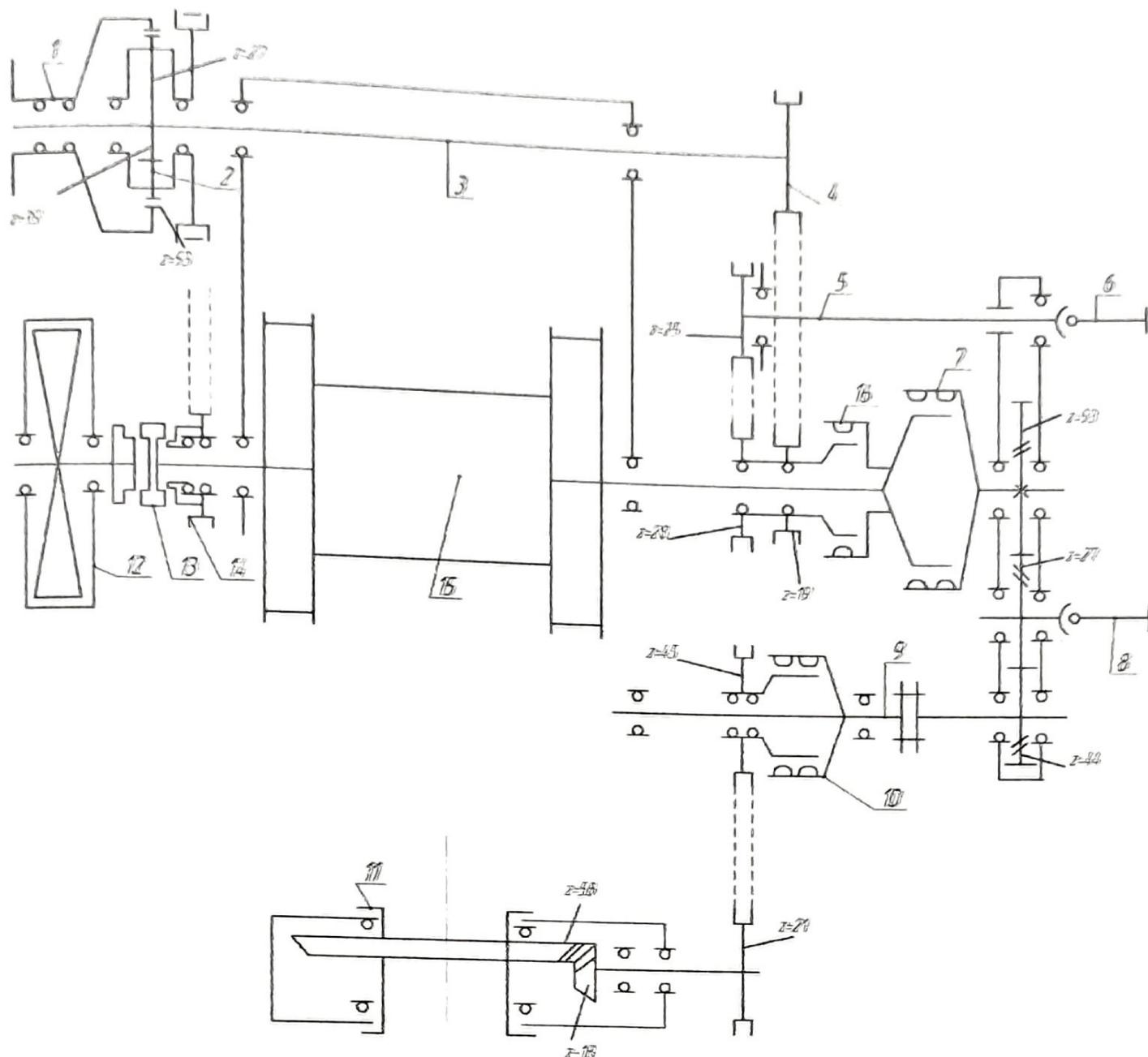


Рисунок 1.3 – Кінематична схема бурової лебідки ЛБУ-1200

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

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

Привід ротора здійснюється ланцюговою передачею (21/45), що

включається шино-пневматичною муфтою 10. Гідродинамічне гальмо 12 і ланцюгове колесо 14 регулятора подачі долота присднюються до піднімального вала лебідки двосторонньою кулачковою муфтою 13 [3].

### 1.3 Механізми для поліпшення навивання талевого канату на барабан бурової лебідки

З метою усунення вібрації та її шкідливих наслідків на ходовій вітці каната встановлюється стабілізатор-заспокоювач (рисунок 1.4). Він є ефективним засобом для поліпшення навивання канату на барабан бурової лебідки.

Стабілізатор 8 пристосування для навивання талевого каната монтується в такій послідовності (рисунок 1.5). До першого пояса вежі над підлогою бурової кріпляться блоки для вантажних тросів 3 і 9, а на третьому поясі над підлогою бурової підвісний блок 6 для монтажного троса. Довжина монтажного троса вибирається із таким розрахунком, щоб можна було опустити стабілізатор для огляду й ремонту. Підвісний блок розміщується в середній площині барабана лебідки.

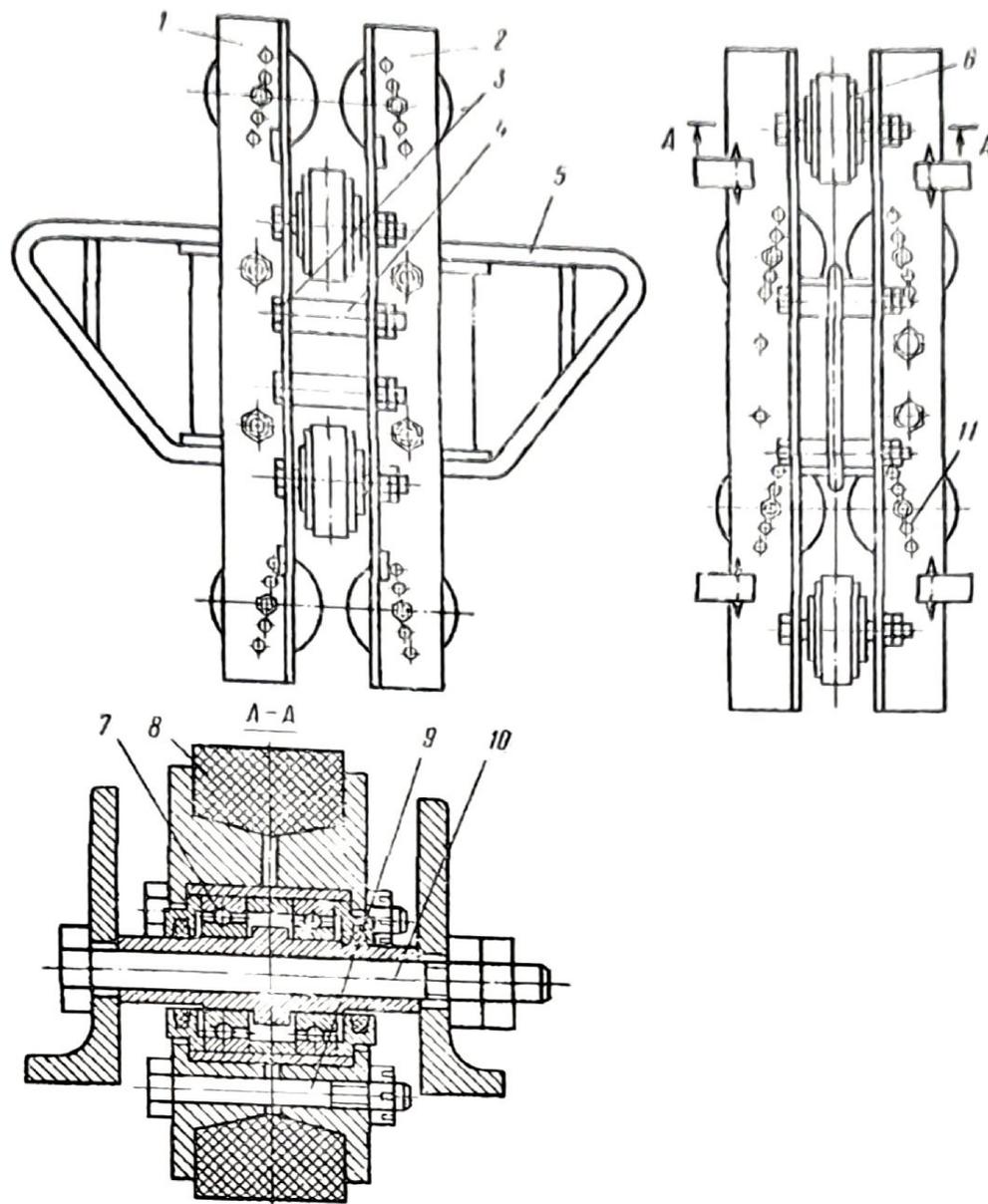


Рисунок 1.4 – Стабілізатор-заспокоювач талевого каната:  
 1, 2 – кутники; 3, 9 – болти; 4 – втулка; 5 – консоль; 6 – ролик; 7 –  
 радіальний шарикопідшипник; 8 – бандаж; 10 – вісь роликів

На блоки перекидаються вантажні троси без противаг і монтажний трос 7 з блоком та підвісним тросом 4. Стабілізатор піднімається вище від барабана лебідки і надівається на талевий канат 1. З кронштейнами стабілізатора з'єднуються підвіски й вантажні троси, після чого стабілізатор піднімається на 500-700 мм вище від рівня вантажних блоків і монтажний трос кріпиться до нижнього пояса вежі на підлозі бурової. До кінців вантажних тросів, які пропущені через підлогу бурової, кріпляться противаги 1, завдяки інерції яких поглинаються коливання ходової вітки каната та забезпечується правильне навивання каната на барабан. Робочий хід противаг повинен бути більшим від довжини барабана лебідки.

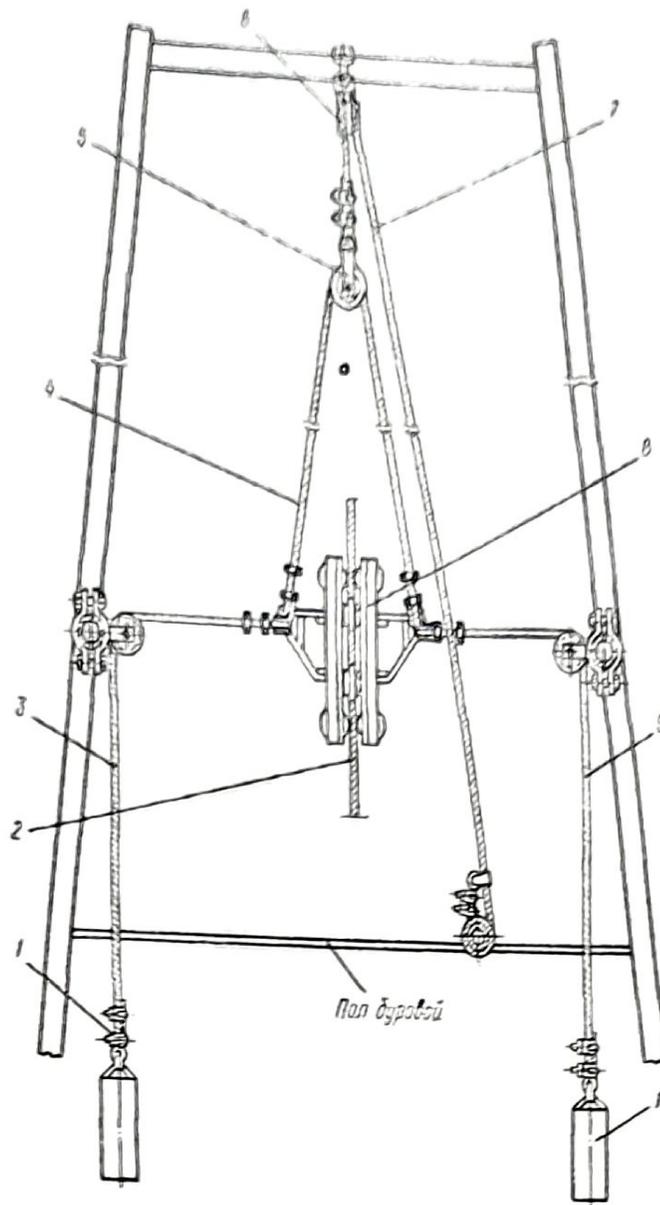


Рисунок 1.5 – Схема монтажу стабілізатора талевого каната:  
 1 – противаги; 2 – ходова вітка каната; 3, 9 – вантажні троси; 4 – підвісний трос; 5, 6 – ролики; 7 – монтажний трос; 8 – стабілізатор

Канатоукладчик (заспокоювач талевого канату) призначений для гасіння коливань талевого канату при спуско-підйомних операціях. Для виключення зазору між роликами канатоукладчика та самим канатом пропонується використовувати канатоукладчик (рис. 1.6), у конструкції якого передбачено використання двох роликів, які притискаються один до одного за допомогою пружини. Канатоукладчик складається з корпусу 1, де нерухомо встановлена вісь, на якій обертається ролик 4. В канавках корпусу рухається повзун 3, в якому встановлена вісь рухомого ролика 5. Для запобігання висуванню осі вона фіксується стопорними кільцями 9. Поступальне переміщення повзуна відбувається за рахунок дії розтискаючої пружини 11. Пружина до повзуна притискається за допомогою кришки 1. Остання кріпиться до корпусу болтами.

