

*до запису*  
*О.В. Панченко*

Міністерство освіти і науки України  
 Національний технічний університет  
 «Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет  
 (факультет)

Кафедра Гірничих машин та інжинірингу  
 (офіційна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи студента магістра**

студента **Зозулі Катерини Валеріївни**  
 (ПІБ) (бакалавра, спеціаліста, магістра)

академічної групи **133М-17-1**  
 (шифр)

спеціальності **133**  
**Галузеве машинобудування**  
 (код і назва спеціальності)

спеціалізації **Гірничі машини та комплекси**

за освітньо-професійною програмою **Гірничі машини та комплекси**  
 (офіційна назва)

на тему **Визначення параметрів і розробка конструкції карданного вала багатосекційної піднімальної машини МПМН 5×4**  
 (назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Панченко О.В.	95	відмінно	<i>О.В. Панченко</i>
розділів:				
Конструкторський	Панченко О.В.	95	відмінно	<i>О.В. Панченко</i>
Експлуатаційно-експертний	Панченко О.В.	95	відмінно	<i>О.В. Панченко</i>
<b>Рецензент</b>	Самуся В.І.	95	відмінно	<i>В.І. Самуся</i>
<b>Нормоконтролер</b>	Козар В.Ю.	95	відмінно	<i>В.Ю. Козар</i>

Дніпро  
 2018

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

Завідувач кафедри

Гірничих машин та інжинірингу  
(повна назва)

Заболотний К.С.

(підпис) (прізвище, ініціали)

« 21 » 12 2018 року

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеня магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Зозулі К.В., академічної групи 133-17-1  
(прізвище та ініціали)

спеціальності 133 Галузеве машинобудування

спеціалізації Гірничі машини та комплекси

за світло-професійною програмою Гірничі машини та комплекси  
(офіційна назва)

на тему Визначення параметрів і розробка конструкції корінного вала багатоканатної піднімальної машини МПМН 5×4

затверджену наказом ректорату НТУ «Дніпровська політехніка» від 27.11.2018 №2018-л

Розділ	Зміст	Термін виконання
Конструкторський	Розглянути загальні відомості області використання шахтних підймальних машин та провести аналіз конструкції, виконати розрахунок з визначення параметрів підймальної машини. Провести аналіз конструкції корінного вала, побудувати комп'ютерну модель корінного вала в зборі. Модель перевірити на працездатність.	16.11.2018
Експлуатаційно-економічний	Провести аналіз небезпечних і шкідливих факторів при монтажі, експлуатації і ремонті корінного вала шахтної підймальної машини. Розробити необхідні заходи щодо попередження та усунення аварійних ситуацій. Визначити собівартість корінного вала в зборі	07.12.2018

Завдання видано

(підпис керівника)

Панченко О.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 15.10.2018

Дата подання до екзаменаційної комісії

17.12.2018

Прийнято до виконання

(підпис студента)

Зозуля К.В.

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 85 стор., 25 рисунків, 10 таблиць, 8 джерел інформації, 6 додатків.

**Об'єкт дослідження** – корінний вал в зборі шахтної підйомної машини МПМН 5×4

**Мета дипломного проекту** – визначення параметрів і розробка конструкції корінного вала багатоканатної підйомної машини МПМН 5×4, з урахуванням експлуатації вузла корінного вала в умовах Запорізького залізорудного комбінату.

У вступі наведено обґрунтування необхідності виконання розробки корінного вала в зборі шахтної підйомної машини МПМН 5×4 і технічної документації, аналізу умов експлуатації і конструкції.

У конструкторському розділі розглянуті загальні відомості про Запорізький залізорудний комбінат, розглянуті загальні відомості області використання шахтних підйомних машин та проведений аналіз конструкцій, виконаний розрахунок з визначення параметрів підйомної машини. Також був проведений аналіз конструкції корінного вала, побудована комп'ютерна модель корінного вала в зборі.

В експлуатаційно-економічному розділі опрацьовані технологічні питання монтажу та експлуатації шахтної підйомної машини МПМН5×4, розглянуті небезпечні і шкідливі фактори при монтажі, експлуатації і ремонті корінного вала підйомної машини МПМН5×4, опрацьовані заходи по забезпеченню безпечної роботи, розрахована собівартість корінного вала.

Завданням проекту є визначення параметрів і розробка конструкції корінного вала багатоканатної підйомної машини МПМН5×4.

Зм.	Аркуш	докум.	Підпис	Дата	МІ.ПД.18.03.Р.ПЗ Реферат				
Розроб.	Зозуля				Літ.	Аркуш	Аркуші		
К. розділу	Панченко				НТУ «ДП», ММФ 133М-17-1				
Керівник	Панченко								
Н. Контр.	Кухар								
Затвердив	Заболотний								

Ключові слова: ШАХТНА ПІДЙМАЛЬНА МАШИНА, КОРИННИЙ ВАЛ, ОПОРНІ ВУЗЛИ, СКИНЧЕНО-ЕЛЕМЕНТНА МОДЕЛЬ, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАННИЙ СТАН.

Графічна частина проекту складається з 5 аркушів креслень формату А1.

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.Р.ПЗ				

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1 Конструкторський.....	8
1.1 Вальна характеристика гірничого підприємства. Умови експлуатації обладнання.....	8
1.2 Галузь використання шахтної підйомної установки МПМН5×4.....	11
1.3 Конструкція та принцип дії шахтної підйомної установки МПМН5×4.....	15
1.4 Аналіз конструкцій головного вала багатоканатних підйомальних машин.....	16
1.5 Визначення параметрів багатоканатної підйомальної машини МПМН 5×4.....	21
1.5.1 Визначення ємності скіпа.....	21
1.5.2 Визначення параметрів канатів.....	21
1.5.3 Вибір типорозміру підйомальної машини.....	22
1.5.4 Визначення навантажень, які діють на підйомальну машину.....	23
1.5.5 Перевірка на умову нековзання канатів по канатоведучому шківу(мінімальна висота підйому).....	24
1.5.6 Перевірка на умову нековзання канатів по канатоведучому шківу(максимальна висота підйому).....	25
1.5.7 Кінематика підйомної установки. Вибір максимальної швидкості підйому.....	26
1.6 Динаміка підйомної установки.....	31
1.6 Визначення діаметра копроводячого направляючого шківа.....	38
1.7 Вибір приводу.....	38
1.7.1 Вибір електричного двигуна.....	38

					ІМ ПД.18.03.3.ПЗ Зміст			
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Аркуш	Аркушіє
Розроб.	Зозуля							
К. розділу	Панченко							
Керівник	Панченко							
Н. Контр.	Кухар							
Затвердив	Заболотний							
						НТУ «ДП», ММФ 133М-17-1		

1.7.2	Вибір редуктора .....	40
1.8	Вибір з'єднувальної муфти .....	42
1.9	Визначення параметрів і розробка конструкції корінного вала шківів тертя багатоканатної підйомальної машини МПМН 5×4 .....	44
1.9.1	Побудова комп'ютерної моделі корінного вала зі шківом тертя .....	45
1.9.2	Розрахунок вала .....	47
1.10	Вибір підшипникових опор .....	47
1.11	Розрахунок та вибір параметрів валів .....	48
1.12	Розрахунок та вибір підшипників .....	49
1.13	Визначення навантаження на корінний вал .....	50
1.14	Перевірка підшипникових опор на довговічність .....	54
1.15	Конструювання корпусу підшипника .....	55
1.16	Визначення параметрів маточин .....	56
1.17	Обґрунтування, розрахунок моделі корінного вала в зборі методом скінченних елементів .....	58
1.18	Висновки по першому розділу .....	61
Розділ 2	Експлуатаційно-економічний .....	63
2.1	Експлуатація підйомної установки .....	63
2.1.1	Документація підйомної установки .....	63
2.1.2	Догляд за підйомною установкою та обладнанням .....	64
2.1.3	Умови безпечної експлуатації багатоканатної підйомної установки .....	65
2.1.4	Умови експлуатації корінного вала .....	66
2.1.5	Ревізія та налагодка редуктора .....	69
2.1.6	Ревізія і налагодка з'єднувальних муфт .....	69
2.1.7	Експлуатація підшипникових опор .....	72
2.1.8	Ущільнення для підшипників .....	72
2.2	Безпека конструкції машини і її експлуатації .....	72

ГМІ.ПД.18.03.Р.ПЗ

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
-----	-------	----------	--------	------

2.2.1 Техніка безпеки при проведенні налагоджувальних та ремонтних робіт.....	72
2.2.2 Протипожежні заходи.....	73
2.2.3 Захисне заземлення.....	74
2.3 Екологічний підрозділ.....	75
2.4 Висновки по другому розділу.....	81
Висновки.....	82
Перелік посилань.....	83
Додаток А Відомість матеріалів дипломного проекту.....	
Додаток Б Специфікація до складального креслення.....	
Додаток В Презентація дипломного проекту.....	
Додаток Г Відгук керівника дипломного проекту.....	
Додаток Д Відгук нормоконтролера.....	
Додаток Е Рецензія на дипломний проект.....	

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.Р.ПЗ

## ВСТУП

**Актуальність.** Дипломний проект виконується в рамках договору між ПАТ «ІКМЗ» та НТУ «Дніпровська політехніка» для Запорізького фізико-математичного комбінату, що підтверджує її технічну и наукову актуальність. Проект присвячений розробці конструкції корінного вала багатоканатної підйимальної машини МПМН 5×4, а також розробці технічної документації.

Основним вузлом шахтної підйимальної машини є корінна частина. На корінний вал та корінні підшипники діють великі зусилля підйимальної машини. Тому детальне дослідження напружено-деформованого стану (НДС) корінного вала представляє науковий і практичний інтерес.

Так як корінний вал піддається великим навантаженням, які виникають під час роботи, до конструкції постають особливі вимоги, зокрема міцності та зносостійкості. Корінний вал в зборі є одним із найбільш металомістких вузлів, тому його надійність це загальна надійність машини. Конструкція вала повинна забезпечити стабільну та безпечну роботу підйимальної машини.

Крім того, стоїть питання зниження собівартості продукції, підвищення її якості та збільшення рентабельності виробництва. Дана проблема може бути вирішена шляхом застосування нової техніки та збільшення ефективності використання обладнання.

Проєкт машини є робочим і дослідження, проведені в області вивчення складових частин, зміна та оптимізація параметрів конструкції дозволить підвищити працездатність і поліпшити роботу машини.

**Мета роботи:** визначення параметрів і розробка конструкції корінного вала багатоканатної підйимальної машини МПМН5×4.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	М.П.Д.18.03.В.ПЗ ВСТУП				
Розроб.	К. розділу	Керівник	Н. Контр.	Затвердив	Літ.	Аркуш	Аркушів		
					НТУ, «ДП», 133м-17-1				



Для досягнення поставленої мети основна задача проекту розділена на наступні етапи:

1. Виконати збір, обробку, систематизацію й критичний науковий аналіз наукової й технічної інформації за темою проекту.
2. Виконати аналіз конструкції багатоканатною підйомної установки.
3. Вивчити інженерні методи розрахунку параметрів багатоканатних підйомних установок.
4. Виконати аналіз умов безпечної експлуатації багатоканатною підйомною установкою.
5. Виконати аналіз техніко-економічних факторів, що забезпечують ефективність прийнятих технічних рішень.

**Апробація результатів:** основні положення проекту доповідались під час проведення науково-технічної конференції: «Молодь наука та інновації – 2018» НТУ «ДП» (м. Дніпро, 2018).

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Аркуш

## РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 1.1 Загальна характеристика гірничого підприємства. Умови експлуатації обладнання

Запорізький залізорудний комбінат є одним із найбільших підприємств гірничо-металургійного комплексу України. Підприємство із іноземними інвестиціями у формі приватного акціонерного товариства.

Південно-Білозерське і Переверзевське родовища залізних руд були відкриті геологічною Західно-Українською експедицією в 1948 році, на базі яких був побудований Запорізький залізорудний комбінат. Якість видобутої руди значно вище руд Криворізького басейну та інших родовищ Європи.

Із трьох мінеральних типів руд Південно-Білозерського родовища найбільшого поширення були дисперсно-матитові та мартинові руди. Середній вміст заліза в масиві 62%. Найчистість в руді кремнезему не перевищує 10%. Найважче незначна кількість шкідливих домішок сірки, фосфору, глини.

Запаси багатих залізних руд в Білозерському залізорудному районі становлять до 1 млрд. тонн і 8 млрд. тонн магнетитових кварцитів.

Схема розкриття та опрацювання родовища включає людський, вантажний, транспортний ухили та 7 стовбурів.

До складу підприємства входять такі структурні підрозділи:

Підрозділу Шахта «Експлуатаційна» є одним із найбільших підрозділів. Задачею підрозділу є виконання робіт з добування залізної руди, проходки гірничих виробіток згідно плану, проектуно-технічної документації та графікам виконання робіт.

						<i>М.Під.</i> 18.04.01.ПЗ		
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Аркуш	Аркуше
Розроб.	Зозуля				<b>Конструкторський розділ</b>			
К. розділу	Панченко							
Керівник	Панченко							
Н. Контр.	Кухар							
Затвердив	Заболотний							
						<b>НТУ, «ДП», 133м-17-1</b>		

До виробничої структури шахти входять керівництво шахти; диспетчерська служба; служби головного механіка і головного енергетика; маркшейдерська і геологічна служби; бюро організації праці та заробітної плати; кабелний; планово-економічне бюро; чотири підземних ділянки висновочих робіт № 1,5,8,10; три підземних ділянки гірничопрохідницьких робіт № 4,7,11; підземна ділянка глибокого буріння № 6; підземна ділянка вибухових робіт № 14; підземна ділянка кріплення гірничих виробок № 12; пиловентиляційна служба; підземна ділянка внутрішньошахтного транспорту; ділянка «Дробильно-дозаторних комплекс»; ділянку шахтних підйомів; ділянка ремонтно-відновлювальних робіт; ремонтно-монтажна і електромонтажна ділянки; ділянка централізованого доставки; ділянка водовідливу; ділянка господарських робіт.

2. «Прохідницька», основною задачею, якої є капітальне будівництво та введення в експлуатацію об'єктів та комплексів виробок, що включають в себе виконання робіт по проходці гірських виробок, кріпленню, оснащенню, будівництва та пуско-налагоджувальних робіт, а також згідно річної програми, проектно-технічної документації та графіками виконання робіт. Видобуток руди на поверсі 301/330 м.

3. Дробильно-сортувальна фабрика, яка забезпечує переробку руди згідно плану добування та якості.

4. Цех закладки виробленого простору в шахті здійснює закладку об'ємів пустого простору після виїмки руди із камер.

5. Цех виконує капітального ремонту та поточного ремонту. Виконує капітальний та поточний ремонт технологічного обладнання, ремонтно-будівельні роботи, роботи з монтажу трубопроводів та інше.

6. Енергоцех комбінації забезпечує електроенергією, теплоенергією, водопостачанням.

7. Електроремонтна ділянка виконує поточні та планові ремонти електрообладнання.

Ремонтно-механічний цех виконує такі роботи:

						Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ	

• механічна ділянка здійснює механічну обробку деталей, виготовлення готових деталей та реставрацію деталей та збірних одиниць;

• ремонтна ділянка займається ремонтом шахтного обладнання; ділянка металоконструкції виготовляє вагони, ковпці, коліна, кабелі конструкції та інше;

• ділянка ремонту та випробувань нової техніки проводить ремонт техніки нового покоління;

• ділянка з ремонту технологічного обладнання проводить ремонт обладнання, яке знаходиться в цеху

9 залізничний цех. Виконує відвантаження продукції споживачу.

10 Ділянка підготовки виробництва. На ділянці здійснюються роботи по розвантаженню матеріалів, обладнання, запчастин.

11. Лабораторія автоматизації технологічних процесів. Виконує роботи по наладці, вимірам параметрів енергообладнання, автоматизації технологічних процесів.

12. Вимірювальна фізико-хімічна лабораторія, яка займається визначенням хімічного складу і фізичних властивостей залізної руди.

Шахтна підймальна машина – основна частина підйомної установки призначена для обладнання вертикальних і похилих підйомних установок вугільних шахт і рудників. Використовується також в шахтному будівництві.

За місцем розташування підйомної машини поділяються на підземні і поверхневі, які можуть перебувати на землі і на баштовому копрі. Підймальні машини можуть мати барабанні органи навивки або об'єднуватися шківками тертя. Підйомні установки є великими капітальними спорудами і основними споживачами електроенергії, що підводяться до шахти або рудника. Зони призначені для виконання спускових і підймальних операцій, які забезпечують роботу шахти.

Багатошахтні машини мають ряд переваг, такі як:

• значне зменшення діаметра каната;

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				

- збільшення терміну служби підйомних канатів;
- підвищена надійність всієї машини, в порівнянні з барабаними.

Запорізький залізорудний комбінат надав технічне завдання для проектування корінного вала для багатоканатної підйомної машини 5×4 з наступними характеристиками шахтного підйому:

Висота підйому  $H_{\text{п}} = 1500$  м;

Тип підйомної посудини – скіпова;

Річна продуктивність шахти  $A_{\text{річ}} = 1,4$  млн. т.

Кількість канатів – 4 шт.

## 1.2. Галузь використання шахтної підйомної установки типу ММН 5×4

Шахтні підйомні установки є одними із найбільш віддалених технологічних об'єктів вугільних і рудних шахт. Підйомні установки призначені для видачі на поверхню видобутих в шахті корисних копалин, для безпечного спуску і підйому людей, транспортування обладнання та матеріалів. За допомогою підйомної установки можна проводити огляд і ремонт кріплення стовбура шахти. Нормальне функціонування всіх інших систем гірничого підприємства залежить від стабільного режиму роботи установки. За місцем розташування підйомні машини поділяються на поверхневі і підземні. Вони можуть бути на землі і на баштовому копрі.

Підйомні машини можуть мати шків тертя або барабани для навімання канату.

Шахтні підйомні машини поділяються на: одnobарабанні, двобарабанні з ведучим шківом тертя та багатоканатні. Одnobарабанні призначені для роботи з одного горизонту з навивкою лівого і правого канатів на один барабан і для однокінцевих підйомів з протывагою.

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				

Використовуються на шахтах і рудниках невеликої продуктивності і глибини (до 400 м).

Потужність електроприводу підйомної машини досягає 1000кВт, в більших установках до 2000кВт і вище. Швидкість руху підйомних посудин – 20 м/сек.

Шахта обладнана головними і допоміжними підйомними установками.

Для транспортування видобутих корисних копалин використовують головні підйомні установки, які обладнані підйомними скіпами.

Допоміжні підйомні установки обладнані підйомними посудинами – клітями, призначені для спуску і підйому людей, а також для різного типу вантажу. Для підйому породи допоміжна підйомна установка обладнується скіпами.

Шахтні підйомні установки повинні відповідати вимогам безпеки, надійності та економічності роботи на протязі всього терміну служби, так як являються відповідальним об'єктом при транспортуванні вантажів. Підйомні машини повинні мати надійне управління і безвідмовно діючі гальма.

Підйомні машини встановлюють на весь термін експлуатації шахт.

Установки для шахтного підйому класифікують за такими критеріями:

1. За призначенням – для підйому корисної копалини, для підйому (спуску) людей, транспортування різних вантажів (породи, обладнання, матеріалів)

2. За типом підйомних посудин: клішові; скіпові; баддеві,вагонетки.

В залежності від числа підйомних посудин установки поділяються на двохпосудинні і однопосудинні з противагою.

3. За типом органів навівання підйомного каната: з органами навивки постійного радіуса: циліндричні барабани або шківів дортя; з органами навивки змінного радіуса – біциліндричні барабани.

4. За кількістю підйомних канатів: одноканатні; багатоканатні.

5. За напрямком стовбура: вертикальні; похилі.

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				

6. За ступенем врівноваженості підйомної системи: нерівноважені з циліндричними барабанами без зрівноважувального каната; статично врівноважені зі зрівноважувальним канатом

7. За висотою підйому.

