

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

БР.ГМІ-89.00.00.000 ПЗ

**Група ГМІ-21-1**

Віктор Шкутяк

2025

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**  
**Інститут інженерної механіки та робототехніки**  
**Кафедра нафтогазових машин та обладнання**

*Шкутяк Віктор Ігорович*

---

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 622

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

*Вдосконалення конструкції окремих елементів  
талевої системи бурової установки*

---

(назва роботи)

*Інжиніринг і сервісне обслуговування нафтогазових машин та обладнання*

(назва освітньої програми)

*133 – «Галузеве машинобудування»*

---

(шифр і назва спеціальності)

**Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і  
текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело**

Здобувач освітнього ступеня \_\_\_\_\_

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник \_\_\_\_\_ Лях М. М., канд. техн. наук, професор

(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

доцент \_\_\_\_\_ Я.Т. Федорович

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

# ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

Інститут ІІМ Кафедра нафтогазових машин та обладнання  
Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування  
ОПП «Інжиніринг і сервісне обслуговування нафтогазових машин та обладнання»

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри НГО  
\_\_\_\_\_ Я.Т. Федорович  
" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 202\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ

Студенту \_\_\_\_\_ Шкутяк Віктор Ігорович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Вдосконалення конструкції окремих елементів талевої системи бурової установки

Затверджена наказом № 176/7 від 18.02.2025 р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи 16.06.2025 р.

3 Вихідні дані до роботи: технічна документація, літературні джерела,

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань)

Вступ. 1 Загальна частина. 1.1 Розрахунок основних параметрів та обґрунтування вибору бурової установки і талевої системи. 2 Спеціальна частина. 2.1 Короткий опис особливостей конструкції талевих систем. 2.2 Обґрунтування необхідності та модернізація талевих блоків. 3 Розрахункова частина. 3.1 Розрахунок осі талевого блоку. 3.2 Розрахунок щоби талевого блоку. 3.3 Розрахунок осі кронблока. 3.4 Перевірка довговічності підшипників. 4 Монтаж і раціональна експлуатація талевих систем. Висновки. Перелік посилань на джерела

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням креслень)

5.1 Схеми оснасток – 1 арк. Формату А1

5.2 Робоче креслення елементів талевої системи. Формату А1

5.3 Складальне креслення талевого блоку – 1 арк. Формату А1

5.4 Складальне креслення кронблока – 1 арк. Формату А1

5.5 Складальне креслення секції кронблока – 1 арк. Формату А1

5.4 Ілюстрації, графічні залежності тощо – 1 арк. Формату А1

6 Консультанти по роботі (за необхідністю).

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

6 Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер і назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
Вступ. 1 Загальна частина. 1.1 Розрахунок основних параметрів та обґрунтування вибору бурової установки і талевої системи.	10.0.2025 р	
2 Спеціальна частина. 2.1 Короткий опис особливостей конструкції талевих систем. 2.2 Обґрунтування необхідності та модернізація талевих блоків.	12.03.2025 р	
3 Розрахункова частина. 3.1 Розрахунок осі талевого блока. 3.2 Розрахунок щоки талевого блоку. 3.3 Розрахунок осі кронблока. 3.4 Перевірка довговічності підшипників.	16.04.2025 р	
4 Монтаж і раціональна експлуатація талевих систем. Висновки. Перелік посилань на джерела	28.05.2025 р	
<i>Графічна частина проекту</i>	18.06.2025 р	

Студент \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
Особистий підпис                      Розшифровка підпису

Керівник роботи \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
Особистий підпис                      Розшифровка підпису

## РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота Шкутяка В. І. на тему «Вдосконалення конструкції окремих елементів талевої системи бурової установки» складається з пояснювальної записки, викладеної на 57 аркушах формату А4, яка вміщує 4 розділи, 6 таблиць, 12 рисунків, 14 найменувань використаних джерел, і графічного матеріалу загальним обсягом 6 аркушів формату А1.

Об'єкт досліджень. Талевий блок.

Метою роботи є вдосконалення конструкції окремих елементів талевої системи бурової установки.

У даній роботі було проведено комплексне дослідження бурової установки з особливим акцентом на талеву систему. У загальній частині обґрунтовано вибір основних параметрів бурової установки та талевої системи, що є ключовими для забезпечення ефективної та безпечної роботи обладнання. Спеціальна частина містить детальний опис конструктивних особливостей талевих систем, а також обґрунтування необхідності їх модернізації. Запропоновані заходи щодо вдосконалення талевих блоків спрямовані на підвищення надійності та довговічності обладнання. Розрахункова частина включає інженерні розрахунки осі та щоки талевого блока, осі кронблока, а також перевірку довговічності підшипників, що підтверджують технічну обґрунтованість запропонованих конструктивних рішень. Розділ, присвячений монтажу та раціональній експлуатації талевих систем, містить рекомендації щодо правильного встановлення та обслуговування, що сприяють продовженню терміну служби обладнання. Таким чином, виконана робота дозволяє підвищити ефективність та надійність бурових установок за рахунок вдосконалення талевих систем, що є важливим кроком у розвитку сучасної бурової техніки.

Ключові слова: бурова установка, талева система, гакоблок, кронблок, талевий канат, шків.

## **ABSTRACT**

Bachelor's thesis by V. I. Shkutyak on the topic "Improvement of the design of individual elements of the rig hoisting system" consists of an explanatory note, laid out on 57 sheets of A4 format, which contains 4 sections, 6 tables, 12 figures, 14 names of sources used, and graphic material with a total volume of 6 sheets of A1 format.

Object of research. Hoisting block.

The purpose of the work is to improve the design of individual elements of the rig hoisting system of the rig.

In this work, a comprehensive study of the rig was conducted with a special emphasis on the hoisting system. The general part substantiates the choice of the main parameters of the rig and hoisting system, which are key to ensuring the effective and safe operation of the equipment. The special part contains a detailed description of the design features of the hoisting systems, as well as a justification for the need for their modernization. The proposed measures to improve the hoisting blocks are aimed at increasing the reliability and durability of the equipment. The calculation part includes engineering calculations of the axis and cheek of the hoisting block, the axis of the crown block, as well as checking the durability of the bearings, which confirm the technical feasibility of the proposed design solutions. The section devoted to the installation and rational operation of hoisting systems contains recommendations for proper installation and maintenance, which contribute to the extension of the service life of the equipment. Thus, the work performed allows to increase the efficiency and reliability of drilling rigs by improving the hoisting systems, which is an important step in the development of modern drilling equipment.

Keywords: drilling rig, hoisting system, hook block, crown block, hoisting rope, pulley.

## З М І С Т

<b>Вступ .....</b>	<b>8</b>
<b>1 Загальна частина.....</b>	<b>11</b>
1.1 Розрахунок основних параметрів та обґрунтування вибору бурової установки і талевої системи .....	11
<b>2 Спеціальна частина .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 Короткий опис особливостей конструкції талевих систем .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 Обґрунтування необхідності та модернізація талевих блоків .....</b>	<b>34</b>
<b>3 Розрахункова частина .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1 Розрахунок осі талевого блока .....</b>	<b>41</b>
<b>3.2 Розрахунок щоки талевого блоку .....</b>	<b>45</b>
<b>3.3 Розрахунок осі кронблока .....</b>	<b>49</b>
<b>3.4 Перевірка довговічності підшипників .....</b>	<b>52</b>
<b>4 Монтаж і раціональна експлуатація талевих систем .....</b>	<b>54</b>
<b>Висновки.....</b>	<b>59</b>
<b>Перелік посилань на джерела.....</b>	<b>60</b>

## **I. Вступ**

Сьогодні Україна належить до енергодефіцитних країн. За обсягами власного видобутку газу, а це близько 20 млрд. куб. м, Україна забезпечує свою потребу лише приблизно на 25%. Власний видобуток нафти покриває приблизно 10 - 12% потреби.

Відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2030 року, схваленій розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. річне споживання нафти буде зростати і в 2030 році має досягнути 23,8 млн. тонн. При цьому видобуток з власних запасів має стабілізуватись на рівні 5,3-5,4 млн. тонн на рік.

У зв'язку із значним дефіцитом потрібно збільшувати пошуково-розвідувальні роботи та використовувати нові технології видобування нафти і газу з метою нарощення запасів та поглиблення вилучення вуглеводнів. Адже при розробці родовищ за традиційними технологіями в надрах залишається від 10 до 30 відсотків газу і понад 50 відсотків нафти та газового конденсату.

Сучасна бурова техніка характеризується різноманітністю агрегатів, обладнання та інструменту, що забезпечує виконання різноманітних операцій під час буріння свердловин. Для бурового обладнання визначальними критеріями працездатності є міцність та витривалість. З метою забезпечення надійності обладнання необхідно вдосконалювати методи експериментальних досліджень, теоретичних розрахунків вузлів і деталей на основі останніх досягнень науки та техніки.

Сучасне оснащення бурових підприємств України установками для буріння є недостатнім з точки зору відповідності їх світовому рівню розвитку цієї техніки і не забезпечує можливість вибору оптимального обладнання для тих чи інших умов буріння. Підприємства змушені використовувати наявні у них установки, які не завжди відповідають техніко-економічним вимогам при бурінні свердловин. У зв'язку з цим невідкладним є питання розробки і виготовлення вітчизняних установок. Ефективність вирішення цієї задачі залежить в значній мірі від аналізу параметрів і конструктивних рішень, досягнутих при розробці і виготовленні установок для буріння свердловин ведучими фірмами світу.

Збільшення глибини буріння свердловин веде до зростання навантажень на елементи спуско-подйомного комплексу. Аварії, які трапляються в бурінні, спричиняють величезні збитки нафтогазовій галузі і різко знижують техніко-економічні показники бурових робіт. В деяких випадках аварії приводять до ліквідації свердловин з технічних причин. При високій аварійності в розвідувальному бурінні на довгий час затримується ввід в експлуатацію нових нафтових і газових родовищ.

Не дивлячись на намічену в останні роки тенденцію до зниження аварійності в бурінні, кількість аварій продовжує залишатися значною і на їх ліквідацію витрачається багато часу і коштів. Необхідно окремо виділити аварії з наземним обладнанням, а особливо з елементами талевої системи. Якщо аварії в свердловині приводять тільки до чисто економічних втрат, то аварії з талевою системою часто приводять до смертельних випадків. Виходячи з цього для збільшення довговічності і надійності роботи обладнання СПК, необхідний їхній правильний вибір по допустимій вантажопідйомності.

Перед науковцями ставляться завдання постійної модернізації обладнання та введення наукових досліджень. Нове удосконалене обладнання дозволяє значно збільшити навантаження на нього і скоротити час на спуско-піднімальні операції за рахунок збільшення швидкості спуску і підйому бурового інструменту, в результаті чого талеві канати зазнають ще більших навантажень.

В курсовому проекті на основі аналізу умов експлуатації, визначених параметрів та проведеного порівняльного аналізу серійних моделей з близькими до визначених параметрами обгрунтовано вибір прототипу та спроектовано комплекс обладнання установки для буріння свердловин глибиною 3600 м. Більш детально розглянуто питання, що до конструктивних схем, принципу роботи вузлів талевої системи, аналізу умов експлуатації швидкозношуваних вузлів і деталей проектного устаткування.

### **Актуальність роботи.**

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є вдосконалення конструкції окремих елементів талевої системи бурової установки.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- проаналізувати особливості конструкції елементів талевих систем;
- обґрунтувати необхідність та вдосконалити окремі елементи талевої системи.

**Об'єкт досліджень.** Талевий блок.

**Предмет дослідження.** Вдосконалення талевого блока.

**Методи дослідження.** Аналітичний методи для збору і обробки інформації.

## 1 Загальна частина

### 1.1 Розрахунок основних параметрів та обґрунтування вибору бурової установки і талевої системи

Створюємо набір індивідуальних вихідних даних згідно геолого-технічного наряду [1] на спорудження свердловини Волощанська глибиною буріння 3600 метрів:

- кінцева глибина буріння  $L_{\text{макс}}=3600$  м;
- мета буріння – експлуатація;
- спосіб буріння – сумісний;
- відомості про компоновку найважчої з бурильних колон: типорозмір застосованих бурильних труб - діаметр, товщина стінки; група міцності – таблиця 1.1;
- відомості про склад найважчої обсадної колони - діаметр, товщина стінки, група міцності труб – таблиця 1.1.

В таблицю 1.1 також виписуємо з літературних джерел [2] погонну масу обсадних труб, бурильних труб і ОБТ усіх використаних згідно ГТН типорозмірів.

Таблиця 1.1 – Відомості про компоновку бурильних і обсадних колон по фазах буріння

№ п/п	Параметри	Інтервал буріння			
		0-40	40-450	450-2030	2030-3600
1	Діаметр обсадних труб	426	324	245	140
2	Довжина обсадних труб	40	450	2030	3600
3	Приведена маса 1 м обсадних труб, кг/м	122,5	95,2	68,7	33,6
4	З'єднання секцій на глибині, м (при умові спуску обсадних колон секціями)	-	-	1000	1900
5	Типорозмір бурильних труб	ТБВК140×11	ТБВК140×11	ТБВК140×11 ТБВК140×10	ТБВК140×11 ТБВК140×10
6	Довжина бурильних труб, м	17	397	300 1634	400 3040
7	Приведена маса 1 м бурильних труб, кг/м	35,8	35,8	35,8 32,9	35,8 32,9

8	Типорозмір обважнених бурильних труб	-	ОБТ203	ОБТ203	ОБТ178
9	Довжина обважнених бурильних труб, м	-	30	73	160
10	Приведена маса 1 м ОБТ, кг/м	-	192	192	156
11	Спосіб буріння	турбобур ЗТСШ-240 (L≈23м)		турбобур ЗТСШ-240 (L≈23м)	роторний
		розширка роторним	розширка роторним		
12	Маса турбобура, кг	5980	5980	5980	-

На рисунку 1.1 представлена конструкція свердловини.

Визначимо вагу бурильних колон, використовуваних у фазах буріння під проміжну (до 2030 м) і під експлуатаційну (до 3600 м) обсадні колони. Вагою бурильної колони, використовуваної для буріння під направлення і кондуктор, знехтуємо, оскільки наперед відомо, що вона менше, ніж вага кожної з зазначених вище колон.

Вага  $G_{бкі}$   $i$ -ої бурильної колони визначається з виразу (1.1) [3]:

$$G_{бкі} = (\sum q_{прі} \cdot l_{бті} + m_{зді}) \cdot g, \quad (1.1)$$

де  $l_{бті}$  - довжина труб  $i$ -ого типорозміру в складі бурильної колони, м;

$q_{прі}$  - погона маса труб  $i$ -ого типорозміру в складі бурильної колони, Н/м;

$m_{зді}$  - маса вибійного двигуна, кг.

Визначаємо вагу бурильної колони по фазах буріння:

$$G_{бк3} = (192 \cdot 73 + 35,8 \cdot 300 + 32,9 \cdot 1634 + 5980) \cdot 9,81 = 828892 \text{ Н};$$

$$G_{бк4} = (156 \cdot 160 + 35,8 \cdot 400 + 32,9 \cdot 3040) \cdot 9,81 = 1331374 \text{ Н}.$$

Проведеним розрахунком встановлено, що більш важкою є бурильна колона, застосовувана в інтервалі 2030-3600 м, для подальших розрахунків приймемо її вагу  $G_{бк \text{ макс}} = 1331 \text{ кН}$ .

Визначимо навантаження на піднімальний комплекс при кріпленні свердловини, що виникають від ваги обсадних колон, що спускаються. Обмежимося розрахунком ваги проміжної і експлуатаційної обсадних колон,

оскільки наперед відомо, що вага направлення і кондуктора менше, ніж вага кожної з зазначених обсадних колон.