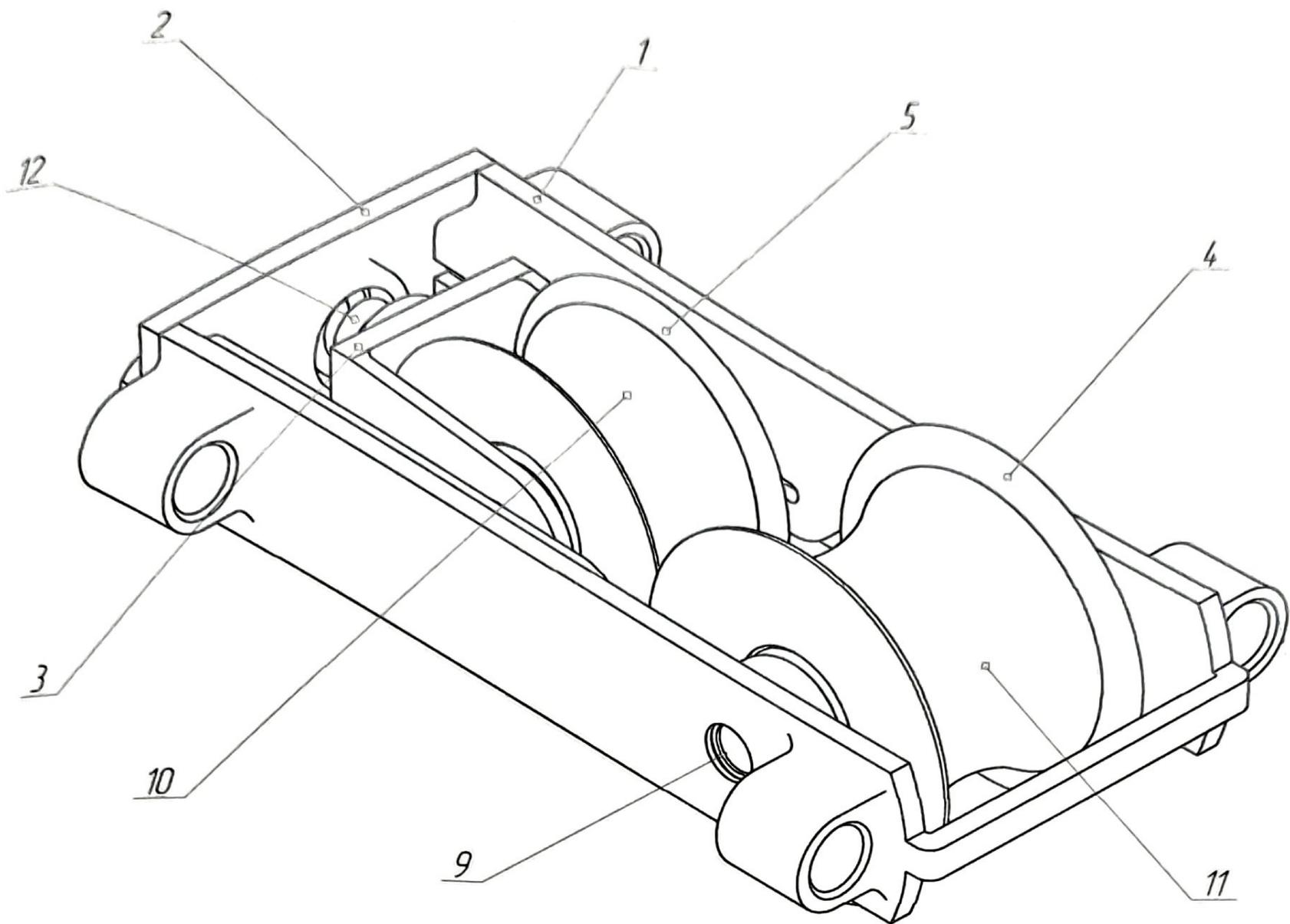


Рисунок 1.6 – Канатоукладчик бурової лебідки

Для запобігання переміщенню канатоукладчика відносно осі канату по боках передбачені отвори, якими канатоукладчик рухається по двох полірованих штоках.

#### Висновки

За найбільшим навантаженням на гаку під час буріння свердловини глибиною 4650 м вибрана бурова установка НБО-4Е, за допомогою якої будемо здійснювати технологічні операції в процесі спорудження даної свердловини. У склад вибраної бурової установки входить бурова лебідка ЛБУ-1200, подано її конструкцію та кінематичну схему. Аналіз конструкції канатоукладчиків вказує на їх основні недоліки, усуненню яких присвячені наступні розділи магістерської роботи.

## 2 ОПИС ТЕХНІЧНОЇ ПРОПОЗИЦІЇ

### 2.1 Опис модернізованої конструкції канатоукладчика

Розроблені канатоукладчики бурових лебідок мають ряд недоліків, що зменшують їх ефективність в процесі експлуатації, а саме:

- зміна напрямку переміщення гідроциліндра здійснюється за рахунок зростання тиску в гідролінії при упиранні поршня в кришку гільз гідроциліндра, але під час спрацювання клапана реверсування канат продовжує намотуватися на барабан, що призводить до неузгодженості швидкостей намотування каната і пересування каретки, причому похибка збільшується зі збільшенням шарів укладання;

- реверсування приводу барабана здійснюється за рахунок зусилля в канаті, що впливає на важіль, але при ненавантаженому канаті управління процесом укладання каната за рахунок важеля практично неможливо і в підсумку виникає неузгодженість рівномірного укладання каната на барабані, при чому у разі заклинювання важеля з канатом станеться неузгодженість між переміщенням пристрою укладання каната і напрямом навивки каната на барабан;

- складність конструкції, безліч датчиків керування, а також необхідність установки додаткового масляного бака.

Пропонована конструкція канатоукладчика передбачає усунення виявлених недоліків аналогів шляхом введення в його кінематичну і гідравлічну схеми додаткових елементів: тахогенератора з приводом від барабана лебідки, ручного пропорційного гідророзподільника з датчиком управління напрямку обертання барабана, пропорційного гідророзподільника, кінцевих електроперемикачів.

Конструкція канатоукладчика бурової лебідки (рис. 2.1, 2.2) являє собою каретку 1, що переміщається уздовж барабана 2 по напрямних 3. На каретці 1 встановлені напрямні 4 і підтримуючі блоки 5, між якими знаходиться вантажний канат 6, який намотується на барабан 2. Тяговий

гідроциліндр 7 з'єднаний з кареткою 1 тяговим канатом 8, що проходить через систему блоків 9.

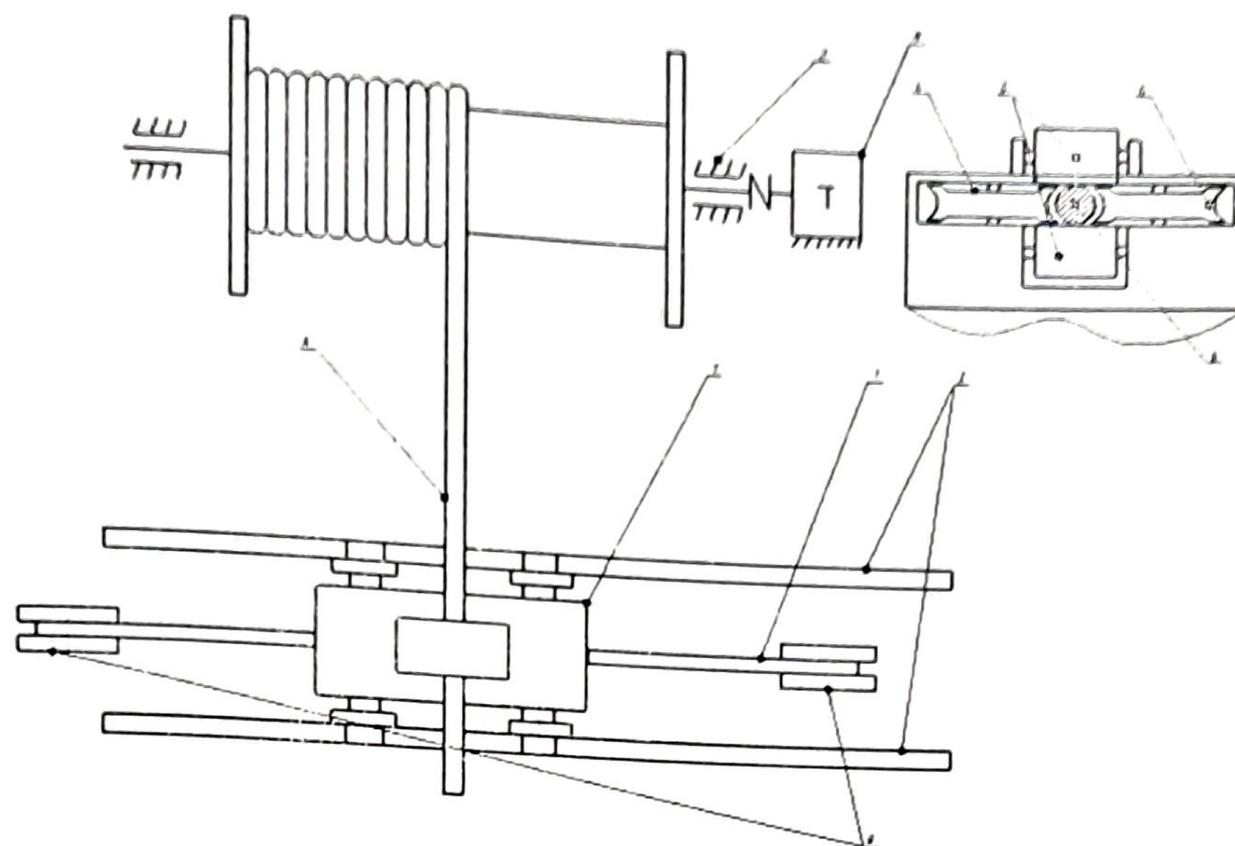


Рисунок 2.1 – Конструктивна схема модернізованого канатоукладчика бурової лебідки

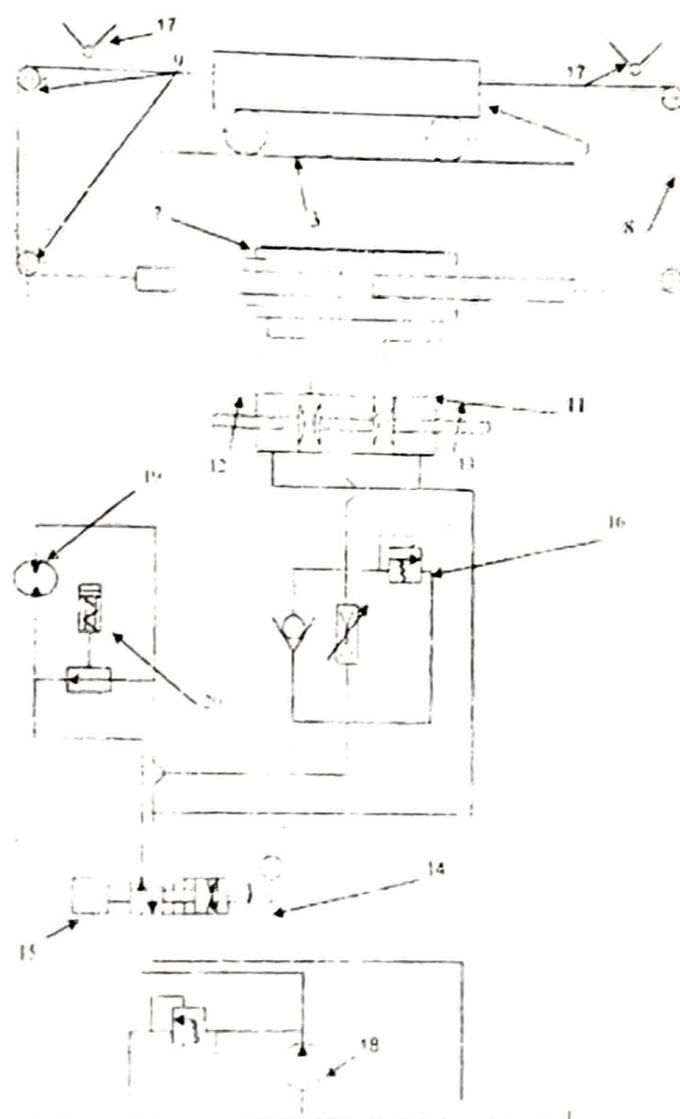


Рисунок 2.2 – Схема гідросистеми канатоукладчика

Для досягнення технічного результату автоматизації процесу укладання каната на барабан 2 і підвищення ефективності роботи лебідки в гідросистему лебідки додатково введені тахогенератор 10 з приводом від барабана 1, що взаємодіє з пропорційним гідророзподільником 11, який має котушки управління 12 і 13, ручний пропорційний гідророзподільник 14 з датчиком 15 управління напрямку обертання барабана 2 залежно від частоти обертання (реверсування барабана 2 блок регулювання витрати 16, що складається з зворотного, запобіжного клапанів і регульованого дроселя, кінцеві перемикачі 17. Тахогенератор 10 залежно від частоти обертання барабана 2 сприймає різні за величиною напруги, подає їх на котушки управління 12 і 13 пропорційного гідророзподільника 11, в результаті чого забезпечується синхронність швидкості руху каретки 1 канатоукладчика зі швидкістю обертання барабана 2 за рахунок електричного зв'язку між тахогенератором 10 і пропорційним гідророзподільником 11.

Канатоукладчик працює таким чином. При включенні насоса 18 робоча рідина подається за допомогою ручного пропорційного гідророзподільника 14 з датчиком 15 керування напрямком обертання барабана 2 на гідророзмикач гальма 19, гідродвигун приводу 20 лебідки через блок регулювання витрати 16, забезпечуючи обертання барабана 2. Коли вантажний канат 6 доходить до краю барабана 2, каретка 1 впирається в кінцевий перемикач 17, що подає електричний сигнал на пропорційний гідророзподільник 11, який перемикає лінії магістралі гідросистеми, в результаті чого робоча рідина подається в іншу порожнину тягового гідроциліндра 7 і каретка 1 переміщається у зворотному напрямку. При знаходженні вантажного каната 6 в проміжному положенні на барабані 2 напрямок руху каретки 1 задається датчиком 15, що подає сигнал на котушку 12 або 13 пропорційного гідророзподільника 11, який перемикає лінії магістралі на зворотне переміщення каретки 1. Таким чином, забезпечується синхронність укладання зі швидкістю обертання барабана 2 відповідно з навантаженням на вантажному канаті 6 лебідки у всіх

положеннях каретки 1.

## 2.2 Оцінка економічної ефективності

Економічний ефект від впровадження на виробництві модернізованої конструкції бурової лебідки визначається за формулою:

$$E = \left[ C_{AT} \cdot k_1 \cdot k_2 + \frac{\Delta I - E_n \cdot (K_2' - K_1')}{(1/T_2) + E_n} - C_{MT} \right] \cdot n, [\text{грн}], \quad (2.1)$$

де  $C_{AT}, C_{MT}$  - вартість бурової лебідки до і після модернізації;

$k_1$  - коефіцієнт зростання продуктивності бурової лебідки;

$k_2$  - коефіцієнт зміни строків служби;

$E_n$  - єдиний нормативний коефіцієнт економічної ефективності,

$E_n = 0,15$ ;

$K_2', K_1'$  - супутні капітальні вкладення; у зв'язку із тим, що модернізація не потребує додаткових супутніх капітальних вкладень то  $K_2' = K_1'$ , тоді  $K_2' - K_1' = 0$ .