Підйомна установка має підйомне обладнання і гірничотехнічних споруди.

До підйомного устаткування відносяться: підйомні машини, підйомні посудини і канати, розвантажувальні та завантажувальні пристрої.

До гірничотехнічних споруд відносяться:

- 1) споруди, розташовані в пристовольному дворі;
- 2) ствол шахти, обладнаний направляючими провідниками для клітей при вертикальному підйомі та коліями для вагонеток і скіпів при похилому підйомі;
- 3) надшахтні споруди, які складаються з копра і приймального бункера для розвантаження підйомних посудин; при обладнанні підйому неперекидними клітьями замість приймального бункера споруджується надшахтна будівля.

До обладнання підйомних установок відносяться підйомні посудини з підвісними і парашутними пристроями, підйомні канати, напрямні шківви, копри, посадочні пристрої для клітей, завантажувальні і розвантажувальні пристрої.

Підвісні пристрої призначені для фіксування шахтної кліті через коуш до підйомного канату.

Парашут – спеціальний пристрій для уловлювання, плавної зупинки та подальшого утримання кліті при обриві підйомного каната або підвісного пристрою.

Канати, що з'єднують підйомні посудини з органами навивки, є однією з найвідповідальніших частин підйомної установки. Від якості виготовлення підйомних канатів і правильної їх експлуатації залежить безперебійна і безаварійна робота шахтного підйому.

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				

Залежно від матеріалу сердечника канат застосовується круглосталевий зі сталевим сердечником.

Копри підйомних установок служать для установки напрямних шківів, кріплення провідників і розвантажувальних кривих для скіпів і перекидних пристроїв кріплення посадочних пристроїв клітей, а також для установки на них багатоканатних підйомальних машин.

Для напрямку руху підйомних канатів по стовбуру шахти служать копрові шківів. Копрові шківів складається з обода, спиць, маточини, вала і підшипників.

Стандартні копрові шківів виготовляють: з литим ободом (без футеровки) і спицями круглого перетину; зі штампованим ободом (без футеровки) і спицями з швелерів.

В таблиці 1.1 приведені технічні характеристики підйомної установки даного типу.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики МПМН 5×4

Показники	Типорозмір машини
	МПМН 5×4
Максимальна статичний натяг каната, кгс	120 000
Максимальна різниця статичних натягів канатів, кгс	25 000
Діаметр канатів ведучого шківів, мм	5000
Відстань між канатами на шківів, мм	300
Кількість канатів	4
Найбільший діаметр канатів, мм	50
з відхиляючим шківів.....	—
без відхиляючого шківів.....	—
Маса машини без редуктора та відхиляючого шківів, т	130

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
-----	-------	----------	--------	------

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Аркуш



### 1.3 Конструкція та принцип дії шахтної підйомної установки МПМН 5×4

Базою підйомної установки є атоканатна підймальна машина, яка складається з наступних основних вузлів, показаних на рисунку 1.1:

1. Шків тертя з канатами
2. Корінна частина
3. Редуктор
4. Електродвигун
5. Панель гальма
6. Пульти управління

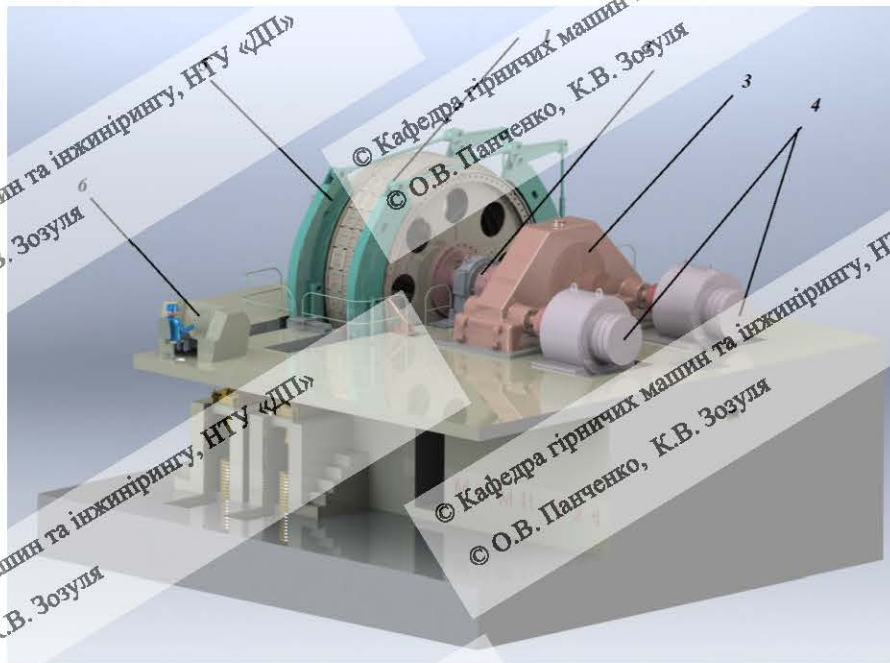


Рисунок 1.1 – Конструкція підйомної установки МПМН5×4

Підймальна посудина (скіп) підвішена на декількох підйомних канатах. До підйомної посудини прикріплені врівноважувачі канати. На копрі розташована машина з провідним шківом тертя. Відхиляючі шківни закріплені на основі для дотримання необхідної відстані між підйомними

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

посудинами. Корінна частина машин представляє собою вал, який має опори у вигляді роликів підшипників. На валу знаходиться шків, який має декілька канатів в залежності від типу підйомної установки. Багатоканатні машини комплектуються двома видами газів: радіально-колодковими або

Переваги: можливість підйому зі значних глибин великих вантажів; більш безпечна робота. В порівнянні із одноканатним підйомом, то діаметр кожного підйомного каната при багатоканатному підйомі значно менше діаметра каната при одноканатному.

Для усунення впливу атмосферних чинників на канати проводиться герметизація копра.

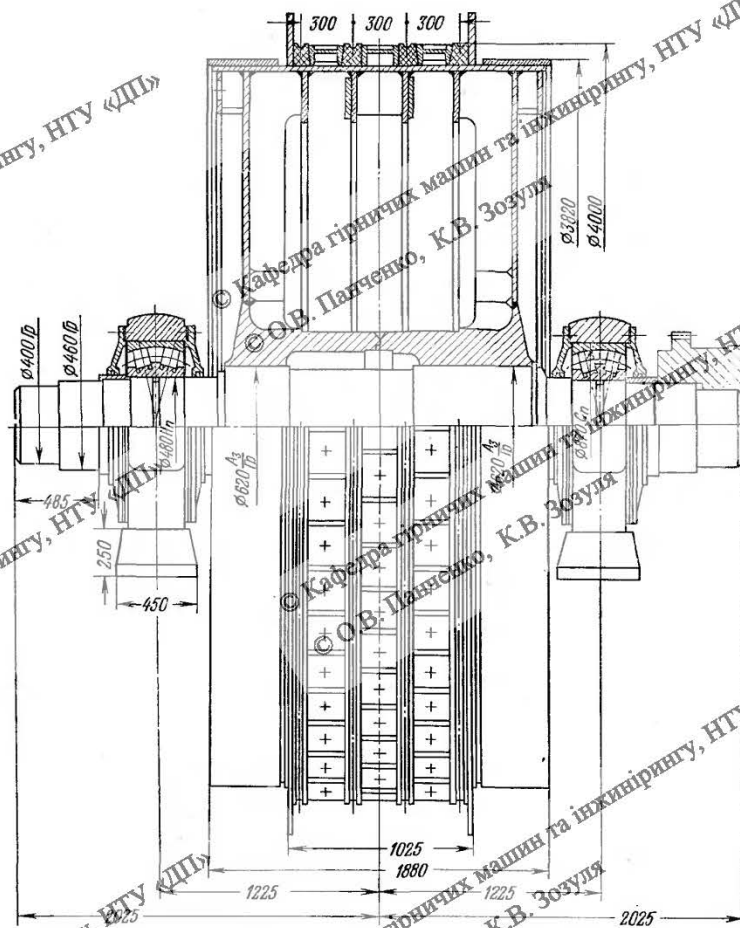
Недоліками багатоканатних установок є складність нагляду за канатами навивання і зміни їх; нерівномірний розподіл навантаження між підйомними канатами, яке виникає в зв'язку з невеликим розходженням в діаметрах канатів.

## 1. Аналіз конструкції головного вала багатоканатних підйомальних машин

Зборка головного вала є підвузлом, який входить у вузол корінної частини багатоканатної підйомальної машини. Зборка головного вала складається з корінного вала, на який посаджений канатоведучий шків та двох торцевих підшипників.

Бачко зборки головного вала, які мають цілісні канатоведучі шківні без роз'ємної конструкції, виконуються у вигляді цілісно зварного шківа, посаженого на вал по гарячій посадці (рисунок 1.2). Металоконструкція зварного шва приварена до зварених між собою сталевих маточин. Для здійснення гарячої посадки на вал канатоведучий шків нагрівають в спеціальній камері, після чого вводять в нього корінний вал.

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				



**Рисунок 1.2 – Зборка головного вала базисної канатної підйомної машини МК 4×4 з варіант із безредукторним приводом від двох тихохідних двигунів постійного струму [2]**

Зборка головного вала великих підйомних машин (рисунок 1.3 і 1.4) із діаметром канатведучого шківа 5 м має роз'ємну конструкцію шківа (з двох половин), що є необхідним для транспортування залізничним транспортом.

Канатоведучий шків, складається із зварного шківа, який з'єднаний зі сталевими кованими маточинами, посаженими болтами. Маточини посажені на вал по гарячій посадці, яка забезпечує передачу крутного моменту із необхідним запасом. Шків складається з двох половин. Канатоведучий шків машини МК 5 має додатковий роз'єм у вертикальній площині.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Аркуш

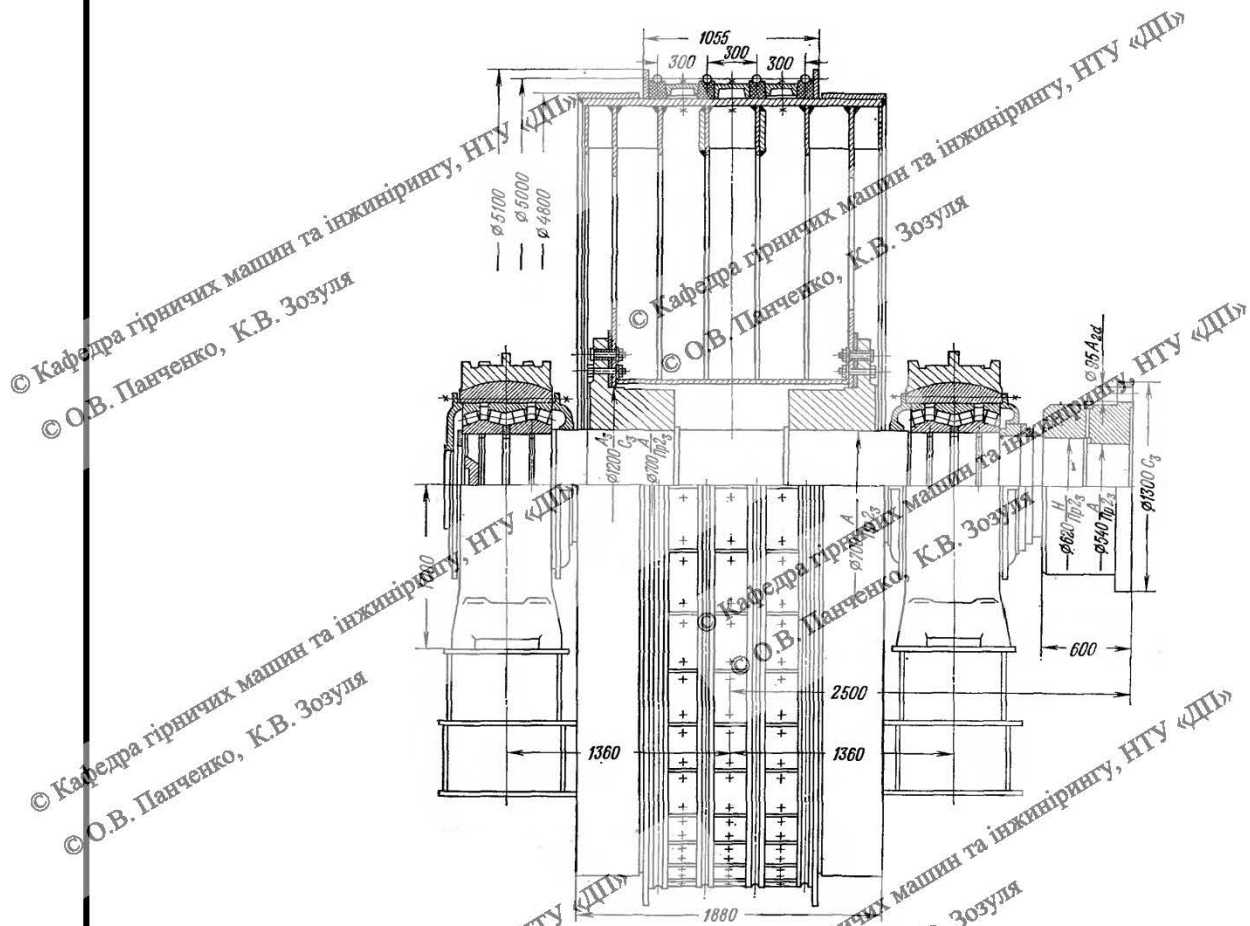


Рисунок 1.3 – Головний вал машини МК 5×4Р [2]

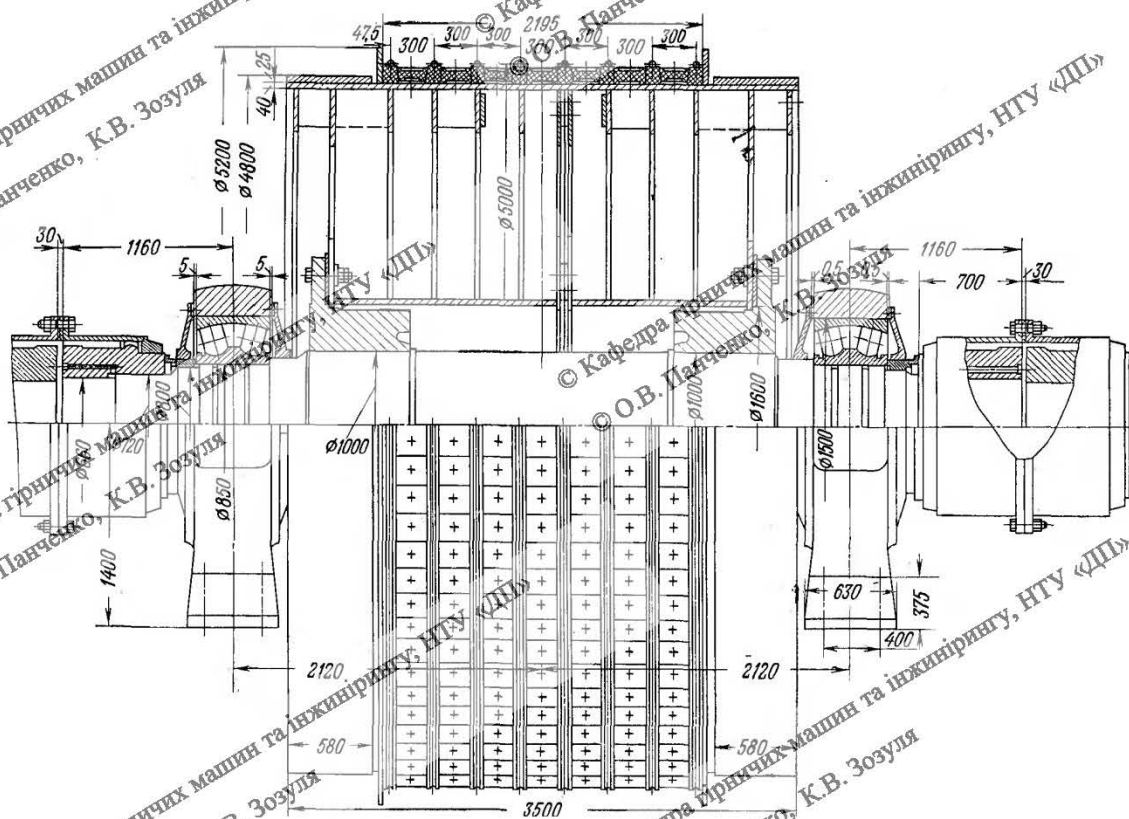


Рисунок 1.4 – Головний вал машини МК 5×8 [2]

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Аркуш

Тормозні поля всіх канатоведучих шківів оброблені із високою точністю.

На рисунку 1.5 показана зборка головного вала багатоканатної підйомної машини МК 2,25×4 з одностороннім розміщенням гальмівних полів з однієї сторони від осі.

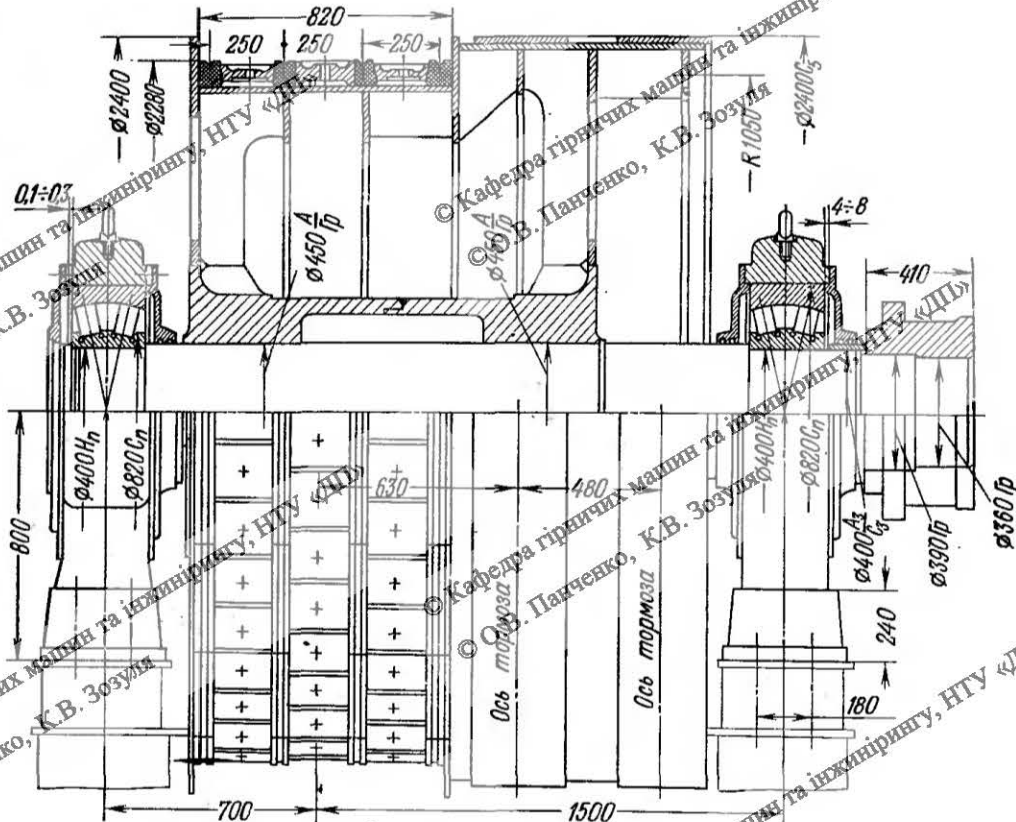


Рисунок 1.5 – Головний вал машини МК 2,25×4 з одностороннім розміщенням гальмівних полів [2]

З'єднання корінного вала із підпруженим редуктором – глухе, жорстке. На фланець корінного вала насаджений двошрядний конічний підшипник великого діаметра. На рисунку 1.3 з'єднання із редуктором виконано у вигляді насадженої нагараю на вал фланцевої муфти.