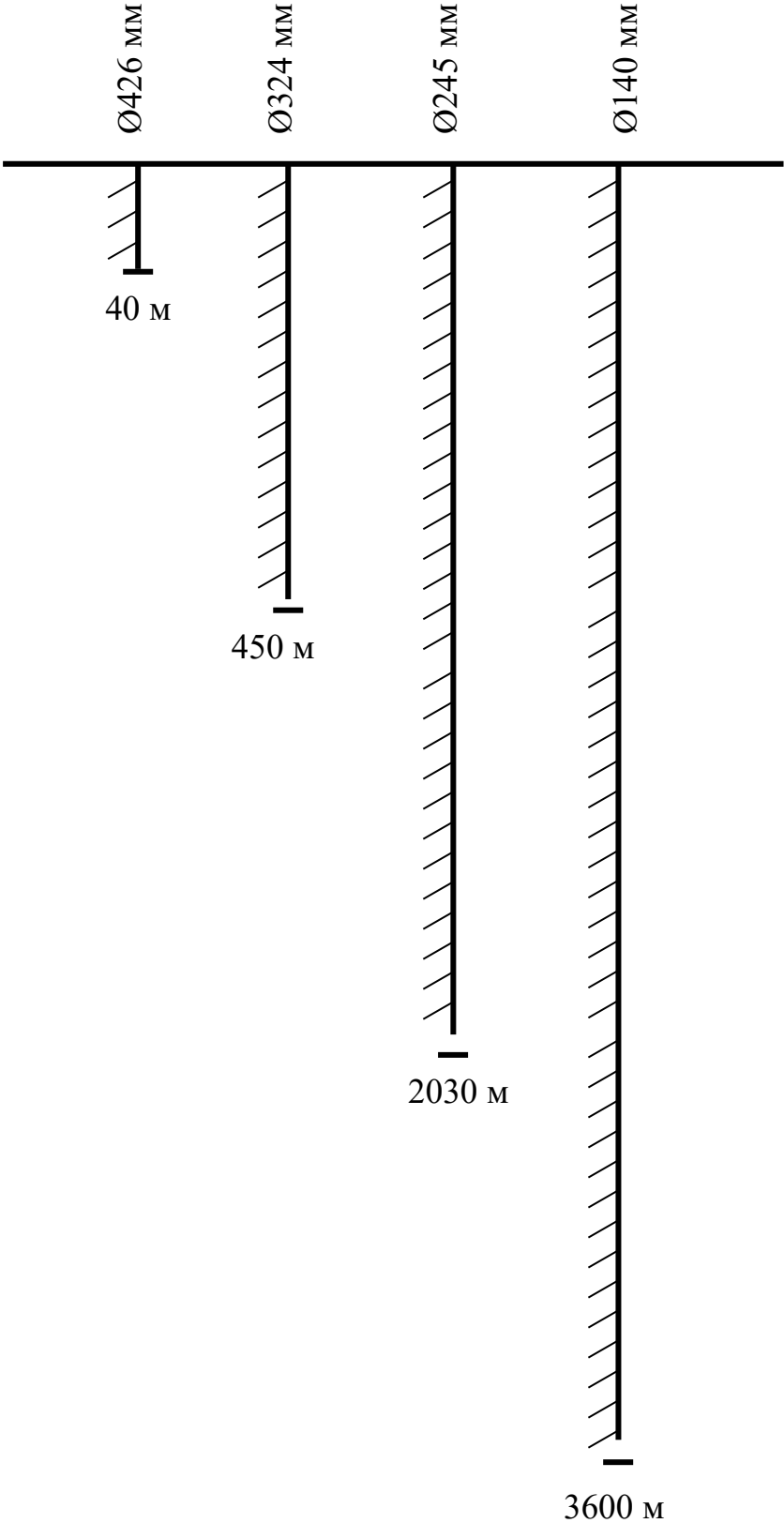


Рисунок 1.1 – Конструкція свердловини згідно ГТН [1]

Вага  $G_{окі}$  перших секцій обсадних колон, створюючих найбільше навантаження на підймальний комплекс, визначаємо за формулою (1.2) [3]:

$$G_{окі} = (q_{окі} \cdot l_{окі} + q_{прі} \cdot l_{бтс}) \cdot g, \quad (1.2)$$

де  $q_{окі}$  - приведена погона маса обсадних труб з врахуванням муфт, кг/м;

$l_{окі}$  - довжина обсадних труб с приведеною погонною масою  $q_{окі}$  в секції обсадної колони, м;

$l_{бтс}$  - довжина бурильних труб с приведеною погонною масою  $q_{прі}$ , що використовуються для спуска першої секції обсадної колони в свердловину, м.

Перші секції обсадних колон згідно ГТН спускаються на бурильних трубах ТБВК140×10, погонна маса яких 32,9 кг/м [2].

Вага першої секції обсадної колони  $\varnothing$  245 мм довжиною 2030-1000=1030 м, що спускається на бурильних трубах довжиною 1600 м:

$$G_{ок3} = (68,7 \cdot 1030 + 32,9 \cdot 1000) \cdot 9,81 = 806196 \text{ Н.}$$

Вага першої секції експлуатаційної обсадної колони довжиною 3600-1900=1700 м, що спускається на бурильних трубах довжиною 1900 м:

$$G_{ок4} = (33,6 \cdot 1700 + 32,9 \cdot 1900) \cdot 9,81 = 1140609 \text{ Н.}$$

В такий спосіб встановлено, що найбільші навантаження при кріпленні виникають від ваги 1-ої секції експлуатаційної обсадної колони. Для подальших розрахунків приймаємо їх рівними  $G_{ок.макс} = 1141 \text{ кН}$ .

Визначаємо найбільше розрахункове навантаження  $P_{розр}$  на підйомний гак бурової установки [3]:

- з умови забезпечення можливості обриву прихопленої бурильної колони:

$$P_{розр1} \geq P_{р бк}, \quad (1.3)$$

де  $P_{p_{бк}}$  - найбільше розривне зусилля для бурильних труб усіх типорозмірів, які входять до складу найважчої бурильної колони;  $P_{p_{бк}}=3220$  кН для ОБТ-178 [2].

$$P_{розр1} \geq 3220 \text{ кН};$$

- з умови забезпечення можливості обриву прихопленої обсадної колони:

$$P_{розр2} \geq P_{зр_{ок}}, \quad (1.4)$$

де  $P_{зр_{ок}}$  - найбільше зрушуюче зусилля для обсадної труби найбільшого діаметра з найтовщою стінкою, виготовленої зі сталі найвищої групи міцності, зі складу обсадних колон, які утворюють конструкцію свердловини;  $P_{зр_{ок}}=2860$  кН для обсадних труб 426×12Д [2].

$$P_{розр2} \geq 2860 \text{ кН};$$

- з умови забезпечення можливості маніпулювання найважчою бурильною колоною [3]:

$$P_{розр3} \geq k_{збк} \cdot G_{бк}, \quad (1.5)$$

де  $k_{збк}$  - коефіцієнт запасу, що приймається при розрахунках  $P_{доп}$  за вагою бурильної колони:  $1,67 \leq k_{збк} \leq 2,0$ ; за відсутності ускладнень приймаємо  $k_{збк}=1,8$  [3].

$$P_{розр3} \geq 1,8 \cdot 1331=2396 \text{ кН};$$

- з умови забезпечення можливості маніпулювання найважчою обсадною колоною:

$$P_{розр4} \geq k_{зок} \cdot G_{ок}, \quad (1.6)$$

де  $k_{зок}$  - коефіцієнт запасу, що приймається при розрахунках  $P_{доп}$  за вагою обсадної колони:  $1,15 \leq k_{зок} \leq 1,60$ ; приймаємо  $k_{зок} = 1,4$  [3];

$$P_{розр4} \geq 1,4 \cdot 1141 = 1597 \text{ кН.}$$

Визначаємо нормативну величину допустимого навантаження  $P_{доп} = 2500$  кН, встановлену стандартом ГОСТ 16293-89 для бурових установок з умовною глибиною буріння  $L_{ум} \geq L_{макс}$ , при цьому приймаємо найближче більше до  $L_{макс} = 3600$  м значення  $L_{ум} = 4000$  м.

Утворюємо впорядкований варіаційний ряд із одержаних описаним вище чином чисельних значень  $P_{доп}$ , - 3220; 2860; 2396; 1597 кН. Середнє значення  $(3220 + 2860 + 2396 + 1597) / 4 = 2518$  кН. Як бачимо ряд більш-менш однорідний і середнє значення близьке до нормативного значення допустимого навантаження на гак бурової установки  $P_{доп} = 2500$  кН, яке і приймаємо остаточно для вибору класу бурової установки.

При  $L_{ум} = 4000$  м і  $P_{доп} = 2500$  кН клас БУ згідно ГОСТ 16293-89 [6] – шостий.

Для установок 6-го класу згідно ГОСТ 16293-89 [6] регламентовані наступні показники піднімального комплексу: максимальна кратність оснащення талевої системи  $u_{тс} = 10$  ( $5 \times 6$ ), діаметр талевого каната  $d_k = 32$  мм.

Визначимо допустиме навантаження на кронблок з умови [3]:

$$P_{кб} = P_{доп} (u_{тс} + 2) / u_{тс}, \quad (1.7)$$

де  $u_{тс}$  - максимальна кратність оснастки талевої системи;

$$P_{кб} = 2500 (10 + 2) / 10 = 3000 \text{ кН.}$$

Визначаємо вагу  $G_p$  рухомих частин талевої системи і її коефіцієнт корисної дії  $\eta_{тс}$ :  $G_p = 100$  кН;  $\eta_{тс} = 0,85$  для 6-го класу БУ.

Знаходимо максимальне діюче навантаження розтягу на талевий канат в тяговій його вітці з виразу [3]:

$$P_{\text{ТВ}}=(P_{\text{Гдоп}}+G_p)/(u_{\text{Гс}}\cdot\eta_{\text{Гс}})=(2500+100)/(10\cdot 0,85)=247 \text{ кН}, \quad (1.8)$$

Обчислюємо потрібну розрахункову агрегатну міцність - розривне зусилля талевого каната в цілому, користуючись рівнянням:

$$R_p \geq P_{\text{ТВ}} \cdot [k]=247 \cdot 2=594 \text{ кН}, \quad (1.9)$$

де  $[k]$  - мінімальний допустимий коефіцієнт запасу міцності каната на розтяг, встановлений нормами безпеки праці,  $[k] = 2$ .

Вибираємо за обчисленим значенням  $R_p=594$  кН талевий канат діаметра  $d_k=32$  мм, виготовлений з дротин з границею міцності на розтяг  $\sigma_p=1600$  МПа, з агрегатною міцністю  $R_a=639,3$  кН, і масою погонного метра  $m=4,15$  кг. Умовне позначення вибраного каната за ГОСТ 16853-88 [5]

Канат І-32-1600 – ГОСТ 16853-88.

Вибираємо типорозмір канатних шківів для комплектування талевої системи Шк-1000-32, записуємо діаметр  $D_{\text{ш}}=1000$  мм вибраного шківа по дну жолоба під канат.

Фактичний коефіцієнт  $k$  запасу міцності вибраного каната з урахуванням лише його розтягу з виразу:

$$k = R_a / P_{\text{ТВ}}=639,3/247=2,59, \quad (1.10)$$

що більше за нормативний  $[k]=2$ , отже канат вибраний вірно.

Обчислюємо уточнену величину фактичного коефіцієнта запасу міцності вибраного каната з урахуванням його згину і спрацювання за формулою Б.С.Ковальського [3]:

$$k_{\text{УТ}} = k_0 / j + 250 \cdot (d_k / D_{\text{ш}})^2 = 2 / 0,8 + 250 \cdot (32 / 1000)^2 = 2,756, \quad (1.11)$$

де  $k_o$  - коефіцієнт запасу міцності нового талевого каната. При виконанні наближених розрахунків приймається  $k_o = 1,9 - 2,0$ ;

$j$  - коефіцієнт, яким враховується втрата міцності талевим канатом внаслідок його спрацювання. При чинних нормативах відбраковування для талевих канатів бурових установок  $k_o = 0,8$ .

Оцінюємо виконаний вибір талевого каната і канатних шківів за величиною модуля роботоздатності  $C_\phi$ , обчисливши його з виразу (1.12), та порівнявши з нормативним значенням  $[C]$

$$C_\phi = (R_a \cdot D_{ш}) / (P_{ТВ} \cdot d_k) = (639,3 \cdot 1000) / (247 \cdot 32) = 65,3 \leq [C] = 150. \quad (1.12)$$

Умова виконується.

Нормативна величина  $[C]$  приймається рівною 100 при визначенні  $P_{ТВ}$  за навантаженням від ваги найважчої бурильної колони і  $[C] = 150$ , коли  $P_{ТВ}$  віднайдено за навантаженням, що відповідає величині  $P_{гдоп}$  [3].

В таблиці 1.2 приведені технічні характеристики бурових установок 6-го класу з близькими параметрами.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики бурових установок

Модель і модифікація БУ	Країна виробник	Допустиме навантаження на гак, кН	Умовна глибина буріння, м	Загальна встановлена потужність головного привода, кН	Висота підторної основи, м
БУ 40002500 ДГУ-Т	Росія	2500	4000	1852	6,2
НБО 3Д	Росія	2250	4000	1656	4,6
НБО 4Е	Росія	2250	4000	1900	4,6
БУ 4000 Д1	Росія	2250	4000	1656	6,2
БУ 4000 Е1	Росія	2250	4000	1900	6,2
1000 E Dow*	США	2445	4270	2540	-
800 GD*	США	2540	3700	2170	-
F200 EC	Румунія	2000	4000	2800	5,0

\* Умовні позначення виробників бурових установок: Dow – “Dreco-Oilwell”; GD – “Gardner Denver”

Вибираємо серійну модель бурової установки 6-го класу згідно ГОСТ 16293-89 [6]. При цьому користуємося наступними міркуваннями:

- для буріння пошукових і розвідувальних свердловин вибираємо установку з автономним приводом (дизельгідравлічним або дизельелектричним);
- підйомний комплекс установок вище 6-го класу оснащується комплексом АСП;
- кліматичне виконання бурової установки повинно відповідати кліматичним умовам регіону, в якому споруджується свердловина за ГТН;
- перевага надається моделям бурових установок з найповнішою заводською комплектністю.

Вибираємо бурову установки БУ 4000/2500 ДГУ-Т.

Комплектність даної бурової установки:

- |                   |  |
|-------------------|--|
| - лебідка бурова  | ЛБУ-1100   |
| - насос буровий   | УНБ-600А   |
| - ротор           | Р-700  |
| - кронблок        | УКБ-6-320  |
| - талевий блок    | УТБК – 5 - 250   |
| - вертлюг         | УВ-250   |
| - вишка           | ВМР-45×250   |
| - головний привод | лебідки, ротора і насосів – груповий<br>4 силових агрегати СА-10-1V2 |

Бурова установка з дизель-гідравлічним приводом БУ 4000/2500ДГУ-Т з допустимим навантаженням на гаку 2500 кН призначена для буріння експлуатаційних і розвідувальних свердловин на нафту і газ умовною глибиною 4000 метрів в умовах з тропічним кліматом, кліматичне виконання установки "Т" категорія 1 по ГОСТ 15150-69.

Конструкція бурової установки передбачає універсальну монтажоздатність залежно від способу транспортування. Для захисту від дощу і сонця передбачені навіси над приводом силовим з трансмісією і над лебідкою. Комплект устаткування представляє єдину систему, пов'язану між собою необхідними комунікаціями і управлінням. Маса установки 700 тонн.

В комплект поставки входить бурове устаткування, яке може бути замінене на устаткування, виготовлене за стандартом API.

Згідно характеристики БУ талева система складається з кронблока, талевого блока, талевого каната діаметром 32 мм, пристосування для кріплення і перепуску талевого каната. Далше приведено схеми конструкцій цих основних елементів, опис принципу їх роботи.

Талевий блок складається з двох секцій – тришківної 5 і двошківної 8, які з'єднані рамою 7, що має в центрі жолоб для направлення талевого блока при переміщенні вздовж свічки. Канатні шківни встановлені на підшипниках кочення на осях, які закріплені в щоках кожної секції. Для попередження випадання каната із жолобів шківів секції з боків і знизу захищені кожухами 9.

Кожна секція складається з осі, на якій встановлені шківни, що обертаються на двох роликотпідшипниках з циліндричними роликами. Між підшипниками на осі встановлені розпірні кільця, а в маточині шківни – розрізне пружинне кільце. З однієї сторони кільце (внутрішнє) підшипника впирається в бурт на осі, а з іншої затягується гайкою, яка стопориться шайбою з вусиком. Для захисту підшипників від забруднення і збереження в них мастила з торців шківів впритул до зовнішніх кілець підшипників встановлюються захисні диски, випадання яких попереджується розкернуванням торця маточини шківни по внутрішньому діаметру.