$T$  - термін служби бурової лебідки;  $T_1 = 10$  років; за рахунок модернізації канатоукладчика бурової лебідки планується збільшення терміну служби на 5%, тому  $T_2 = 10,5$  років);

$n$  - річний обсяг впровадження модернізації, пропонуємо  $n = 1$ ;

$\Delta I$  - економія експлуатаційних витрат.

Собівартість базового обладнання визначається розрахунком з формули визначення оптової ціни обладнання, в які значення ціни аналогічного обладнання приймається по діючим цінам, тобто:

$$C_{AT} = C_1 \cdot (1 + P_c), \text{ грн.}, \quad (2.2)$$

звідки:

$$C_1 = \frac{C_{AT}}{1 + P_c}, \text{ грн.}, \quad (2.3)$$

де  $C_1$  – собівартість базового обладнання, грн.;

$C_2$  – оптова ціна базового обладнання, грн.; ціна базової бурової лебідки за ринковими цінами складає  $C_{AT} = 850500$  грн.;

Таблиця 2.1 – Технічне обслуговування та ремонт бурової лебідки

Вид технічного обслуговування, ремонту	Періодичність виконання тех. обслуговування та ремонтів, маш.-год ( $T_{ц}$ )	Кількість тех. обслуговувань та ремонтів в одному ремонтному циклі ( $a_i$ )	Тривалість одного технічного обслуговування та ремонту, роб.днів ( $d_{pi}$ )	Трудомісткість виконання одного ТО й ремонту, нормо-год ( $r_i$ )
Для аналогової техніки				
ТО	200	20	3,5	80
ПР	600	9	10	800
КР	6000	1	20	1200
Для модернізованої техніки				
ТО	210	20	3,5	80
ПР	630	9	10	800
КР	6300	1	20	1200

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

$$C_1 = \frac{850500}{1 + 0,3} = 654230,8 \text{ грн.}$$

Ціна модернізованої бурової лебідки визначається за формулою:

$$C_{HT} = C_2 \cdot (1 + P_c), \text{ грн.}, \quad (2.4)$$

де  $C_2$  – собівартість модернізованого обладнання, грн.; визначається за формулою:

$$C_2 = C_1 - B_{\text{вив.}}^{\text{ад.}} + B_{\text{введ.}}^{\text{ад.}}, \text{ грн.}, \quad (2.5)$$

де  $B_{\text{вив.}}^{\text{ад.}}$  – вартість виведених вузлів та деталей з конструкції аналога після модернізації; у нашому випадку з експлуатації виводяться два полірованих штока, по яких рухається канатоукладчик, ціною 775 грн. кожний, отже вартість виведених вузлів та деталей  $B_{\text{вив.}}^{\text{ад.}} = 775 \cdot 2 = 1550 \text{ грн.}$

$B_{\text{введ.}}^{\text{ад.}}$  – вартість введених вузлів і деталей в конструкцію аналога після модернізації; у нашому випадку це буде вартість тахогенератора 1200 грн., гідророзподілювача 875 грн. та вартість виготовлення тягового гідроциліндра удосконаленої конструкції.

Вихідними даними для розрахунку вартості виготовлення тягового гідроциліндра канатоукладчика є:

1) кількість та розряд робітників, що необхідні для виготовлення деталей для модернізації:

- токар (IV розряд) – 1 осіб;
- токар-фрезерувальник (IV розряд) – 1 осіб;
- слюсар (III розряд) – 1 осіб.

2) трудомісткість операцій для модернізації:

- токарні – 2 н-годин;
- фрезерувальні – 3 н-години;
- слюсарні – 1 н-годин.

3) тарифні ставки на оплату праці робітників:

для робітників III розряду - 14,05 грн, IV розряду - 16,18 грн.

4) необхідне обладнання для виготовлення деталей для модернізації у

табл. 2.2

Машинний час при виготовленні деталей для модернізації:

- токарний верстат  $\Phi_1 = 2,0 \text{ маш-год}$ ;

– фрезерувальний верстат  $\Phi_2 = 3,0 \text{ маш-год}$ ;

– заточний верстат  $\Phi_5 = 1,0 \text{ маш-год}$ .

Таблиця 2.2 – Необхідне обладнання для виготовлення деталей для модернізації

Призначення	Вид обладнання	Модель верстата	Кількість, шт	Потужність, кВт
Основне технологічне обладнання	Токарний	165	1	10
	Фрезерувальний	Ф4-251	1	8,1
Допоміжне технологічне обладнання	Заточний	4АМВС	1	6,5
Всього	–	–	3	24,6

Визначимо витрати на основну заробітну плату працівників:

$$C_{осн} = \sum_{i=1}^n N_i T_i H_i, \quad (2.6)$$

де  $N_i$  – кількість робітників  $i$ -го розряду;

$T_i$  – тарифна ставка робітника  $i$ -го розряду;

$H_i$  – кількість годин робочого часу.

Отже за формулою (2.6):

$$C_{осн} = 2 \cdot 16,18 \cdot 1 + 3 \cdot 16,18 \cdot 1 + 1 \cdot 14,05 \cdot 1 = 95 \text{ грн.}$$

Визначимо витрати на додаткову заробітну плату працівників:

$$C_{дзн} = C_{осн} \cdot K_{дзн}, \quad (2.7)$$

де  $K_{дзн}$  – коефіцієнт додаткової заробітної плати.

Отже підставивши числові значення в формулу 2.7, отримаємо:

$$C_{дзн} = 95 \cdot 0,2 = 19 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальне страхування – Єдиний соціальний внесок складає 38,52 %.

Визначимо витрати на соціальне страхування:

$$C_{всс} = (C_{осн} + C_{дзн}) \cdot ВСС, \quad (2.8)$$

Підставивши числові значення у формулу (2.8), отримаємо

$$C_{всс} = (95 + 19) \cdot 38,52 / 100 = 43,9 \text{ грн.},$$

Визначаємо кількість необхідної енергії на експлуатацію обладнання:

$$Q_{ел.т.} = \sum_{i=1}^n \Phi_i P_{вст.i}, \quad (2.9)$$

де  $P_{вст.i}$  – встановлена потужність  $i$ -го виду обладнання.

Підставивши числові значення у формулу (2.9), отримаємо

$$Q_{ел.т.} = 10 \text{ Ч} + 8,1 \text{ Ч} + 6,5 \text{ Ч} = 50,8 \text{ кВт} / \text{год.}$$

Витрати на енергію при експлуатації обладнання визначаємо за формулою:

$$З_{ел.т.} = Q_{ел.т.} \cdot T_{ел.т.}, \quad (2.10)$$

де  $T_{ел.т.}$  – тариф на технологічну енергію,  $T_{ел.т.} = 1,0324 \text{ грн.}$

Отже,

$$З_{ел.т.} = 50,8 \cdot 1,0324 = 52,4 \text{ грн.}$$

Визначаємо витрати на утримання обладнання, цехові і адміністративні витрати що визначаються в % від основної заробітної плати:

$$B_{цех} = 0,27 \cdot C_{осн}, \quad (2.11)$$

$$B_{зав.} = 0,65 \cdot C_{осн}. \quad (2.12)$$

Підставивши числові значення у формули 2.11 та 2.12 отримаємо:

$$B_{цех} = 0,27 \cdot 95 = 25,7 \text{ грн.};$$

$$B_{зав.} = 0,65 \cdot 95 = 61,8 \text{ грн.}$$

Визначимо виробничу собівартість виготовлення тягового гідроциліндра канатоукладчика

$$C^{вир} = C_{осн.} + C_{дзм.} + C_{всс} + З_{ел.т.} + B_{цех} + B_{зав} \quad (2.13)$$

Підставивши числові значення у формулу (2.13), отримаємо

$$C^{вир} = 95 + 19 + 43,9 + 52,4 + 25,7 + 61,8 = 297,8 \text{ грн.}$$

Витрати на збут визначаємо у розмірі 7% від виробничої собівартості:

$$C_{зуб} = C^{вир} \cdot 0,07 \quad (2.14)$$

Підставивши числові значення у формулу (2.14), отримаємо

$$C_{\text{упр}} = 297,8 \cdot 0,07 = 20,8 \text{ грн.}$$

Визначасмо повну собівартість виготовлення тягового гідроциліндра канатоукладчика

$$B_{\text{ввод.}}^{\text{ад.}} = C_{\text{вир}} + C_{\text{упр}}, \quad (2.15)$$

Отже, повна собівартість виготовлення тягового гідроциліндра канатоукладчика:

$$B_{\text{ввод.}}^{\text{ад.}} = 297,8 + 20,8 = 318,6 \text{ грн.}$$

Собівартість модернізованої бурової лебідки складатиме

$$C_2 = 654230,8 - 1550 + 1200 + 875 + 318,6 = 655074,4 \text{ грн.}$$

Ціну модернізованої бурової лебідки визначаємо за формулою 2.4:

$$Ц_{\text{HT}} = 655074,4 \cdot (1 + 0,3) = 851596,7 \text{ грн.}$$

Знайдемо розрахунково-балансову вартість бурової лебідки

$$Ц_{\text{HT(AT)}}^{\text{б}} = Ц_{\text{HT(AT)}} \cdot k_{\text{Б}}, \text{ грн.,} \quad (2.16)$$

де  $k_{\text{Б}}$  – коефіцієнт переходу від оптової ціни до розрахунково-балансової;

$$k_{\text{Б}} = 1,12.$$

$$Ц_{\text{AT}}^{\text{б}} = 850500 \cdot 1,12 = 952560 \text{ грн.}$$

$$Ц_{\text{HT}}^{\text{б}} = 851596,7 \cdot 1,12 = 953788,3 \text{ грн.}$$

Розрахуємо коефіцієнт зростання продуктивності бурової лебідки:

$$k_1 = \frac{T_p^M}{T_p^A}, \quad (2.17)$$

де  $T_p^M$  – річний фонд роботи модернізованої бурової лебідки;

$T_p^A$  – річний фонд роботи аналогової бурової лебідки.

Річний фонд роботи бурової лебідки визначаємо за формулою:

$$T_p = \frac{T_{\phi} \cdot k_B}{\frac{1}{t_{\text{зм8}} \cdot k_{\text{зм}}} + D_p}, [\text{год}], \quad (2.18)$$

де  $T_{\phi}$  - річний фонд робочого часу,  $T_{\phi} = 365\text{д}$ ;

$t_{зм}$  - тривалість зміни,  $t_{зм} = 6\text{год}$ ;

$k_{зм}$  - коефіцієнт змінності роботи бурової лебідки,  $k_{зм} = 4$ ;

$k_B$  - коефіцієнт використання обладнання за часом,  $k_B = 0,5$ ;

$D_p$  - простої у всіх видах технічного обслуговування та ремонту:

Простої у всіх видах технічного обслуговування та ремонту визначаються:

$$D_p = \frac{\sum_{i=1}^m (d_{pi} + d_{ni}) \cdot a_i}{T_{\phi}} \cdot \left[ \frac{\text{маш.} - \text{днів}}{\text{маш.} - \text{год}} \right], \quad (2.19)$$

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

$a_i$  - кількість технічних обслуговувань та ремонтів в одному

ремонтному циклі, приймаємо відповідно до таблиці 2.1;

$d_{pi}$  - тривалість одного технічного обслуговування та ремонту,

приймаємо відповідно до таблиці 2.1;

$T_{\phi}$  - періодичність виконання технічного обслуговування та

ремонтів, приймаємо відповідно до таблиці 2.1;

$d_{ni}$  - тривалість надання у ремонт або технічне обслуговування і

повернення назад, при цьому для технічного обслуговування,

оскільки воно виконується безпосередньо на місці роботи техніки,

величина  $d_{ni}$  приймається рівною нулю, час у днях на доставку для

поточного ремонту  $d_{ni} = 10\text{днів}$ , у капітальний ремонт і назад

приймається  $d_{ni} = 20\text{днів}$ .

Підставивши дані у формулу 2.19 визначимо простої у всіх видах ТО та ремонту:

- для аналогової бурової лебідки:

$$D_p = \frac{(3,5+0) \cdot 20 + (10+10) \cdot 9 + (20+20) \cdot 1}{6000} = 0,048 \frac{\text{маш. - днів}}{\text{маш. - год}};$$

- для модернізованої бурової лебідки:

$$D_p = \frac{(3,5+0) \cdot 20 + (10+10) \cdot 9 + (20+20) \cdot 1}{6300} = 0,046 \frac{\text{маш. - днів}}{\text{маш. - год}}.$$

Підставивши у формулу 2.18 отримані дані розрахуємо річний фонд роботи бурової лебідки:

- для аналогової бурової лебідки:

$$T_p = \frac{365 \cdot 0,5}{\frac{1}{6 \cdot 4} + 0,048} = 2035,2 \text{ год};$$

- для модернізованої бурової лебідки:

$$T_p = \frac{365 \cdot 0,5}{\frac{1}{6 \cdot 4} + 0,046} = 2081,7 \text{ год}.$$

Підставивши у формулу 2.17 отримані дані розрахуємо коефіцієнт зростання продуктивності бурової лебідки:

$$k_1 = \frac{2081,7}{2035,2} = 1,023$$

Коефіцієнт зміни строків служби розраховуємо за формулою:

$$k_2 = \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n}, \quad (2.20)$$

де  $P_1, P_2$  - частки відрахувань від балансової вартості на повне відновлення аналогового та модернізованого обладнання, розраховуються як величини, зворотні термінам служби обладнання ( $P_i = 1/T_i$ ),

$T_1, T_2$  - строки служби базового і нового обладнання відповідно;

$$P_1 = 1/10 = 0,1;$$

$$P_2 = 1/10,5 = 0,095.$$

$E_n$  - єдиний нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ( $E_n = 0,15$ ).

$$k_2 = \frac{0,1 + 0,15}{0,095 + 0,15} = 1,02$$

Економію експлуатаційних витрат розраховуємо за формулою:

$$\Delta H = (S_1^A - S_1^M) \cdot T_p^M, [\text{грн}], \quad (2.21)$$

де  $S_1^A, S_1^M$  - вартість 1 маш.-год роботи аналогової та модернізованої бурової лебідки відповідно;

$T_p^M$  - річний фонд роботи модернізованої бурової лебідки.