Корінний вал машини МК 2,25×4 з'єднаний з редуктором зубчатою муфтою. Всі корінні підшипники виконані у вигляді роликів конічних або роликів конічних сферичних підшипників.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
-----	-------	----------	--------	------

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Аркуш

В усіх випадках встановлення роликів конічних підшипників застосовуються сферичні втулки, насаджені на зовнішнє кільце підшипника. Сферичні втулки дозволяють уникнути впливу прогину та перекосу вала на працездатність підшипника.

Конструкції наведені на рисунках 1.2, 1.4, 1.5 мають недоліки, а саме: жорстке з'єднання маточини призводить до збільшення жорсткості на валу і як наслідок можуть викликати підвищені напруження на барабані і внаслідок цього його руйнування. Крім того, з'єднані маточини ускладнюють процес складання, тому в якості аналога застосовують конструкцію, приведену на рисунку 1.3.

У таких конструкціях маточини насаджуються на вал по гарячій посадці окремо один від одного і до них приєднується шків, що складається з двох половин.

Отже розробка конструкції корінного вала є складним технічним завданням, яка вирішується поетапно:

1. Виконати збір, обробку, систематизацію й критичний науковий аналіз наукової та технічної інформації за темою проекту.
  2. Виконати аналіз конструкції багатоканатної підйомної установки.
  3. Вивчити інженерні методи розрахунку параметрів багатоканатних підйомних установок.
  4. Виконати аналіз умов безпечної експлуатації багатоканатної підйомної установки.
- Виконати аналіз техніко-економічних факторів, що забезпечують ефективність прийнятих технічних рішень.

## 1.5 Визначення параметрів багатоканатної підйомної машини МПМН 5×4

Для розробки багатоканатної підйомної машини та експлуатаційний розрахунок підйомної установки проводиться відповідно до існуючих мето-

									Аркуш	
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ					

дик [2, 3] за наступними даними: річна продуктивність  $A_{\text{річ}} = 1,4 \cdot 10^6$  т/рік;  
 висота підйому:  $H_{\text{п}} = 1500$  м; кількість канатів  $n_1 = 4$  шт; тип підйомної  
 посудини: скіпа

### 1.3.1 Визначення ємності скіпа

Оптимальна вантажопідйомність скіпа визначається за формулою:

$$Q = 13 \cdot A_{\text{ч}} \cdot \sqrt{H_{\text{п}}} = 13 \cdot 382,51 \cdot \sqrt{1500} = 192591 \text{ Н} \quad (1.1)$$

Годинна продуктивність підйому визначається за формулою:

$$A_{\text{год}} = \frac{1,5 \cdot A_{\text{річ}}}{n_1 \cdot n_2} = \frac{1,5 \cdot 1,4 \cdot 10^6}{18 \cdot 305} = 382,51 \text{ Т/год} \quad (1.2)$$

де  $n_1 = 18$  – кількість годин роботи підйомної установки за добу;

$n_2 = 305$  – кількість робочих днів на рік.

Вибірємо скіп з вантажопідйомністю 22 тонни.

### 1.5.2 Визначення параметрів канатів

Відповідно до правил безпеки, при висоті підйому більше 600 м,  
 розрахунок проводиться за шкалою запасу міцності.

Невантажувальна характеристика каната, не враховуючи вагу каната

$$Q_0 = Q_{\text{вант}} + Q_{\text{скіпа}} = 22000 + 21200 = 43200 \text{ кг} \quad (1.3)$$

де  $Q_{\text{вант}} = 22000$  кг – вантажопідйомність скіпа,

$Q_{\text{скіпа}} = 21200$  кг – маса скіпа.

Невантажувальна характеристика каната:

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				

$$Q_{01} = \frac{Q_0}{n_k} = \frac{43200}{4} = 10800 \text{ КН} \quad (1.4)$$

де  $n_k$  – кількість канатів

Розривне зусилля одного каната визначається за формулою:

$$Q_p = g \cdot m_0 \cdot Q_{01} = 9,5 \cdot 9,81 \cdot 10800 = 1026000 \text{ Н}, \quad (1.5)$$

де  $m_0$  – відношення сумарного розривного зусилля всіх дротів канату до вантажу,

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

Виходячи із розрахунку, вибираємо за ГОСТ 7669-68 сталевий круглосталковий канат діаметром  $d_k = 45,5 \text{ мм}$ , із сумарно розривним зусиллям  $Q_p = 1360000 \text{ Н}$  і розрахунковою межею міцності дротів при розтягуванні  $1400 \text{ МПа}$ .

Фактичний запас міцності для головних канатів визначається за

$$m = \frac{Q_p}{Q_{01} + p_k \cdot H_{п}} = \frac{1360000}{(108000 \cdot 9,81) + (88,9 \cdot 9,81) \cdot 1500} = 5,44 \quad (1.6)$$

де  $p_k$  – вага одного погонного метра каната

$m > 4$  – умова виконується.

### 1.5.3 Вибір типорозміру підіймальної машини

Тиск каната на футеровку:

$$q = \frac{2 \cdot n_k \cdot H_{п} + 2 \cdot Q_{см} + Q_{фут}}{D_{шк} \cdot \frac{d_k}{10} \cdot n_k} \quad (1.7)$$

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докum.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				



$$q = \frac{2 \cdot 4 \cdot 1500 + 2 \cdot 21200 + 22000}{5000 \cdot \frac{45,5}{10} \cdot 4} \cdot 9,81 = 1,88 \text{ МПа}$$

де  $D_{\text{кан}}$  – діаметр канатопрвідного дротка.

$[p_k] = 2 \text{ МПа}$  – допустиме значення тиску каната на футеровці.

Розраховане значення тиску каната на футеровці не перевищує допустиме.

Вибір хвостових зрівноважувальних канатів.

Установка має два зрівноважувальних канати.

Вона зрівноважувальних канатів.

$$q_{\text{врів}} = p_k \cdot \frac{n}{n_x} = 8,89 \cdot \frac{4}{2} = 17,78 \text{ кг/м} \quad (1.8)$$

де  $n$  – число головних канатів,

$n_x$  – число зрівноважувальних канатів

В таблиці 1.2 приведені характеристики каната 107-Г-1-Ж-НГТ-1570 ГОСТ 3099-80

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики сталевих круглосталкового підйомного каната

Розрахункова маса 100 м каната, Н	8891
Розрахункова межа міцності дроту при розтягуванні, МПа	1370
Розрахункове сумарне розривне зусилля усіх дротів у канаті, Н	136000

### 1.5.4 Визначення навантажень, які діють на підйомну машину

Максимальний статичний натяг вітки:

$$T_1 = n_k \cdot p_k \cdot H_{\text{п}} + Q_0 \quad (1.9)$$

$$T_1 = (4 \cdot 8,89 \cdot 1500 + 43200) \cdot 9,81 = 965,4 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Мінімальний статичний натяг вітки:

$$T_2 = 2 \cdot q_{\text{врів}} \cdot H_{\text{п}} + Q_{\text{м}} \quad (1.10)$$

$$T_2 = (2 \cdot 17,78 \cdot 1500 + 21200) \cdot 9,81 = 745,4 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Різниця статичних натягів:

$$\Delta F_{\text{ст}} = T_1 - T_2 = 965,4 \cdot 10^3 - 745,4 \cdot 10^3 = 220 \cdot 10^3 \text{ Н} \quad (1.11)$$

### 1.5.5 Перевірка на умову нековзання канатів по канатоведучому шківу (мінімальна висота підйому)

Коефіцієнт статичних натягів:

$$k_{\text{ст}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{96,54 \cdot 10^3}{74,54 \cdot 10^3} = 1,3 \quad (1.12)$$

$k_{\text{ст}} \leq 1,5$  – умова виконання

Максимальний статичний натяг вітки:

$$T_{1\text{min}} = n_k \cdot p_k \cdot H_{\text{пmin}} + Q_0, \quad (1.13)$$

$$T_{1\text{min}} = (4 \cdot 8,89 \cdot 860 + 43200) \cdot 9,81 = 737,8 \cdot 10^3 \text{ Н},$$

де  $H_{\text{пmin}} = 860 \text{ м}$  – гранична мінімальна висота підйому.

Мінімальний статичний натяг вітки:

$$T_{2\text{min}} = 2 \cdot q_{\text{врів}} \cdot H_{\text{пmin}} + Q_{\text{м}} \quad (1.14)$$

$$T_{2\text{min}} = (2 \cdot 17,78 \cdot 860 + 21200) \cdot 9,81 = 517,8 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Різниця статичних натягів:

$$\Delta F_{стmin} = T_{1min} - T_{2min} \quad (1.15)$$
$$\Delta F_{стmin} = 737,8 \cdot 10^3 - 517,8 \cdot 10^3 = 220 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

### 1.5.6. Перевірка на умову нековзання канатів по канатоведучому шківу (максимальна висота підйому)

Коефіцієнт статичного натягу

$$k_{ст} = \frac{T_{1min}}{T_{2min}} = \frac{73,782 \cdot 10^3}{51,782 \cdot 10^3} = 1,43 \quad (1.16)$$

Максимальний статичний натяг вітки:

$$T_1 = n_k \cdot P_k \cdot H_{п} + Q_0 \quad (1.17)$$

$$T_1 = (4 \cdot 8,89 \cdot 1500 + 43200) \cdot 9,81 = 965,4 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Мінімальний статичний натяг вітки:

$$T_2 = 2 \cdot q_{врів} \cdot H_{п} + Q_M \quad (1.18)$$

$$T_2 = (2 \cdot 17,78 \cdot 1500 + 21200) \cdot 9,81 = 745,4 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Із вище приведеного розрахунку можна зробити висновок, що для даних умов використовується підймальна машина МПМН 5.

### 1.5.7 Кінематика підйомної установки. Вибір максимальної швидкості підйому

Кількість підйомів підйомної установки:

$$n = \frac{A_{\text{год}}}{Q_{\text{вант}}} = \frac{382,51}{22} = 17,4 \text{ підйомів/год} \quad (1.19)$$

Приймаємо кількість підйомів  $n = 17$  підйомів/год

Тривалість одного циклу підйому:

$$T_y = \frac{3600}{n} = \frac{3600}{17} = 211 \text{ с} \quad (1.20)$$

Час руху підйомних посудин за один підйом:

$$T = T_y - 22 = 189 \text{ с} \quad (1.21)$$

$T_{\text{пауз}} -$  тривалість паузи.

Для підйомних установок, обладнаних скіпом та приводом від асинхронного двигуна, приймається прямолінійна п'ятиперіодна діаграма швидкості. Відповідно до Правил Безпеки прискорення і уповільнення поза кривих  $a_1$  і  $a_3$  приймається в межах  $0,5..0,7 \text{ м/с}^2$ ; прискорення і уповільнення підйомних посудин в кривих  $a'_1$  і  $a'_3$  в межах  $0,2..0,3 \text{ м/с}^2$ .

Відповідно до технічного завдання  $a'_1 = 0,7 \text{ м/с}^2$ ;  $a'_1$  та  $a'_3 = 0,2 \text{ м/с}^2$ , при цьому перевіряємо швидкість сходу порожнього скіпа:

Швидкість сходу порожнього скіпа в розвантажувальних кривих:

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot a'_1 \cdot h_0} \leq 1,2 \text{ м/с} \quad (1.22)$$

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot 0.3 \cdot 2.2} = 1,15 \text{ м/с}$$

де  $h_0 = 2,2$  м – величина шляху розвантаження в кривих,

$a'_1 = 0,3$  м;  $a'_3 = 0,2$  м – прискорення й уповільнення підйомної посудини

у розвантажувальних кривих.

Швидкість входу навантаженого скіпа у криві:

$$V'_1 = \sqrt{2 \cdot a'_3 \cdot h_0} \leq 1,40 \text{ м/с} \quad (1.23)$$

$$V'_1 = \sqrt{2 \cdot 0,2 \cdot 2,2} = 0,94 \text{ м/с}$$

Модуль швидкості:

$$a = \frac{T_y}{a_1 + a_3} = \frac{189}{0,7 + 0,7} = 66,4 \text{ м/с} \quad (1.24)$$

де  $a_1 = 0,7$  м/с<sup>2</sup>;  $a_3 = 0,7$  м/с<sup>2</sup> – прискорення й уповільнення підйомної посудини при розвантажувальними кривими,

значення визначено по формулі (1.25).

Тривалість умовної діаграми:

$$T_y = T - \frac{V_1}{a_1} - \frac{V'_1}{a'_3} = 189,79 - \frac{1,15}{0,3} - \frac{0,94}{0,3} = 181,2 \text{ с} \quad (1.25)$$

Висота підйому умовної діаграми визначається:

$$H_y = H_{II} - 2 \cdot h_0 - V_1 \cdot T_y \quad (1.26)$$

$$H_y = 1500 - 2 \cdot 2,2 - 1,15 \cdot 181,36 = 1287 \text{ м}$$

Середня швидкість умовної діаграми:

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				

$$V_{серу} = \frac{H_y}{T_y} = \frac{1287}{181,2} = 7,1 \text{ м/с} \quad (1.27)$$

Для розрахунку максимальної швидкості руху використовуємо умовну триперіодну діаграму

$$V_{maxу} = a - \sqrt{a^2 - 2 \cdot a \cdot V_{серу}} \quad (1.28)$$

$$V_{maxу} = 66,42 - \sqrt{66,42^2 - 2 \cdot 66,42 \cdot 7,1} = 8,4 \text{ м/с}$$

де  $V_{серу}$  – середня швидкість умовної діаграми

Максимальна швидкість за фактичною діаграмою визначається таким чином:

$$V_{max} = V_{maxу} + V_1 = 8,4 + 1,15 = 9,59 \text{ м/с} \quad (1.29)$$

Число обертів двигуна, що відповідає розрахунковому значенню максимальної швидкості:

$$n_{роз} = \frac{60 \cdot V_{max}}{r_{шк} \cdot i} = \frac{60 \cdot 9,59}{3,14 \cdot 5} \cdot 10,5 = 38,62 \text{ об/хв} \quad (1.30)$$

де  $i = 10,5$  – передатне відношення редуктора.

Визначимо найближче до розрахункового синхронне число обертів асинхронного двигуна за виразом:

$$n_{пол} = \frac{60 \cdot f}{p_{пол}} = \frac{60 \cdot 50}{8} = 375 \text{ об/хв} \quad (1.31)$$

де  $f = 50$  Гц – промислова частота струму.

$p_{пол} = 8$  – число пар полюсів.

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Номинальні оберти двигуна:

$$n_H = n_{об} \cdot (1 - S_H) = 375 \cdot (1 - 0,05) = 363,75 \text{ об/хв} \quad (1.32)$$

де  $S_H = 0,03$  – номінальне ковзання двигуна.

Фактична максимальна швидкість підйому:

$$V_{\max \phi} = V_{\max} \cdot \frac{n_H}{n_{роз}} = 9,59 \times \frac{363,75}{84,62} = 9,07 \text{ м/с} \quad (1.33)$$

Тривалість прискореного руху порожнього скіпа поза розвантажувальними кривими:

$$t_1 = \frac{V_{\max \phi} - V_1}{a_1} = \frac{9,07 - 1,15}{0,7} = 11,32 \text{ с} \quad (1.34)$$

Величина шляху прискореного руху порожнього скіпа поза розвантажувальними кривими:

$$h_1 = \frac{V_{\max \phi} - V_1}{2} \cdot t_1 = \frac{9,07 + 1,15}{2} \cdot 11,32 = 57,81 \text{ м} \quad (1.35)$$

Час уповільненого руху навантаженого скіпа перед розвантажувальними кривими:

$$t_3 = \frac{V_{\max \phi} - V_1'}{a_3} = \frac{9,07 - 0,94}{0,7} = 11,62 \text{ с} \quad (1.36)$$

Шлях уповільненого руху навантаженого скіпа перед розвантажувальними кривими:

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				

$$h_3 = \frac{V_{\max\phi} + V_1'}{2} \cdot t_3 = \frac{9,07 + 0,94}{2} \cdot 11,62 = 58,13 \text{ м} \quad (1.37)$$

Час і шлях рівномірного руху:

$$t_2 = \frac{h_2}{V_{\max\phi}} = \frac{38 \cdot 10^3}{9,07} = 152,12 \text{ с} \quad (1.38)$$

$$h_2 = H_{\Pi} - 2 \cdot h_0 - h_1 - h_3 \quad (1.39)$$

$$h_2 = 1500 - 2 \cdot 2,2 - 57,81 - 58,13 = 1380 \text{ м}$$

Тривалість шляху прискореного та уповільненого руху скіпа у розв'язку вантажівальних кривих:

$$t_1' = \frac{V_1}{a_1} = \frac{1,15}{0,3} = 3,83 \text{ с} \quad (1.40)$$

$$t_3' = \frac{V_1'}{a_3} = \frac{0,94}{0,2} = 4,69 \text{ с} \quad (1.41)$$

Фактична тривалість руху підйомних посудин:

$$T_{\phi} = t_1' + t_1 + t_2 + t_3 + t_3' \leq T \quad (1.42)$$

$$T_{\phi} = 3,83 + 11,32 + 152,12 + 11,62 + 4,69 = 183,57 \text{ с}$$

$T = 189,77 \text{ с}$  – умова виконується.

Фактичний коефіцієнт резерву продуктивності підйомної установки:

$$C_{\phi} = C \cdot \frac{T + \theta}{T_{\phi} + \theta} = 1,5 \cdot \frac{189,77 + 22}{183,57 + 22} = 1,55 \quad (1.43)$$

де  $C = 1,5$  – коефіцієнт нерівномірності завантаження скіпа, для підйомних посудин у гільній промисловості.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Аркуш



Використовуючи отриманні дані побудуємо діаграму швидкостей та прискорень. Діаграма показана на рисунку 1.6.

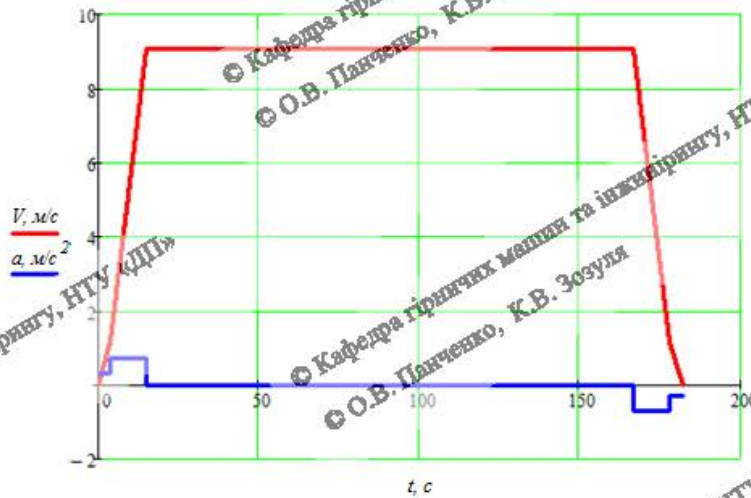


Рисунок 1.6 – Діаграма швидкостей і прискорень

### 1.5.8 Динаміка підйомної установки

Ступінь статичної невідновженості:

$$\delta = \frac{p_k \cdot H_{\text{п}}}{K \cdot Q_{\text{вант}}} = \frac{8,89 \cdot 1500}{1,15 \cdot 22000} = 0,53 \quad (1.44)$$

де  $K \geq 1,15$  – для скінів

$p$  – лінійна маса канату, обраного за каталогом, кг/м.

Приведена до кола органу навивання маса рухомих елементів підйомної установки, розраховується таким чином:

$$m_i = m_{\text{пост}} + m_{\text{вант}} = 97601,97 + 58718,12 = 156320,1 \text{ кг} \quad (1.45)$$

де  $m_{\text{пост}}$  – маса елементів підйомної установки, що здійснюють поступальний рух, яка дорівнює сумарній масі вантажу всіх підйомних посудин і канатів, кг.