Для змащування підшипників, встановлених на шківни, в осі відповідно до числа шківів виконані поздовжні глухі свердління, які мають радіальний вихід на циліндричну поверхню до розпірних кілець. З обох торців в поздовжніх отворах встановлені пружинні мастильниці. На внутрішньому діаметрі розпірного кільця знаходиться проточка з отворами для виходу мастила до підшипників. Між кільцями створюється порожнина, заповнена консистентним мастилом, запасу якого вистачить на тривалий час.

В нижній частині шік закріплені дві паралельні осі 10, які жорстко з'єднують секції і одночасно служать для підвіски в середній частині траверси 3. В траверсі встановлений упорний кульковий підшипник 4, на який опирається

стакан 11. На стакан за допомогою двох валиків 12, які мають посадку з натягом, підвішена скоба 1. До цієї скоби можуть підвішуватися штропи автоматичного елеватора чи штропи елеватора для ручного розставлення свічок, а також спеціальна підвіска з вертлюгом. Переміщення валиків 12 попереджається планками, закріпленими на скобі 1. Через отвір в стакані 11 під час спуску-підйому талевого блока проходить колона бурильних труб.

Для зручності роботи з бурильними трубами різних діаметрів в стакан вставляють перевідну втулку 2, яку кріплять болтами до нижнього торця скоби підвіски. Скоба підвіски в нижньому положення стопориться замком 13.

Для забезпечення паралельності шків і рівномірного їх затягування на осі і в торці верхньої траверси встановлюються регулювальні прокладки.

Кожний шків повинен бути так змонтований на підшипниках, щоб він міг вільно обертатися незалежно від обертання сусідніх шківів; в той же час він не повинен зміщуватися вздовж осі під дією осьових навантажень, що притискають канат до реборд.

Кронблок. Кронблок складається з п'яти зварних балок, виготовлених з прокату високої якості, зварених між собою.

Секції шківів закриваються кожухами, які кріпляться за допомогою затискачів. Для запобігання вискакуванню каната з жолоба шківа зазор між шківками і кожухом не перевищує 0,15 діаметра каната.

На торцях осей кронблока є отвори для подачі мастила в кожен пару підшипників, на яких змонтовано канатний шків. Через тавотниці, поздовжні і радіальні отвори в осі мастило подається ручним насосом в порожнину між кільцями і підшипниками шківа.

На зварній роз'ємній рамі в роз'ємних опорах встановлені трьох, двох і одношківні секції. Кожний шків монтується на осі на двох роликотопідшипниках. Шківки виготовляються з зносостійкої марганцевої сталі, жолоб шківів під канат гартують струмом високої частоти. Мастилоутримуючі кільця на маточинах кожного шківа захищають підшипники від забруднення і утримують мастило.

Між підшипниками сусідніх шківів на осі є розпірні кільця, завдяки яким виключається тертя маточин сусідніх шківів, які обертаються з різною частотою. Між зовнішніми кільцями роликотопідшипників в маточинах шківів встановлюються різні пружинні кільця, а на осі — розпірні кільця з проточкою і отворами для виходу мастила до підшипників.

Механізм кріплення нерухомої струни талевого каната, поряд з основним своїм призначенням, забезпечує спосібність і швидкість заміни і перепуску талевого каната. Приспосіблення складається з зварного корпусу, барабана з обоймою та важелем і тумби.

Зусилля натягу талевого каната намагається повернути барабан пристрою навколо осі. Утримуючою ланкою цієї системи є важіль барабана, який впирається в датчик ваги, закріплений в тумбі.

Ексцентричне кріплення барабана викликано зменшенням крутного моменту і відповідно довжини важіля при певному тиску на месдозу датчика ваги. Тиск на датчик ваги передається показуючому реєстраційному приладу контрольного пульта бурильщика в одиницях ваги інструмента.

Тумба кріпиться до основи болтами і може переміщуватись вздовж важіля при зміні оснастки талевої системи. При роботі без датчика ваги важіль барабана впирається в спеціальну планку, що кріпиться в тумбі.

Обойма встановлена на барабані на кулькових підшипниках і зафіксована на ньому стопором. При перепуску чи зворотньому перемотуванні талевого каната обойма розкріплюється.

## 2 Спеціальна частина

### 2.1 Короткий опис особливостей конструкції талевих систем

Талевий механізм або талева системи — вантажонесуча частина бурової установки являє собою поліспаст, який складається з кронблоку і талевого блоку, які обгинаються сталевим канатом. Талевий блок оснащений гаком або автоматичним елеватором для підвішування бурильної колони і обсадних труб. Навантаження підвішеного вантажу розподіляється між робочими струнами канату, число яких визначається числом шківів талевого блоку і кронблоку. Талева система дозволяє зменшити зусилля в канаті від ваги вантажу, який піднімається. За рахунок цього пропорційно збільшується довжина каната, що намотується на барабан при підніманні вантажу на задану висоту.

Талеві механізми монтується на вищі бурових установок і мають такі характерні особливості [8]:

- талевий блок з гаком розміщуються над гирлом свердловини у вільно підвішеному стані і переміщуються в вертикальному напрямку, строгому по осі свердловини;

- висота підйому гака обмежується висотою вишки і безпекою спуско-підіймальних робіт;

- діаметри шківів і габарити інших вантажонесучих органів вибирають з врахуванням поперечних розмірів бурової вишки;

- з метою контролю діючих навантажень і підтримування в процесі буріння заданого осьового навантаження на долото талеві механізми обладнуються датчиками і контрольно-вимірювальними приладами;

- діючі навантаження і швидкості спуско-підіймальних операцій змінюються в широкому діапазоні залежно від глибини свердловини і довжини колони труб.

Основні параметри обладнання талевої системи: вантажопідйомність; кратність оснастки; діаметр талевого каната; діаметр шківів [8].

Оснащення талевої системи бурових установок характеризується тим, що обидва кінці талевого канату збігають з кронблока, один з яких кріпиться до

барабана бурової лебідки і називається ходовим або тяговим, а другий (нерухомий) – до механізму кріплення нерухомої вітки на металічній основі вишкового блоку. При намотуванні каната на барабан талевий блок з гаком підтягується до нерухомого кронблоку. При спуску талевого блоку канат розмотується з барабана, який обертається в зворотному напрямку зв'язані з талевим блоком і кронблоком однією ходовою струною, і тому кратність оснащення талевої системи бурових установок рівна числу робочих струн каната. Так як інший кінець талевого каната нерухомий і тому неробочий, кратність оснащення талевої системи бурових установок незалежно від числа шківів талевого блоку і кронблоку є парним числом, рівним подвоєному числу шківів талевого блоку.

Існують дві основні схеми оснастки талевої системи: паралельна і хрестова.

При паралельній оснастці талевий канат послідовно захоплює шківів кронблока і талевого блоку і рухома струна каната сходить на барабан лебідки з крайнього шківів кронблока, а нерухома струна направлена з другого крайнього нерухомого шківів кронблока [8].

Більш раціональною є схема оснастки, при якій вісь талевого блоку і кронблока розташовані у взаємно перпендикулярних площинах, а рухома струна сходить із шківів, саме ближче розташованого до площини симетрії барабана лебідки. Хрестова оснастка ліквідує розхитування талевого блоку при підйманні не завантаженого елеватора, запобігає скручування талевої системи, забезпечує правильну навивку каната на барабан лебідки. При заправці каната в талевий механізм потрібно застосовувати хрестову схему оснастки, яка забезпечує найкращі умови експлуатації талевих канатів [8].

Талевий блок є конструкцією, в якій група шківів, по яких проходить талевий канат і які вільно обертаються, змонтована на осях на підшипниках. Осі закріплюються в щоках. По числу осей і їх кріпленню талеві блоки бувають чотирьох видів – співвісні, одновісні, багатовісні і комбіновані [9].

В таблиці 2.1 представлена технічна характеристика талевих блоків з близькими до знайдених в п.1 параметрами.

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики талевих блоків

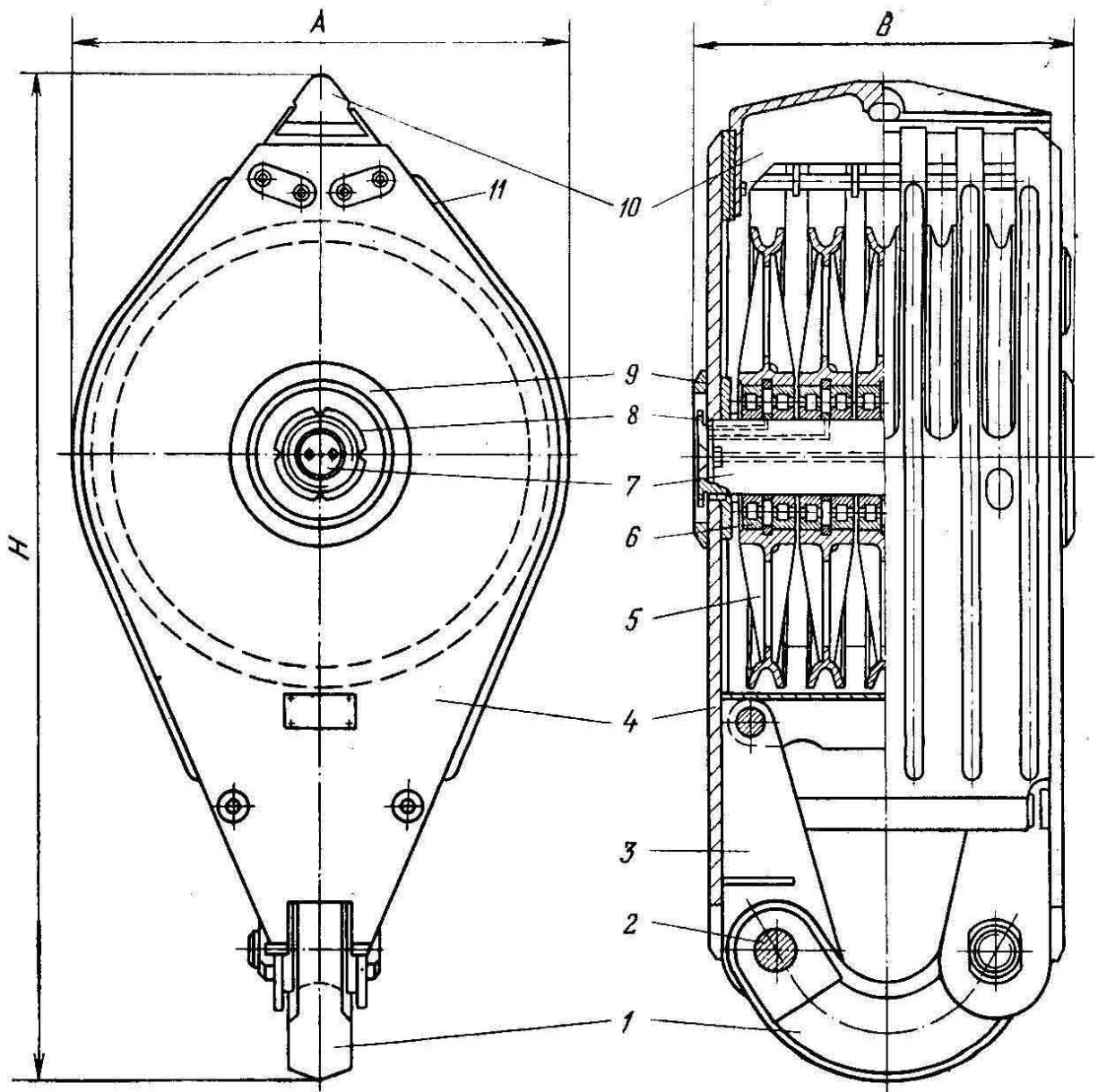
Показник	Модель талевого блока					
	УТБА-5-200	УТБ-5-225	УТБА-6-250	У4-300	А-250	РА-35-5-250ТВ
	Уралмашзавод, Росія				Нешнл Ойлвелл, США	ЕМСКО, США
Максимальне навантаження, МН	2,0	2,25	2,5	3,0	2,27	2,5
Число шківів	5	5	6	6	5	5
Діаметр шківа по дну жолоба, мм	1,14	1,0	1,14	1,38	0,914	0,914
Діаметр каната, мм	32	32	32	38	28,6	28,6
Діаметр осі шківів, мм	220	220	220	260	152	165
Габарити, мм						
ширина по щоках	1,45	0,97	1,27	1,92	0,96	1,016
ширина по осі	1,36	1,17	1,41	1,57	0,63	0,641
висота	2,63	2,22	2,57	3,17	1,8	1,956
Маса, т	7,3	3,2	6,7	10,3	3,05	2,78

Односекційний талевий блок УТБ-5-225 (рис. 2.1) складається з двох щік 4 з привареними накладками 9, які виготовлені із сталюого листа. Щоки, які з'єднуються траверсою 10 і двома болтовими стяжками, утворюють раму талевого блока. Між траверсою і стяжками в щоках є розточка для осі 7 шківів. Вісь кріпиться в щоках двома гайками 8, які зафіксовано від відгвинчування стопорною планкою.

Шківів 5 на осі талевого блока встановлюються на підшипниках кочення 6.

Для запобігання вискакування каната із жолобів шківів на стяжках закріплений нижній кожух. З зовнішньої сторони шківів закриваються кожухами 11 з прорізами у верхній частині, які призначені для виходу каната.

Кожухи талевого блока виготовляються штампованими з листового прокату. На нижніх витягнутих кінцях щік попарно приварено чотири кронштейни, в яких є отвори для осей, ними з'єднують щоки з сергою 1. Серга талевого блоку заводиться під штроп гака і кріпиться в отворах кронштейнів за допомогою пальців. Підшипники змащуються через пружинні мастильніці та отвори в осі шківів.



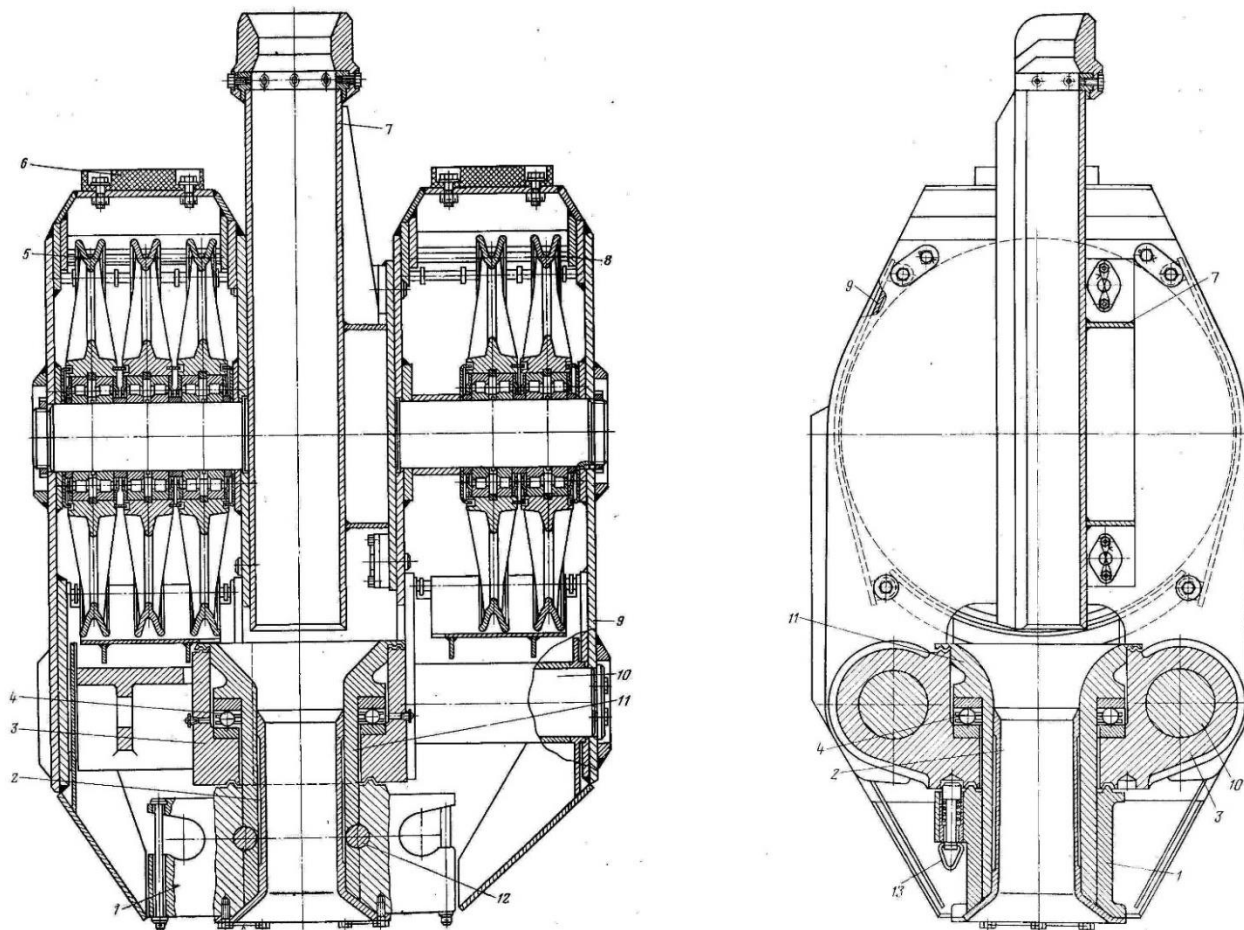
- 1 - серга; 2 - палець; 3 - кронштейн; 4 - щока бічна; 5 - шків;  
 6 - роликопідшипники; 7 - вісь; 8 - гайка; 9 - кільце запобіжне;  
 10 - траверса верхня; 11 - кожух

Рисунок 2.1 - Талевий блок п'ятишківний одновісний УТБ-5-225  
 із співвісним розміщенням канатних шківів

На рисунку 2.2 показаний п'ятишківний талевий блок типу УТБА-5-200 [5].