Визначимо вартість 1 маш.-год роботи бурової лебідки:

$$S_1 = \frac{S}{T_p}, [\text{грн/маш.-год}], \quad (2.22)$$

де  $S$  - загальні поточні витрати бурового підприємства, пов'язані з експлуатацією бурової лебідки.

Загальні поточні витрати бурового підприємства визначаються за формулою:

$$S = S_{KP} + S_{TOB} + S_{TOM} + S_{ел.} + S_{зм.}, [\text{грн}], \quad (2.23)$$

де  $S_{KP}$  - витрати на капітальний ремонт бурової лебідки;

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

$S_{TOM}$  - витрати на матеріали та запчастини для бурової лебідки;

$S_{ел.}$  - витрати на силову електроенергію;

$S_{зм.}$  - витрати на мастильні матеріали.

Визначаємо витрати на капітальний ремонт бурової лебідки:

$$S_{KP} = \frac{k_{ин} \cdot A_{KP} \cdot Ц_{AT(MT)}}{100}, [\text{грн}], \quad (2.24)$$

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

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

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

$$k_{ин} = 1 + \frac{H_{ин}}{100}, \quad (2.25)$$

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

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

Підставивши отримані дані у формулу 2.24 визначимо витрати на капітальний ремонт бурової лебідки:

$$S_{KP}^A = \frac{1,1 \cdot 5 \cdot 952560}{100} = 52390,8 \text{ грн.}$$

$$S_{KP}^M = \frac{1,1 \cdot 5 \cdot 953788,3}{100} = 52458,4 \text{ грн.}$$

Розрахуємо витрати на заробітну плату ремонтних робітників із нарахуваннями:

$$S_{тов} = \frac{T_p}{T_{ц}} \cdot k_{нв} \cdot \lambda \cdot C_p \cdot \sum_{i=1}^n a_i r_i \cdot (1 + H), \quad (2.26)$$

де  $C_p$  - середня тарифна ставка ремонтного робітника, що обслуговує

бурову лебідку, тарифна ставка приймається для робітника IV розряду - 16,18 грн;

$a_i$  - кількість ТО та ПР у ремонтному циклі, приймаємо відповідно

до таблиці 2.1;

$r_i$  - трудомісткість ТО і ПР у ремонтному циклі, приймаємо

відповідно до

таблиці 2.1.

Підставивши всі дані у формулу 2.26 розрахуємо витрати на заробітну

плату ремонтних робітників із нарахуваннями:

- для аналогової бурової лебідки:

$$S_{\text{тов}} = \frac{2035,2}{6000} \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 16,18 \cdot (20 \cdot 80 + 9 \cdot 800) \cdot (1 + 0,3852) = 108713,3 \text{ грн};$$

- для модернізованої бурової лебідки:

$$S_{\text{тов}} = \frac{2081,7}{6300} \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 16,18 \cdot (20 \cdot 80 + 9 \cdot 800) \cdot (1 + 0,3852) = 105902,1 \text{ грн}.$$

Визначимо витрати на матеріали і запчастини:

$$S_{\text{мом}} = k_{\text{ин}} \cdot \frac{S_{\text{тов}} \cdot (1 - H)}{k_{\text{ив}}} \cdot k_{\text{ер}}, \quad (2.27)$$

де  $k_{\text{ер}}$  - коефіцієнт переходу від витрат на заробітну плату до витрат на матеріали та запчастини,  $k_{\text{ер}} = 1,25$ .

Підставивши всі дані у формулу 2.27 розрахуємо витрати на матеріали і запчастини:

- для аналогової бурової лебідки:

$$S_{\text{мом}} = 1,1 \cdot \frac{108713,3 \cdot (1 - 0,3852)}{1,3} \cdot 1,25 = 70692,9 \text{ грн};$$

- для модернізованої бурової лебідки:

$$S_{\text{мом}} = 1,1 \cdot \frac{105902,1 \cdot (1 - 0,3852)}{1,3} \cdot 1,25 = 68864,9 \text{ грн}$$

Витрати на енергію при експлуатації бурової лебідки визначаємо за формулою:

$$S_{\text{ел}} = 0,1 \cdot k_{\text{ин}} \cdot W_{\text{ел}} \cdot C_{\text{ел}} \cdot T_p, \quad (2.28)$$

де  $C_{\text{ел}}$  - вартість 10 кВт-год. електроенергії; відповідно до діючих тарифів на електроенергію для підприємств  $C_{\text{ел}} = 10,324 \text{ грн}$ ;

$W_{\text{ел}}$  - годинна витрата електроенергії, кВт/год.

$$W_{\text{ел}} = \sum_{i=1}^n N_{\text{вст.і}} \cdot k_{\text{с}}, \quad (2.29)$$

де  $N_{\text{вст.і}}$  - встановлена потужність  $i$ -го виду обладнання;  $N_{\text{вст.і}} = 809 \text{ кВт}$ ;

$n$  - кількість установлених двигунів;  $n = 1$ ;

$k_c$  – коефіцієнт попиту  $i$ -того електродвигуна; визначається залежно від коефіцієнта використання двигуна за потужністю  $k_{om}$  (для наших умов  $k_{om} = 0.5$ ) і коефіцієнта використання двигуна за часом  $k_{oc}$  (для наших умов  $k_{oc} = 0.15$ ). Тому згідно [15, додаток 4]  $k_c = 0.1$ .

$$W_{el} = 809 \cdot 0.1 \cdot 1 = 80,9 \text{ кВт} / \text{год}$$

Підставивши всі дані у формулу 2.29 розрахуємо витрати на енергію при експлуатації бурової лебідки:

- для аналогової бурової лебідки:

$$S_{el} = 0,1 \cdot 1,1 \cdot 80,9 \cdot 1,0324 \cdot 2035,2 = 18698 \text{ грн}$$

- для модернізованої бурової лебідки:

$$S_{el} = 0,1 \cdot 1,1 \cdot 80,9 \cdot 1,0324 \cdot 2081,7 = 19125,3 \text{ грн}$$

Витрати на мастильні матеріали для бурової лебідки визначаємо за формулою

$$S_{zm} = 0,1 \cdot \vartheta \cdot W_{el} \cdot T_p, \quad (2.30)$$

де  $\vartheta$  – вартість мастильних та допоміжних матеріалів на 10 кВт-год. витраченої енергії; приймаємо  $\vartheta = 0,3 \text{ грн}$ .

Підставивши всі дані у формулу 2.30 розрахуємо витрати на мастильні матеріали для бурової лебідки:

- для аналогової бурової лебідки:

$$S_{m.m.} = 0,1 \cdot 0,3 \cdot 80,9 \cdot 2035,2 = 4939,4 \text{ грн}$$

- для модернізованої бурової лебідки:

$$S_{m.m.} = 0,1 \cdot 0,3 \cdot 80,9 \cdot 2081,7 = 5052,3 \text{ грн}$$

Підставивши всі отримані дані у формулу 2.23 визначимо загальні поточні витрати бурового підприємства на експлуатацію бурової лебідки:

- для аналогової бурової лебідки:

$$S = 52390,8 + 108813,3 + 70692,9 + 18698 + 4939,4 = 255534,4 \text{ грн};$$

- для модернізованої бурової лебідки:

$$S = 52458,4 + 105902,1 + 68864,9 + 19125,3 + 5052,3 = 251403 \text{ грн}.$$

Визначаємо вартість роботи 1 маш.-год роботи бурової лебідки:  
 - для аналогової бурової лебідки:

$$S_1 = \frac{255534,4}{2035,2} = 125,56 \text{ грн / маш.-год.}$$

- для модернізованої бурової лебідки:

$$S_1 = \frac{251403}{2081,7} = 120,77 \text{ грн / маш.-год.}$$

Економія експлуатаційних витрат складе:

$$\Delta M = (125,56 - 120,77) \cdot 2081,7 = 9971,3 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.3 – Поточні витрати бурового підприємства

№	Найменування статей витрат	Позначення	Сума витрат, грн	
			Аналогов а техніка	Модернізов ана техніка
1	Витрати на капітальний ремонт	$S_{KP}$	52390,8	52458,4
2	Витрати на заробітну плату ремонтним робітникам із нарахуваннями	$S_{mos}$	108813,3	105902,1
3	Витрати на матеріали і запчастини	$S_{mom}$	70692,9	68864,9
4	Витрати на силову електроенергію	$S_{el.}$	18698	19125,3
5	Витрати на мастильні матеріали	$S_{zm.}$	4939,4	5052,3
6	Разом	$S$	255534,4	251403

Тоді, економічний ефект від модернізації бурової лебідки складатиме:

$$E = \left[ 952560 \cdot 1,023 \cdot 1,02 + \frac{9971,3}{0,095 + 0,15} - 953788,3 \right] \cdot 1 = 80869 \text{ грн.}$$

### 3 ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКА РОБОТА

#### 3.1 Аналіз величин максимально можливих амплітуд поперечних коливань ходової струни талевого канату

Аналіз літературних джерел свідчить про досить глибокі дослідження динаміки і поздовжньо-поперечних коливань талевих канатів. Більшість досліджень присвячені розгляду їх конструкції, технології виготовлення та умов експлуатації. На основі цих досліджень надано рекомендації щодо вибору діаметра канату, розмірів шківів і барабана, кратності оснащення талевої системи та забезпечення швидкісної навивки канату на барабан. Окремі автори розглядають динамічні процеси в гілках талевої системи, і в основному, поздовжні коливання канату при бурінні та спуско-піднімальних операціях. Поперечні коливання талевих канатів, зокрема ходової струни, недостатньо вивчені. У відомих літературних джерелах є обмежені відомості про джерела та можливі амплітуди поперечних коливань ходової струни в залежності від параметрів талевої системи і навивки.

Аналіз промислових спостережень свідчить, що використання станціонарного канатоукладача на буровій лебідці і заспокоювачів талевих канатів не усувають джерел поперечних коливань ходової струни, а отже, не в повній мірі забезпечують рівномірну і впорядковану навивку канату на барабан. Металеві жолоби накладки для укладання канатів на барабан не отримали поширення у вітчизняній практиці через технічні труднощі їх виготовлення.

Основними завданнями, які розглядаються в даному розділі магістерської роботи є наступні:

- аналіз величин максимально можливих амплітуд поперечних коливань ходової струни, викликані особливостями багат шарової навивки талевого канату на барабан в залежності від режиму підйому;
- натурні дослідження поперечних коливань ходової струни талевого канату;
- дослідження взаємодії канату з поверхнею барабана із урахуванням

отриманої оцінки вимушених поперечних коливань ходової струни і встановлення залежності мінімального кроку навивки (глибини канавки) від параметрів талевої системи і навивки;

- розроблення технічного рішення, що дозволяє усунути поперечні коливання ходової струни і забезпечують впорядковану навивку канату на барабан.

Розробимо математичну модель поздовжньо-поперечних коливань ходової струни, виходячи з умов багат шарового навивання канату на барабан. На рис. 3.1 показана розгорнута розрахункова схема талевої системи бурової установки з кількістю  $2m$  робочих струн, що визначають кратність оснастки. При цьому талевий канат початкової довжини  $l_0$  намотується на обертовий барабан зі швидкістю  $v(t)$ .

Аналіз багат шарової навивки канату на барабан показує, що причинами просторових поперечних коливань ходової струни можуть бути: одностороннє збільшення (випинання) діаметру навивки; стрибкоподібне переміщення витків канату уздовж твірної барабана; стрибкоподібна зміна напрямку руху канату біля реборд барабана; зміна натягу ходової струни (зміна довжини талевого канату в оснащенні); перехідні режими робіт лебідки, тобто період розгону і гальмування, момент пуску і зупинки барабана; крутий момент, що виникає в перетинах ходової струни при її натягу.

При складанні розрахункової схеми і математичної моделі повздовжньо-поперечних коливань ходової струни прийняті наступні допущення: ходова струна моделюється абсолютно гнучкою вагомою розтяжною ниткою; кут нахилу ходової струни до горизонту приймається рівним  $90^0$ ; нехтується розсіюванням енергії коливань ходової струни; враховується ударне навантаження ходової струни в моменти переходу канату з шару на шар; ходова струна в двох взаємно перпендикулярних площинах розглядається незалежно один від одного.