$M_{об}$  – маса елементів підйомної установки, що здійснюють обертальний рух, умовно приведена до кола органу навівання, кг

Маса елементів, які здійснюють поступальний рух:

$$m_{пост} = m_{п} + Z \cdot m_{рез} + 2 \cdot L_p \cdot P + L_q \cdot q \quad (1.46)$$

$$m_{пост} = 22000 + 2 \cdot 21200 + 2 \cdot 1706 \cdot 8.89 + 1530 \cdot 1.89 = 97602 \text{ кг}$$

де  $L_p$  – довжина однієї діжки головного канату, м

$$L_p = H_0 + L_c + l_{рез} + Z_{тр} \cdot \pi \cdot D_6 \quad (1.47)$$

$$L_p = 1573 + 55,95 + 30 + 3 \cdot 3,14 \cdot 5 = 1706 \text{ м}$$

де  $l_{рез}$  – резервна довжина канату, м

де  $L_q$  – довжина хвостового канату, м.

$$L_q = H + 30 = 1200 + 30 = 1230 \text{ м} \quad (1.48)$$

$H_0$  – максимальна довжина канату, яка визначається таким чином:

$$H_0 = h_{зб} + H_{п} + h_k = 30 + 1500 + 42,5 = 1573 \text{ м} \quad (1.49)$$

де  $h_{зб}$  – коефіцієнт запасу міцності канату (відношення сумарного розривного зусилля всіх дротів підйомного канату до маси кінцевого вантажу), приймаємо  $h_{зб} = 30$ ;

$h_k$  – висота копра.

Висоту копра розраховують відповідно до обраної схеми і рекомендацій, наведених в Правилах Безпеки.

$$h_k = h_{пб} + h_{пп} + h_{пр} + h_{пер} + 0,75 \cdot R_{ш} \quad (1.50)$$

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата						

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

$$h_k = 35 + 2,35 + 0,3 + 3 + 0,75 \cdot 2,5 = 42,55 \text{ м}$$

де  $h_{ПБ}$  – висота приймального бункера для багатоканатного підйому;

$h_{ПД}$  – висота підйомної посудини;

$h_{ПР} = 0,3 \text{ м}$  – перевищення ступня над приймальним бункером;

$h_{ПЕР} = 3-7 \text{ м}$  – висота переїзду багатоканатних машин.

Довжина струни канату до горизонту розраховується за формулою:

$$L_c = \sqrt{(L_b - R_{III})^2 + (h_k - 1)^2} \leq 65 \text{ м} \quad (1.51)$$

$$L_c = \sqrt{(40 - 2,5)^2 + (42,55 - 1)^2} = 56 \text{ м}$$

Приведена до кола органу навівання маса обертових елементів підйомної установки

$$m_{об} = m_б + n_{НШ} \cdot m_{НШ} + k_{ЗП} \cdot n_{ДВ} \cdot m_p \quad (1.52)$$

$$m_{об} = 26080 + 2 \cdot 2000 + 1,3 \cdot 2 \cdot 11780 = 58718 \text{ кг}$$

де  $m_б$ ,  $m_{НШ}$ ,  $m_{ЗП}$ ,  $m_p$  – приведені до кола органу навівання маси відповідно барабана, напрямного шківів зубчастої передачі та редуктора електродвигуна;

$k_{ЗП}$  – коефіцієнт, що враховує приведену до кола органу навівання масу;

$m_{ЗП}$  – маси зубчастої передачі редуктора. Для без редуктора приводу;

$$k_{ЗП} = 1$$

$n_{НШ}$  і  $n_{ДВ}$  – відповідно кількість напрямних (копрових) шківів і привідних електродвигунів.

$$m_{об} = \frac{(G \cdot D^2)_б \cdot 10^3}{g \cdot D_б^2} = \frac{6396 \cdot 10^3}{9,81 \cdot 5^2} = 26080 \text{ кг} \quad (1.53)$$

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				

де  $(G \cdot D^2)_6$  – маховий момент машини, приведений до тихохідного вала,  $\text{кН} \cdot \text{м}^2$ , приймається за даними технічної характеристики підйомної машини.

$$m_{\text{НШ}} = \frac{(G \cdot D^2)_{\text{НШ}} \cdot 10^3}{g \cdot D_6^2} = \frac{490,5 \cdot 10^3}{9,81 \cdot 5^2} = 2000 \text{ кг} \quad (1.54)$$

де  $(G \cdot D^2)$  – маховий момент напрямного шківка  $\text{кН} \cdot \text{м}^2$ , приймається за даними технічної характеристики підйомної машини.

$$m_{\text{ЗП}} = \frac{(G \cdot D^2)_{\text{ЗП}} \cdot 10^3}{g \cdot D_6^2} = \frac{1864 \cdot 10^3}{9,81 \cdot 5^2} = 7600 \text{ кг} \quad (1.55)$$

де  $(G \cdot D^2)_{\text{ЗП}}$  – маховий момент редуктора,  $\text{кН} \cdot \text{м}^2$ , приймається за даними технічної характеристики зубчастої передачі

$$m_p = \frac{(G \cdot D^2)_p \cdot 10^3}{g \cdot D_6^2} = \frac{2890 \cdot 10^3}{9,81 \cdot 5^2} = 11780 \text{ кг} \quad (1.56)$$

Для визначення махового моменту ротора привідного двигуна попередньо визначимо його орієнтовану потужність, а саме:

$$P_{\text{ор}} = \frac{k \cdot m_{\text{н}} \cdot H \cdot g}{1000 \cdot T_{\text{ф}} \cdot \eta_{\text{ЗП}}} \cdot \rho \quad (1.57)$$

де  $k = 1,4$  – коефіцієнт, що враховує динамічний режим роботи привідного двигуна;

$k = 1,15$  – коефіцієнт, що враховує шкідливий опір шківа;

$\eta_{\text{ЗП}} = 0,93$  – ККД одноступінчастої зубчастої передачі;

$$P_{\text{ор}} = \frac{1,15 \cdot 22000 \cdot 1500 \cdot 9,81}{1000 \cdot 183,57 \cdot 0,93} \cdot 1,4 = 3055 \text{ кВт}$$

Так як привід має два двигуна, потужність одного двигуна знаходимо за формулою:

$$\frac{P_{op}}{2} = \frac{3055}{2} = 1527,5 \text{ кВт} \quad (1.58)$$

Попередньо обираємо двигун АКН4-17-28-16У3, потужністю 1600 кВт та з маховим моментом ротора  $M_p = 2890 \text{ кг} \times \text{м}^2$

Розрахунок діаграми зусиль на колі органу навівання проводиться за рівнянням академіка М.М. Федорова:

$$F = g \cdot [k \cdot Q_{п} + (p - q) \cdot (H - 2 \cdot x_i)] \pm m_i \cdot a_i \quad (1.59)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який враховує шкідливий опір руху посудини,

$i$  – період руху посудини,  $x_i$  – шлях, який пройшла посудина від початку

При  $\phi = 0,5$ ,  $p = q$ , формула буде мати такий вигляд:

$$F_i = g \cdot (k \cdot m_n) + m_i \cdot a_i, \text{ Н} \quad (1.60)$$

Перший період

$$F_1 = 9,81 \cdot (1,15 \cdot 22000) + m_i \cdot a'_1 = 295089,03 \text{ Н}$$

$$F'_1 = 9,81 \cdot (1,15 \cdot 22000) + m_i \cdot a'_1 = 295089,03 \text{ Н}$$

Другий період

$$F_2 = 9,81 \cdot (1,15 \cdot 22000) + m_i \cdot a_2 = 357617,07 \text{ Н}$$

$$F'_2 = 9,81 \cdot (1,15 \cdot 22000) + m_i \cdot a_2 = 357617,07 \text{ Н}$$

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				

Третій період

$$F_3 = 9,81 \cdot (1,15 \cdot 22000) = 248193 \text{ Н}$$

$$F'_3 = 9,81 \cdot (1,15 \cdot 22000) = 248193 \text{ Н}$$

Четвертий період

$$F_4 = 9,81 \cdot (1,15 \cdot 22000) - m_i \cdot (a_3) = 138768,93 \text{ Н}$$

$$F'_4 = 9,81 \cdot (1,15 \cdot 22000) - m_i \cdot (a_3) = 138768,93 \text{ Н}$$

П'ятий період

$$F_5 = 9,81 \cdot (1,15 \cdot 22000) - m_i \cdot (a'_3) = 215365,78 \text{ Н}$$

$$F'_5 = 9,81 \cdot (1,15 \cdot 22000) - m_i \cdot (a'_3) = 215365,78 \text{ Н}$$

За допомогою отриманих даних побудуємо діаграму зусиль  
 рисунок 1.7

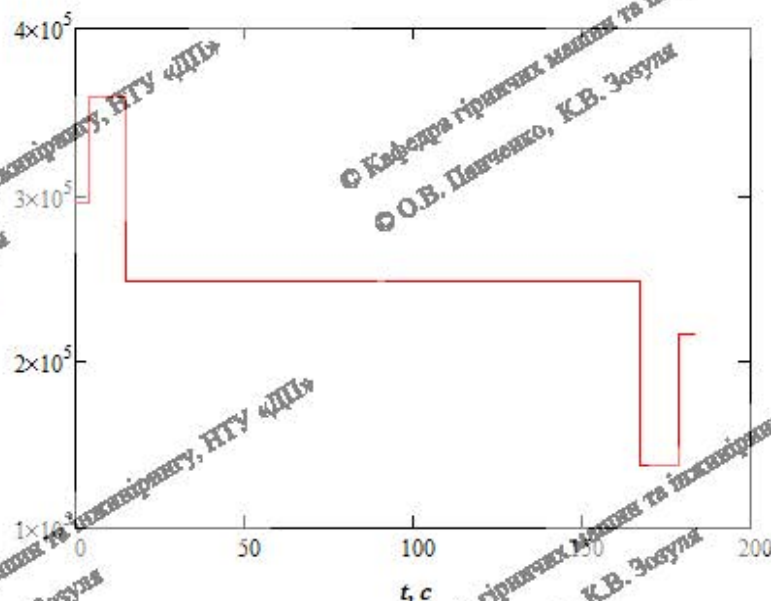


Рисунок 1.7 – Діаграма зусиль

Зм.	Архив	№ док.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Архив

Розрахунок потужності приводного двигуна проводиться на основі діаграми зусиль і виконується наступним чином:

Визначення еквівалентного часу роботи двигуна:

$$T_e = \alpha \cdot (t'_1 + t'_2 + t'_3) + t_2 + \beta \cdot \theta, \quad (1.61)$$

$$T_e = \frac{2}{3} \cdot (3,83 + 11,32 + 11,62 + 4,69) + 152,12 + \frac{1}{3} \cdot 22 = 180,42 \text{ с}$$

де  $\alpha = \frac{2}{3}$  і  $\beta = \frac{1}{3}$  – коефіцієнти, які враховують погіршення умов охолодження двигуна за періоди несталої руху та пауз.

Еквівалентне зусилля визначається за формулою:

$$F_e = \sqrt{\frac{\int_0^T F^2 dt}{T_e}}, \quad (1.62)$$

$$F_e = \sqrt{\frac{1,16 \cdot 10^{13}}{180,42}} = 2,54 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Для п'ятиперіодної діаграми чисельник формули складається з п'яти членів і розраховується наступним чином:

$$\int_0^T F^2 dt = \frac{F_1^2 + (F'_1)^2}{2} t'_1 + \frac{F_2^2 + (F'_2)^2}{2} t_1 + \frac{F_3^2 + F_3 + (F'_3)^2}{3} t_2 + \frac{F_4^2 + (F'_4)^2}{2} t_3 + \frac{F_5^2 + (F'_5)^2}{2} t'_3 \quad (1.63)$$

$$\int_0^T F^2 dt = \frac{(2,96 \cdot 10^5)^2 + (2,96 \cdot 10^5)^2}{2} \cdot 3,83 + \frac{(3,59 \cdot 10^5)^2 + (3,59 \cdot 10^5)^2}{2} \cdot 11,32 + \frac{(2,48 \cdot 10^5)^2 + (2,48 \cdot 10^5)^2 + (2,48 \cdot 10^5)^2 + (2,48 \cdot 10^5)^2}{2} \cdot 152,12 + \frac{(1,37 \cdot 10^5)^2 + (1,37 \cdot 10^5)^2}{2} \cdot 11,62 + \frac{(2,17 \cdot 10^5)^2 + (2,17 \cdot 10^5)^2}{2} \cdot 4,69 = 1,16 \cdot 10^{13} \text{ Н}^2 \text{ с}$$

Еквівалентна потужність приводного двигуна:

$$P_{\text{екв}} = \frac{F_e \cdot V_{\text{max}}}{1000 \cdot \eta_{\text{ДП}}} \quad (1.64)$$

$$P_{\text{екв}} = \frac{2,54 \cdot 10^5 \cdot 9,6}{1000 \cdot 0,73} = 2,62 \cdot 10^3 \text{ кВт.}$$

$$F_e = \sqrt{\frac{2,29 \cdot 10^{13}}{T_e}} = \sqrt{\frac{2,29 \cdot 10^{13}}{179,68}} = 355300 \text{ Н}$$

$$T_e = \frac{2}{3} \cdot (t'_1 + t_1 + t'_3 + t_3) \cdot t_2 + \frac{1}{3} \cdot \theta \quad (1.65)$$

$$T_e = \frac{2}{3} \cdot (3,83 + 11,32 + 11,32 + 3,83 \cdot 22) = 179,68 \text{ с.}$$

## 1.6 Визначення діаметра копрового направляючого шківів

Відповідно до правил безпеки діаметр копрового направляючого шківів визначається, виходячи із наступних співвідношень:

$$D_{\text{шк}} \geq 80d \quad (1.66)$$

$$D_{\text{шк}} \geq 80 \cdot 45,5 = 3,64 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

$$D_{\text{шк}} \geq 1200\delta \quad (1.67)$$

$$D_{\text{шк}} \geq 1200 \cdot 2,6 = 3,12 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Виходячи із цих значень, приймаємо діаметр шківів:  $D_{\text{шк}} = 4000 \text{ мм}$

## 1.7 Вибір приводу підйомальної машини

### 1.7.1 Вибір електродвигуна

За розрахованими даними, а саме, для необхідної швидкості обертання  $n = 400 \text{ об/хв.}$ ; і необхідної еквівалентної потужності двигуна

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ					



$P_{\text{екв}} = 2,62 \cdot 10^3$  кВт, остаточно приймаємо два двигуни АКН4-17-28-16У3 з параметрами, вказаними в таблиці. 1.3.

Таблиця 1.3 – Параметри електродвигуна АКН4-17-28-16У3

Номінальна потужність на валу	1600 кВт
Номінальна напруга	6000 В
Швидкість обертання	400 об/хв.
КПД	90,6 %
$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}}$	2,3
Моховий момент ротора	2890 кН·м <sup>2</sup>

Обраний двигун перевіряється в умовах пускового перевантаження за формулою 1.65:

$$\gamma = \frac{F_{\text{дв}}}{F_{\text{ном}}} \leq 1,8 \dots 1,8, \quad (1.68)$$

$$\gamma = \frac{3,57 \cdot 10^5}{(1,552 \cdot 10^5) \times 2} = 1,12$$

де  $F_{\text{max}}$  – максимальне зусилля з діаграми шийних зусиль (для даного розрахунку  $F_{\text{max}} = F_{\text{дв}}/2$ );

$F_{\text{ном}}$  – номінальне зусилля обраного двигуна, розраховується за виразом:

$$F_{\text{ном}} = \frac{1000 \cdot P_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ЗП}}}{v_{\text{max}}}, \quad (1.69)$$

$$F_{\text{ном}} = \frac{1000 \cdot 1600 \cdot 0,93}{9,6} = 1,55 \times 10^5 \text{ Н}$$

Із вищенаведеного розрахунку можна зробити висновок, що обраний двигун підходить, так як пускове перевантаження двигуна  $\gamma$  менше від заданих значень.

## 1.7.2 Вибір редуктора

Привід підймальних машин представляє собою асинхронний електродвигун, який має швидкість обертання  $n = 40 - 960$  об/хв.

Барабани підймальних машин обертаються зі швидкістю, яка не перевищує 50 об/хв. Для отримання необхідної швидкості корінний вал підйомної машини з'єднують із валом асинхронного електродвигуна через понижуючий редуктор.

Редуктор підймальних машин має закритий циліндричну зубчасту передачу з горизонтально розміщеними валами, змонтованими в литому корпусі на підшипниках кочення, із постійними міжцентровими відстанями.

Підймальні машини комплектують одноступінчатыми та двохступінчатыми редукторами. Одноступінчатий редуктор має одну пару зубчастих передач, двохступінчатий – дві пари зубчастих передач.

Передавальним числом редуктора називається відношення швидкості обертання (числа обертів) електродвигуна до швидкості обертання барабана підйомної машини. Крупні підймальні машини обладнують одноступінчатыми редукторами із передавальним числом 10,5 и 11,5 та двохступінчатыми редукторами із передавальним числом 20 або 30.

Одноступінчаті редуктори мають більше переваг в порівнянні із двохступінчатыми, а саме більший коефіцієнт корисної дії, меншу кількість деталей, які зношуються (вкладиші, шестерні), можливість 100%-вого резервування приводного двигуна або можливість підвищення потужності привода, за умов встановлення другого робочого двигуна. Останнє має велике значення, так як потужність асинхронного привода із одним встановленим двигуном має свою верхню межу близько 1000 кВт.

					Аркуш
<i>ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ</i>					
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	

Редуктор підйимальної машини встановлюють до фундаменту жорстко. У багатоканатних підйимальних машинах редуктор встановлюють до фундаменту на пружинах, які сприймають навантаження, яке діє від редуктора на фундамент, компенсують неточність монтажу, пом'якшують удари на зубах передачі при аварійному гальмуванні, компенсують спільні перекося окремих елементів машини. Це значно збільшує строк служби зубчатих передач. Головний вал редуктора з'єднаний із корінним валом підйомної машини жорстким фланцевим з'єднанням, яке має отвори для гідрознімання. Корпус редуктора та кришка щіт, жорсткої конструкції. Всі підшипники роликові. На проміжному валу розміщена установка тахтогенератора. Привідний вал з'єднаний із валом електродвигуна зубчатою муфтою. Система змащування здійснює примусове змащування підшипників і зубчатих коліс редуктора.

Розрахунок проводиться за наступним алгоритмом:

Визначимо крутний момент на валу електродвигуна:

$$M_{кр} = \frac{N_d}{n} \cdot 9550 \quad (1.70)$$

$$M_{кр\text{ ел}} = \frac{1600}{400} \cdot 9550 = 8,74 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначимо крутний момент редуктора:

$$M_{кр\text{ ред}} = M_{кр\text{ ел}} \cdot i \quad (1.71)$$

$$M_{кр\text{ ред}} = 8,74 \cdot 10^4 \cdot 10,5 = 4,01 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Виходячи з розрахованого крутного моменту і передавального відношення, приймаємо редуктор з параметрами, наведеними в таблиці 1.4.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця. 1.4. – Параметри редуктора ЦО-18

Передавальне число	10.5
Крутний момент редуктора, кН·м	320
Маса	38

### 1.8 Вибір з'єднувальної муфти

Для з'єднання вала електродвигуна з валом редуктора і вала редуктора з корінним валом підйомальних машин застосовують пружинні і зубчасті муфти.

Зубчасту муфту використовують для з'єднання корінного вала машини з валом редуктора (рисунок 1.8). Вона складається з двох втулок 1,2, що мають зовнішні зуби і з'єднані між собою зубчастими обоймами 3,4, які мають внутрішні зуби. Втулки насаджені на кінці валів, які з'єднані між собою. Зубчасті обойми з'єднані між собою болтами 5 і з кожного боку закриті кришками 6 з монтажними уп'язаннями 7. Для зменшення зносу робочих поверхонь зуби втулок і обойм занурені в мастило. Для змащення застосовують трансмісійне або автотранспортне мастило.