Він складається з двох секцій – тришківної 5 і двошківної 8, які з'єднані у верхній частині рамою 7, що має в центрі жолоб для направлення талевого блока при переміщенні вздовж свічки. Шківів встановлені на підшипниках кочення на осях, які закріплені в щоках кожної секції.

Для попередження випадання каната із жолобів канатних шківів секції з боків і знизу захищені кожухами 9. В нижній частині щік закріплені дві паралельні осі 10, які жорстко з'єднують секції і одночасно служать для підвіски в середній частині траверси 3. В розглядуваній конструкції є додатковий кожух для захисту від можливих ударів і гумовий буфер, на який при підйомі талевого блоку лягає центратор комплексу АСП.



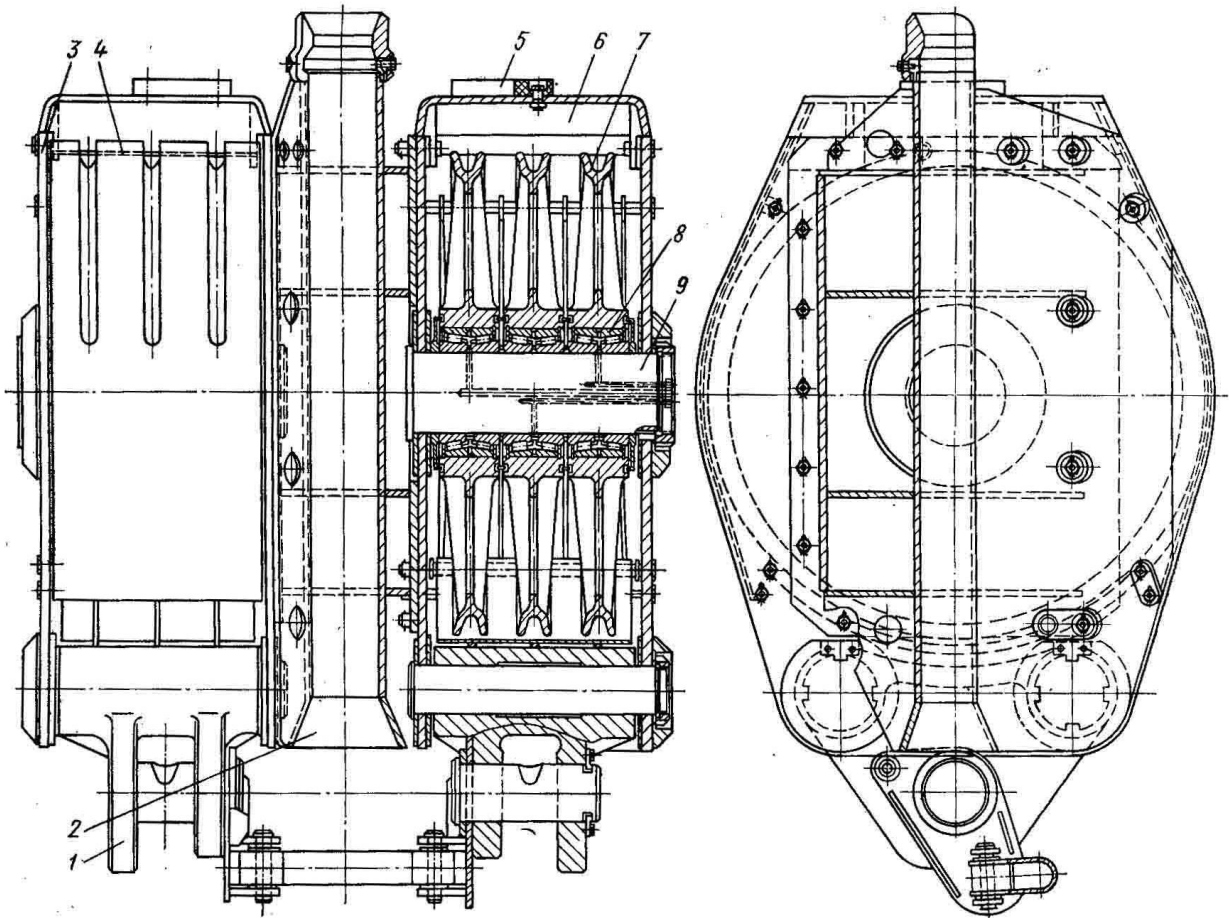
1 – скоба; 2 – втулка перевідна; 3 – траверса; 4 – підшипник кульковий; 5 – секція тришківна; 6 – буфер гумовий; 7 – рама; 8 – секція двошківна; 9 – кожух; 10 – вісь; 11 – стакан; 12 – валик; 13 - замок

Рисунок 2.2 – П'ятишківний талевий блок УТБА-5-200

Талевий блок УТБА-6-250 аналогічний описаному за конструкцією з тією відмінністю, що замість розпірної втулки на другій секції встановлений ще один шків. Завдяки цьому збільшується вантажопідйомність талевого блоку, але одночасно зростає його маса.

Талевий блок У4-300 (рисунок 2.3) застосовують в бурових установках вантажопідйомністю 3000 кН. Він призначений для роботи з комплексом

механізмів АСП-V (в цьому випадку до нього підвішується автоматичний елеватор), а також для ручного розташування свічок (в цьому випадку – трирогий гак).



1 - підвіска елеватора; 2 - жолоб з напрямним розтрубом; 3 - щока; 4 - кожух;  
 5 - буфер гумовий; 6 - траверса; 7 - шків; 8 - підшипник конічний роликовий;  
 9 - вісь

Рисунок 2.3 - Талевий блок двосекційний шестишківний У4-300

Талевий блок складається з двох тришківних секцій шківів 7, з'єднаних рамою, яка має в центрі жолоб з напрямним розтрубом 3, з вирізом для повздовжнього направлення талевого блока при переміщенні по свічці. Для направлення (по свічці) при спуску талевого блока в процесі підйому колони в трубі 2 зверху є знімна головка, а знизу – конус. Знімну головку замінюють в залежності від діаметра труб. Щоки 3 кожної секції з'єднані в нижній частині двома осями, а в верхній – траверсою 6. На осях підвішені потужні елеваторні підвіски 1 з провушинами, в яких встановлені валики. На осях щік

встановлюються спеціальні підвіски з вушками для стропів автоматичного елеватора або трирогого гака. До валиків підвішують штропи автоматичного елеватора або трирогого гака. Тришківні секції з боків і знизу захищені кожухами 4, які захищають талевий канат від випадання із жолобів шківів.

Для талевого блока А-250 американської фірми Нешнл Ойлвелл [6] технічні параметри нормуються у відповідності з методикою Американського нафтового інституту (API) - за границею плинності. Маса даного талевого блока достатня для швидкого спуску під дією власної ваги. Метал, що використовується для виготовлення шківів та інших деталей, підібраний з розрахунку на тривалу безаварійну роботу. Основні конструктивні елементи даного талевого блока такі ж, як і в розглянутих вище п'ятишківних російських моделях.

Талевий блок RA-35-5-250ТВ американської фірми Continental Emsco [6] також нормується по методиці API. Даний талевий блок легко оснащується талевим канатом, збалансований. Шківви виготовлені суцільними. Жолоби шківів зміцнені гартуванням, що забезпечує високу зносостійкість. Шківви встановлені на конусних роликотідшипниках, які однаково добре витримують як осьові, так і радіальні навантаження, так що немає необхідності у встановленні окремих упорних підшипників, упорних шайб і накладок. Даний талевий блок має мастильну втулку, яка може встановлюватися з любого боку, тому блок можна обертати і при цьому мастильна набивка залишається доступною з робочої платформи в любому випадку. У верхній частині конструкції встановлюється пружний гумовий бампер. Це дозволяє уберегти талевий блок від ударних навантажень і пошкоджень у випадку затягування його в кронблок.

На основі вище викладеного сформулюємо вимоги, які ставляться до конструкції талевих блоків [8]:

– талевий блок повинен мати мінімальні габаритні розміри, особливо в поперечному перерізі, оскільки він рухається всередині вежі в просторі між пальцями магазинів з бурильними свічками і повинна бути забезпечена мінімальна безпечна відстань між блоком і елементами вежі;

– масу талевого блока на відміну від інших механізмів не слід прагнути зменшувати, оскільки від маси рухомої частини талевої системи залежить

щільність намотування каната на барабан лебідки при підйомі порожнього елеватора. Маса талевого блока також впливає на швидкість спуску порожнього елеватора: чим більше маса, тим швидше розгін;

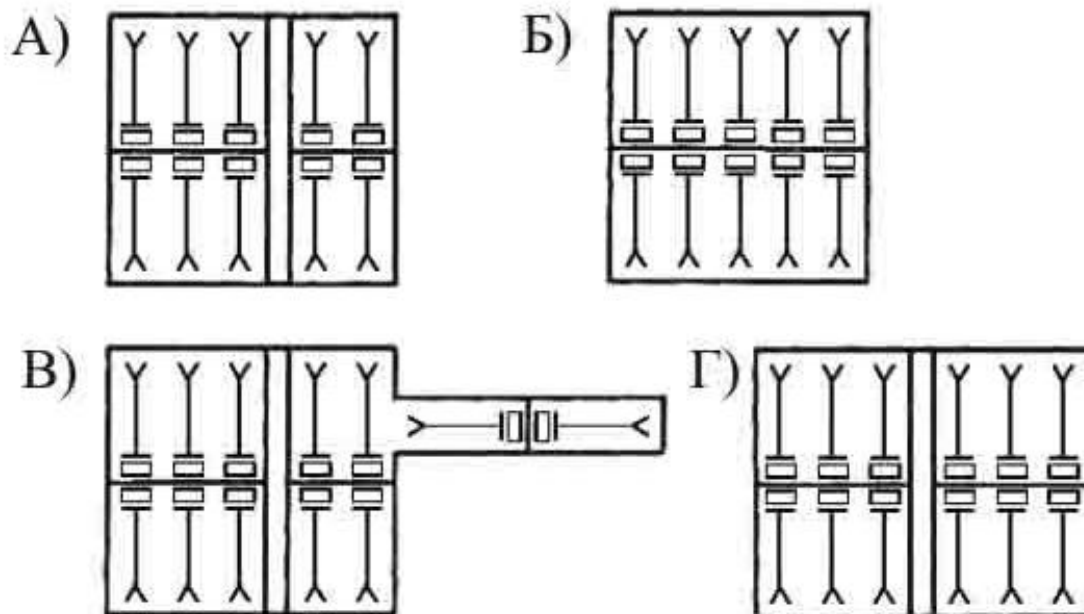
– збірку вісь-шків талевих блоків слід виконувати однотипної конструкції. Розміри шківів, осей, підшипників і інших деталей повинні бути уніфіковані для кожного типорозміру блоків, щоб забезпечити взаємозамінність.

При конструюванні талевих блоків слід прагнути зменшувати відхилення каната від середньої осі жолоба шківа для зниження зносу, що досягають зменшенням загальної ширини талевого блока по осі.

На закінчення аналізу конструкцій талевих блоків сформулюємо наступні висновки. Талеві блоки УТБ-5-200, А-250 та РА-35-5-250ТВ в якості прототипу не підходять, оскільки розраховані на ручну розстановку свічок. Талевий блок У4-300 має великі габаритні розміри, особливо по ширині. В якості прототипу вибираємо талевий блок УТБА-5-200, в якому вище розглянуті недоліки відсутні. Однак число шківів в проектуваному блоці буде на один менше.

Кронблок – складова вантажонесучої частини бурової установки, яка разом з талевим блоком являє собою поліспаст, шків якого огинаються талевим канатом. Кронблок є нерухомою частиною талевого механізму і встановлюється на наголовнику бурової вишки.

Конструкції кронблоків розрізняються за числом шківів, вантажопідйомністю, і за конструктивною схемою. Конструктивні схеми кронблоків показані на рисунку 2.4.



а, г) – співвісна з проміжними опорами осей; б) – одновісна з двома зовнішніми опорами; в) - комбінована

Рисунок 2.4 – Конструктивні схеми кронблків

За числом осей і їх кріпленням кронблочки конструюють чотирьох видів – співвісні; одновісні; багатовісні і комбіновані. В одновісних конструкціях всі блоки розташовуються на одній, а в співвісних на декількох нерухомих співвісних осях, підшипники монтуєть на ступицях шківів. В багатовісних конструкціях осі виконують неспіввісними і обертовими разом зі шківами в підшипниках, змонтованих в корпусах, закріплених на рамі. Перевагу мають одновісні конструкції, які мають меншу масу і габарити. Комбінованими виконуються тільки кронблочки для забезпечення більш зручного розташування ведучої вітки поза габаритами щогли. Співвісні кронблочки за конструкцією осей і опор можна виконувати трьохопорними, одновісні – двохопорними і багатоопорними.

В таблиці 2.2 представлені технічні характеристики серійних моделей кронблків російського та американського виробництва з близьким до розрахованого допустимим навантаженням.

Кронблок УКБА-6-250 виконаний за конструктивною схемою В (рис.2.4). На рисунку 2.5 показаний трьохсекційний кронблок з неспіввісним розміщенням секцій, який відрізняється тим, що ходовий шків 1 знаходиться на окремій опорі

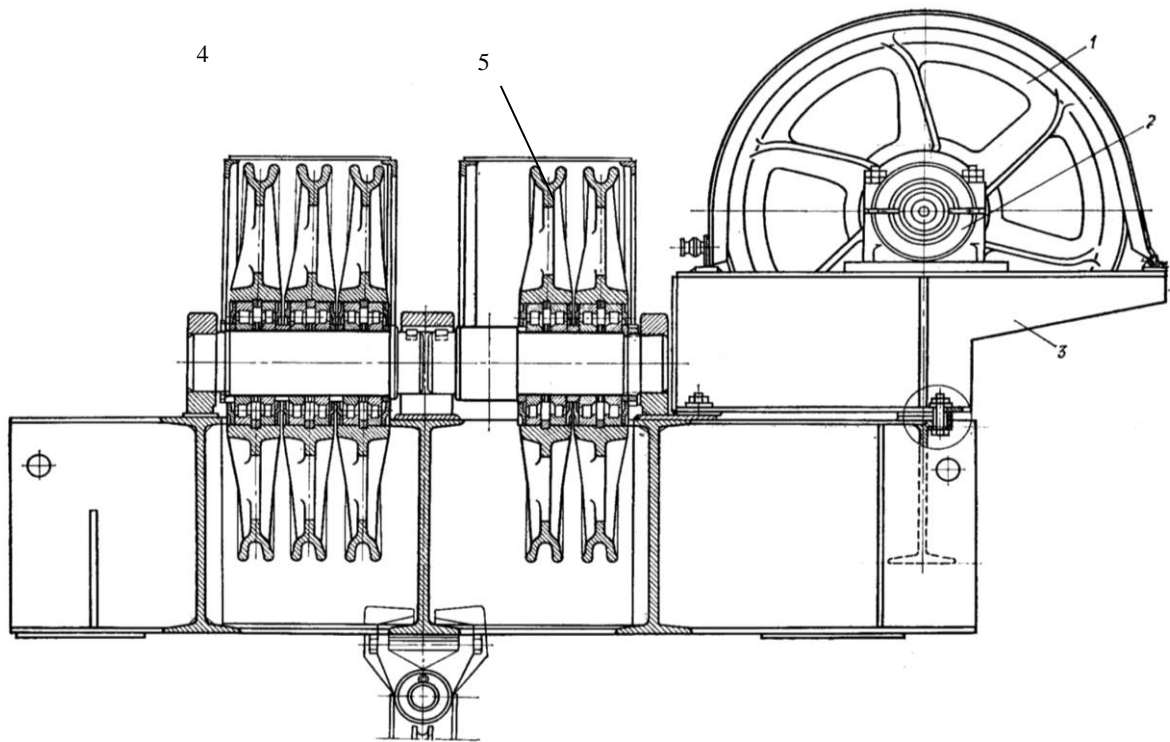
2, встановленій на верхній полиці рами 3. Такий кронблок застосовують в щоглових вишках А-подібної форми в установках з буровою лебідкою, розташованою нижче помосту бурової, для попередження зачеплення ферми щогли або при використанні механізмів АСП.