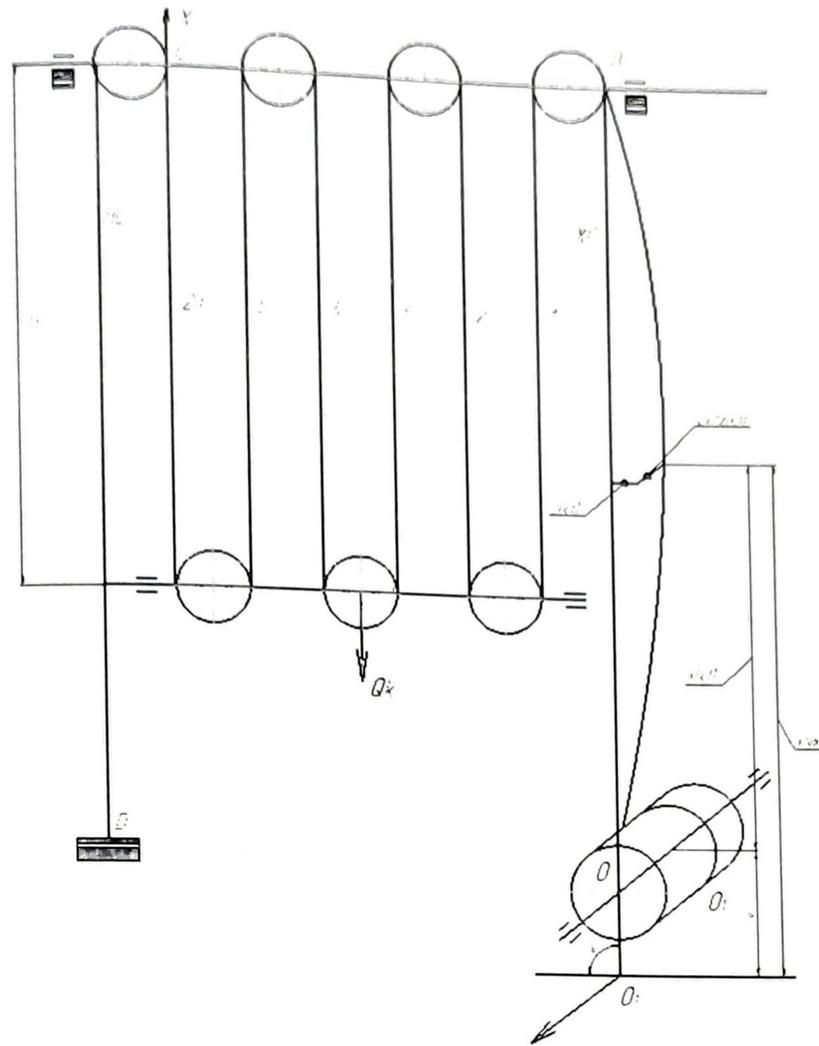


Рисунок 3.1 – Розгорнута розрахункова схема талевої системи бурової установки

На основі досліджень Савіна-Горошко диференціальні рівняння спільних повздовжньо-поперечних коливань ходової струни талевого канату довжиною  $x$  мають вигляд:

$$\frac{q}{g} \frac{d^2 u}{dt^2} + \frac{dP}{dx} = -f(x, t); \quad (3.1)$$

$$\frac{q}{g} \frac{d^2 y}{dt^2} - \frac{d}{dx} \left[ P \frac{dy}{dx} \right] = 0; \quad (3.2)$$

$$\frac{q}{g} \frac{d^2 z}{dt^2} - \frac{d}{dx} \left[ P \frac{dz}{dx} \right] = 0; \quad (3.3)$$

де  $l(t) \leq x \leq x_1 + l(t)$ ;

$u(x, t)$ ,  $y(x, t)$ ,  $z(x, t)$  – відповідно поздовжні та поперечні переміщення в

двох взаємно перпендикулярних площинах елемента  $dx$ ;

$q/g$  – маса одиниці довжини канату;

$f(x, t)$  – зовнішнє поздовжнє розподілене навантаження, яке діє на ходову струну;

$P(x, t)$  – повний натяг ходової струни, який визначається за формулою:

$$P(x, t) = Q + qk_n(l_0 - l - x_1) + EF\alpha_0 \cos vt; \quad (3.4)$$

де  $Q + qk_n(l_0 - l - x_1)$  – квазістатичний натяг ходової струни;

$k_n$  – коефіцієнт натягу ходової струни;

$Q = k_n(Q_k + Q_0)$ :  $Q_k$  – вага вантажу на гаку;  $Q_0$  – сумарна вага стропів, елеватора, гака і талевого блоку (гакоблоку);

$l(t)$  – довжина канату, намотаного на барабан в момент часу  $t$ ;

$EF\alpha_0 \cos vt$  – динамічна складова натягу;

$\alpha_0$  – амплітуда поздовжніх коливань ходової струни;

$v(t)$  – власна частота основного тону поздовжніх коливань ходової струни.

Граничні умови для диференціальних рівнянь (3.2), (3.3) за наявності зовнішніх факторів поперечних коливань ходової струни отримані у вигляді:

$$y(l, t) = \Delta \sin pt; \quad y(l + x_1, t) = 0 \quad (3.5)$$

$$z(l, t) = v_0 t - \frac{b}{2a} \sin \delta_1 t; \quad z_1(l + x_1, t) = 0 \quad (3.6)$$

$$z_2(l, t) = \frac{L_0}{2} - r \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2} \cos m\delta_2 t; \quad z_2(l + x_1, t) = 0 \quad (3.7)$$

$$\text{де } r = \frac{4L_0}{\pi^2}; \quad \delta_2 = \frac{vb}{L_0 D}; \quad m = 1, 3, 5, \dots;$$

$\Delta$  – випинання діаметра навивки каната;

$p = 2vs / D$  – частота зовнішнього зміщення в площині, яка перпендикулярна до твірної барабана;

$a$  – кількість зсувів витків канату вздовж твірної барабана за один його оберт;

$D$  – діаметр навивки канату;

$v_0 = \frac{v b}{\pi D}$  – середня швидкість переміщення каната уздовж твірної барабана;

барабана;

$b$  – крок навивки;

$\delta_1$  – частота зміщень витків каната уздовж твірної барабана.

### 3.2 Математична модель вимушених поперечних коливань ходової струни при різних режимах підйому бурового гака

Проведемо аналіз вимушених поперечних коливань ходової струни при різних режимах підйому бурового гака.

Рівняння поперечних коливань ходової струни (3.1) і (3.2) являють собою систему трьох нелінійних диференціальних рівнянь з граничними умовами (3.5) - (3.7), рішення якої в аналітичному вигляді неможливо отримати. Тому за допомогою варіаційного методу Гальоркіна ці диференціальні рівняння приводяться до кінцевої система звичайних диференціальних рівнянь для координатних функцій, які формально збігаються з формами поперечних коливань ходової струни при фіксованій довжині талевого канату в оснастці та задовольняють граничні умови. При цьому використовуються властивості ортогональності координатних функції з "навантаженням". Для дослідження поперечних коливань застосовуються асимптотичні методи нелінійної механіки (метод Боголюбова-Митропольського), які аргументуються наявністю в системі малого параметра  $\mathcal{E}$ , який обумовлений повільністю зміни довжини талевого каната в оснастці протягом одного періоду основного тону власного коливання кінцевого вантажу. В результаті виходять системи звичайних диференціальних рівнянь для визначення амплітуди і розкладу (різниці фаз) поперечних коливань ходової струни. Тоді отриману систему можна проінтегрувати за

допомогою чисельних методів, зокрема методом Рунге-Кутта 4-го порядку. Поперечні коливання ходової струни при підйомі гака з постійною швидкістю були досліджені на параметричні та зовнішні резонанси, так як в цих випадках амплітуди коливань досягають своїх максимальних значень.

Далеко від резонансних зон поперечні і поздовжні коливання ходової струни визначаються амплітудами зовнішніх збурюючих факторів і не перевершують 20 - 35 мм.

Аналіз отриманих залежностей і графіків зростання амплітуд поперечних коливань ходової струни при проходженні через зони резонансів для бурових установок з різними параметрами підйомної системи дозволяє зробити наступні висновки:

- найбільшу небезпеку на впорядкованість навивки каната на барабан представляють зовнішні резонанси поперечних коливань першого тону ходової струни при підйомі незавантаженого елеватора, які обумовлені стрибкоподібним переміщенням витків каната уздовж твірної барабана і стрибкоподібною зміною напрямку руху каната біля реборд. При цьому максимальні амплітуди поперечних коливань ходової струни можуть зростати відповідно в 3-4 і до 10-12 рази по відношенню до початкових і досягають від 60 до 420 мм;

- зміна швидкості навивки ходової струни, довжини і діаметру барабана, в межах, прийнятих в існуючих бурових установках, незначно впливає на величину амплітуди поперечних коливань ходової струни;

- при підйомі незавантаженого елеватора на зростання амплітуди поперечних коливань ходової струни при зовнішніх резонансах істотний вплив має довжина ходової струни, вага рухомих частин талевої системи, а також кількість зміщень витків каната вздовж твірної барабана за один його оберт. Довжина ходової струни обмежена висотою вишки і довжиною свічки бурильних труб, а збільшення ваги небажано, тому доцільно збільшити кількість струн. Оптимальним вважається навивка каната на барабан по системі, при якій зміщення витків каната через один його оберт відбувається на

двох діаметрально протилежних ділянках барабана. Використовуючи барабан з такою навивкою можна зменшити амплітуди поздовжніх і поперечних коливань ходової струни в середньому в два рази в порівнянні з навивкою каната на гладкий барабан;

- зниження амплітуди поперечних коливань ходової струни можна домогтися шляхом установки заспокоювача талевих канатів на вищі на середині ходової струни, що дозволяє зменшити амплітуди поперечних коливань в середньому у 1,5 рази в порівнянні з ходовою струною без заспокоювача;

- значне зростання амплітуди поперечних коливань ходової струни (близько 0,5 - 1,5 м) з тривалістю близько 10 секунд спостерігається, коли умова параметричного резонансу приходить на місце зупинки гака. Цей висновок підтверджується даними дослідження повздовжньо-поперечних коливань ходової струни на етапі гальмування і зупинки барабана з урахуванням обертових мас шківів талевої системи і барабана. Такі коливання не впливають на впорядковане укладання каната на барабан, однак призводять до зростання контактного тиску в місцях з'єднання ходової струни з поверхнею барабана і з ходовим шківом кронблока.

Експериментальні дослідження поперечних коливань ходової струни проводилися на свердловині. Положення перетинів ходової струни в просторі при коливаннях фіксувалися в двох взаємно перпендикулярних площинах: перпендикулярною і паралельною до твірної барабана як при наявності стаціонарного канатоукладача на лебідці, так і без нього. На основі досліджень побудовані відеограми поперечних коливань ходової струни (рис. 3.2).

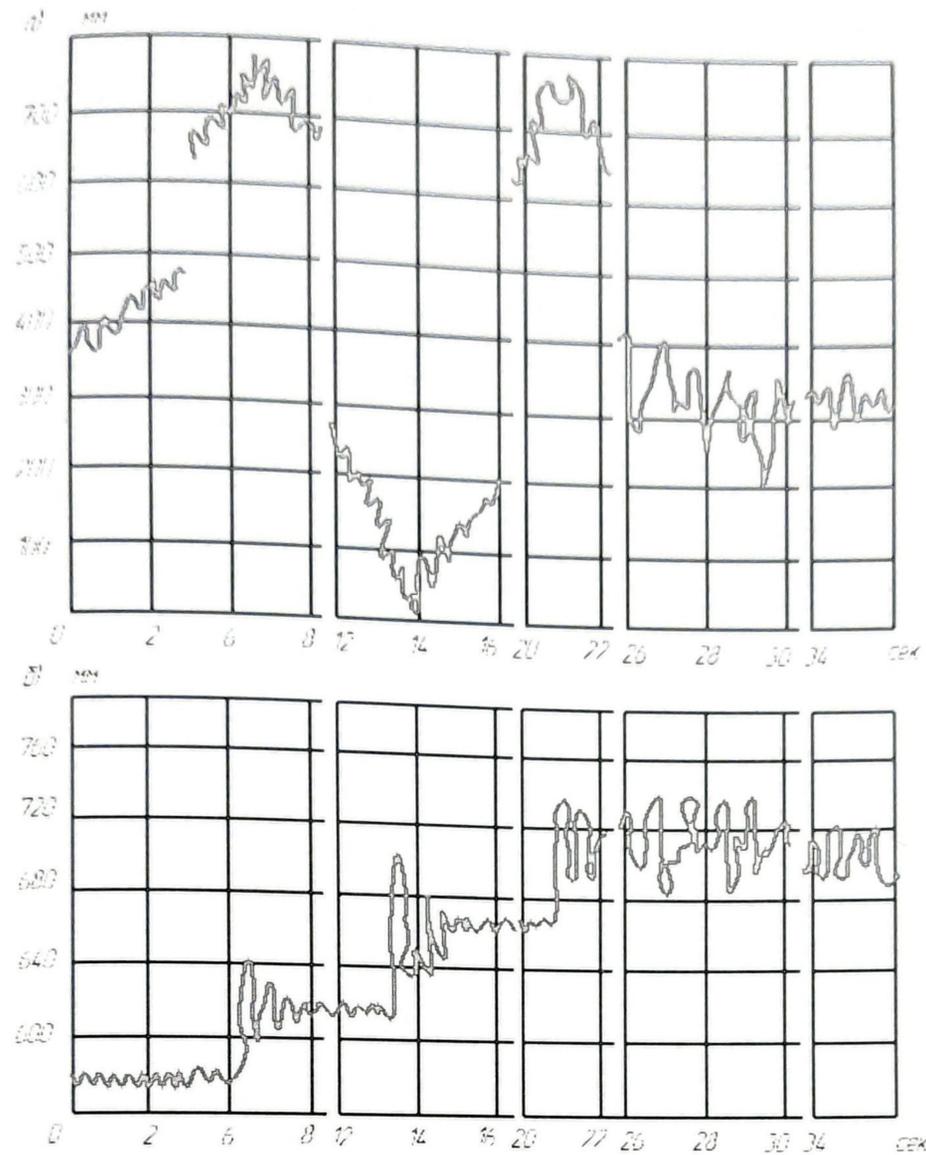


Рисунок 3.2 – Відеограма поперечних коливань перерізу ходової струни, що знаходиться на відстані 5 м від точки набігання каната на барабан лебідки при підйомі незавантаженого елеватора в площині паралельній а) і перпендикулярній б) до твірної барабана

При відсутності стаціонарного канатоукладчика канат, навиваючись на барабан, в моменти переходу з нижніх шарів на верхні у випадках зовнішніх резонансів поперечних коливань через інтенсивні розгойдування ходової струни перескакує через один - два витки нижчого шару, утворюючи неупорядковану навивку біля реборди. Така ж картина відбувається при намотуванні каната за допомогою канатоукладача.

В результаті цього порушується крок навивки і утворюються великі зазори між окремими витками, в які надалі вриваються розташовані вище витки каната при підвішуванні на гак важких колон. В процесі спуску колон канат виринається з нижчих шарів, що викликає знос і передчасні втомні поломки дротів каната.

### 3.3 Теоретичні дослідження взаємодії талевого каната з поверхнею барабана при його намотуванні

Найбільш небезпечним джерелом порушення впорядкованого укладання каната на гладкий барабан є різкий перехід каната на наступний шар навивки. Виходячи з цього, розроблено розрахункову схему і математичну модель взаємодії каната з поверхнею барабана з урахуванням отриманої оцінки вимушених поперечних коливань ходової струни з метою установлення залежності мінімального кроку навивки (глибини канавки) від параметрів талевої системи і навивки.

Мінімальним кроком навивки вважається такий крок, при перевищенні якого канат, переходячи з другого шару на третій лягає, але перескакуючи, в канавку, утворену двома сусідніми витками нижчого шару - передостаннім біля реборди барабана і поруч з лежачим. В якості основного критерію визначення мінімального кроку навивки прийнято умова упсрядочзжс £ укладання каната на третьому і в наступних шарах навивки.