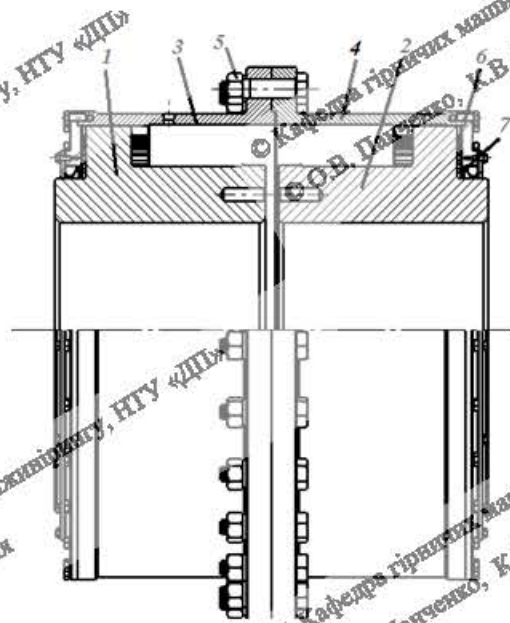


Рисунок 1.8 – Зубчаста муфта [1]

Зм.	Архиви	№ докум.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Архиви

Зубчасті муфти обирають по найбільшому діаметру кінців з'єднувальних в'язів.

Для розрахунку муфти необхідно визначити моменти [8]:

Момент як різниця статичних навантажів

$$T_{\text{ном}} = r \cdot \Delta F_{\text{ст}} = 2,5 \cdot 220 = 550000 \text{ Н} \quad (1.72)$$

Розрахунок вий момент на муфті

$$T_p = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot T_{\text{ном}} \quad (1.73)$$

$$T_p = 1,8 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 550000 = 1287000 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Перевірка на умову міцності по найбільшому короткочасно діючому моменту.

$$T_{\text{макс}} = 2 \cdot T_{\text{ном}} = 1100000 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (1.74)$$

По розрахованому моменту обираємо муфту МЗ 19 з характеристиками наведеними в таблиці 1.6

Таблиця 1.6 Технічні характеристики муфти МЗ 19

Діаметр, мм	550
Крутний момент, Н×м	1 100 000
Число обертів, за хв.	500
Маховий момент, Н×м <sup>2</sup> .	2700

Таким чином визначені основні параметри підіймальної машини, характеристики якої зведено в таблицю 1.6

Аркуш

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Зм. Аркуш № докум. Підпис Дата

Таблиця 1.6 – Основні параметри багатоканатної підйомної машини МПМН 5×4

Статичний натяг канатів найбільший	965 400
Візначення статичних натягів: Н	220 000
Найбільший діаметр каната, мм	45,5
Кількість канатів	4
Глибина підйому, м	1500
Швидкість підйому, м/с	9,6
Потужність приводу, кВт	2620

### 1.9 Визначення параметрів і розробка конструкції корінного вала шківів тертя багатоканатної підйомної машини МПМН 5×4

Корінні вали підйомних машин розраховуються на максимальні нормальні навантаження і перевіряються на аварійні навантаження при розриві канатів з тим, щоб не була перевищена границя пружності [2, 5].

На корінні вали підйомних машин діють такі навантаження:

– Монтажні – ті, які виникають під час монтажу підйомної машини, коли посудини ще не підвішені до канатів. Такі навантаження також діють на корінний вал при зміні та навішуванні канатів.

Під час дії канатних навантажень в корінному валу виникають згинальні моменти від власної ваги вала и насаджених на нього частин машини, які діють у вертикальній площині.

– Робочі – виникають під час нормального режиму роботи машини. При робочих навантаженнях на корінний вал підйомної машини діють також обертаючі моменти від натягу канатів. Для визначення максимальних нормальних навантажень необхідно встановити умови роботи вала.

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Аркуш

Зм. Аркуш № докум. Підпис Дата

Підіймальні машини мають двоопорний корінний вал, на одному кінці забезпечений напівмуфтою для з'єднання вала з редуктором. Для визначення монтажних навантажень необхідно побудувати модель шків тертя підіймальної установки.

### 1.9.1 Побудова комп'ютерної моделі корінного вала з шківом тертя

Відповідно до розглянутих вище конструкцій шківів з головним валом (пункт 1.4) було побудовано комп'ютерну модель корінного вала із шківом тертя машини МПМН 5×4, яка показана на рисунку 1.9.

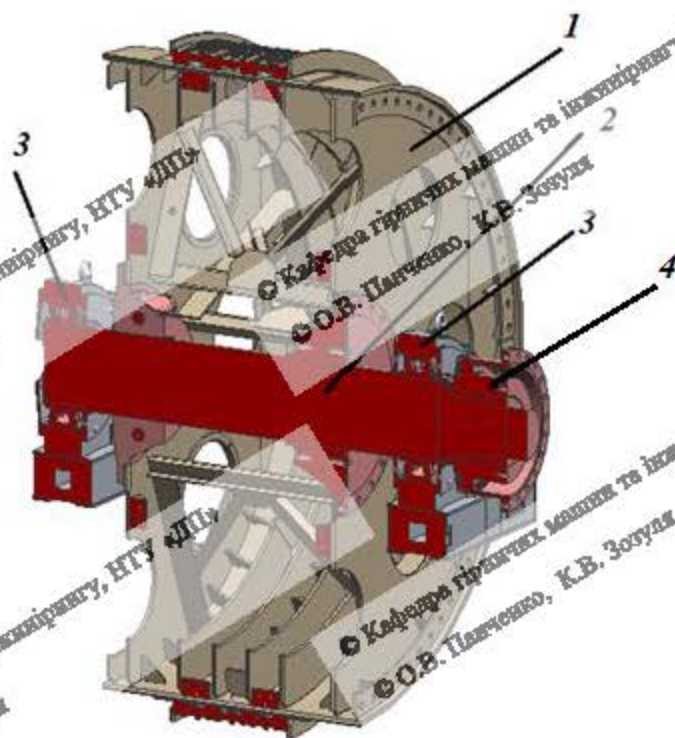


Рисунок 1.9 – Шків в зборі в розрізі

Зборка головного валу багатоканатної підіймальної машини складається з канатоведучого шківa 1, корінного вала 2 і корінних підшипників 3, з'єднувальної муфти 4. Канатоведучий шків звареної конструкції з'єднаний з литою сталевю маточиною зварюванням. Маточина, насаджена на корінний вал по гарячій посадці, зварена з двох частин.

Зм.	Архуш	№ докум.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Архуш

Гальмівні обіддя закріплені на обичайці зварюванням. Обичайка лобовини, гальмівні обіддя і ребра жорсткості виконані з листової сталі. До дисків і ребер маточини приварені лобовини і ребра жорсткості канатоведучого шківів.

На рамі звареної конструкції встановлені корпуси підшипників, опори гальма і привід гальма. Це полегшує монтаж і експлуатацію підйомної машини. На рамі встановлено також стопор, яким підйомна машина стопориться при ремонті гальмівної системи.

Побудована модель складається із 2028 загальних компонентів, із них унікальних деталей 96, унікальних зборок 18 (рисунк 1.10).

<b>Общее количество компонентов в Шкив в сборе:</b>	2131
Детали:	2028
Уникальные документы детали:	96
Уникальные детали:	96
Узлы сборки:	103
Уникальные узлы сборки:	18
Уникальные документы узла сборки:	18
Максимальная глубина:	5
Число компонентов верхнего уровня:	4
Решенные компоненты:	161
Решенные документы:	20
Сокращенные компоненты:	1892
Погашенные компоненты:	78
Скрытые компоненты:	4
Виртуальные компоненты:	0
Компоненты конверта:	0
Количество тел:	1951
Общее количество вычисленных сопряжений:	
Число сопряжений верхнего уровня:	9
Количество гибких сопряжений тела сборки:	

Рисунок 1.10 – Загальна кількість компонентів.

### Екранна форма програми SolidWorks

Параметри корінного вала, на основі яких побудована комп'ютерна модель, розглянуті нижче.



## 1.9.2 Розрахунок вала

Розрахунок вала на кручення:

Приймаємо матеріал для вала: сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Розрахунковий діаметр вала визначається за формулою:

$$D_{\text{в.розрах.}} = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{кр}} \cdot 16}{\pi \cdot \tau}} = \sqrt[3]{\frac{539600 \cdot 16}{3,14 \cdot 30 \cdot 10^6}} = 0,45 \text{ м} \quad (1.75)$$

де  $\tau = 30 \text{ МПа}$  – допустиме напруження при крученні вала.

Крутий момент на валу

$$M_{\text{кр}} = Q_{\text{п}} \cdot g \cdot R = 22000 \cdot 9,81 \cdot 2,5 = 539600 \text{ Нм} \quad (1.76)$$

$$R = \frac{D_{\text{шк}}}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ м}$$

По посадочному місцю муфта на кресленні приймаємо діаметр вала

550 мм.

## 1.10 Вибір підшипникових опор

Опорні вали містять підшипники сферичні дворядні. У підшипників сферичних кришки можуть бути різні, якщо є роз'єм по діаметральній площині, або накладними. Зазор  $c$  потрібен для температурних розширень. На кожній із двох опор можна приймати

$$c = 0,5 \cdot \alpha \cdot l \cdot \Delta t + 0,1 \text{ мм},$$

де  $l$  – довжина профоліту вала;

$\alpha = 0,000125$  – температурний коефіцієнт лінійного розширення сталі;

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Аркуш

$\Delta t$  – різниця температур вала и корпуса (до  $25^\circ$ ).

Практично  $s = 0,2 \dots 0,5$  мм, в залежності від розміру вала.

Роликові кінчні підшипники потребують регулювання в осьовому напрямку. Тому для них необхідні або накладні кришки, під які підкладені регульовальні прокладки із декількох шарів тонкої сталеної фольги або врізні кришки із різбовою пробкою.

### 1.11 Розрахунок та вибір параметрів вала

Опорними корінного вала є два роликових радіальних сферичних самостворюючих підшипника кочення. Розміри діаметрів вала розраховуються за формулою:

$$\begin{aligned} d_i &= d_{i-1} + 2\Delta & (1.77) \\ d_{du} &= d_{xb} + 2\Delta = 550 + 2 \cdot 25 = 600 \text{ мм} \\ d_{ст} &= d_{п} + 2\Delta = 600 + 2 \cdot 20 = 640 \text{ мм} \\ d_{бст} &= d_{ст} + 2\Delta = 640 + 2 \cdot 30 = 700 \text{ мм} \end{aligned}$$

де  $\Delta$  – висота заплечиків вала.

Конструкція вала та його розміри діаметрів показані на рисунку 1.11. При цьому діаметри вала приймалися конструктивно у відповідності із шириною підшипника, шириною шківів, та необхідних конструктивних зазорів між сполучними деталями.

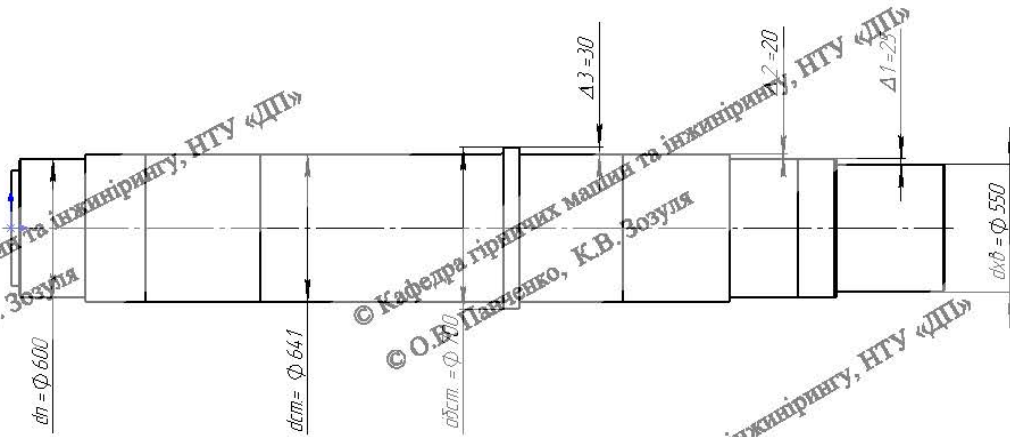


Рисунок 1.11 – Визначення діаметрів підшипникових опор

## 1.12 Розрахунок та вибір підшипників

Таким чином, діаметр підшипника складає 600 мм. Такому показнику відповідає підшипник серії 30037/600. Схема підшипника цієї серії показана на рисунку 1.12. Це дворядний радіальний сферичний самоустановлювальний підшипник основного конструктивного виконання. Призначений такий підшипник для прийняття високих комбінованих навантажень (радіальних і осьових). Осьове навантаження має бути не більше 20% від величини допустимого радіального. Відмінною особливістю серії і головною її перевагою перед іншими конструкціями є можливість компенсації значною несоосності, працездатність зберігається при перекосах до двох градусів.

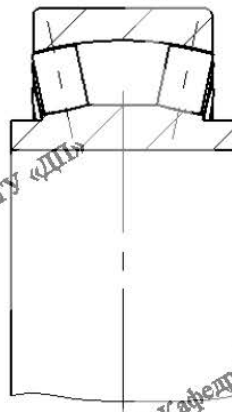


Рисунок 1.12 – Схема підшипника серії 30037/600

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Аркуш

Так як внутрішній діаметр цього підшипника перевищує 496 мм, для його маркування використовується особлива система позначень, в якій всі конструктивні особливості вказуються до риси, а внутрішній діаметр - після. Повне найменування модифікації 30037/600НЛ (сепаратор з латуні, наявність канавки на зовнішньому кільці і отворів для внесення мастила).

Характеристики обраного підшипника зведені в таблицю 1.7

Таблиця 1.7 – Характеристики підшипника 30037/600

Внутрішній діаметр, мм	600
Зовнішній діаметр, мм	980
Ширина, мм	300
Маса, кг	950
Динамічна вантажопідйомність, кН	8970
Статична вантажопідйомність, кН	18000
Максимальна номінальна частота обертання, об/хв	340

### 1.13. Визначення навантаження на корінний вал

На основі побудованої комп'ютерної моделі корінного вала та моделі шківів тертя (автор студент групи 133м-17 Кошечник А.С.) визначаємо монтажне навантаження, яке діє на опори. Для цього скористаймося інструментом «Масові характеристики» у програмі SolidWorks (рис. 1.13).

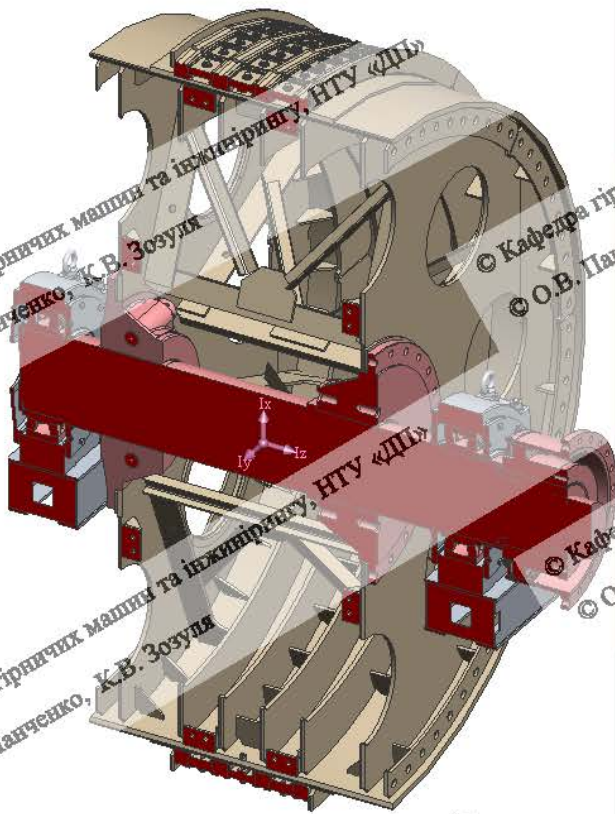


Рисунок 1.13 – Масові характеристики шківів в зборі.  
 Екранна форма програми SolidWorks

Із рисунка 1.13 видно, що маса шківів складає 56539,586 Н, а центр ваги зміщений відносно опори А (рисунок 1.14).

Так як центр мас знаходиться не по центру між опорами, то визначимо яку долю масова характеристика приходить на опору А і на опору В. Для цього складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} G_A \cdot a_1 = G_B \cdot a_2 \\ G_A + G_B = G \end{cases} \quad (1.78)$$

$$G_A = G - G_B \quad (1.79)$$

$$G \cdot a_1 - G_B \cdot a_1 = G_B \cdot a_2$$

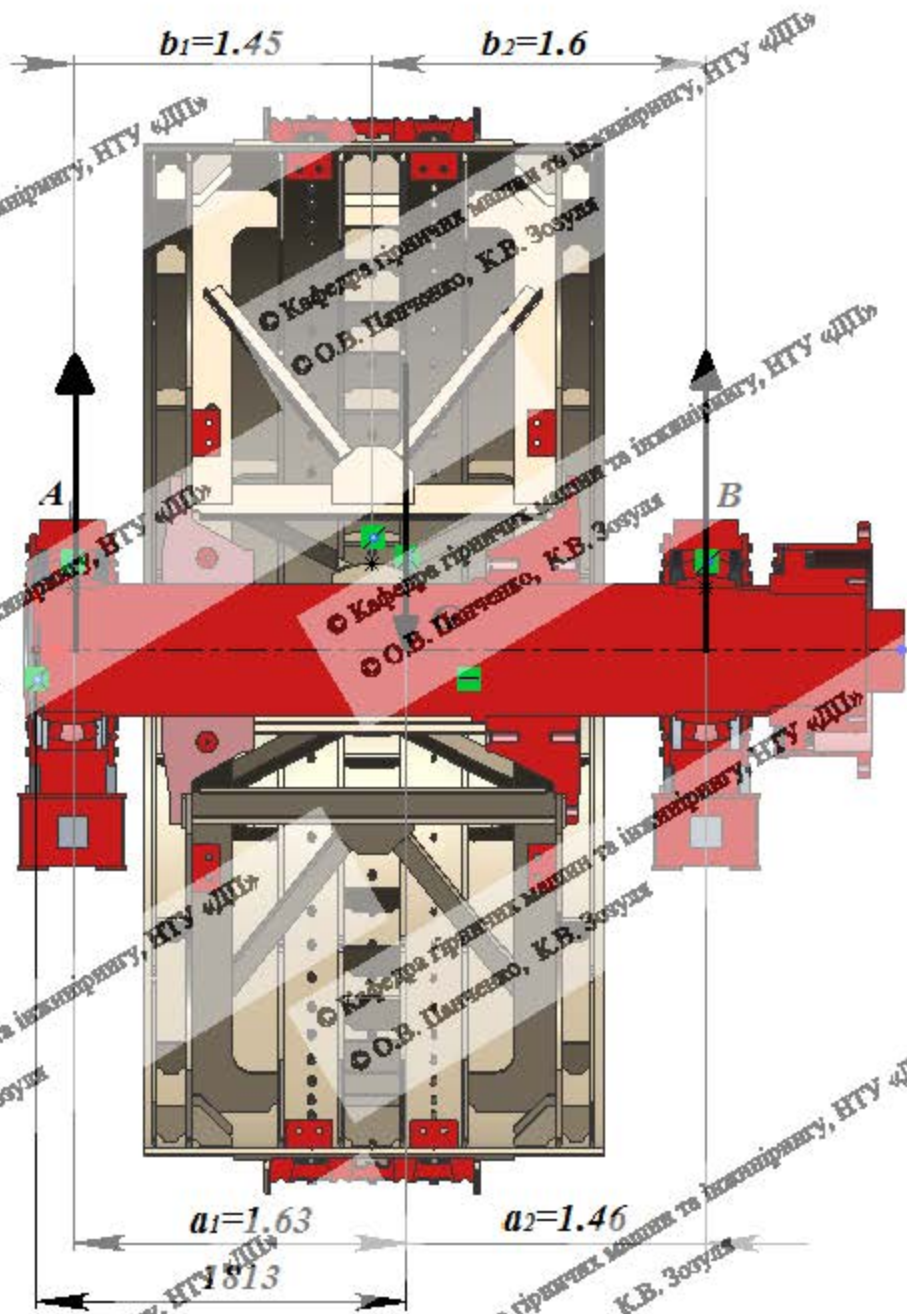


Рисунок 1.14 – Розрахункова схема кота у вертикальній площині

$$G_B = \frac{G \cdot a_1}{a_2 + a_1} = \frac{565\,400 \cdot 1.63}{1.46 + 1.63} = 298\,253,07 \text{ Н} \quad (1.80)$$

$$G_A = G - G_B = 565\,400 - 298\,253,07 = 267\,146,93 \text{ Н} \quad (1.81)$$

Аналогічно складемо систему рівнянь для натягу порожньої і навантаженої ділки.

$$\begin{cases} T_1^A \cdot b_1 = T_1^B \cdot b_2 \\ T_1^A + T_1^B = T_1 \end{cases} \quad (1.82)$$

$$T_1^A = T_1 - T_1^B \quad (1.83)$$

$$T_1^B = \frac{T_1 \cdot b_1}{b_2 + b_1} = \frac{965400 \cdot 1,4}{1,4 + 1,63} = 458960,66 \text{ Н} \quad (1.84)$$

$$T_1^A = T_1 - T_1^B = 965400 - 458960,66 = 506439,34 \quad (1.85)$$

$$\begin{cases} T_2^A \cdot b_1 = T_2^B \cdot b_2 \\ T_2^A + T_2^B = T_2 \end{cases} \quad (1.86)$$

$$T_2^B = \frac{T_2 \cdot b_2}{b_2 + b_1} = \frac{745400 \cdot 1,6}{1,45 + 1,63} = 391029,51 \text{ Н} \quad (1.87)$$

$$T_2^A = T_2 - T_2^B = 745400 - 391029,51 = 354370,49 \text{ Н} \quad (1.88)$$

Вирішивши систему рівнянь (1.78) – (1.88) видно, що реакція в опорі А більше, тому в подальшому розрахунку будемо використовувати це значення, а саме  $R_A = 729878 \text{ Н}$ . Робоче навантаження, яке діє на шків тертя, було визначено раніше в пункті 1.2. Із рисунка 1.14 видно, що шків зміщений до опори А, отже, натяг канатів буде нерівномірно розподілений по підшипниковим опорам.