Таблиця 2.2 – Основні технічні характеристики кронблоків

Показник		Модель кронблока			
		УКБА- -6-250	УКБ- -6-270	УКБА- -6-320	РА-44-6- 350СВ
		Уралмашзавод, Росія			ЕМСКО, США
Максимальне навантаження, МН		2,5	2,7	3,2	3,17
Число шківів		6	6	6	6
Зовнішній діаметр шківа, м		1,25	1,12	1,25	1,118
Діаметр каната, мм		32	32	32	32
Діаметр осі шківів, мм		220	220	220	203
Габаритні розміри, м	ширина	1,89	1,32	2,08	0,987
	ширина по осі	4,37	2,32	4,1	2,286
	висота	2,78	1,44	2,95	1,292
Маса, т		5,8	3,4	6,0	2,798

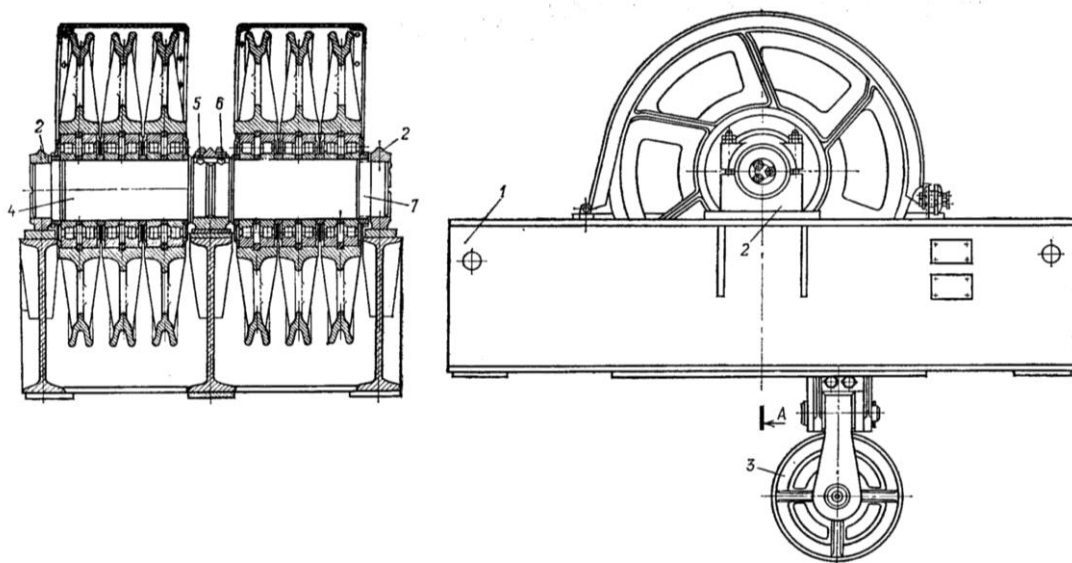
Для підвищення вантажопідйомності шківів монтуються на подвійних підшипниках з конічними роликами.

Кронблок УКБ-6-270 виконаний за конструктивною схемою Г (рис.2.4). Це шестишківний співвісний кронблок з трьома шківками на кожній осі (рисунок 2.6). Його шківки мають найменший діаметр з представлених в таблиці 2.2, що дозволяє максимально зменшити його масу. Однакове число шківків на осях дозволяє з метою підвищення довговічності шківків і підшипників міняти їх місцями.



1- шків ходовий; 2 - опора; 3 – рама; 4 – секція тришківна; 5 – секція двошківна

Рисунок 2.5 – Кронблок УКБА-6-250



1-рама; 2, 5-опора; 3-підвісний блок; 4, 7- секція шківів

Рисунок 2.6 – Кронблок УКБА-6-270

Кронблок-може бути використаний для застосування з вишками баштової конструкції і розрахований на ручну та механізовану (з допомогою механізмів АСП) розстановку свічок. Крім цього кронблок має підвісний шків, який

використовується для допоміжних робіт. Це в свою чергу збільшує масу і габарити та ускладнює конструкцію.

Кронблок УКБА-6-320 виконаний за конструктивною схемою В (рис.2.4). Кронблок має три секції. Тришківна і двошківна секції розташовані співвісно. Одношківна встановлюється на рамі кронблока перпендикулярно до решти секцій. Кронблок має підвісні допоміжні блоки.

Кронблок RA-44-6-350CB американської фірми ЕМСКО [10] відрізняється міцністю, легко оснащується талевим канатом, збалансований. Шківни виготовлені суцільними, включаючи ребра. Жолоби шківів зміцнені гартуванням, що дозволяє забезпечити максимальний опір спрацюванню. Шківни встановлені на конічних роликотпідшипниках, які однаково добре витримують як осьові, так і радіальні навантаження, так що немає необхідності у встановленні окремих упорних підшипників, упорних шайб і накладок. Кронблок в типовій комплектації оснащується допоміжним шківом типу «С» для роботи з канатом допоміжної лебідки. Додатково кронблок також може бути укомплектований шківнами типу «D» або «DS» (поворотний) для тартального каната і шківном типу «В» для роботи з канатом допоміжної лебідки, усі названі шківни змонтовано на роликотвих підшипниках.

Проаналізувавши переваги і недоліки розглянутих моделей кронблоків, визначимо основні критерії для вибору прототипу:

- за числом шківів він повинен бути шестишківний;
- за конструктивною схемою розрахований на автоматичну розстановку свічок;
- габарити кронблока вибираються з врахуванням поперечних розмірів бурової вишки
- маса кронблока повинна бути мінімальна для зменшення навантаження на бурову вишку.

Остаточно в якості прототипу вибираємо кронблок УКБА-6-250

## **2.2 Обґрунтування необхідності та модернізація талевих блоків**

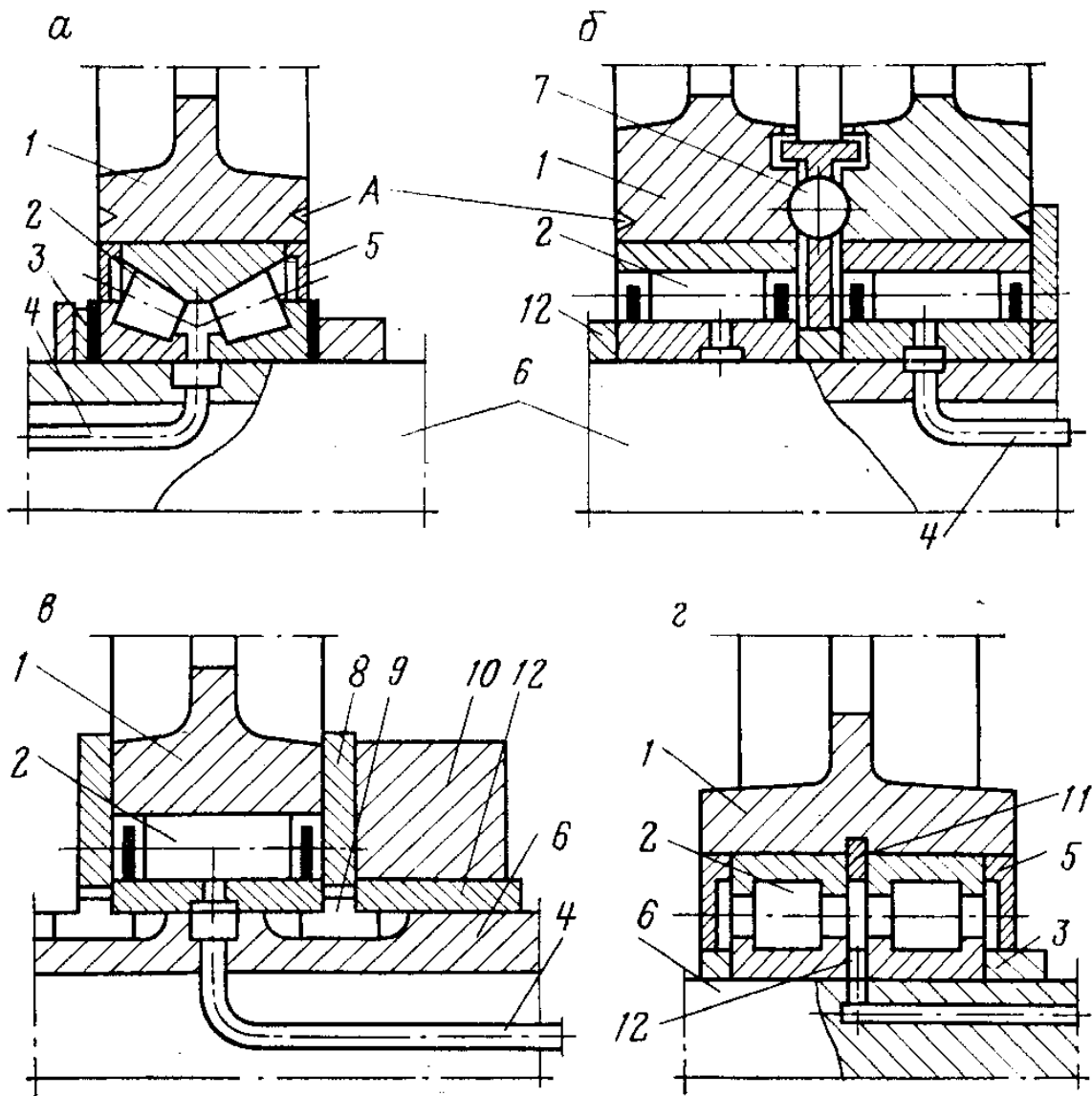
Після вибору основних розмірів шківів і підшипників розробляють конструкцію основних елементів блоків. Як вказувалося, ширина маточини шківів визначається шириною змонтованих в ній підшипників, тому слід прагнути робити її не ширше за зовнішній обід шківів. В приведених вище конструкціях талевих блоків ця задача розв'язана невдало.

На рис.2.7 показані вдалі рішення монтажу шківів на порожнистій осі великого діаметра при мінімальній ширині маточини. При великому діаметрі осі вдається розмістити більш вузький підшипник кочення, з більшою статичною вантажопідйомністю і довговічністю. Ширина маточини в цьому випадку рівна ширині шківів по ребордам жолоба.

Такий варіант дозволяє отримати меншу ширину секції і вісь великої міцності. При порожнистій осі можна підводити мастило до кожного підшипника по індивідуальному трубопроводу. Розточування одного отвору великого діаметра значно простіше за свердлення декількох довгих отворів малого діаметра для мастила. Якщо діаметр підшипника не перевищує  $0,3D_{ш}$ , то швидкість руху тіл кочення буде завжди в допустимих межах, тобто до 10 м/с [9].

Монтаж шківів на конічних роликотпідшипниках (рис.2.7, а) найбільш вдалий, оскільки конічний підшипник сприймає радіальне і осьове навантаження. Монтаж шківів на циліндричних роликотпідшипниках вимагає застосування або упорних кулькових підшипників (рис. 2.7, б), або упорних бронзових кілець (рис. 2.7, в).

Для забезпечення рівномірності спрацювання бігових доріжок внутрішніх кілець підшипників і для полегшення монтажу декількох підшипників на довгій осі одного діаметра слід вибирати такі посадки підшипників, які б забезпечили можливість невеликого провертання внутрішнього кільця на осі (один - два оберти за один рейс). Оскільки талеві системи працюють в досить напружених умовах, то до точності виготовлення і якості матеріалів пред'являють підвищені вимоги.



а-подвійний конічний роликopідшипник; б-одинарний радіальний роликовий і кульковий упорний підшипники; в-одинарний радіальний роликopідшипник з упорним підшипником ковзання; г-два радіальних роликopідшипника з буртами;

1-шків; 2-роликopідшипник; 3, 12-дистанційні кільця; 4-трубка змащувальна; 5-шайба; 6-вісь; 7-шарикopідшипник упорний; 8-шайба упорна; 9-шпонка; 10-опора; 11-кільце пружинне

Рисунок 2.7 - Конструктивна схема монтажу шківів на осі

Осьове биття шківa допускається не більше 1 мм, а радіальне — не більше 0,5 мм на діаметрі 1000 мм. Відхилення осі профілю жолоба від середньої площини допускається не більше 1,5 мм, а різностінність реборд—не більше 2 мм. Виготовлення і приймання слід здійснювати відповідно до вимог правил для вантажopідйомних машин.

Виходячи з аналізу умов роботи і вищевикладеного аналізу конструкцій існуючих талевих блоків, приймемо як прототип для проектування двохсекційний талевий блок УТБА-5-200. Підшипники під шківками приймаємо за схемою, показаною на рисунку 2.7,а.

Збірка вісь-шківки талевого блоку і кронблоку необхідно виконати однотипної конструкції. Розміри шківків, осей, підшипників і інших деталей повинні бути уніфікованими, щоб забезпечити взаємозамінність. Такі фактори, як монтаж, змащування і технічне обслуговування, створюють значний вплив на ресурс підшипника.

Основні вимоги, яким повинні відповідати ці механізми, - надійність і найменші розміри по довжині осі для забезпечення необхідного мінімального простору на вищці для проходу талевого блоку; крім того, чим менша довжина осі, тим менше напруження згину в ній за інших рівних умов.

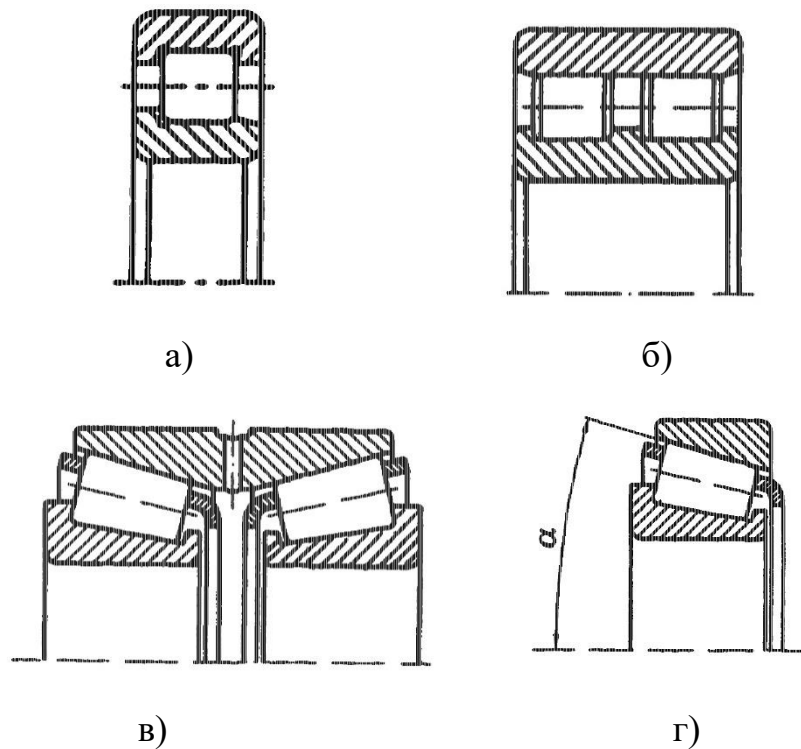
При великому діаметрі осі доцільно виготовляти її пустотілою. При пустотілій осі можна підводити мастило до кожного підшипника по трубці. На виході з осі кінці трубок фіксуються в кришці, яка в свою чергу за допомогою гвинтів кріпиться до торця осі. В такому варіанті розточування одного отвору великого діаметра по центру осі значно простіше свердління на всій довжині отворів малого діаметра для змащування.