Завдання визначення мінімального кроку навивки зводиться до розгляду стійкого положення рівноваги перерізу каната в точці його набігання на поверхню канавки барабана з урахуванням впливу вимушених поперечних коливань і відхилення ходової струни від площини обертання ходового шківів кронблока. При складанні розрахункової схеми і математичної моделі прийняті наступні допущення: ходова струна моделюється круглим стержнем, що володіє тільки згинальною жорсткістю  $EI$ , розтягнутим постійною поздовжньою силою і вчиняє вимушені поперечні коливання; при

мінімальному кроці навивки розглянутий переріз каната златний перекочуватися без ковзання по похилій шорсткій поверхні канавки вліво-вгору, тобто відбувається чисте кочення; не враховується крутна жорсткість каната. Ці припущення в отриманих формулах враховуються коефіцієнтом тертя кочення перерізу каната.

Мінімальний крок навивки визначається з виразу:

$$b_{\min} = \frac{2d_k}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_{\min}}}; \quad (3.8)$$

де

$$\operatorname{tg} \alpha_{\min} = \frac{jf + \sqrt{2j^2 f^2 + c^4 - c^2(j^2 + f^2)}}{c^2 - f^2}; \quad (3.9)$$

$$j = P_y - Q_y - \frac{k}{r}(P_z + Q_z); \quad (3.10)$$

$$f = \frac{k}{r}(P_y - Q_y) + P_z + Q_z; \quad (3.11)$$

$$c = \frac{M_y + M_z}{r}; \quad (3.12)$$

де  $r$  – радіус каната;

$Q_y, Q_z$  – проекції сили натягу ходової струни відповідно на осі, перпендикулярні і паралельні до твірної барабана;

$k$  – коефіцієнт тертя кочення;

$P_y, P_z, M_y, M_z$  – перерізуючі сили і згинаючі моменти, що виникають в перерізі каната при вимушених поперечних коливаннях ходової струни відповідно в площинах, перпендикулярній та паралельній до твірної барабана.

Визначення  $P_y, P_z, M_y, M_z$  зводиться до дослідження вимушених поперечних коливань ходової струни з урахуванням згинальної жорсткості каната, тобто до інтегрування диференціального рівняння:

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} - Q \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{q}{\varepsilon} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0; \quad (3.13)$$

при граничних і початкових умовах:

$$x = 0; \quad y(0, t) = \Delta \sin pt; \quad \frac{\partial y(0, t)}{\partial x} = 0 \quad (3.14)$$

$$x = x_1; \quad y(x_1, t) = 0; \quad \frac{\partial y(x_1, t)}{\partial x} = 0 \quad (3.15)$$

Перерізуючі сили та згинальні моменти в довільному перерізі ходової струни визначаються з рівнянь:

$$P_y(x, t) = EI \frac{\partial^3 y}{\partial x^3}; \quad M_y(x, t) = EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad (3.16)$$

Отримані вирази максимальних значень  $P_y(0, t)$  і  $M_y(0, t)$  при  $x = 0$ , тобто в точці набігання каната на барабан. В площині, паралельній до твірної барабана отримаємо наступні вирази:

$$P_z(0, t) = z P_y(0, t); \quad M_z(0, t) = z M_y(0, t) \quad (3.17)$$

де  $z$  – коефіцієнт, що враховує збільшення амплітуди вимушених поперечних коливань ходової струни при стрибкоподібній зміні напрямку руху каната біля реборд барабана з урахуванням зовнішніх резонансів в порівнянні з поперечними коливаннями в площині  $xOy$ .

Розрахунки і аналіз графіків залежностей дозволяють зробити наступні висновки:

- зміна діаметра і довжини барабана, швидкості навивки ходової струни в невеликих межах в незначній ступені впливають на величину мінімального кроку навивки;
- величина мінімального кроку навивки в значній степені залежить від кількості зміщень витків каната, а відповідно, від величини коефіцієнта  $z$ ;
- технічним рішенням є використання на барабанах паралельної навивки каната зі зміщенням витків на двох діаметрально протилежних ділянках барабана;
- установка заспокоювача талевого каната на вищій вище лебідки дозволяє зменшити величину коефіцієнта  $z$ . У середньому 1,5 кратне зменшення  $z$  можна добитися шляхом розташування заспокоювача талевого каната на середині ходової струни талевого канату.

У моменти зупинки гака в верхньому і нижньому крайніх положеннях при спуско-піднімальних операціях поперечні коливання ходової струни з

великими амплітудами (близько 0,5 - 1,5 м) призводять до локальних пошкоджень талевого канату в місцях його сполучення з поверхнею барабана і ходовим шківом кронблока. Небезпека додаткових контактних напружень від поперечних коливань ходової струни пов'язана як значною величиною перерізуючих сил  $P_1, P_2$  і невеликою кількістю дротинок, що знаходяться в контактні каната з названими елементами, так і змінним характером цих напруг.

Додаткове зусилля, обумовлене поперечними коливаннями ходової струни, що діє на найбільш навантажені дротинки каната на поверхні барабана або шківа є зусиллям одного порядку із зусиллям, яке діє на дротинки при статичній контактній взаємодії.

Якщо не враховувати розкид координат місця зупинки гака біля ротора при спуско-піднімальних операціях, то при гальмуванні канат завжди зупиняється на одному і тому ж ділянці ходового шківа, поверхні барабана або жолобчастою накладки (при використанні частини першого неробочого шару навивки в якості робочого). При цьому в контактні з названими елементами знаходяться постійно практично, одні і ті ж дротинки. Внаслідок цього, додаткові зусилля і викликані ними контактні тиски через високу частоту пульсації функції  $P_y(0, t)$  від 0 до  $P_y(0, t)_{max}$  призводять до зносу і втомного руйнування дротів канате, накладки і ходового шківа кронблока. Наявність станціонарного канатоукладача на лебідці не усуває зносу канату, викликаного поперечними коливаннями ходової струни, так як канат в цьому випадку взаємодіє з його роликами.

Тому, для зменшення локального пошкодження талевого канату в місцях його дотику з поверхнею барабана (накладки) і шківа необхідно домогтися обмеження поперечних коливань ходової струни, а отже, зниження величини  $P_y(0, t)_{max}$ . Одним з конструктивних варіантів зменшення  $P_y(0, t)_{max}$  є установка заспокоювача талевого канату на вищі. Максимальне зменшення (в 1,5 рази) можна отримати, якщо його розташувати на середині ходової струни.

Іншим ефективним способом поліпшення умов роботи талевого каната шляхом зменшення контактних тисків в парі канат - жолобчаста накладка є

виготовлення накладки з матеріалів з малим модулем пружності. Для виготовлення жолобчастих накладок пропонується використовувати поліаміди, наприклад ПА - 610.

Пропонована конструкція барабана зі знімною жолобчастою накладкою в порівнянні з барабанами з гладкою поверхнею або з металевими накладками має такі переваги: знімна жолобчата накладка складається з окремих однакових футеровочних елементів, виготовлених з поліаміду, має малу вагу і достатню міцність, технологічна у виготовленні та зручна в монтажі-демонтажі; використання запропонованої схеми навивки і упорів створює впорядковану і надійну укладку другого і третього шару навивки, а також зменшує додаткові динамічні навантаження в талевій системі та вібрацію барабана; виготовлення знімної жолобчастої накладки з поліаміду покращує умови роботи талевого каната внаслідок зменшення контактних тисків в парі канат-жолобчата накладка; застосування знімної жолобчастої накладки з поліаміду дозволяє зменшити кількість неробочих шарів (витків) навивки каната, а також діаметр барабана.

Методика вибору і розрахунку конструктивних параметрів знімної жолобчастої накладки в інженерній практиці дозволяє визначити всі необхідні її геометричні розміри, масу і момент інерції, а також параметри багатошарової навивки.

Отримані результати зіставлення варіантів барабана лебідки з футеровочними елементами з сірого чавуну СЧ 35 і з поліаміду ПА - 610, а також зіставлення параметрів багатошарової навивки канату на барабан з гладкою поверхнею рекомендуються для використання при проектуванні і модернізації бурових лебідок.

## Висновки

В даному розділі магістерської роботи проведені теоретичні дослідження, які підтверджують, що умова впорядкованої навивки талевого канату на барабан лебідки виконується, якщо використовувати на барабанах

паралельний спосіб укладання каната зі зміщенням витків на двох діаметрально протилежних ділянках в поєднанні з заспокоювачем талевого канату, встановленим на буровій вишці.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень отримані формули для оцінки величин максимально можливих амплітуд поперечних коливань ходової струни талевого канату при підйомі гака, а також залежність мінімального кроку навивки (глибини канавки) від параметрів талевої системи і навивки.

Встановлені експериментальним шляхом закономірності задовільно узгоджуються з результатами теоретичних досліджень, відмінність даних натурних досліджень від розрахункових не перевищує 10% по частоті і 5% по амплітуді.

Пропонується конструкція барабана, який складається з окремих однакових футоровочних елементів, що виготовляються з поліаміду, а це забезпечує малу вагу і достатню міцність, технологічність їх виготовлення і легкість монтажу-демонтажу. Знімні жолобчасті накладки дозволяють усунути поперечні коливання ходової струни, завдяки чому забезпечити впорядковану навивку каната на барабан, що сприяє зниженню динамічних навантажень в талевій системі і вібрації барабана, дозволяє знизити контактні напруги в парі канат - накладка, зменшити діаметр барабана.

## 4. РОЗРАХУНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

### 4.1 Вибір діаметра і типу талевого каната для оснастки талевої системи

Необхідно вибрати діаметр і тип талевого каната для оснащення талевої системи БУ (оснастка), а також перевірити запас міцності каната за динамічним навантаженням підйому і спуску.

Для БУ НБО-Е рекомендується використання талевого каната ЛК-Р6х3 із органічним осердям, діаметром 32 [10].

Перевіримо запас міцності каната за динамічним навантаженням при СПО, а також доцільність вибору.

Знаходимо натяг ведучої гілки каната при підйомі:

$$P_{в.г} = \frac{(P_{max} + P_{mc})}{U_T \cdot \eta_{mc}}; \quad (4.1)$$

де  $P_{в.г}$  — натяг ведучої гілки каната при підйомі, Н;

$P_{mc}$  — вага рухомого обладнання талевої системи, Н;

$P_{max}$  — максимальне навантаження на гаку, ( $P_{max} = 1058 \text{ кН}$ );

$U_T$  — кратність оснастки талевої системи (повинна бути парною);

$\eta_{mc}$  — ККД талевої системи, який залежить від числа шківів, діаметра каната, ступеню їх зносу, навантаження на гак тощо.

Вага рухомого обладнання талевої системи визначається за формулою:

$$P_{TC} = P_G + P_{TK} + P_{TB}; \quad (4.2)$$

де  $P_{TC}$  — вага рухомого обладнання талевої системи, Н;

$P_G$  — вага елеватора і гака, Н

$P_{TK}$  — вага талевого каната при нижньому положенні гака (зазвичай

приймають вагу  $2/3$  довжини каната талевої системи, Н

$P_{т.б}$  — вага талевого блока, Н

Вагу елеватора і гака зі стропами визначаємо за формулою:

$$P_{\Gamma} = P_{\Gamma} + P_e = m_{\Gamma} \cdot g + m_e \cdot g; \quad (4.3)$$

де  $m_{\Gamma}$  — маса гака, кг;

$m_e$  — маса елеватора, кг;

$g$  — прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

$$P_{\Gamma} = 1500 \cdot 9,81 + 155 \cdot 9,81 = 16236 \text{ (Н)}.$$

Вага талевого блоку дорівнює:

$$P_{т.б} = m_{т.б} \cdot g; \quad (4.4)$$

де  $P_{т.б}$  — вага талевого блока, Н;

$m_{т.б}$  — маса талевого блока, кг.

$$P_{т.б} = 7300 \cdot 9,81 = 71613 \text{ (Н)}.$$

Вага талевого каната при нижньому положенні гака:

$$P_{т.к} = \frac{2}{3} \cdot l_{\kappa} \cdot q_{\kappa} \cdot g; \quad (4.5)$$

де  $P_{т.к}$  — вага талевого каната при нижньому положенні гака, Н;

$l_{\kappa}$  — довжина каната, яка необхідна для оснастки талевої системи, м;

$q_{\kappa}$  — вага 1 м змащеного каната, кг/м

$g$  — прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

$$l_k = H(U_T + 2) + c(U_T + 1) + C_0; \quad (4.6)$$

де  $H$  — висота бурової вежі, м;

$c$  — довжина каната, що огинає шків діаметром  $D_{ш}$ ;

$$c = \frac{\pi \cdot D_{ш}}{2}; \quad (4.7)$$

де  $D_{ш}$  — діаметр шківів талевого блока, м;

$$c = \frac{3,14 \cdot 0,2}{2} = 0,314 \text{ (м)};$$

де  $C_0$  — довжина витків каната, які залишаються на барабані при опущеному до підлоги бурової гакоблоку, м;  $C_0 = 50 \dots 100$  м.

$$U_T = 2 \cdot z_{т.б}; \quad (4.8)$$

де  $z_{т.б}$  — число шківів талевого блока.

$$U_T = 2 \cdot 5 = 10;$$

$$l_k = 45(10 + 2) + 0,314(10 + 1) + 75 = 618,5 \text{ м};$$

$$P_{м.к} = \frac{2}{3} \cdot 618,5 \cdot 4,2 \cdot 9,81 = 17000 \text{ Н};$$

ККД рухомого обладнання талевої системи розраховуємо за формулою:

$$\eta_{т.б} = \frac{\eta_{ш} \cdot (1 - \eta_{ш}^{U_T})}{U_T \cdot (1 - \eta_{ш})}; \quad (4.9)$$

де  $\eta_{ш}$  — ККД кожного шківа. Для розрахунку приймають ККД кожного шківа;

$$\eta_{ш} = 0,94 \dots 0,97;$$
$$\eta_{т.с} = \frac{0,965 \cdot (1 - 0,965^{10})}{10 \cdot (1 - 0,965)} = 0,826;$$

Вага рухомого обладнання талевої системи:

$$P_{т.с} = 16236 + 71613 + 17000 = 105 \text{ (кН)};$$

Тоді натяг ведучої гілки талевого каната при підйомі:

$$P_{в.г} = \frac{(1568 + 105)}{10 \cdot 0,826} = 167,54 \text{ (кН)};$$

При невеликих навантаженнях і ненавантаженому гаку ККД талевої системи значно менший, ніж при повному навантаженні.