Розрахункова схема визначення результуючої навантаження, яка діє на підшипникові опори показана на рисунку 1.15. Визначимо результуючу силу графоаналітичним способом (рисунок 1.16).

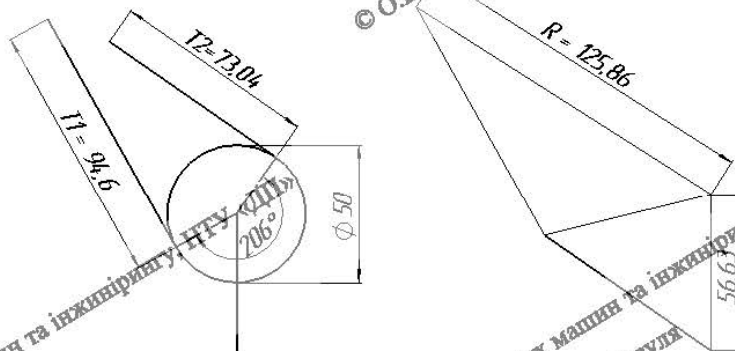


Рисунок 1.15 – Схема визначення результуючої сили R

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Аркуш

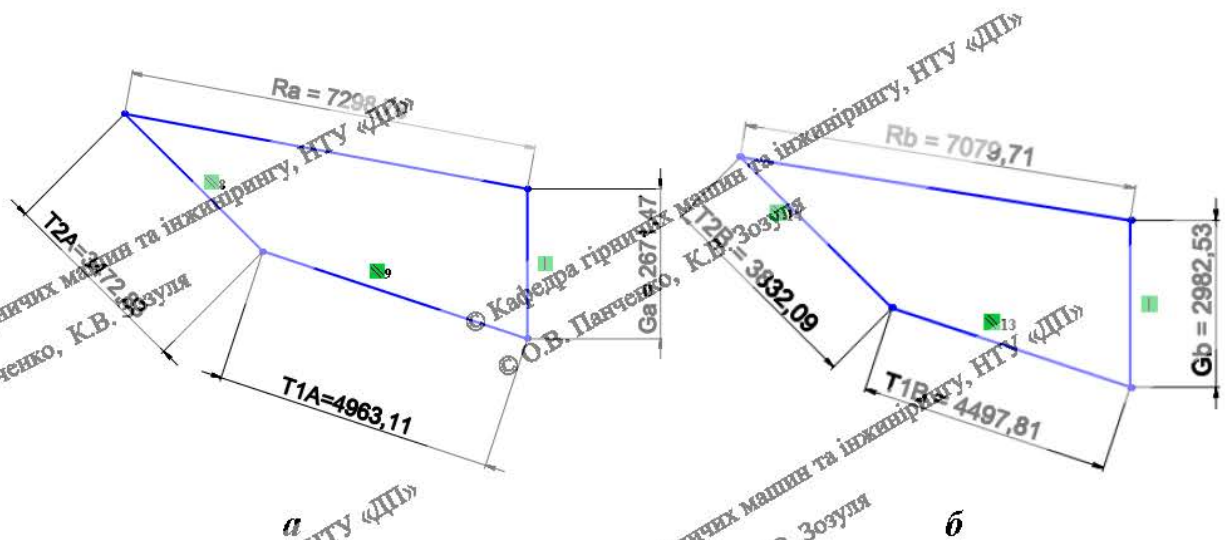


Рисунок 1.16. Визначення результуючої сили: в опорі А(а) і в опорі В (б)

$$R_A = 729878 \text{ Н}$$

$$R_B = 707971 \text{ Н}$$

### 1.14 Перевірка підшипникових опор на довговічність

Частота обертання шківів:

$$n_{\text{оберт.}} = \frac{V_{\text{макс}}}{R} = \frac{9,59}{2,5} = 3,84 \text{ рад/сек} \quad (1.92)$$

Розрахунковий ресурс підшипника визначимо за формулою [6]:

$$L_{\text{пр}} = \frac{10^6}{60 \cdot n_{\text{оберт.}}} \cdot \left( \frac{C_{\text{дин.}}}{F_{\text{макс}} \cdot k_6} \right)^{\frac{10}{3}} \quad (1.93)$$

$$L_{\text{пр}} = \frac{10^6}{60 \cdot 3,84} \cdot \left( \frac{8970 \cdot 10^3}{729878 \cdot 3} \right)^{\frac{10}{3}} = 477949 \text{ год.}$$

де  $C_{\text{дин.}}$  – динамічна вантажопідйомність підшипника;

$F_{\text{макс}}$  – максимальна реакція в опорі;

$n_{\text{оберт.}}$  – частота обертання шківів.



$$F_{\max} = R_A = 729878 \text{ Н} \quad (1.94)$$

$L_{\text{ч}} = 135000$  годин необхідний ресурс підшипника.

Так як розрахунковий ресурс більше того, який вимагається  $L_{\text{пр}} > L_{\text{ч}}$  ( $477949 > 135000$ ), можна зробити висновок, що підшипник серії 30037/600 придатний до використання.

### 1.15 Конструювання корпусу підшипника

Корпуса підшипників призначені для застосування в обладнанні із роздільним встановленням опор валів – при великих значеннях довжин валів та в інших випадках.

Корпус підшипника спроектований у відповідності розрахунку [3]. Так як розмірів в розрахунку не передбачено, то розміри для корпусу були прийняті з урахуванням масштабного коефіцієнта. Конструкція з основними розмірами показана на рисунку 1.17.

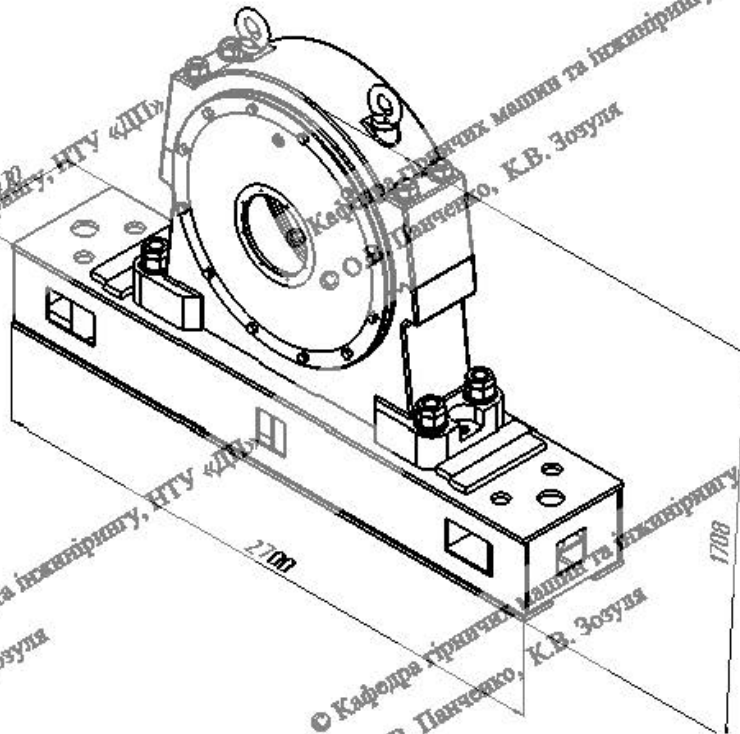


Рисунок 1.17 – Модель корпусу підшипника

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Аркуш

## 1.16 Визначення параметрів маточин

При конструюванні маточин необхідно забезпечити міцність і жорсткість конструкції.

Параметри маточини приймаємо конструктивно за формулами приведеними нижче згідно методик [6,7].



Рисунок 1.18 – Схема маточини

Діаметр маточини: [7]

$$d_{ст} = (1,2 \dots 2) \cdot d_{в} = (1,2 \dots 2) \cdot 550 = 660 \dots 1100 \text{ мм} \quad (1.95)$$

Приймаємо  $d_{ст} = 990 \text{ мм}$

Ширина маточини [7]

$$B_{ст} = (0,8 \dots 2) \cdot d_{в} = (0,8 \dots 2) \cdot 550 = 440 \dots 1100 \text{ мм} \quad (1.96)$$

Зм.	Архив	№ док.	Підпис	Дата
-----	-------	--------	--------	------

ГМ.ПД.18.03.01.ПЗ

Архив

Приймаємо  $V_{ст} = 150$  мм

Висота фланця: [7]

$$h = (4 \dots 8) \cdot d_6 = (4 \dots 8) \cdot 50 = 200 \dots 400 \text{ мм} \quad (1.97)$$

Приймаємо  $h = 350$  мм.

Ширина фланця [8]:

$$V_{ст} = (0,8 \dots 1,5) \cdot d_6 = (0,8 \dots 1,5) \cdot 50 = 40 \dots 75 \text{ мм} \quad (1.98)$$

Приймаємо:  $V_{фст} = 60$  мм

Товщина ребра [6]:

$$\delta = (0,8 \dots 1) \cdot V_{фст} = (0,8 \dots 1) \cdot 60 = 48 \dots 60 \text{ мм} \quad (1.99)$$

Приймаємо:  $\delta = 55$  мм.

Проектовані маточини показані на рисунках 1.19, 1.20.

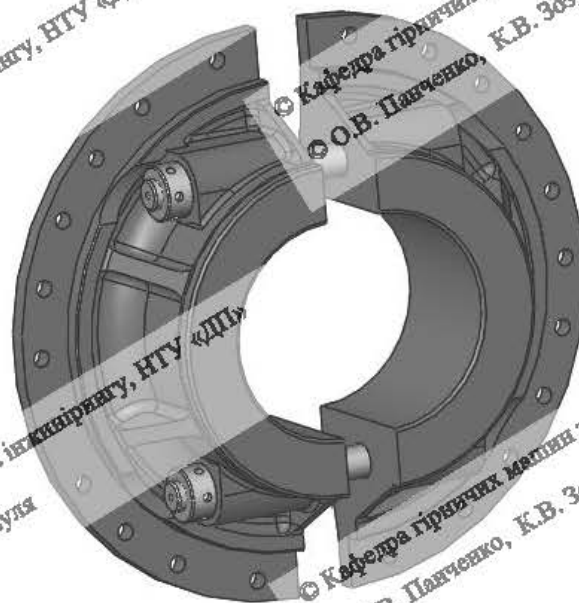


Рисунок 1.19 – Маточина роз'ємна

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата



**Рисунок 1.20 – Маточина циліндра**

### 1.17 Обґрунтування розрахунку моделі корінного вала в зборі методом скінченних елементів

За допомогою отриманих даних, використовуючи метод скінченних елементів в SolidWorks Simulation, виконується перевірка напружено-деформованого стану корінного вала зі шківом тертя.

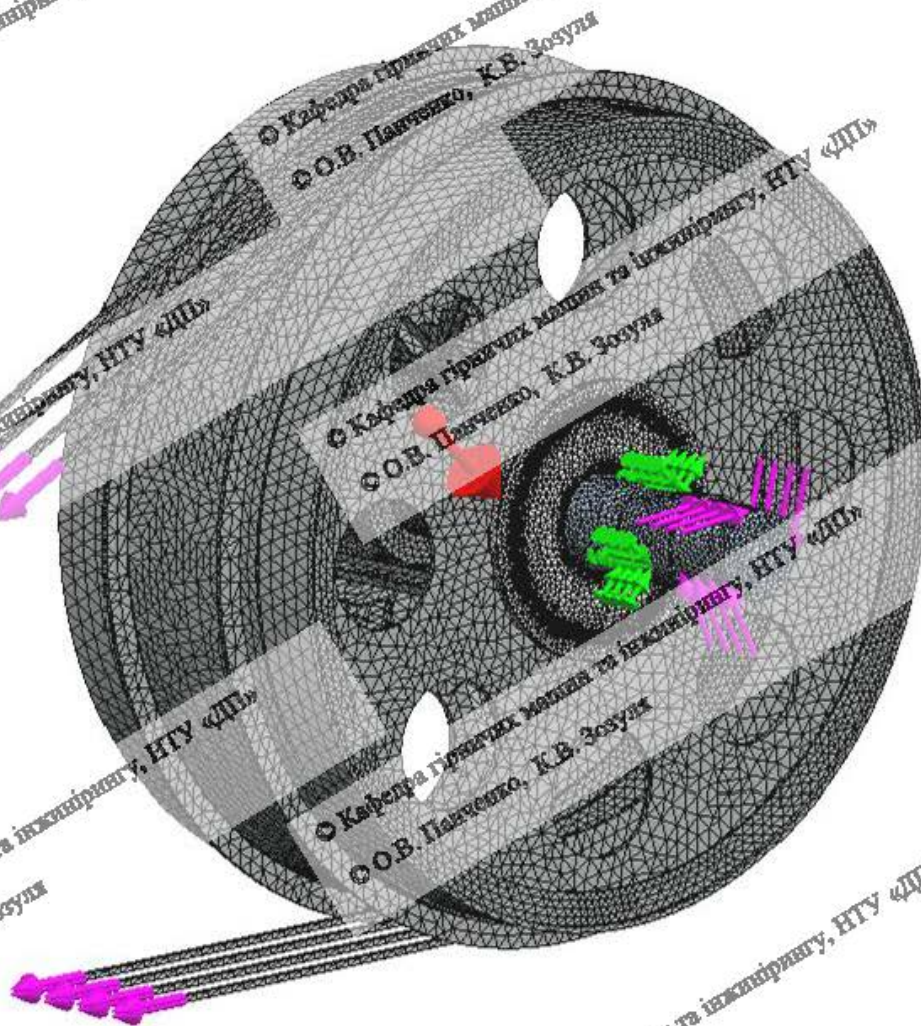
Задаємо матеріал корінного вала Сталь 45 та двох маточин Сталь 30Л – «проста вуглецева». Далі необхідно запусити нове дослідження в SolidWorks Simulation. Тип дослідження – статичний.

Задаємо граничні умови (рисунок 1.21):

- зафіксована геометрія в місці кріплення підшипникових опор на валу.
- силу тяжіння  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;
- силу натягу канатів  $T_1 = 945,4 \cdot 10^3 \text{ Н}$ ,  $T_2 = 745,4 \cdot 10^3 \text{ Н}$ ;
- крутний момент на муфті  $M_{кр} = 2413,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$ .

Допустиме значення напруження  $[\sigma] = 330 \dots 660 \text{ МПа}$ .

Створимо сітку на твердому тілі з глобальним розміром кінцевого елемента для шківів 20 мм, для вала та двох маточин 50 мм (рисунок 1.21).



**Рисунок 1.21 – Створення сітки для моделі корінного вала зі шківом**

Оцінимо отриманий результат (рисунок 1.21) за допомогою аналізу деталізації сітки (рисунок 1.22). Вважається, що сітка задовільна, якщо максимальне співвідношення сторін кінцевого елемента  $\leq 30$ . У нашому випадку цей параметр склав 20, отже, розмір елементів сітки обрано правильно.

Проводимо розрахунок. Результат аналізу показано на рисунку 1.23. В графіку напружено-деформованого стану відобразимо максимальне та мінімальне значення.

Зм.	Архиви	№ докум.	Підпис	Дата

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Архиви

Сетка Детализация	
Имя исследования	Статический 2 (-Половина шкива)
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разрешение	Сетка на основе кривизны
Точки Якобиана	В узлах
Управление сеткой	Определенный
Макс. размер элемента	100 mm
Мин. размер элемента	5 mm
Качество сетки	Высокая
Всего узлов	639447
Всего элементов	374864
Максимальное соотношение сторон	2
Процент элементов с соотношением сторон < 3	79.2
Процент элементов с соотношением сторон > 10	1.58
% искаженных элементов (якобиан)	0.159
Заново создать сетку из неудавшихся деталей с несовместимой сеткой	Вкл
Время до завершения сетки (hh:mm:ss)	00:00:45
Имя компьютера	CHIEF

Рисунок 1.22 – Параметры кінцевої елементної сітки.