Шківки і підшипники кронблоків зношуються нерівномірно. Досвід показує, що найбільшого зношення зазнають підшипники і канавки шківки, який обгинається ходовою струною талевого канату, і сусідніх з ним швидкообертливих шківків.

В розглянутих в п. 2 конструкціях талевих блоків і кронблоків залежно від вантажопідйомності шківки встановлюють на однорядних (рис. 2.8, а) або двохрядних (рис. 2.8, б) підшипниках з короткими циліндричними роликами або здвоєних підшипниках з конічними роликами (рис. 2.8, в). Останні мають загальне зовнішнє кільце і два внутрішні.

Радіальні підшипники не мають можливість сприймати осьове навантаження, яке виникає при притисканні талевого каната до реборд шківків при експлуатації кронблоку чи талевого блоку. В цьому випадку необхідне

застосування додаткових кулькових упорних підшипників або упорних бронзових кілець.



- а – радіальний роликовий з короткими циліндричними роликами однорядний;  
б - радіальний роликовий з короткими циліндричними роликами двохрядний;  
в – радіально-упорний з конічними роликами двохрядний;  
г – радіально-упорний з конічними роликами однорядний

Рисунок 2.8 – Підшипники, що використовуються в секціях шківів

Двохрядні радіально-упорні підшипники з конічними роликами володіють більшою вантажопідйомністю, але вони складні у виготовленні і відповідно значно дорожчі.

У вдосконаленій конструкції пропоную використати для кожного шківа по два однорядні радіально-упорні підшипники з конічними роликами (рис. 4.2, г). Радіально-упорні підшипники з конічними роликами призначені для сприйняття комбінованого радіально-осьового навантаження. Для дохсторонньої фіксації осі однорядні підшипники встановлюються попарно.

При виборі типорозміру стандартного підшипника необхідно враховувати наступні фактори:

- наявний простір;

- величину навантаження;
- величину перекосу;
- точність обертання;
- частоту обертання;
- жорсткість;
- величину осьового зміщення;
- особливість монтажу і демонтажу;
- наявність внутрішніх ущільнень.

В залежності від типу підшипника попередній натяг може бути радіальним або осьовим. Однорядний радіально-упорний підшипник з конічними роликками, як правило, монтується разом з іншим однотипним підшипником по О-подібній чи Х-подібній схемі. Основний ефект попереднього натягу підшипників полягає в наступному:

- збільшується жорсткість вузла;
- зменшується рівень шуму;
- збільшується точність обертання посадженої деталі;
- компенсуються процеси зносу і змінання деталей в процесі експлуатації;
- збільшується термін служби підшипника.

Попередній натяг може виражатися у вигляді сили чи відстані, хоча основним технічним параметром є зусилля попереднього натягу. В залежності від способу регулювання попередній натяг побічно впливає на момент тертя в підшипнику.

Регулювання підшипникового вузла – це встановлення заданих величин внутрішнього зазору підшипника чи попереднього натягу підшипникового вузла. Осьове регулювання радіально-упорних підшипників створюється шляхом осьового зміщення одного з кілець підшипника відносно іншого на відстань, яка відповідає силі попереднього натягу.

Існують дві основні групи методик регулювання, в основі яких лежать різні принципи: індивідуальне регулювання і групове регулювання. При індивідуальному регулюванні кожний підшипниковий вузол регулюється окремо за допомогою гайок, регулювальних прокладок, розпирних втулок,

деформуємих втулок тощо. Перевага індивідуального регулювання полягає в тому, що окремі деталі вузла можуть виготовлятися по нормальним допускам, при цьому величина необхідного попереднього натягу може бути встановлена з достатньою степінню точності.

В розглянутих конструкціях талевих блоків і кронблоків застосовуються нерегульовані підшипники. В нерегульованих підшипниках з часом утворюється зазор і це явище прогресує. Шків починає бити, відповідно спрацьовується жолоб шківа і талевий канат. Це обмежує термін служби як шківів так і каната. Тому виникає необхідність усунення даного явища. В цьому випадку доцільно використовувати регульовані підшипники.

Запропоноване вдосконалення полягає в застосуванні регульованих опор шківів. Між підшипниками сусідніх шківів на осі є розпірні кільця, завдяки яким виключається тертя маточин сусідніх шківів, які обертаються з різною частотою. Між зовнішніми кільцями роликотопідшипників в маточинах шківів встановлюються розрізні пружинні кільця, а на осі — розпірні кільця з проточкою і отворами для виходу мастила до підшипників. З однієї сторони кільце (внутрішнє) підшипника впирається в бурт на осі, а з іншої зтягується регульовальною гайкою, яка стопориться стопорною шайбою з вусиком. Під регульовальну гайку на осі нарізається різьба М200 з кроком 3,0. При монтажі вузла гайка зтягується до шайби упору в торець підшипника. Для регулювання зазору послаблюємо регульовальну гайку на  $\frac{1}{4}$  оберти, при цьому між підшипниками встановлюється зазор величиною  $0,75/6=0,125$  мм. Цей зазор достатній для нормальної експлуатації шківів. При зносі підшипників необхідно дотягнути регульовальну гайку і відгвинтити її на  $\frac{1}{4}$  оберта назад для поновлення необхідного зазору.

Змащування підшипників здійснюється по трубках, які встановлені всередині осі. Дане вдосконалення дозволяє підвищити термін служби секції шківів.

## 3 Розрахункова частина

### 3.1 Розрахунок осі талевого блоку

Вихідними даними для проведення розрахунку є (див. п.1): максимальне навантаження на гаку  $P_{\Gamma} = 2500$  кН; вага рухомих частин талевої системи (тальблока, гака, каната)  $G_{пч} = 100$  кН; кратність оснастки талевої системи  $иtc=10$ , матеріал осі сталь 40Х ГОСТ 4543-81, термообробка – нормалізація.

При підйомі колони найбільший натяг виникає у тяговій вітці каната, найменший – в нерухомій. Максимальний натяг каната визначений в розділі 1  $P_{хк}=247$  кН.

Визначаємо натяг нерухомого кінця талевого каната

$$P_{нк} = (P_{кр} + G_{пч}) \cdot \frac{(\beta - 1)}{\beta \cdot (\beta^n - 1)} = (2500 + 100) \cdot \frac{(1,03 - 1)}{1,03 \cdot (1,03^{10} - 1)} = 178,4 \text{ кН.}$$

(3.1)

Визначаємо натяг струн талевого каната

$$\begin{aligned} S_1 &= P_{хк}/\beta = 247/1,03 = 239,8 \text{ кН}; S_2 = S_1/\beta = 239,8/1,03 = 232,8 \text{ кН}; \\ S_3 &= S_2/\beta = 232,8/1,03 = 226,0 \text{ кН}; S_4 = S_3/\beta = 226,0/1,03 = 219,5 \text{ кН}; \\ S_5 &= S_4/\beta = 219,5/1,03 = 213,1 \text{ кН}; S_6 = S_5/\beta = 213,1/1,03 = 206,9 \text{ кН}; \\ S_7 &= S_6/\beta = 206,9/1,03 = 200,8 \text{ кН}; S_8 = S_7/\beta = 200,8/1,03 = 194,9 \text{ кН}; \\ S_9 &= S_8/\beta = 241,5/1,03 = 189,2 \text{ кН}; S_{10} = S_9/\beta = 189,2/1,03 = 183,7 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Талевий блок має дві осі, на одній з яких посаджені два канатних шківів, а на іншій три. Розрахункова схема осі талевого блоку показана на рисунку 3.1. Тут А і В – опори осі талевого блоку;  $P_1, P_2, \dots, P_5$  – зусилля, що діють на канатні шківів талевого блоку;  $R_A, R_B$  – реакції, що виникають в опорах;  $l_1$  – відстань між вертикальними осями симетрії канатних шківів,  $l_1 = 150$  мм;  $l_2$  – відстань між опорою і вертикальною віссю симетрії канатного шківів,  $l_2 = 100$  мм.

Визначаємо зусилля, що діють на осі талевого блоку

$$P_1 = S_1 + S_2 = 239,8 + 232,8 = 472,6 \text{ кН};$$

$$P_2 = S_3 + S_4 = 226,0 + 219,5 = 445,5 \text{ кН};$$

$$P_3 = S_5 + S_6 = 213,1 + 206,9 = 420 \text{ кН};$$

$$P_4 = S_7 + S_8 = 200,8 + 194,9 = 395,7 \text{ кН};$$

$$P_5 = S_9 + S_{10} = 189,2 + 183,7 = 372,9 \text{ кН}.$$

Максимальні згинаючі моменти будуть діяти на осі з трьома шківками при дії максимальних зусиль. Визначаємо реакції  $R_A$  і  $R_B$ .

Взявши суму моментів щодо опори В, визначимо реакцію  $R_A$ .

$$\Sigma M_B = 0;$$

$$-R_A \cdot 2 \cdot (l_1 + l_2) + P_1 \cdot (2l_1 + l_2) + P_2 \cdot (l_1 + l_2) + P_3 \cdot l_2 = 0.$$

$$R_A = (P_1 \cdot (2l_1 + l_2) + P_2 \cdot (l_1 + l_2) + P_3 \cdot l_2) / (2 \cdot (l_1 + l_2)) =$$

$$= (472,6 \cdot (2 \cdot 150 + 100) + 445,5 \cdot (150 + 100) + 420 \cdot 100) / (2 \cdot (150 + 100)) = 848,1 \text{ кН}.$$

Взявши суму моментів щодо опори А, визначимо реакцію  $R_B$ .

$$\Sigma M_A = 0;$$

$$-R_B \cdot 2 \cdot (l_1 + l_2) + P_3 \cdot (2l_1 + l_2) + P_2 \cdot (l_1 + l_2) + P_1 \cdot l_2 = 0.$$

$$R_B = (P_3 \cdot (2l_1 + l_2) + P_2 \cdot (l_1 + l_2) + P_1 \cdot l_2) / (2 \cdot (l_1 + l_2)) =$$

$$= (420 \cdot (2 \cdot 150 + 100) + 445,5 \cdot (150 + 100) + 472,6 \cdot 100) / (2 \cdot (150 + 100)) = 809 \text{ кН}.$$

$$\text{Перевірка: } R_A + R_B = P_1 + P_2 + P_3,$$

$$848,1 + 809 = 472,6 + 445,5 + 420;$$

Умова виконується:  $1657,1 \text{ кН} = 1657,1 \text{ кН}$ .

Визначаємо згинаючі моменти. В перерізі А і В  $M_A = M_B = 0$ .

Згинаючий момент у перерізі дії сили  $P_1$

$$M_{P1} = R_A \cdot l_2 = 848,1 \cdot 10^3 \cdot 100 = 84810 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Згинаючий момент в перерізі дії сили  $P_2$

$$M_{P2} = R_A \cdot (l_1 + l_2) - P_1 \cdot l_1 = 848,1 \cdot 10^3 \cdot (150 + 100) - 472,6 \cdot 10^3 \cdot 150 = 124230 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Згинаючий момент в перерізі дії сили  $P_3$

$$M_{P3} = R_B \cdot l_2 = 809 \cdot 10^3 \cdot 100 = 80900 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

В такий спосіб максимальний згинальний момент діє в перерізі дії сили  $P_2$  і

дорівнює  $M_{\max} = M_{P_2} = 124230 \cdot 10^3 \text{ Н}\cdot\text{мм}$ .

Момент опору вала при згині (екваторіальний) рівний

$$W = \pi \cdot d^3 / 32 = 3,14 \cdot 220^3 / 32 = 1045365 \text{ мм}^3, \quad (3.2)$$

де  $d$  – діаметр осі талевого блока,  $d = 220 \text{ мм}$ .

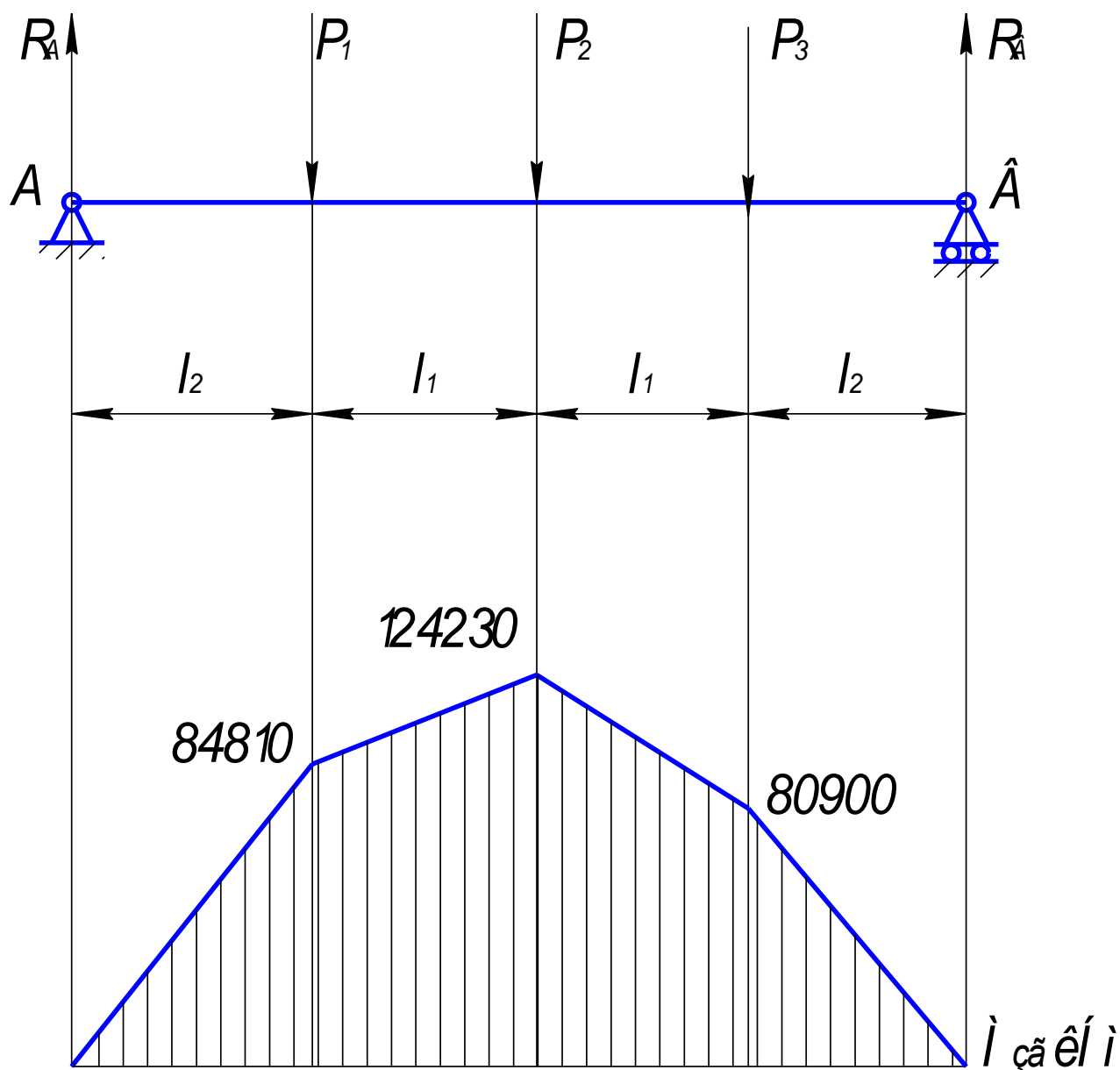


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема і епюра згинаючих моментів розрахункової осі талевого блока

Коефіцієнт запасу міцності при розрахунку на витривалість при пульсуючому циклі (коефіцієнт асиметрії циклу  $r_\sigma=0$ )

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a (k_{\sigma D} + f_{\sigma})}. \quad (3.3)$$

Коефіцієнт запасу міцності при розрахунку на статичну міцність при пульсуючому циклі (коефіцієнт асиметрії циклу  $r_{\sigma}=+1$ )

$$s_{\sigma} = \frac{\sigma_B}{\sigma_{3T}}. \quad (3.4)$$

Для матеріалу осі сталь 40Х ГОСТ 4543-81, термообробка – нормалізація визначаємо механічні властивості:

- границя міцності  $\sigma_B = 780$  МПа;
- границя текучості  $\sigma_T = 650$  МПа;
- $\sigma_{-1} = 0,47 \cdot \sigma_B = 0,47 \cdot 780 = 367$  МПа.