Визначимо динамічне навантаження у ведучій гілці при спускові:

$$P_{в.г} = (P_{\max} + P_{т.с}) \cdot \frac{\eta_{т.с}}{U_T}; \quad (4.10)$$

де  $P_{в.г}$  — динамічне навантаження у ведучій гілці при спускові, Н;

$P_{т.с}$  — вага рухомого обладнання талевої системи, Н;

$P_{\max}$  — максимальне навантаження на гаку, Н;

$U_T$  — кратність оснастки талевої системи (повинна бути парною);

$\eta_{т.с}$  — ККД талевої системи, який залежить від числа шківів, діаметра каната, ступеню їх зносу, навантаження на гак тощо.

$$P_{в.с} = (1568 + 105) \cdot \frac{0,826}{10} = 138,18 \text{ (кН)};$$

#### 4.2 Перевірочний розрахунок талевого каната на міцність

При виборі канатів для талевих систем потрібно перевірити запас міцності каната за динамічними навантаженнями підйому і спуску.

$$S_{\sigma} = \frac{R_{\delta}}{P_{в.с}}; \text{ або } S_{\sigma} = \frac{R_{\delta}}{P_{в.с}}; \quad (4.11)$$

де  $S_{\sigma}$  — запас міцності канатів;

$R_{\delta}$  — розривне зусилля каната в цілому  $R_{\delta} = 742 \text{ МПа}$ ;

$$S_{\sigma} = \frac{742000}{167540} = 4,45;$$

$[S] = 4 \dots 5$  — мінімальний коефіцієнт запасу міцності.

Перевіряємо умову запасу міцності:

$$[S] \leq S_{\sigma};$$

$$4 \leq 4,45$$

Кінцеве рішення про вибір каната можна робити лише після порівняння його з існуючими прототипами талевих систем, призначених для роботи в аналогічних умовах.

Отже, вибираємо канат діаметром 32 мм ЛК-О 6х1+9+9 з органічним осердям.

### 4.3 Розрахунок пружини канатоукладчика

Розрахуємо пружину канатоукладчика, якщо діаметр прутка  $d=5$  мм, середній діаметр пружини  $D_{сер} = 25$  мм

Визначаємо максимально допустиме навантаження на пружину

$$P_{max} = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot [\sigma]_{ст}}{8 \cdot D_{сер}} \quad (4.12)$$

де  $[\sigma]_{ст} = 580$  МПа – допустиме напруження на стиск для матеріалу пружини

$$P_{max} = \frac{3,14 \cdot 5^3 \cdot 580}{8 \cdot 25} = 1,14 \text{ кН}$$

Навантаження на пружину буде дорівнювати силі тертя спокою

$$P_{пр} = F_{тр} = f \cdot N, \quad (4.13)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя,  $f=0,6$ ;  $N$  – реакція опори, в нашому випадку

$$N = G_{канатоукл.} = mg, \quad (4.14)$$

де  $G_{канатоукл.}$  – вага канатоукладчика,  $m$  – маса канатоукладчика,  $g$  – прискорення вільного падіння. Отже,

$$P_{пр} = F_{тр} = f \cdot N = f \cdot mg = 0,6 \cdot 3,14 \cdot 9,81 = 20 \text{ Н}$$

Прогин одного витка пружини при навантаженні 20 Н складе

$$f = \frac{8 \cdot D_{сер}^3 \cdot 20}{d^4 \cdot \varphi} \quad (4.15)$$

де  $\varphi = 8 \cdot 10^{10}$  МПа – модуль пружності на кручення

$$f = \frac{8 \cdot 25^3 \cdot 20}{5^4 \cdot 8 \cdot 10^{10}} = 0,05 \text{ мм}$$

Прогин всієї пружини при кількості витків  $i=4$  під навантаженням 20 Н складе

$$f_1 = i \cdot f \quad (4.16)$$

$$f_1 = 4 \cdot 0,05 = 0,2 \text{ мм}$$

## Висновки

У даному розділі магістерської роботи вибраний діаметр і тип талевого каната для оснастки талевої системи вибраної бурової установки, проведений перевірочний розрахунок вибраного талевого каната на міцність, проведено розрахунок пружини модернізованого канатоукладчика. Проведені розрахунки вказують на можливість ефективного використання технічного рішення з модернізації канатоукладчика бурової лебідки.

## 5. МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

### 5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу бурових лебідок

Монтажним роботам бурової установки НБО-Е, яка вибрана для спорудження свердловини 4650 м, передують наступні підготовчі роботи. Земельна ділянка під бурову відведена в установленому порядку організації – будівельникові Полтавському відділенню бурових робіт.

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 (рекультивациі) порушених посівних або малопродуктивних с/г земель. Для цієї мети використовують бульдозери, грейдери, розрихлювачі та іншу.

Потім проводяться наступні роботи:

- планування площадки;
- закладання фундаменту;
- прокладання підземних комунікацій;
- підведення електроенергії;
- будівництво під'їзного шляху, передбачених проектом;
- будівництво полігону для монтажу крупногабаритних вузлів;
- транспортування обладнання (блоків і вузлів) на площадку.

На підготовленій будівельній площадці вибирають напрямок прийомних містків, приступають до розбивання і утворення фундаментів і їх спорудженню.

Особливості проведення монтажу бурової лебідки

1. Подача лебідки на основу бурової вишки за допомогою кранів.
2. Вивірка осей лебідки і встановлення за рівнем.
3. Закріпити лебідку. Для цього використовувати отвори на основі рами редуктора лебідки.
4. Закріпити ручку лебідки на валу приводу.
5. Здійснюючи обертальні зміни рукояткою, провести переміщення вантажу в необхідному напрямку.

Перед початком експлуатації бурової лебідки на новій буровій перевіряють наступне:

1. Плавність обертання. Барабан повинний обертатися від зусилля, прикладеного одним робітником до рукоятки ключа довжиною в 1 м. Якщо барабан не обертається, то необхідно послабити ущільнення внутрішньої труби. Якщо і після цього барабан не провертається, то лебідка повинна бути замінена.

2. Стан лебідки і перевідника шляхом зовнішнього огляду. У випадку виявлення тріщин, зносу або ушкоджень різьблення лебідки відправляють у ремонт.

3. Стан барабану перевіряють шляхом зовнішнього огляду, а також його обертання на валу.

4. Рівень і якість мастила у лебідці. При необхідності мастило додається або замінюється свіжим.

Після приєднання канату до лебідки розпочинається його експлуатація, у процесі якої перед початком і під час роботи командою вахти роблять наступні роботи по нагляду за буровою лебідкою.

1. Перевіряють надійність кріплення усіх вузлів.

2. Перевіряють стан мастила і його рівень у ванні.

3. Стежать за станом підшипників. У випадку підвищення температури підшипників вище  $70^{\circ}\text{C}$  припиняють роботу і вивчають причини.

4. Стежать за станом ущільнення. У випадку появи течі через ущільнення припиняють роботу й усувають несправності,

5. Змащувати лебідку відповідно до карти змащення.

Кількість основних робітників розраховують за професіями, виходячи з трудомісткості річної програми по видах робіт:

$$R = \frac{\sum T}{F_{\text{д.о}} \times k}, \quad (5.1)$$

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

установки "НБО-Е";

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

$k$  - коефіцієнт використання робочої сили робітника.

Звідси:

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

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.;

$D_{рл}$  - кількість робочих днів в тиждень;  $D_{рл} = 5$  год.;

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

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

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

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

Монтаж бурової установки проводиться на протязі приблизно 1-го місяця, тоді дійсний фонд часу одного робітника буде дорівнювати 260 годин, а  $F_{д.р.} = 240$  годин.

Трудомісткість річної програми монтажу "НБО-Е", тому сумарна  $\sum T = 1 \times 4740,14 = 4740,14$  люд.-год.

Таблиця 5.1 – Норми часу на монтаж бурової установки “НБО-Е” (при перетягуванні вежі у горизонтальному положенні).

№	Зміст робіт	Норма часу год
1	Підготовчі роботи	2066,96
2	Монтаж вишково-лебідкового блоку	488,0
3	Монтаж приводного блоку	145,8
4	Монтаж насосного блоку	143,5
5	Монтаж блока приготування глинистого розчину	83,0
6	Монтаж зовнішньої частини ПВО	123,01
7	Монтаж маніфольда циркуляційної системи	303,89
8	Монтаж доливної ємності	41,3
9	Монтаж водяної ємності	10,6
10	Монтаж блока паливно-мастильних матеріалів	8,8
11	Монтаж блока рідких хімреагентів	19,54
12	Монтаж складу сипучих матеріалів	8,9
13	Монтаж блока допоміжного обладнання	27,4
14	Монтаж приймального моста	83,6
15	Монтаж енергообладнання	28,6
16	Установка запасних ємностей	24,0
17	Монтаж пневмосистеми	42,1
18	Монтаж блока котельної	11,4
19	Монтаж трубопроводів	182,71
20	Електромонтажні роботи	825,08
21	Заключні роботи	71,95
22	Всього:	4740,14

Тоді кількість основних робітників по даному виду робіт буде рівна:

$$R = \frac{4740}{240} = 19 \text{ чол.}$$

Отже, для проведення робіт даного виду необхідно 19 робітників.

## 5.2 Експлуатація та ремонт обладнання

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

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

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

Припуск на обробку поверхонь деталі може бути визначений розрахунково-аналітичним методом, або дослідно-статистичним (за відповідними довідковими таблицями).

У серійному і одиничному виробництвах використовують статистичний (табличний) метод визначення проміжних припусків на обробку заготовки, що забезпечує більш швидку підготовку виробництва. Однак статистичний метод не залежить від технологічного процесу обробки деталі і умов його здійснення, тому припуски, визначені цим методом, є завищені.

У масовому і крупно серійному виробництвах припуски, як правило, визначають розрахунково-аналітичним методом, розробленим проф. В.М.Кованом. Цей метод порівняно з табличним дозволяє скоротити відходи металів у стружку, створює єдину систему визначення, припусків на обробку і розмірів деталей по технологічних періодах.

### **5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації бурових лебідок**

Для створення безпечних умов праці і полегшення виконання окремих операцій застосовуються пристосування для підтягання труб, лоток для переміщення труб по приймальних містках, обмежувач підйому талевого блоку і інші пристосування і пристрої.

Робітники, що працюють знаходяться в безпосередній близькості від рухомих механізмів або їх частин, від вантажів, що піднімаються і опускаються, а також поблизу комунікацій. Бригади по бурінню свердловин працюють на відкритому повітрі, нерідко за несприятливих метеорологічних умов, особливо в північних районах країни, а також в нічний час доби. Вказані обставини значно ускладнюють здійснення процесу буріння свердловин, створюють додаткові труднощі в забезпеченні безпеки цього процесу.

Більшість нещасних випадків, пов'язаних з виконанням цих операцій, відбуваються із-за недосконалості конструкції і пристроїв, що оберігають проти

виходу штропів з проушин (випадання шпильок).

Процес спуско-підйомних операцій при вітрі 11 м/с та більшому, під час зливи, сильного снігопаду і туману з видимістю менше 50 м забороняється.

Вантажопідйомність агрегату повинна відповідати максимальній навантаженню, очікуваному в процесі виконання робіт по капітальному ремонту свердловин. Підйомний агрегат зміцнюється відтяжками із сталевого каната відповідно до технічної документації. Болтові з'єднання веж і щогл забезпечуються контргайками. Допускається також застосування корончатих гайок з шплінтами.

На вежах і щоглах пересувних агрегатів, якщо вони не призначені для роботи вгорі, допускається застосування сходів-драбин (при підйомі і спуску по таких сходах обов'язкове користування страховим канатом і стопорним кільцем). Майданчики для верхового робітника і біля кронблока повинні бути металевими.

Габарити агрегату (ширина, висота) в транспортному положенні повинні забезпечувати можливість безпечного пересування. Центр тяжіння агрегату повинен бути розташований так, щоб при пересуванні по пересіченій місцевості або по дорогах з поворотами і крутими підйомами забезпечувався не менше чим півторакратний запас стійкості.

Органи управління спуско-підйомними операціями зосереджуються на самостійному пульті, розташованому в зручному і безпечному місці. Пульт управління забезпечується необхідними контрольно-вимірювальними приладами. Агрегат обладнується світловою або звуковою сигналізацією. Допускається застосування на одному агрегаті обох видів сигналізації. Рухомі частини механізмів, розташовані на агрегаті, зубчаті і ланцюгові передачі, виступаючі деталі, а також шпонки валів і з'єднання, що обертаються, забезпечуються знімними металевими огорожами.

Лебідки агрегатів-підйомників, а також стаціонарно встановлювані лебідки для капітального ремонту свердловин мають конструкцію, при якій забезпечується можливість примусового зворотного обертання барабана при

спуску вантажу, гальмівний пристрій їх розраховується на плавне і надійне гальмування і можливість утримання вантажу на вазі протягом тривалого часу.

Гальмівний пристрій повинен забезпечувати гальмування без додатку великих зусиль, при цьому повинна повністю виключатися можливість зворотного удару рукояткою гальма. Рукоятка забезпечується фіксатором. Колодки або стрічки гальмівного пристрою виконуються з матеріалу, що виключає можливість іскріння і займання.

Барaban лебідки забезпечується пристроєм для надійного кріплення кінця талевого каната. Цей пристрій повинен оберігати канат від деформації. Лебідка забезпечується також пристроєм для правильного намотування каната на барабан і безпечною шпильастою катушкою для виконання допоміжних робіт при підземному ремонті свердловин.

Гідравлічна або пневматична система приводу до автоматів і механізмів оснащується запобіжними, редуційними клапанами і манометром. Пусковий пристрій має контактну систему, яка не допускає можливість випадкового включення і відключення електродвигуна.

Однією з необхідних умов в організації робіт по бурінню свердловин є своєчасне проведення підготовчих робіт на ній. Ретельна і повна підготовка робочого місця до початку буріння свердловини попереджає ускладнення, які можуть привести до нещасних випадків і аварій.

Тракторист підйомника повинен стежити за чистотою оглядового скла, справністю іскрогасника. При переїзді з одного місця на інше тракторист повинен попереджати що працюють на причепі, заздалегідь перевіривши відсутність предметів на гусеницях.

Забороняється спускатися з підйомника і підніматися на його при його русі. Спускати підйомник з ухилу необхідно повільно, пригальмовуючи його. Не дозволяється переїздити через нафтогазоводні трубопроводи, прокладені на поверхні. При роботі в нічний час повинні бути освітлені верх підйомної споруди і робочий майданчик. Роботу необхідно припинити при несправностях електроустаткування і електроосвітлення до їх усунення. Не допускається

робота на установках без акумуляторних батарей. Не допускається одночасна робота на верху підйомної споруди з ручним інструментом і внизу на робочому майданчику.