Екранна форма програми SolidWorks Simulation

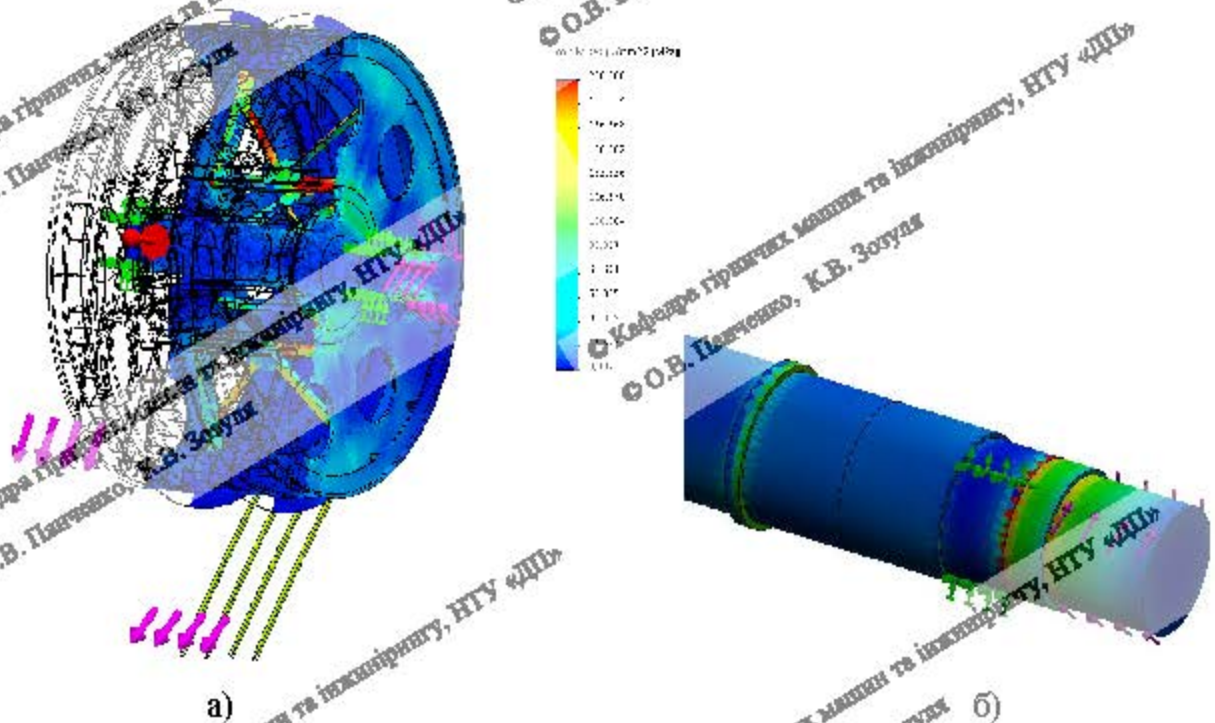


Рисунок 1.23 – Напружено-деформований стан корінного вала зі шківом тертя (а), деталлю вала (б)

Зм.	Архуш	№ док.м.	Підпис	Дата
-----	-------	----------	--------	------

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Архуш

Із рисунка 1.23 видно, що максимальне значення напруження на валу дорівнює 150 МПа, при максимально допустимому 400 МПа. При цьому запас міцності розраховуємо за формулою:

$$\frac{\sigma_{\text{доп}}}{\sigma_{\text{факт}}} = \frac{400}{150} = 2,7 \quad (1.95)$$

Таким чином спроектований корінний вал є працездатним, так як витримує задане навантаження та має запас міцності більше ніж 2.

## 1.18 Висновки по першому розділу

1. Шахтні підйомні установки є одними із відповідальних технологічних об'єктів вугільних і рудних шахт. Підйомні установки призначені для видачі на поверхню видобутих з шахті корисних копалин, для безпечного спуску і підйому людей, транспортування обладнання та матеріалів.

2. Обрунтування параметрів корінного вала підйомної машини МПМН 5×4 є актуальною науковою задачею.

3. Проведений розрахунок багатоканатної підйомної машини МПМН 5×4. Визначені її основні параметри, а саме: діаметр шківів 5 м, діаметр канату 45,5 мм, визначена необхідна потужність двигуна, яка становить 2620 кВт. Обрані два двигуни серії АKN4-17-28-16У3, потужністю 1600 кВт. Обрано редуктор ЦО-18 з передавальним числом 10.5, крутним моментом 320 кН. Обрана муфта MZ 19 діаметром 550 мм, крутним моментом 1100000 Н×м, числом обертів 500 об/хв і маховим моментом 2700 Н×м<sup>2</sup>.

4. В ході комп'ютерного моделювання запропоновано конструкцію головного вала, було перевірено на збирання, а саме на наявність потрібних зазорів, відсутність інтерференцій. Була побудована модель, яка

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ док.м.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ					

складається із 2028 загальних компонентів, із них унікальних деталей 96, унікальних зборок 18.

5. Розраховані основні геометричні параметри корінного вала багатокатнатої підіймальної машини а саме: діаметр хвостовика вала 350 мм, довжина вала 4055 мм, розміри під підшипник  $\varnothing$  600 мм; діаметр під маточини  $\varnothing$  640 мм.

6. Прийняті два роликових радіальних сферичних самовстановлюючих підшипника кочення з внутрішнім діаметром 600 мм, зовнішнім діаметром 980 мм, шириною 300 мм, маса підшипника становить 950 кг.

7. Для аналізу напружено-деформованого стану розроблена розрахункова модель корінного вала.

8. Із аналізу напружено-деформованого стану корінного вала видно, що максимальне напруження становить 150 МПа, при максимально допустимому 400 МПа. Запас міцності становить 2,7.

9. Із проведеного аналізу можна зробити висновок, що спроектований корінний вал працездатним, так як витримує задане навантаження та має запас міцності більше ніж 2. Запропонована модель корінного вала задовольняє необхідні умови.

10. За результатами виконаних розрахунків розроблений комплект креслень: ГМІ.ПД.18.04.00.00.00 СК – Головний вал, ГМІ.ПД.18.04.00.01.00 СК – Шків у зборі, ГМІ.ПД.18.04.00.02.00 СК – Підшипник, ГМІ.ПД.18.04.00.00.01 – Вал, ГМІ.ПД.18.04.00.00.02 – Половина маточини, ГМІ.ПД.18.04.00.02.01 – Корпус підшипника, ГМІ.ПД.18.04.00.02.02 – Кришка підшипника, ГМІ.ПД.18.04.00.02.03 – Половина кришки.

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				



## РОЗДІЛ 2

### ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ

#### 2.1 Експлуатація підйомної установки

##### 2.1.1 Документація підйомної установки

Кожна підйомна установка повинна мати паспорт підйомної машини та редуктора, схему гальмівного пристрою підйомної машини, електричну схему силового ланцюга та ланцюга управління електродвигуном, інструкцію з монтажу та експлуатації підйомної установки, графік огляду підйомних канатів та їх витрати, графік огляду підйомної установки.

Схема гальмівного пристрою та електрична схема підйомної установки повинні бути вивішені в машинному відділі.

На робочому місці машиніста підйому повинна бути таблиця сигналів, які використовуються.

Смартування підйомної машини повинне бути забезпечене аварійним освітленням, яке не залежить від спільної мережі освітлення шахти.

Машинне відділення підйомних установок необхідно тримати в порядку та чистоті, в зимовий період необхідно забезпечити парове опалення, в літній період – вентиляцію для охолодження обмотки підйомного електродвигуна, ящиків роторного елору або калориферів рідинного реостата.

Інструменти призначені для ремонту та наладки вузлів підйомної установки, і запасні частини повинні знаходитися в спеціальній шафі.

Зм.	Аркуш	докум.	Підпис	Дата							
Розроб.	Зозуля				Експлуатаційно- економічний розділ				Літ.	Аркуш	Аркуше
К. розділу	Панченко										
Керівник	Панченко										
Н. Контр.	Кухар										
Затвердив	Заболотний										
					М.П. 18.04.02.ПЗ				НТУ, «ДП», 133м-17-1		

## 2.1.2 Догляд за підйимальною машиною та обладнанням підйомної установки

Під час експлуатації підйомної установки необхідно встановити регулярний та систематичний догляд за обладнанням.

Заводи-виробники гарантують надійну роботу підйимальних машин при виконанні під час їх експлуатації догляду і надзору за основними частинами машини.

Кожного дня необхідно перевіряти стан тяг, важелів, шарнірів та інших деталей виконавчого органу та привода гальма. У разі наявності в деталях тріщин деталі потрібно замінити новими.

Щонеділі перевіряти корінну частину підйимальної машини, а саме кріплення шківів до маточин, затягування болтів бокових кришок на маточинах та роликів підшипникових опор. Оглядати і своєчасно проводити підтяжку кріплення корпусів підшипників до постаменту та з'єднання роз'ємних корпусів підшипників.

Щомісяця необхідно оглядати зварні шви барабанів, перевіряти чистоту обробки робочих поверхонь гальмівних ободів барабанів. При вальності гальмівного ободу більше ніж 1 мм необхідно зробити переточку та шліфування ободу.

Кожної зміни перевіряти стан тяг за необхідності підтягувати всі різьбові з'єднання підшипників.

Щомісяця регулярно проводити поповнення мастила, додаючи 500 см<sup>3</sup> мастила в кожен підшипник корінного вала. При змащуванні роликів підшипників необхідно слідкувати за чистотою мастила, щоб в підшипники не потрапили металева стружка або пісок та не були пошкоджені бігові поверхні зовнішніх та внутрішніх ободів підшипника.

Щомісяця промивати роликів підшипників бензином або машинним маслом після чого знову заповнити їх мастилом.

Регулярно змащувати солідолом поверхні зубів зубчастої муфти.

									Аркуш	
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ					

### 2.1.3 Умови безпечної експлуатації багатоканатної підйомної установки

Безпечна експлуатація підйомної установки забезпечується своєчасним якісним проведенням змащувальних операцій. Для змащування окремих вузлів керуються рекомендаціями заводу – виробника з використання марки мастила і дотримання режиму змащування.

Змащувальні операції повинні проводитися при непрацюючій підйомній установці. При змащуванні необхідно використовувати спеціальні змащувальні маслянки, шприці або спеціальні змащувальні станції.

При виявленні течі мастила із вузлів машини необхідно негайно усунути причини виникнення течі. При заміні або доливанні мастила повинні бути прийняті заходи, які запобігають розливу мастила на підлогу. Пролите мастило руйнує фундамент і може бути причиною травматизму. Розлите мастило необхідно усунути обтиральним матеріалом і тирсою.

### 2.4 Умови експлуатації корінного вала

Щонеділі необхідно перевіряти кріплення барабанів до маточин та затягування болтів бокових кришок на маточинах і роликопідшипникових опор машини.

Перевірка співвісності двохопоришчовалів

Перевірку співвісності і центрування валів необхідно проводити в наступних випадках:

- при введенні машин в експлуатацію;
- після заміни редуктора, електродвигуна або з'єднувальних муфт;
- при наявності вібрації підшипників, інтенсивного зносу зубів зубчастих муфт та інших ознак незадовільного центрування валів;
- при просіданні фундаменту.

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Перед перевіркою співвісності валів необхідно перевірити правильність установки лінії валів за рівнем, провести ревізію і наладку підшипників, виміряти радіальне і осьове биття напівмуфт, перевірити затяжку анкерних болтів і болтів, що кріплять підшипники до рам або підстаментів. При перевірці співвісності один з валів прийняти за основний вал (А), а другий - за центрований (Б). Питання про видір вала в якості основного вирішується бригадою на місці робіт. Дані замірів записуються за виглядом від вала А до вала Б.

При перевірці співвісності валів необхідно виміряти наступне.

1. Величину радіальних зміщень вала Б щодо вала А (величину неспіввісності валів) в чотирьох положеннях валів при спільному їх повороті через кожні 90°. Вимірювання радіальних зміщень проводити одним із наступних способів:

- вимірювання індикатором годинникового типу, встановленим на центруючих пристосуваннях, без розбирання муфти. Центрувальні пристосування повинні бути вивіреними і досить жорсткими. Індикатор закріпити на валу А, а площадку, в яку упирається стрижень індикатора, – на валу Б;

- вимірювання за допомогою щупів і центруючих скоб без розбирання муфти. Скоби жорстко закріпити на маточинах напівмуфт або безпосередньо на валах поблизу напівмуфт, а щупами заміряти зазор між вимірювальним болтом і скобою. Вимірювання щупами у всіх положеннях повинне проводитися однією і тією ж особою.

- вимірювання за допомогою щупів і лінійки з розбиранням муфти. Якщо лінійка прикладається до вала Б, то дані вимірів записувати зі знаком «Мінус», а якщо до вала А – зі знаком «Плюс».

2. Величину осьових зазорів між торцями напівмуфт: вимірювання провести одним із таких способів (без розбирання муфт):

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				

- вимірювання за допомогою двох індикаторів і центруючих пристосувань. Індикатори закріпити на валу А, а на вал Б встановити площадки, в якості упертострижні індикаторів. Провертаючи обидва вала від початкового положення  $0^\circ$  на  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  і  $270^\circ$  записати в кругову діаграму показання обох індикаторів в чотирьох положеннях. В якості осевих зазорів точки, що лежать на кінцях вертикального і горизонтального діаметрів, прийняти полусуму показань обох індикаторів в цих точках:

- вимірювання щупами за допомогою двох пар центруючих скоб. Щупами виміряти зазори між вимірвальним болтом і скобою першої і другої пари скоб в чотирьох положеннях валів ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  і  $270^\circ$ ). В якості осевих зазорів в чотирьох точках кола прийняти полусуму зазорів, виміряних в одній і тій же точці однієї, а потім іншої пари скоб.

Такі способи вимірювання осевих зазорів виключають вплив на результати вимірювання можливих осевих зміщень валів при їх поворотах.

- вимірювання клиновим щупом з розбиранням муфти (рисунок 2.1).

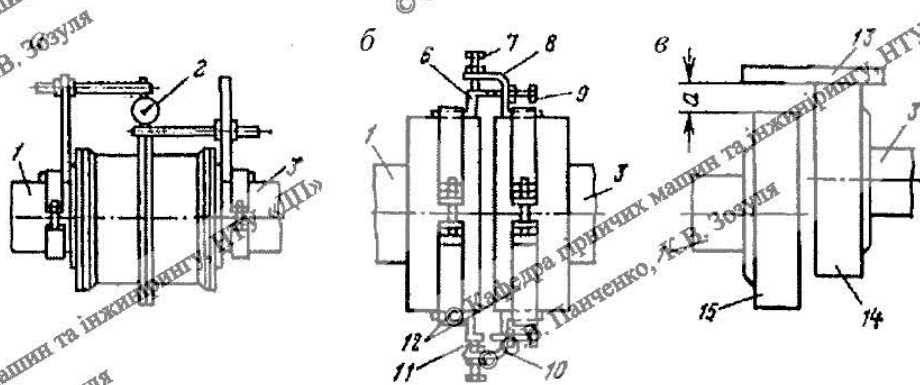


Рисунок 2.1 – Вимірювання радіальних та осевих зміщень [4]

Фактична величина радіального і кутового зміщення у просторі порівнюється з допустимими значеннями.

Якщо фактична величина радіального та кутового зміщення перевищує допустимі значення, то приймається рішення про необхідність поліпшення співвісності валів. Так як підймальні машини, що знаходяться в експлуатації, можуть задовільно працювати з великою співвісністю валів, що перевищує рекомендовану, вищевказане рішення приймається керуючись як величиною фактичної неспіввісності, так і наявністю або відсутністю її зовнішніх проявів. Поліпшення співвісності валів (центрування) проводити переміщенням підшипників валів Б в горизонтальній і вертикальній площині.

### 2.1.5 Ревізія та наладка редуктора

При ревізії та налагодці редуктора без зняття кришки через оглядові вікна необхідно вжити заходи обережності, які виключають можливість захвата обертаючими зубчатими колесами кінців валів, попадання всередину редуктора інструментів, болтів, гайок, попадання бризок мастила в очі. Переносну лампу необхідно тримати за вікном.

Необхідно дотримуватися правил безпеки під час огляду зубчатого зачеплення, визначенні величину зносу зубів по товщині при перевірці зубчатого зачеплення по розміщенню та величині контакту, так як при виконанні цих операцій треба включити електричний електродвигун та повертати в одну і другу сторону декілька раз вал-шестерню.

При ревізії та налагодці редуктора зі зняттям кришки останню необхідно встановити на жорсткі опори. При цьому необхідно дотримуватися надійних заходів, які запобігають випадкове повертання редуктора як зі сторони двигуна, так і зі сторони органу навівання.

### 2.1.6 Ревізія і наладка з'єднувальних муфт

Перед ревізією з'єднувальних муфт необхідно дотримуватися правил безпеки, що виключають можливість випадкового повертання валів.

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				

Відкручування гайок і з'єднувальних болтів повинно здійснюватися в брезентових рукавицях, щоб уникнути поранення пружк розклепаними краями деталей. Розділення кришок муфти слід проводити за допомогою ломиків. Необхідно стежити за тим, щоб пружки не опинилися затиснутими між кришками й іншими частинами обладнання у разі можливого зісковзування кришки.

Старе мастило необхідно видаляти за допомогою дерев'яних або металевих скребків (пружки повинні бути захищені у рукавицях), так як розклепані краї зубів і пружин, металеві стружка можуть поранити руки. Під час перевірки центрування слід вал двигуна провертати вручну (без подачі напруження).

При ревізії та наладці з'єднувальних муфт необхідно перевірити наступне:

1. Стан деталей:

- зубчастих муфт – зубчасті обойми, втулки, прокладки і кільця ущільнювачів. Перевірити стан робочих поверхонь зубів і бічний зазор в зубчастому з'єднанні. Величина бічного зазору характеризує знос зубів по товщині, і вона не повинна перевищувати гранично допустимих значень, визначених заводом-виробником. При відсутності заводських даних визначити гранично допустимий боковий зазор, виходячи з гранично допустимого зносу зубів по товщині (не більше 15%) за формулою:  $\Delta S_{\text{пред}} = \pi \cdot m - (S_1 + S_2) \cdot 0,85$ , де  $m$  – нормальний модуль зубів;  $S_1$  і  $S_2$  – товщина зуба на початковій окружності відповідно втулки та обойми.

Виміри проводяться по сталій хорді  $S_x$ , яка визначається на відстані  $h_x$  від головки зуба. Величини  $S_x$  і  $h_x$  є розрахунковими:  $S_x = 1,387 \cdot m$ ;  $h_x = 0,748 \cdot m$ .

2. Посадку втулок на вали та затягування шпорок. При слабкій посадці та хиткості втулок муфту замінити. Керниту вал або насаджувати втулку на прокладку неприпустимо.

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ				

При наявності шпонкового з'єднання полумуфти насаджують на вал по пресовій посадці 2-го класу точності. Перед розточкою втулки необхідно мікрометром виміряти діаметр вала в декількох перетинах. При розточці втулки потрібно забезпечити необхідний натяг.

При пресовій посадці втулки насаджують із підгрівом в масляній ванні 100 індукційним способом до температури 200°C, необхідно попередньо оглянути шийку вала, зачистити її і підігнати шпонки. На шийці вала не повинно бути рисок, задирок та інших дефектів. Втулку необхідно насадити так, щоб торець був урівень з торцем втулки.

При безшпонковому з'єднанні втулок муфт із валами, втулки замінюють в заводських умовах. Допуски на розточку втулок для забезпечення гарантованого натягу в даному випадку визначають спеціальним розрахунком.

3. Величину осевого зазору між торцями полумуфт.

4. Стан змащування. Для змащування муфт необхідно використовувати мастила, які рекомендує завод-виробник. При відсутності рекомендованого мастила для зубчатих та пружинних муфт можна використовувати змащування. Вільний простір муфти при використанні еластичного змащування заповнити на 2/3 об'єму. Заборонено використовувати для змащування муфт суміш сапуну з тирсою.

5. Роботи муфти під навантаженням. Зібрати муфту, звернути увагу на затягування болтів та наявність пристрою для стопоріння. Затяжку протилежно-встановлених болтів провести одночасно. При збиранні умістити контрольні риски або базові отвори. Заповнити муфту мастилом, встановити захисний кожух та спостерігати за роботою муфти.

6. Радіальні та торцеве биття полумуфт, які знов монтуються, і не повинні перевищувати допустимих значень. Величину биття визначити індикаторами часового типу, при цьому розділити окружність полумуфты, яка перевіряється на вісім рівних частин, повертаючи вал з насадженою



полумуфтою на 45° та записуючи показання індикаторів в кожній із восьми точок.

## 2.1.7 Експлуатація підшипникових опор

При ревізії, налагодженні та ремонті підшипників необхідно дотримуватись вимог безпеки. Крім того, потрібно очистити робочу зону від сторонніх предметів і пролитого мастила. Каждьну підлогу необхідно покрити тирсою із деревини. Повинні бути прийняті надійні заходи, що запобігають випадковому повертання вала як з боку двигуна, так і з боку органу навівання.