Напруження згину в найбільш небезпечному перерізі осі

$$\sigma_{3T} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{124230 \cdot 10^3}{1045365} = 118,8 \text{ МПа}. \quad (3.5)$$

Амплітуда напружень

$$\sigma_a = \frac{M_{3T}}{W} \cdot \frac{1 - r_{\sigma}}{2} = \frac{124230 \cdot 10^3}{1045365} \cdot \frac{1 - 0}{2} = 59,4 \text{ МПа} \quad (3.6)$$

Коефіцієнт впливу амплітуди циклу

$$k_{\sigma D} = \frac{k_{\sigma} + k_{\text{пов}} - 1}{\varepsilon \cdot \beta} \cdot k_{\sigma} = \frac{2,07 + 1,21 - 1}{0,58 \cdot 1} \cdot 0,5 = 1,97,$$

де  $k_{\sigma}$  - ефективний коефіцієнт концентрації напружень; для осі з поперечним отвором  $k_{\sigma} = 2,07$  [11];

$k_{\text{пов}}$  – коефіцієнт, враховуючий стан поверхні;  $k_{\text{пов}} = 1,21$  [11];

$\varepsilon$  - масштабний фактор;  $\varepsilon = 0,58$  [12];

$\beta = 1$  – коефіцієнт зміцнення поверхні;

$k_e^\sigma$  - коефіцієнт еквівалентності; для осей талевої системи  $k_e^\sigma = 0,5$  [11];

Коефіцієнт впливу середнього напруження циклу  $f_\sigma = 0,98$  для сталі при  $\sigma_B = 780$  МПа [11].

Тоді за формулами (3.4) і (3.5)

$$n_\sigma = \frac{367}{59,4 \cdot (1,97 + 0,98)} = 2,1; \quad s_\sigma = \frac{650}{118,8} = 5,47.$$

Допустимі значення коефіцієнтів запасу для осей талевої системи [11]

$$[n] = 1,7$$

$$[s] = 3,5.$$

Умови міцності при розрахунку на витривалість і статичний згин виконуються, оскільки  $n_\sigma = 2,1 > [n] = 1,7$  та  $s_\sigma = 5,47 > [s] = 3,5$ .

### 3.2 Розрахунок щоки талевого блоку

Вихідні дані: навантаження на щоку  $P = 848,1$  кН, матеріал щоки – сталь Ст.5 ДСТУ 14637-95, межа міцності  $\sigma_B = 500$  МПа. Дані для розрахунку (див. рисунок 3.2):  $R = 600$  мм;  $r = 210$  мм;  $d = 220$  мм;  $R_1 = 240$  мм;  $r_1 = 210$  мм;  $d_1 = 200$  мм;  $\delta = 20$  мм;  $\delta_1 = 25$  мм.

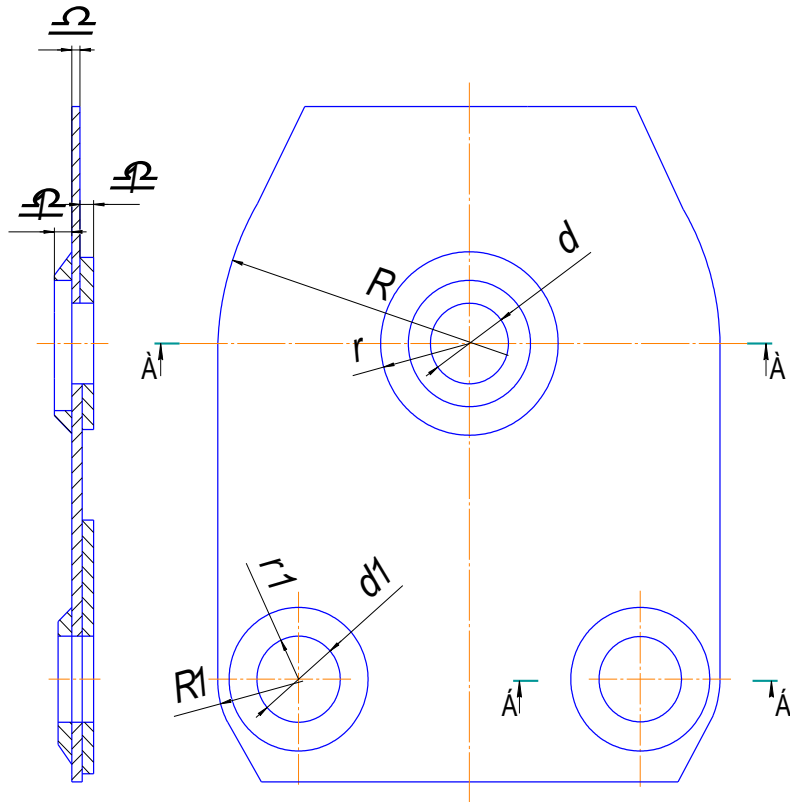


Рисунок 3.2 – Щока талевого блоку

Щоки розраховуються на міцність при розтягу, зминанні, питомому тиску і максимальній розтягуючому напруженню по формулі Ляме.

Розглянемо переріз А—А. Розрахунок міцності на розтяг ведемо по формулі

$$\sigma_p = P / F, \quad (3.7)$$

де  $P$  — зусилля, діюче на щоку,  $P = 848,1 \cdot 10^3 \text{ Н}$ ;

$F$  — площа поперечного перерізу

$$F = (2R - d)\delta + 2(2r - d)\delta_1 = (2 \cdot 600 - 220) \cdot 20 + 2 \cdot (2 \cdot 210 - 220) \cdot 25 = 29600 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_p = 848,1 \cdot 10^3 / 29600 = 28,7 \text{ МПа}.$$

Визначаємо дійсний коефіцієнт запасу міцності

$$K = \sigma_{op} / \sigma_p, \quad (3.8)$$

де  $\sigma_{op}$  — границя втоми при пульсуючому циклу навантажень. Для сталі Ст.5  $\sigma_{op} = 0,5 \cdot \sigma_B = 0,5 \cdot 500 = 250$  МПа [10].

$$K = 250 / 28,7 = 8,7.$$

Таким чином, коефіцієнт запасу міцності на розтяг в цьому перерізі виходить досить великим.

Розрахунок міцності на зминання

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{d \cdot (\delta_1 + \delta)} = \frac{848100}{220 \cdot (25 + 20)} = 85,7 \text{ МПа.} \quad (3.9)$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності на зминання.

$$K = \sigma_{ocm} / \sigma_{cm}, \quad (3.10)$$

де  $\sigma_{ocm}$  — границя міцності на зминання.

Для сталі Ст.5  $\sigma_{ocm} = 1,5 \cdot \sigma_p = 1,5 \cdot 250 = 375$  МПа [6]. Тоді

$$K = 375 / 85,7 = 4,4,$$

що більше допустимого [1,5].

Розрахунок міцності на максимальні напруження розтягу по формулі Ляме. Для цього розрахунку розглядаємо щоки з товщиною стінок  $\delta_1 = 25$  мм, тому що вони найбільше піддаються цим напруженням. Вважаємо, що обидві щоки несуть навантаження  $P/2$ , тоді одна щока (посилуюча) несе навантаження  $P_1 = P/2 = 848100/2 = 424050$  Н.

Формула Ляме має наступний вид:

$$\sigma_{\max} = q \cdot \frac{r^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}{r^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad (3.11)$$

де  $q$  — інтенсивність питомого тиску.

$$q = \frac{P_1}{d \cdot \delta_1} = \frac{424050}{220 \cdot 25} = 77,1 \text{ МПа.} \quad (3.12)$$

$$\sigma_{\max} = 77,1 \cdot \frac{210^2 + \left(\frac{220}{2}\right)^2}{210^2 - \left(\frac{220}{2}\right)^2} = 135,4 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності

$$K = \frac{\sigma_{\text{осм}}}{\sigma_{\max}} = \frac{375}{135,4} = 2,8,$$

що входить в допустимі границі [1,5].

Переріз II—II. Міцність цього перерізу розраховуємо аналогічно. На розтяг:

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{P}{F} = \frac{P}{(2R_1 - d_1) \cdot \delta + 2(2r_1 - d_1) \cdot \delta_1} = \\ &= \frac{848100}{(2 \cdot 220 - 200) \cdot 20 + 2(2 \cdot 210 - 200) \cdot 25} = 53,7 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

$$K = \sigma_{\text{оп}} / \sigma_p = 250 / 53,7 = 4,7.$$

На зминання

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P}{d_1 \cdot (\delta_1 + \delta)} = \frac{848100}{200 \cdot (20 + 25)} = 94,2 \text{ МПа.}$$

$$K = \sigma_{\text{осм}} / \sigma_{\text{см}} = 375 / 94,2 = 3,98.$$

На максимальне розтягуюче напруження

$$q = \frac{P_1}{d_1 \cdot \delta_1} = \frac{424050}{200 \cdot 25} = 84,8 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{\max} = q \cdot \frac{r_1^2 + \left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{r_1^2 - \left(\frac{d_1}{2}\right)^2} = 84,8 \cdot \frac{210^2 + \left(\frac{200}{2}\right)^2}{210^2 - \left(\frac{200}{2}\right)^2} = 134,5 \text{ МПа.}$$

$$K = \frac{\sigma_{\text{осм}}}{\sigma_{\max}} = \frac{375}{134,5} = 2,79,$$

що більше допустимого.

Допустимий коефіцієнт запасу міцності для даного розрахунку повинний бути не нижче 1,5 [11]. Розрахунок на міцність завершений.

### 3.3 Розрахунок осі кронблока

Матеріал осі сталь 40Х ГОСТ 4543-81, термообробка - покращення, границя текучості  $\sigma_T = 900$  МПа.

Кронблок має три осі, на які посаджено три, два і один шківів відповідно. Оскільки перпендикулярна вісь з одним шківом є короткою, то максимальні згинаючі моменти діють на вісь з двома шківками. Розрахунок проведемо для цієї осі. Розрахункова схема даної осі кронблока показана на рисунку 3.3. Тут А і В – опори осі кронблока; Р3, Р2 – зусилля, що діють на канатні шківки кронблока; RА, RВ – реакції, що виникають в опорах; l1 – відстань між вертикальними осями симетрії канатних шківків, l1 = 185 мм умовно представивши, що замість лівого шківка встановлена розпирна втулка); l2 – відстань між точкою прикладання реакції в опорі і вертикальною віссю симетрії канатного шківка справа, l2 = 370 мм; l3 – відстань між точкою прикладання реакції в опорі і вертикальною віссю симетрії канатного шківка зліва, l2 = 185 мм.

Визначаємо зусилля, що діють на осі кронблока

$$P1 = P_{\text{хк}} + S1 = 247 + 239,8 = 486,8 \text{ кН}; \quad P2 = S2 + S3 = 232,8 + 226,0 = 458,8 \text{ кН};$$

$$P3 = S4 + S5 = 219,5 + 213,1 = 432,6 \text{ кН}; \quad P4 = S6 + S7 = 206,9 + 200,8 = 407,7 \text{ кН};$$

$$P5 = S8 + S9 = 194,9 + 189,2 = 384,1 \text{ кН}; \quad P6 = S9 + P_{\text{нк}} = 183,7 + 178,4 = 362,1$$

кН;

Визначаємо реакції  $R_A$  і  $R_B$ .

Взявши суму моментів щодо опори В, визначимо реакцію  $R_A$ .

$$\Sigma M_B = 0;$$

$$-R_A \cdot (l_1 + l_2 + l_3) + P_3 \cdot (l_1 + l_3) + P_2 \cdot l_3 = 0.$$

$$R_A = (P_3 \cdot (l_1 + l_3) + P_2 \cdot l_3) / (l_1 + l_2 + l_3) = (432,6 \cdot (185 + 185) + 458,8 \cdot 185) / (370 + 185 + 185) = 410 \text{ кН.}$$

Взявши суму моментів щодо опори А, визначимо реакцію  $R_B$ .

$$\Sigma M_A = 0;$$

$$-R_B \cdot (l_1 + l_2 + l_3) + P_2 \cdot (l_1 + l_2) + P_3 \cdot l_2 = 0.$$

$$R_B = (P_2 \cdot (l_1 + l_2) + P_3 \cdot l_2) / (l_1 + l_2 + l_3) = (458,8 \cdot (185 + 370) + 432,6 \cdot 370) / (370 + 185 + 185) = 694 \text{ кН.}$$

$$\text{Перевірка: } R_A + R_B = P_3 + P_2,$$

$$409,8 + 694 = 458,8 + 432,6;$$

Умова виконується:  $1103,8 \text{ Н} = 1103,8 \text{ Н}$ .

Визначаємо згинаючі моменти.

В перерізі А і В  $M_A = M_B = 0$ .

Згинальний момент у перерізі дії сили  $P_3$

$$M_{P_3} = R_A \cdot l_2 = 409,8 \cdot 370 \cdot 103 = 151626 \cdot 103 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

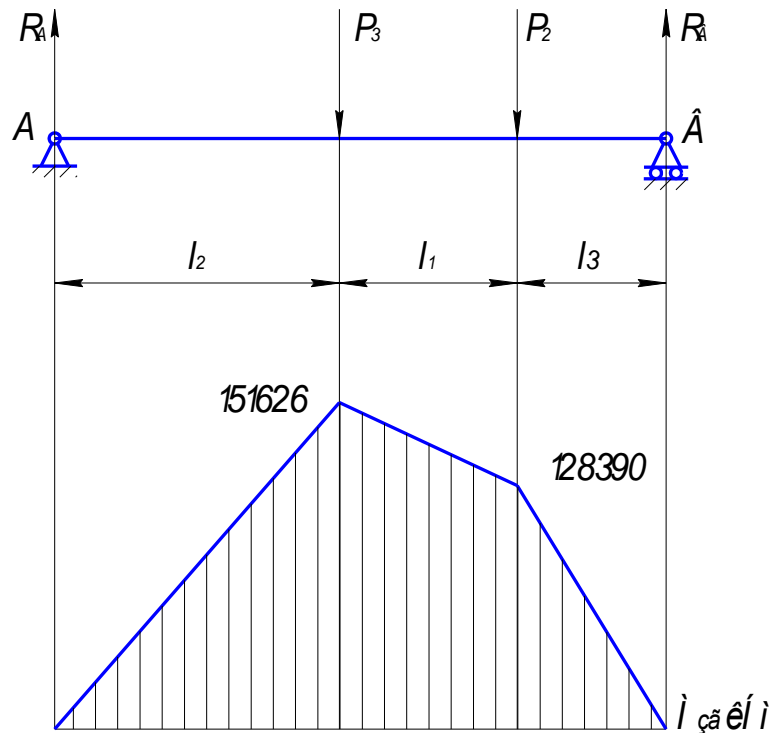


Рисунок 3.3 – Схема розподілу зусиль і епюра згинаючих моментів розрахункової осі кронблока

Згинаючий момент в перерізі дії сили \$P\_2\$

$$M_{P2} = R_B \cdot l_3 = 694 \cdot 185 \cdot 103 = 128390 \cdot 103 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

В такий спосіб максимальний згинальний момент діє в перерізі сили \$P\_3\$ і дорівнює  $M_{\max} = M_{P3} = 151626 \cdot 103 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ .

Момент опору вала при згині (екваторіальний) рівний

$$W = \pi \cdot d^3 / 32 = 3,14 \cdot 220^3 / 32 = 1045365 \text{ мм}^3, \quad (3.13)$$

де \$d\$ – діаметр осі талевого блока, \$d = 220 \text{ мм}\$.