При установці механізму для згвинчування і розгвинчування труб необхідно користуватися монтажною підвіскою талевої системи. Механізм з центратором повинен бути надійно укріплений на гирловому фланці, підвіска з клинами автоматичного захоплення при русі балансира з вантажем вгору і вниз повинна переміщатися легко і вільно. Петлі підвіски клинів, нарізка зубів сухарів, плашок і клинів клинового захоплення механізму повинні відповідати технічним вимогам.

Всі канати на агрегаті необхідно періодично оглядати. При роботі з підвіскою великої довжини необхідно піднімати труби тільки на першій швидкості при ретельному спостереженні за гакоблоком. У агрегаті в аварійних випадках передбачено підключення до мережі за допомогою кабелю з штепсельною вилкою. Підключати штепсельну вилку до мережевої коробки розподільного ящика необхідно при відключеному головному рубильнику розподільного ящика в гумових рукавичках і із застосуванням ізоляційної підставки. При знаходженні виносного пульта управління в ящику для кабелю не допускається перемикати рукоятку в положення «установка вежі», оскільки випадково замкнута кнопка на пульті управління може привести до аварії.

Кожну вежу (щоглу) необхідно періодично оглядати і випробовувати на міцність статичним навантаженням, що перевищує номінальну на 50%. Терміни планових оглядів і порядок випробування вежі або щогли на міцність устанавлюються нафтогазовидобувним управлінням і узгоджуються з місцевими органами Держгіртехнагляду.

До початку роботи необхідно перевірити стан робочого місця, використововуваного устаткування, інструментів, пристосувань і у разі виявлення дефектів прийняти заходи до їх усунення шляхом ремонту або заміни.

Перед проведенням спуско-підйомних операцій необхідно перевірити надійність і безпеку роботи талевої системи (каната, шківів, блоків і

пристосувань). Це досягається холостим спуском і підйомом талевого блоку. Необхідно звернути увагу і на кріплення нерухомого кінця талевого каната. Сам канат бракується при обриві 10% проволоку або зносі зовнішніх проволоку до 40% їх діаметру.

### Висновки

В даному розділі магістерської роботи розроблений комплекс робіт з проведення монтажу силового приводу бурової установки та розроблені підготовчі роботи перед експлуатацією бурової лебідки. Кількість робітників монтажної бригади розраховано згідно норм часу на виконання монтажу бурової установки, згідно яких потрібно 19 робітників. Описано роботи, які здійснюються в процесі експлуатації бурової лебідки й канатоукладчика, роботи при його поточному та капітальному ремонтах. У розділі також проаналізовані потенційні небезпеки при монтажі, експлуатації та ремонті бурових лебідок й канатоукладчика, методи і засоби для забезпечення нормальних умов їх експлуатації.

## ВИСНОВКИ

В магістерській роботі розроблені наступні розділи:

1. У розділі “Вибір та опис технологічного обладнання” проведено розрахунок основних параметрів та на його основі вибрано бурову установку для буріння свердловини глибиною 4650 м, коротко розглянуто конструкційні та технологічні особливості вибраного обладнання, охарактеризовано позитивні та негативні сторони бурових лебідок канатоукладчиків. Встановлено, що недоліками канатоукладчиків є неузгодженості швидкостей намотування канату і пересування каретки, при ненавантаженому канаті управління процесом укладання канату за рахунок важеля практично неможливо і в підсумку виникає неузгодженість рівномірного укладання канату на барабані, складність конструкції, безліч датчиків керування, а також необхідність установки додаткового масляного бака.

2. В розділі “Опис технічної пропозиції” обґрунтована доцільність та економічна ефективність модернізації канатоукладчика бурової лебідки, обґрунтовано технічну доцільність. Через значну застарілість конструкції канатоукладчика ремонт та заміна займає багато часу, а тривалість роботи значно менша, ніж у сучасних моделях. Саме тому у магістерській роботі проводиться модернізація канатоукладчика бурової лебідки шляхом впровадження в роботу більш технологічного, простішого у виготовленні та ремонті канатоукладчика. Впровадження нової конструкції канатоукладчика бурової лебідки дасть змогу продовжити ремонтний цикл на 5%. Проведена модернізація бурової лебідки буде прибутковою і матиме економічний ефект в розмірі близько 80,869 тис. грн.

3. В розділі “Дослідно-конструкторська робота” проведені теоретичні дослідження, які підтверджують, що умова впорядкованої навивки талевого канату на барабан лебідки виконується, якщо використовувати на барабанах паралельний спосіб укладання канату зі зміщенням витків на двох діаметрально протилежних ділянках в поєднанні з заспокоювачем талевого канату,

встановленим на буровій вишці. На основі теоретичних і експериментальних досліджень отримані формули для оцінки величин максимально можливих амплітуд поперечних коливань ходової струни талевого канату при підйомі гака, а також залежність мінімального кроку навивки (глибини канавки) від параметрів талевої системи і навивки. Встановлені експериментальним шляхом закономірності задовільно узгоджуються з результатами теоретичних досліджень, відмінність даних натурних досліджень від розрахункових не перевищує 10% по частоті і 5% по амплітуді.

4. В розділі “Розрахунки працездатності” вибраний діаметр і тип талевого канату для оснастки талевої системи вибраної бурової установки, проведений перевірючий розрахунок вибраного талевого канату на міцність, проведено розрахунок пружини модернізованого канатоукладчика. Проведені розрахунки вказують на можливість ефективного використання технічного рішення з модернізації канатоукладчика бурової лебідки.

5. В розділі “Монтаж і експлуатація обладнання” розроблений комплекс робіт з проведення монтажу силового приводу бурової установки та розроблені підготовчі роботи перед експлуатацією бурової лебідки. Кількість робітників монтажної бригади розраховано згідно норм часу на виконання монтажу бурової установки, згідно яких потрібно 19 робітників. Описано роботи, які здійснюються в процесі експлуатації бурової лебідки й канатоукладчика, роботи при його поточному та капітальному ремонтах. У розділі також проаналізовані потенційні небезпеки при монтажі, експлуатації та ремонті бурових лебідок й канатоукладчика, методи і засоби для забезпечення нормальних умов їх експлуатації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артими В.І., Рачкевич Р.В., Гриців В.В., Гладкий С.І. Вплив локальних напружень на довговічність різьбових з'єднань бурильних труб. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*, 2009. – № 1 (30). – С. 29 - 31.
2. Артим В.І. Підвищення експлуатаційної надійності трубних і штангових колон для буріння та видобування нафти і газу: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Івано-Франківськ, 2010. – 36 с.
3. Бедрій Я.І. Охорона праці: Навчальний посібник / Я.І. Бедрій та ін. – Львів: ПТВФ «Афіша», 1997. – 258с.
4. Бойко В. С. Довідник з нафтогазової справи / Бойко В.С., Кондрат Р.М., Яремійчук Р.С. – Львів: Світ, 1996. – 620 с.
5. Бойко В. С. Розробка та експлуатація нафтових родовищ / Бойко В.С. – Київ: Міжнародна економічна фундація, 2008. – 488 с.
6. Буняк Б.Т., Розенфельд І.М., Бубликова Н.Г., Коцаба В.І., Чепіль І.І. Нові регламенти з експлуатації бурильних і насосно-компресорних труб. *Нафтова і газова промисловість*. 2005. № 1. – С. 29 - 30.
7. Войченко В.С. Технологія і техніка буріння: узагальнююча довідникова книга. – Львів: Центр Європи, 2012. – 708 с.
8. Вольченко О.І. Деформація гальмівної стрічки і розподіл сил у контакті "стрічка- гальмівна накладка" стрічково-колодкового гальма / О.І. Вольченко, Я.Б. Сторож // *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. - 2004. - №3(12) - С. 40 - 46.
9. Вольченко Д.О. Експериментальні дослідження багаторядних стрічково-колодкових гальм бурових лебідок / Д.О. Вольченко, Д.Ю. Журавльов, А.В. Лещишин // *Науковий вісник ІФНТУНГ* - 2008. - №1(17) - С. 68 - 75.
10. Вольченко Д.О. Особливості навантаження гальмівної стрічки багаторядного стрічково-колодкового гальма / Д.О. Вольченко,

О.Ю. Журавльов, Д.Ю. Журавльов // Науковий вісник ІФНТУНГ - 2010. - №2(25) - С. 51 - 55.

11. Вольченко О.І. Аналітичне визначення деформації гальмівної стрічки стрічково-колодкового гальма. / О.І. Вольченко, О.Ю. Журавльов, Д.Ю. Журавльов // Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції "Динаміка наукових досліджень – 2004" – 2004. – Т.61. – С. 14-15.

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

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

14. Гнип М.М. Підвищення довговічності фрикційних вузлів у нафтогазовій галузі / М.М. Гнип, Л.І. Криштопа, С.І. Криштопа // Прикарпатський вісник НТШ. Число. – 2017. - № 1(37). – С. 267 – 275.

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

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

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

18. Журавльов Д.Ю. Аналіз теплов потоків шківа стрічково-колодкового гальма бурової лебідки / Д.Ю. Журавльов, О.Ю. Журавльов, Т.В. Яців, М.М. Лях // Науковий вісник ІФНТУНГ - 2011. - №1(27) - С. 49 - 52.

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

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

21. Івасів В.М., Рачкевич Р.В., Юрич А.Р., Юрич Л.Р. Використання пружних елементів для реалізації параметрів проектного профілю

- свердловини. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». 2015. № 57 (1166). –
22. Івасів В.М., Артим В.І., Гладун В.В., Дейнега Р.О. Модель багаточиклового корозійно-втомного пошкодження деталей машин. *Механічна втома металів: Праці колоквиуму*. Тернопіль, 2006. – С. 198 - 203.
23. Іщенко І. І. Оцінка економічної ефективності виробництва і затрат: Навч. посіб. / Іщенко І. І., Терещенко С. П. – К.: Вища шк., 1991.–173 с.
24. Ісаєв І. А. Види негативного впливу на навколишнє середовище та заходи з охорони навколишнього середовища при будівництві (бурінні) нафтогазоконденсатних свердловин // Молодий вчений. – 2014. – №10. – С. 112-116.
25. Карпаш О.М. Методи та засоби забезпечення роботоздатності трубних колон: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Івано-Франківськ, 1996. – 47 с.
26. Копей В.Б. Підвищення ресурсу штангової колони при видобутку парафіністих нафт: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.12 / Івано-Франківськ, 2004.
27. Копей Б.В. Розрахунок, монтаж і експлуатація бурового обладнання. ІФДТУНГ, 2001 – 224 с.
28. Копей Б.В. Науково-технологічні методи комплексного підвищення ресурсу деталей нафтогазового обладнання: дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.07 / Івано-Франківськ, 1996.
29. Костриба І.В. Основи конструювання нафтогазового обладнання: Навч. посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2007 – 256 с.
30. Коцкулич Я.С. Закінчування свердловин: підручник для студентів вищ. навч. закладів проф. спрямування "Буріння" / Я.С. Коцкулич, О.В. Тищенко. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2004. – 366 с.
31. Крижанівський Є.І. Мобільні установки для буріння, ремонту і обслуговування свердловин. / Є.І. Крижанівський, Ю.В. Міронов, Л.І. Романишин. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. – 209 с.
32. Крижанівський Є.І. Івасів В.М., Рачкевич Р.В. та ін. Втома довговічність різьбових з'єднань насосно-компресорних труб в криволінійних

ділянках свердловин. Науковий вісник Національного гірничого університету. 2015. № 5. – С. 14 - 21.

33. Мартинців М.П. Розрахунок основних елементів підвісних канатних лісотранспортних установок. Монографія. — К.: Ясмина, 1996. - 175 с.

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

35. 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.

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

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

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

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

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

41. 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.

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

43. Охорона праці в нафтогазовій галузі: Навчальний посібник / За редакцією Г.М. Лисяного – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. – 304 с.
44. Пентюк Б.М. Основи патентознавства та інтелектуальної власності: навчальний посібник / Б.М. Пентюк, І.І. Назаренко, М.М. Вірник. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 195 с.
45. Писаренко Г.С. Опір матеріалів / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський. - К.: Вища школа, 2004. – 655 с.
46. Пістун І. П. Охорона праці (Законодавство. Організація роботи) : навчальний посібник / Пістун І. П., Березовецька О. Г., Трунова І. О. – Львів : Тріада плюс, 2010. – 648 с.
47. Проектування бурового і нафтогазопромислового обладнання: навчальний посібник / В.С. Білецький, В.Г. Вітрик, А.М. Матвієнко та ін. // Полтава. ПолтНТУ, 2015. – 196 с.
48. 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.
49. Пушкар П.В. Оцінка довговічності насосних штанг з урахуванням експлуатаційних факторів: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.12 / Івано-Франківськ, 2007.
50. Савула С.Ф., Колодій В.Т., Харченко Є.В. та ін. Оцінка впливу коливань колони насосно-компресорних труб на умови роботи різьбових з'єднань. *Науковий вісник Національного Технічного Університету Нафти і Газу*. 2004. № 2 (8). – С. 116 - 125.
51. Світлицький В.М. Машини та обладнання для видобування нафти і газу: Довідковий посібник. В.М. Світлицький, С.В. Кривуля, А.М. Матвієнко, В.І. Коцаба – Харків. – КП “Міська друкарня”, 2014. – 352 с.
52. Свердан П.Л. Вища математика. Математичний аналіз і теорія ймовірностей: Підручник. Київ, 2008. 450 с.

53. Типовий проект безпечної організації вишкомонтажних робіт при монтажі, демонтажі бурової установки НБО-Е. Загальні вимоги. – Чернігів, 2002. – 30 с.

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

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

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

57. Харченко Є.В., Левринець В.М. Розрахунок гальмівних режимів робота підіймальної системи бурових установок// Динаміка, міцність та проектування машин і приладів: Вісник ДУ "Львівська політехніка" № 396 – Львів: Вид-во ДУЛП, 2000. – С. 98 - 103.

58. Харченко Є.В., Левринець В.М. Розрахунок нестационарних поперечних коливань бурових вишок// Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні і приладобудуванні: Вісник НУ "Львівська політехніка" № 412 – Львів: Вид-во НУЛП, 2000. – С. 101 - 104.