Напруження згину в найбільш небезпечному сиченні осі

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{151626 \cdot 10^3}{1045365} = 145 \text{ МПа}. \quad (3.14)$$

Коефіцієнт запасу міцності

$$k = \frac{\sigma_{0и}}{\sigma_{из}} = \frac{540}{145} = 3,72 > [k] \quad (3.15)$$

де  $\sigma_{0и}$  – границя витривалості на згин при пульсуючому циклі навантажень,  
 $\sigma_{0и} = 0,6 \cdot \sigma_B = 0,6 \cdot 900 = 540$  МПа;

$[k]$  – допустимий коефіцієнт запасу міцності по витривалості,  $[k]=1,8 \div 2,5$  [10].

Умова міцності виконана, так як  $k > [k]$ .

### 3.4 Перевірка довговічності підшипників

Перевірочний розрахунок проведемо згідно [12].

Вихідними даними для проведення розрахунку є (див. п.1): максимальне навантаження на гаку  $P_{гдоп} = 2500$  кН; вага рухомих частин талевої системи (тальблока, гака, каната)  $G_{рч} = 100$  кН; кратність оснастки талевої системи  $i_{тс}=10$ , к.к.д. талевої системи  $\eta_{тс}=0,85$ . Базова динамічна вантажопідйомність підшипника 2007144 ГОСТ 8328-71 становить  $C=650$  кН [12, табл.67].

Крім цього приймемо, що:

- умови навантаження усіх шківів кронблока прирівнюються до умов роботи швидкохідного шківа кронблока;
- підшипники сприймають дію тільки радіального навантаження.

Радіальне навантаження на підшипники швидкохідного шківа визначаємо за формулою

$$P_r = \frac{2(P_{гдоп} + G_{рч})}{i_{тс} \cdot \eta_{тс}} = \frac{2(2000 + 85)}{10 \cdot 0,85} = 490,6 \text{ кН.} \quad (3.16)$$

Для радіально-упорних підшипників еквівалентне навантаження визначаємо за формулою

$$P_e = X \cdot P_r \cdot k_k + Y \cdot P_a, \quad (3.17)$$

де  $X$  і  $Y$  – коефіцієнти радіального і осьового навантаження; для роликотпідшипників з циліндричними роликами  $X=1$  і  $Y=0$  [12];

$k_k$  – кінематичний коефіцієнт; при обертанні зовнішнього кільця підшипника кінематичний коефіцієнт  $k_k = 1,2$  [12];

$P_a$  – осьове навантаження на підшипники;  $P_a = 0$ .

Тоді  $P_e = 1 \cdot 490,6 \cdot 1,2 = 588,7$  кН.

Необхідна за умовами роботи динамічна вантажопідйомність визначається за формулою

$$C_p = \chi \cdot k_e \cdot P_e \cdot k_0 \cdot k_T, \quad (3.18)$$

де  $k_e$  – коефіцієнт еквівалентності; підшипники кронблока доцільно розраховувати на трьохрічний термін служби, в цьому випадку  $k_e = 0,675$  [12];

$\chi$  – поправочний коефіцієнт; при  $k_e = 0,675$  він дорівнює 1,05 [5, с.162];

$k_0$  – коефіцієнт запасу; при ймовірності руйнування 5% він складає  $k_0 = 1,2$  [12];

$k_T$  – температурний коефіцієнт; для підшипників кронблока  $k_T = 1$ .

Тоді  $C_p = 1,05 \cdot 0,675 \cdot 588,7 \cdot 1,2 \cdot 1 = 624,4$  кН.

Умова довговічності підшипників виконується так як виконується умова

$C_p = 624,4$  кН <  $C = 650$  кН.

Проведені розрахунки показали достатню статичну і втомну міцність основних деталей проектного устаткування.

## 4 Монтаж і раціональна експлуатація талевих систем

Кронблок піднімають разом із вишкою, одночасно, як єдине ціле. Перед цим повинні бути перевірені: легкість обертання шківів; легкість відкидання кожуха і відсутність в ньому деформацій; надійність кріплення всіх з'єднань; наявність шплінтів, контргайок, гвинтів, а також мастила в усіх підшипниках. Помічені несправності повинні бути усунені.

На вищці кронблок повинен бути вивірений по рівню, відцентрований і прикріплений до підкронблочних балок. Кріплення виконується хомутами з прутка діаметром 33 мм, швелерами і гайками М30 або гачками з прутка діаметром 30 мм, планками і гайками М30. Розміри хомутів визначаються на місці при монтажі.

Догляд за кронблоком полягає в основному в підтягуванні всіх різьбових з'єднань і змащуванні підшипників, що забезпечує його тривалу і безвідмовну роботу.

Роликові підшипники заповнюють один раз на тиждень універсальним середньоплавким мастилом УС-2 ГОСТ 1033-73 через тавотниці за допомогою ручного насоса. Стан підшипників контролюється канатними блоками, які повинні обертатися на осі вільно, без заїдання і шуму, не чіпляючи кожух. Під час роботи необхідно контролювати температуру підшипників, яка не повинна перевищувати 70°C, так як при більш високій температурі мастило втрачає свої якості. Нагрів до більш високої температури свідчить про відсутність мастила або про його забруднення. В останньому випадку мастильні канали і підшипники промивають за допомогою ручного насоса дизельним паливом, а потім заповнюють новим мастилом.

Шум в підшипниках при обертанні свідчить про їх знос, а заїдання канатних блоків про їх поломку. В обох випадках підшипники підлягають заміні.

Перевантаження осі при прихватах і ловильних роботах може викликати їх згин, що приводить до биття блоків і інтенсивному зношуванню підшипників. Такий кронблок необхідно ремонтувати в майстерні.

При розбиранні кронблока необхідно: відкрити і зняти кожух; зняти кришки опор; зняти осі в зборі; відігнути вусик стопорної шайби і відкрутити стопорну гайку; видалити штифт; зняти з осі опори, втулку, шків з роликотідшипниками, а також дистанційні кільця; випресувати роликотідшипники з ступиць шківів і витягнути пружинні кільця; вигвинтити тавотниці з осі; очистити всі деталі від бруду і промити; виявити дефекти і скласти дефектну відомість.

Для полегшення випресовування підшипників ступиці шківів нагрівають газовими пальниками до 90-100°C. При ремонті кронблока заміняють роликотідшипники, кріпильні та інші деталі, знос яких перевищує допустимий.

Заміна підшипників викликана недопустимим люфтом чи їх поломкою. Гранично допустимий люфт підшипників рівний 0,3-0,4 мм. Підшипники, в яких радіальний зазор перевищує 0,5 мм, підлягають заміні. Перед встановленням нових підшипників необхідно перевірити розмір отвору в ступиці шківа, який в sprzęженні з фактичним розміром зовнішнього діаметра верхнього кільця підшипника повинен гарантувати складання з натягом 0,035 мм. Перед встановленням підшипника шків попередньо нагрівають до 100-160°C, що полегшує монтаж і зменшує знос посадочного отвору шківа. При кожному капітальному ремонті вісь кронблока перевіряють магнітним дефектоскопом.

Найбільш часто зношуються блоки, ближче розташовані до ходового кінця талевого каната. Тому при складанні кронблока доцільно обертати секцію шківів на 180°.

Рама кронблока не повинна мати тріщин, балки рами повинні бути паралельні, відхилення від паралельності на всій довжині балки не повинно перевищувати  $\pm 5$  мм, деформовану раму необхідно правити чи замінити дефектні балки рівномісними новими.

Після ремонту деталей, перед складанням кронблока необхідно очистити від бруду кожний мастильний канал в осі, промиваючи його соляркою чи продуваючи стиснутим повітрям. Потім, вгвинтивши тавотниці в торці осі, продавлюють мастило ручним насосом через всі отвори.

Складання відремонтованого кронблока проводиться в порядку, оберненому до розбирання. Перед складанням шківів на вісь необхідно змастити підшипники.

Після складання перевіряють від руки легкість обертання кожного канатного блока окремо. При обертанні любого з блоків сусідній не повинен обертання.

Торцеве биття канавок шківа, виміряне в найбільш віддалених точках, не повинно перевищувати 1 мм. На робочих поверхнях канавок допускається заварювання одиничних раковин діаметром до 5 мм і глибиною до 2 мм з наступним зачищуванням.

Зварні шви рами кронблока не повинні мати тріщин, шлакових включень, газових бульбашок, подрізів, перепалень та інших дефектів, впливаючих на міцність конструкції.

Вивіряння горизонтального положення балкона, перевірку переміщення візка механізму розстановки свічок, натягнення тросів рухомого центратора, перевірку його переміщення і переміщення стріли з механізмом захоплення на ній— при вертикальному положенні вишки (після підйому і розчалування розтяжками).

Талевий блок можна транспортувати будь-яким видом транспорту при умові забезпечення повного збереження. Категорія транспортування за ГОСТ 15150-69.

Зберігається талевий блок в дерев'яних ящиках на критих майданчиках. Перед пакуванням в ящик деталі талевого блоку необхідно змастити антикорозійним мастилом.

Талевий блок постачається виробником в складеному стані, тому він не вимагає при введенні в експлуатацію вивіряння і кріплення.

Перед оснащенням талевого блоку необхідно перевірити легкість обертання канатних шківів, легкість відкидання кожухів і відсутність в них погнутості, надійність всіх з'єднань і кріплень, наявність мастила в підшипниках. Помічені несправності повинні бути усунені. Необхідно також оглянути щоби і інші частини. Після виконання оснащення проводять пробний підйом талевого блоку

і перевіряють, чи не зачіпає талевий канат за відкидні половини захисного кожуха у вирізах, виконаних для його проходження.

Під час експлуатації шківни повинні обертатися вільно, без заїдання і шуму в підшипниках. Нагрів підшипників вище 70 °С недопустимий. Якщо підшипники нагріваються, то треба промивати їх за допомогою ручного насоса гасом або газойлем, а потім мінеральним маслом веретенним 2 або 3, нагрітим до 60—80 °С, після чого мастити свіжим консистентним мастилом. Необхідно стежити за зносом жолобів блоків.

Канатні шківни, розташовані ближче до ходової гілки каната, що йде до лебідки, несуть велике навантаження, тому знос жолобів шківів нерівномірний. При виявленні цього явища необхідно повернути секцію на 180° або поміняти місцями секції шківів. Для цього необхідно опустити талевий блок, зняти канат зі шківів кронблока, змінити положення осей з шківами і знов провести оснащення. Слід перевіряти осі талевого блоку в щоках, стежити, щоб реборди блоків не зачіпали за захисні кожухи. При виявленні дефектів під час технічного огляду (наприклад, тріщин) талевий блок потрібно замінити.

Самими швидкозношуваними деталями талевих блоків є шківни і підшипники.

При поточному ремонті талевого блоку проводиться:

- перевірка шаблоном зносу канавок шківів;
- легкість обертання шківів;
- заміна непридатних кріпильних деталей;
- заміна мастила в точках змащування.

Капітальний ремонт проводиться в ремонтно-механічних майстернях. Він включає повне розбирання, дефектацію, ультразвукову дефектоскопію осі талевого блоку і пальців, заміну зношених деталей.

Вимоги до відремонтованих талевих блоків:

- 1) зварні шви корпусу не повинні мати тріщин, раковин або газових включень;
- 2) відхилення від паралелі осей не повинне бути більше 5 мм на всю їх довжину;
- 3) шківни повинні обертатися вільно від руки;
- 4) мастилопроводні канали повинні бути промиті і заповнені мастилом;
- 5) торцеве биття шківів не повинне бути більше 1 мм;

б) заварювання зношених поверхонь не допускається.

Таблиця 4.1 – Технологічна карта складання талевого блока

№ п/п	Назва операції	Контрольована величина	Допоміжні пристрої, матеріали, пристрої контролю
1	Очистка мастильних каналів осі і їх промивка	-	гас, газойль
2	Вгвинчування мастильниць і подача мастила	-	мастило; ручний насос
3	Запресувати роликотідшипники на маточину шківів і встановити пружинні стопорні кільця	натяг посадки 0,035 мм; допустимий радіальний зазор до 0,5 мм	попередній нагрів до 100-160°C; запресовуючий пристрій
4	Надіти на вісь блоки, дистанційні кільця, втулку і опори	допустимий люфт 0,3-0,4 мм	-
5	Встановити штифт в опору і вісь	-	-
6	Загвинтити гайку і загнути пелюстки стопорної шайби	-	слюсарний інструмент
7	Закріпити вісь в зборі на опорах до щік, загвинтити гайки і загнути виступи стопорної шайби	перевірити легкість провертання блоків	загвинтити шпильки
8	Приєднати траверсу, кожухи і загвинтити гайки, зашплінтувавши їх	-	слюсарний інструмент
9	Фарбують талевий блок і консервують	-	Фарба, консерваційне мастило

Таблиця 4.2 – Карта змащування талевого блока

Місце змащування	Марка мастильного матеріалу	Режим змащування	Вказівки по змащуванню
Підшипники шківів	Мастило універсальне середньоплавке УС-2 (ГОСТ 1033-73)	1 раз в 10 днів	Заміна мастила через 3 місяці
Пальці	Мастило універсальне середньоплавке УС-1 (ГОСТ 1033-73)	щозміни	-

## Висновки

У даній роботі було проведено комплексне дослідження бурової установки з особливим акцентом на талеву систему. У загальній частині обґрунтовано вибір основних параметрів бурової установки та талевої системи, що є ключовими для забезпечення ефективної та безпечної роботи обладнання.

Спеціальна частина містить детальний опис конструктивних особливостей талевих систем, а також обґрунтування необхідності їх модернізації. Запропоновані заходи щодо вдосконалення талевих блоків спрямовані на підвищення надійності та довговічності обладнання.

Розрахункова частина включає інженерні розрахунки осі та щоки талевого блока, осі кронблока, а також перевірку довговічності підшипників, що підтверджують технічну обґрунтованість запропонованих конструктивних рішень.

Розділ, присвячений монтажу та раціональній експлуатації талевих систем, містить рекомендації щодо правильного встановлення та обслуговування, що сприяють продовженню терміну служби обладнання.

Таким чином, виконана робота дозволяє підвищити ефективність та надійність бурових установок за рахунок вдосконалення талевих систем, що є важливим кроком у розвитку сучасної бурової техніки.

## Перелік посилань на джерела

- 1) Геолого-технічний наряд на спорудження свердловини глибиною 3600 м.
- 2) Иогансен К.В. Спутник буровика. Довідник. М.: Недра, 1986.
- 3) Практикум з курсу "Машини і обладнання для буріння нафтових і газових свердловин" для студентів спеціальності 7.090217 "Обладнання нафтових і газових промислів" (Частина I, 7-ий семестр, практичні заняття N1-8) – Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, 2000.
- 4) Труби нафтового сортаменту. Довідник./ Сароян А.Е. та інші. М.: Недра, 1987.
- 5) ГОСТ 16853-88. Канати сталеві талеві для експлуатаційного та глибокого розвідувального буріння. Технічні умови.
- 6) ГОСТ 16293-82 Установки бурові комплектні для експлуатаційного і глибокого розвідувального буріння. Основні параметри.
- 7) ОСТ 26-02-2025-78. Лебідки головні бурових установок. Основні параметри і розміри.
- 8) Баграмов Р.А. Бурові машини і комплекси. М.: Недра, 1988.
- 9) Верткін М.Ц. Бурильні гаки та крюкоблоки. Баку, 1965.
- 10) Composite Catalog of Oilwell Equipment. Gulf Publishing, Houston.- 1995-96.
- 11) Ільський А.Л., Міронов Ю.В., Чорнобильський А.Г. Розрахунок і конструювання бурового обладнання. Навчальний посібник для вузів. М.: Недра, 1985, 452 с.
- 12) Еліяшевський І.В., Орсуляк Я.М., Сторонський М.Н. Типові задачі і розрахунки в бурінні. М.: Недра, 1974. 504 с.
- 13) ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання [Чинний з 2017-07-01]. – Київ, 2016. – 26 с.
- 14) Копей Б.В., Лях М.М. Нафтогазове обладнання: у 11 т. / За загальною ред. Б.В. Копея. Т. 2 Розрахунок, конструювання, монтаж та експлуатація машин та обладнання для спорудження свердловин: підручник. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. – 286 с.