При піднятті кришки підшипників кочення, як правило, повинні бути встановлені на надійні підставки. При відсутності можливості встановлення кришки підшипників на спеціальній підставці кришку слід підняти, не знімаючи її з крипильних шпильок, і прокласти дерев'яну прокладку між кришкою і валом або зовнішньої обіймою підшипника кочення.

Під час ремонту підшипникових вузлів з підшипниками кочення необхідно дотримуватися додаткових застережних заходів у зв'язку з тим, що підшипник розігрівається в масляній ванні з температурою мастила до 200°C або індукційним способом. Тому потрібно захистити руки та інші відкриті частини тіла від опіків, а очі повинні бути захищені захисними окулярами.

Змащування підшипників кочення здійснюється в основному маслом, яке розбризкується передачами. Однак, при окружних швидкостях 3 м/с розбризкування недостатньо надійне.

При розташуванні валів одного над іншим змащення верхніх підшипників, віддалених від ванни, також може виявитися недостатньою.

У цих випадках мастило можна затримати в порожнинах підшипникових вузлів за допомогою порогів. Можна створити мастилі, розбризкується на стінки, стік в спеціальні канали у фланцях корпуса, за якими вона направляєється до підшипників. Підшипники можна змастити

Аркуш

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
-----	-------	----------	--------	------

пластичним мастилом, закладаючи її при монтажі чи через кулькові прес-маслянки. Застосовуючи пластичне мастило, в порожнину гнізда слід відокремити від порожнини корпусу.

### 2.1.8 Ущільнення для підшипників

Завдяки простоті конструкції знаходять застосування жирові канавки і повстані манжети, просочені маслом.

Для ущільнення кришки, що закриває гніздо підшипника, може застосовуватися гумове кільце. Таке ущільнення особливо виправдано, якщо рівень масла в редукторі вище нижньої твірної розточення гнізда або нижче її.

## 2.2 Безпека конструкції машини і її експлуатації

### 2.2.1 Техніка безпеки при проведенні налагоджувальних та ремонтних робіт

Для вугільних шахт характерні особливо небезпечні умови, такі як вибухонебезпечність, пожежонебезпечність, небезпека з обвалів і проривів води і газів. У разі недотримання підприємством правил безпеки або неправильні дії працівників можуть спричинити катастрофічні наслідки.

Роботи по ревізії та наладці електричних установок виконуються бригадами спеціалізованих налагоджувальних організацій, тобто робітниками, направленими для виконання робіт в діючих електроустановках інших підприємств.

При наладці підійомної установки машиніст підйому повинен знаходитися біля пульта управління і виконувати всі операції до пуску і зупинці машини особисто, віддалено за експлуатацією підійомної установки.

Важливо до засобів захисту.

									Аркуш	
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ					

Для обслуговування і ремонту електрообладнання на підйомній установці повинні бути захищені засоби:

- Дієзельні генератори.
- Електричні рукавиці.
- Показчики напруги.
- Переносні захисні засоби заземлення.
- Набір плакатів безпеки.
- Тимчасове переносне огороження.

Перед використанням захисних засобів необхідно ретельно перевірити, очистити від пилу, перевірити відсутність зовнішнього пошкодження, перевірити по клеймі, щоб вони відповідали напрузі на даній установці і щоб не вийшов строк їх періодичного випробування.

Захисні засоби повинні бути в справному стані і періодично випробовуватися підвищеною напругою у відповідності до правил безпеки.

### 2.2.2 Протипожежні заходи

Протипожежні заходи передбачають дотримання заходів безпеки.

У споруді підйомної установки повинен знаходитися комплект протипожежного обладнання (вогнегасники, ящики із піском, лопати). Змащувальні матеріали повинні зберігатися в залізних баках. Використання обтиральних матеріалів необхідно складати в залізний ящик. Під час вогневих робіт треба дотримуватися заходів, які запобігають попадання іскор на проводи та обмотки електричних машин. При займанні електрообладнання треба знеструмити його. Гасити можна сухим порошком, піпінними вогнегасниками.

При виникненні пожежі в камері підйомної установки або по шляху проходження ремонтний персонал повинен вжити заходів, направлених на гасіння пожежі найменш доступними методами – піском, інертною пилю,

									Аркуш	
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ					

вогнегасниками, обов'язково необхідно повідомити особі технічного надзору.

Забороняється гасіння водою і пінними вогнегасниками кабелю, який загорівся або електрообладнання, яке знаходиться під напругою.

### 2.2.3 Захисне заземлення

Одним із заходів захисту від ураження електричним струмом при доторканні до провідних частин електроустановки, які нормально не знаходяться під напругою, але які внаслідок пошкодження ізоляції можуть опинитися під напругою, є захисне заземлення. На підйомних установках заземленню підлягають:

- корпуси та кожухи електричних машин, трансформаторів, апаратів управління, захисту та сигналізації;
- металічні конструкції розподільчих пристроїв, каркаси магнітних станцій, роторних реостатів, щитів та щитів управління;
- рама підйомної машини, площадки та панелі управління;
- металічні оболонки та броня кабелів, металічні кабельні з'єднувальні муфти, кабельні ящики, металічні рукава і труби електропроводки;
- горючі обмотки електродвигуна вимірювальних трансформаторів струму наружи.

З метою захисного зрівняння потенціалів в приміщенні підйомної установки всі сторонні провідні частини, які не є частинами електрообладнання, такі як будівельні конструкції, трубопроводи будь-якого призначення, огороження, також повинні бути заземлені.

Захисне заземлення здійснюється за допомогою заземлюючих пристроїв будь-якого призначення, які складаються із заземлювачів

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ					

провідників. Заземлювачі поділяються на природні та штучні. В якості природних заземлювачів використовуються:

- металеві та залізобетонні конструкції будівель і споруд, які знаходяться в контакті із землею, в тому числі залізобетонні фундаменти; свинцеві оболонки кабелів, прокладених в землі; забороняється використовувати алюмінієві оболонки кабелів у якості заземлювачів.

В тих випадках, коли природні заземлювачі відсутні, встановлюються штучні заземлювачі, які складаються із заглиблених в землю електродів – кутиків, стержнів або труб, з'єднаних між собою стальними смугами.

Число електродів, їх вид та розміщення залежать від необхідного опору заземлюючого пристрою і питомого опору ґрунта. Заземлювач з'єднується із мережею струло заземлення, прокладеною в будівлі підійомної установки не менш, як двома провідниками. Через стіни будівлі заземлюючі провідники прокладаються у відкритих отворах, в трубах або захисних коробах. В місцях вводу заземлюючих провідників будівлі повинні бути нанесені розпізнавальні знаки заземлення. Приєднання заземлюючих та захисних провідників до відкритих провідних частин проводиться зварюванням або в лоток з'єднанням. Захисні провідники, приєднані до обладнання, яке піддається струсу або вібрації, повинні бути гнучкими.

### 2.3 Економічний підрозділ. Розрахунок собівартості корінного вала

Собівартість визначимо з формули:

$$C = C_m + Z_p + C_e + H_p + C_n \quad (2.1)$$

де,  $C_m$  – вартість матеріалів на виготовлення корінного вала в зборі, грн;

$Z_p$  – витрати на виготовлення та монтаж, грн;

$C_e$  – витрати на електроенергію (зварювання), грн;

$N_p$  – цехові і заводські накладні витрати на зарплату, грн;

$C_n$  – нарахування на зарплату, грн;

Згідно конструкторської документації для виготовлення корінного вала використані матеріали, наведені в таблиці 2.1. Крім того тут зведені маси і ціна матеріалів готового виробу.

Таблиця 2.1 – Ціни матеріалів готового виробу

Найменування	Матеріал	Кількість, шт	Маса, кг <i>m</i>	Ціна, грн./кг.
Вал	Сталь 45	1	9699,3	50
Магочина 1-284397	Сталь 30Л	1	2702,5	50
Магочина роз'ємна 1-284398	Сталь 30Л	1	2679,6	50
Шпилька	СЧ30	2	52,9	20
Корпус підшипника	СЧ30	2	2447,3	50
Рама під корпус підшипника	Лист товщиною 10;20 мм	2	659,6	18
Підшипник 30037/600		2	-	236 369,95 (шт.)
Кільце дистанційне	Ст3	1	46,5	28
Муфта М2-19		1		300 000
Болт М24-8gx75.46 ГОСТ 7805-70		24	0,4	42
Болт з молотковою головкою М56		4	10,9	42
Болт М48x450 ГОСТ 7805-70		4	7,2	42
Гайка М64 Н51		2	8,8	45

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Аркуш

Зм. Аркуш № докум. Підпис Дата

Найменування	Матеріал	Кількість <i>n</i>	Маса, кг <i>m</i>	Ціна, грн./кг.
ГОСТ 5915-70				
Гайка М64 Н32 ГОСТ 5915-70		4	0,2	45
Гайка М48 Н38 ГОСТ 5915-70		4	0,12	45
Шайба 12 68 ГОСТ 6402-70			0,6	78
Шайба 24 65Г ГОСТ 6402-70		24	0,02	78
Шайба 48 65 Г ГОСТ 6402		4	0,01	78
Шплінт 2,3x160		2	1	70
Гайка М95 Н85		4	10	45

Сумарна вартість матеріалів становить:

$$C_M = \sum C_i \cdot m_i \cdot n_i \quad (2.2)$$

$$C_M = 50 \cdot 9699,3 \cdot 1 + 50 \cdot 2702,5 \cdot 1 + 50 \cdot 267,6 \cdot 1 + 20 \cdot 52,9 \cdot 2 + 50 \cdot 2447,3 \cdot 2 + 78 \cdot 659,6 \cdot 2 + 2 \cdot 236 \cdot 569,95 + 28 \cdot 46,5 \cdot 1 + 300 \cdot 000 \cdot 1 + 42 \cdot 0,4 \cdot 24 + 42 \cdot 16,9 \cdot 4 + 42 \cdot 7,2 \cdot 4 + 45 \cdot 8,8 \cdot 2 + 45 \cdot 0,2 \cdot 4 + 45 \cdot 0,12 \cdot 4 + 78 \cdot 0,6 \cdot 4 + 78 \cdot 0,02 \cdot 24 + 78 \cdot 0,01 \cdot 4 + 70 \cdot 1 \cdot 2 + 45 \cdot 10 \cdot 4 = 15599883 \text{ грн.}$$

Зарплата на виготовлення і монтаж приводу складається із зарплати робітників.

Фонд робочого часу робітників визначається за формулою:

$$T = [(T1 - T2 - T3) \cdot t - (n1 \cdot t1 + n2 \cdot t2)] \cdot n, \text{ ч;} \quad (2.3)$$

Аркуш

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Зм. Аркуш № докум. Підпис Дата

де  $T_1$  – число календарних днів в періоді, становить 31 день;

$T_2$  – число вихідних днів в періоді, 8 дн ;

$T_3$  – число святкових днів у періоді, 0 дн ;

$t$  – тривалість робочої зміни, 8 год;

$n_1$  – число передвихідні днів в періоді, 8 дн.;

$t_1$  – скорочення тривалості робочої зміни у передвихідний день, 0 год;

$n_2$  – число передсвяткових днів у періоді, 0 дн.;

$t_2$  – скорочення тривалості робочої зміни в передсвятковий день, 6 год;

$n$  – число робочих змін на добу, 1зм.

Слід зазначити, що при перервному режимі роботи фонд часу підприємства і робітників збігається ( $n = 1$ ).

$$T = [(31 - 8 - 0) \cdot 8 - (8 \cdot 0 + 0 \cdot 0) \cdot 6] \cdot 1 = 184 \text{ г}$$

Витрати по статті «Заробітна плата основна і додаткова» визначаються за формулою:

$$Зп = \left\{ \sum N_{сп} \cdot \frac{\sum_{i=1}^m k_1 \cdot R_i}{\sum_{i=1}^m R_i} \cdot D \cdot T \right\} \cdot \left( 1 + \frac{\alpha}{100} \right) \cdot k_2 \cdot k \quad (2.4)$$

де  $N_{сп}$  – спискова чисельність, 3 чол.;

$k_1$  – тарифний коефіцієнт  $i$ -го розряду;

$k_i$  – кількість робітників  $i$ -го розряду, 3 чол.;

$D$  – тарифна ставка 1-го розряду, 4 грн/год;

$T$  – режимний (номінальний) фонд робочого часу одного робітника, 184 год/рік;

$\alpha$  – коефіцієнт преміальних доплат, 40 %;

$k_2$  – коефіцієнт додаткової заробітної плати (1,25-1,4);



k3 – коефіцієнт враховує оплату праці обслуговуючого і керуючого персоналу і знаходиться в межах від 1,1–1,15.

Тарифні коефіцієнти, що використовуються в розрахунках, приймаються по таблиці 2.3

Спискова чисельність обслуговуючого персоналу представлена у вигляді таблиці 2.4

Таблиця 2.2. Тарифні коефіцієнти.

Розряд		2	3	4	5	6
Тарифний коефіцієнт	1,0	1,35	1,50	1,70	2,0	2,2

Таблиця 2.3. Спискова чисельність обслуговуючого персоналу.

Професія обслуговуючого персоналу	Чисельність працівників	Явочна чисельність	Коефіцієнт складового	Спискова чисельність	Розряд
Слюсар	1	1	1,14	1,14	1
Варник	2	2	1,14	1,14	3

$$Z_p = \left\{ (2+3+4+3) \cdot \frac{3+4+3}{3} \cdot 4 \cdot 1,14 \right\} \cdot 1,25 \cdot 1,1 = 7655 \text{ грн}$$

Витрати по статті «Заробітна плата основна і додаткова» враховується за основним категоріям обслуговуючого персоналу (технологів, механіків, енергетиків тощо)»

Нарахування на заробітну плату визначається як добуток витрат по статті «Заробітна плата основна і додаткова» і встановленого чинним законодавством «Нормативом відрахувань в соціальні фонди»:

$$C_H = 3п \cdot \frac{H}{100} \quad (2.5)$$

де Н – норма ввідних відрахувань в соціальні фонди

$$H = 7,5\%$$

$$C_H = 7655 \cdot \frac{37,5}{100} = 2871 \text{ грн}$$

Витрати на електроенергію, пов'язані зі зварювальними роботами, визначаються із виразу:

$$C_e = \frac{\sum P \cdot k_3 \cdot k_0}{\cos \varphi \cdot \eta} \cdot T \cdot \bar{Ц} \quad (2.6)$$

де  $\sum P$  – сумарна приєднана (заявлена) потужність струмоприймачів, 19,5 кВт

$\cos \varphi$  – середньозважений коефіцієнт, що враховує ефективність використання потужності і дорівнює 0,96;

$k_3$  – коефіцієнт завантаження струмоприймачів (0,6);

$k_0$  – коефіцієнт одночасної роботи струмоприймачів (0,35–0,95);

$T$  – номінальний фонд робочого часу, 184 год

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії електромережі на підприємстві (0,92);

$\bar{Ц}$  – середньозважений тариф, 0,44 грн кВт·год.

$$C_e = \frac{19,5 \cdot 0,6 \cdot 0,6}{0,96 \cdot 0,92} \cdot 184 \cdot 0,44 = 648 \text{ грн}$$

Інші цехові і заводські накладні витрати на зарплату на машинобудівному підприємстві складають 300 відсотків від зарплати, тобто:

$$C_p = 3п \cdot \frac{300}{100} = 7655 \cdot \frac{300}{100} = 22939 \text{ грн.} \quad (2.8)$$

Аркуш

ГМІ.ПД.18.03.01.ПЗ

Зм. Аркуш № докум. Підпис Дата

Таким чином, собівартість виготовлення і складання корінного вала становить:

$$C = 1569883 + 76554648 + 22939 + 2871 = 1604000 \text{ грн}$$

#### 2.4 Висновки по другому розділу

1. Проведений аналіз небезпечних і шкідливих факторів при монтажі, експлуатації і ремонті корінного вала, муфти, редуктора шахтної підйомної машини.
2. Розроблені необхідні заходи щодо попередження та усунення аварійних ситуацій, які можуть виникнути в процесі роботи.
3. Розроблені заходи для забезпечення безпечної роботи шахтної підйомної установки.
4. В економічному підрозділі визначена собівартість корінного вала в зборі, яка склала 1 604 000 грн.

## ВИСНОВКИ

Виконаний дипломний проект присвячений вирішенню актуального інженерного завдання – розробка конструкції та визначення параметрів корінного вала багатоканатної підйомальної машини МПМН 5×4.

В конструкторському розділі розглянуті питання, а саме: проведено аналіз конструкцій та умов експлуатації багатоканатних підйомальних машин; визначені параметри шахтної підйомальної машини МПМН-5×4 та елемента приводу, проведено розрахунок корінного вала та розроблено його комп'ютерну модель, завдяки чому конструкція перевірена на збирання (на наявність потрібних зазорів, та відсутність інтерференцій) та проєздатність методом скінчених елементів за допомогою програмного продукту SolidWork Simulation (запас міцності валу склав 2,5); для вузла корінного вала розраховано підшипникові опори.

В експлуатаційно-економічному розділі проведено аналіз небезпечних і шкідливих факторів, які виникають під час роботи підйомальної машини. Розроблені заходи щодо запобігання виробничому травматизму та професійного захворювання персоналу. Розроблено заходи щодо попередження та усунення аварійних ситуацій, що виникають при проведенні робіт. Визначена собівартість корінного вала в зборі, яка склала 7,6 млн грн.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ГМ/ІД.18.04.В.ПЗ <b>ВИСНОВКИ</b>					Літ.	Аркуш	Аркуше
Розроб.	Зозуля											
К. розділу	Панченко											
Керівник	Панченко											
Н. Контр.	Кухар											
Затвердив	Заболотний											
										НТУ, «ДП», 133м-17-1		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Завозид Л.Ф. «Шахтные подъемные установки». Изд. 2-е, переработ. и доп. М., «Недра», 1975, 368 с.
2. Димашко А.Д., Гершиков И.Я., Кривиевич А.А. Шахтные электрические лебедки и подъемные машины. Справочник. Изд. 4, перераб. и доп. М., «Недра», 1973, 364 с.
3. Методичні вказівки до розрахунку шахтних барабанних підйомних установок для студентів спеціальностей 184 «Гірництво» та 133 «Галузеве машинобудування» (виконання індивідуальних завдань, курсових і дипломних проєктів)/ упоряд.: Самуся В.І., Комісаров Ю.О., Ільїна І.С. – Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. – 35 с.
4. Бежок В.Р., Калинин В.Г., Коноплянов В.Д., Курченко Е.М. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок. Нормативно-производственно – практическое издание. Донецк 2009 г.
5. Федорова З.М. Рудничні піднімальні машини. Москва 1958 р.
6. Анурьев В.И. Довідник конструктора – машинобудівника: в 3-х т. Т.2 – 9-е изд., перероб та доп./ под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 960 с.
7. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн.1 Изд.- 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1977. 623 с.
8. О.А.Ряховский, С.С.Иванов – Справочник по муфтам. Л.: ГИИЛиттехника, 1991. — 384 с

						<b>МЛД.18.04.ПП.ПЗ</b> Перелік посилань		
Зм.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата				
Розроб.	Зозуля				Літ.	Аркуш	Аркушіє	
К. розділу	Панченко							
Керівник	Панченко				НТУ, «ДП», 133М-17-1			
Н. Контр.	Кухар							
Затвердив	Заболотний							

## ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Поз.	Формат	Позначення	Найменування	Кіл-ть листів	Примітки
			<u>Документація</u>		
	A4	ГМІ.ПД.18.03.ПЗ	Пояснювальна записка	87	
			<u>Графічні матеріали</u>		
	A2x3	ГМІ.ПД.18.03.00.00.00 СБ – Головний вал		1	
	A1	ГМІ.ПД.18.03.00.01.00 СБ – Шків у зборі		1	
	A2	ГМІ.ПД.18.03.00.02.00 СБ – Корпус підшипника		1	
	A4x4	ГМІ.ПД.18.03.00.00.01 – Вал		1	
	A2	ГМІ.ПД.18.03.00.00.02 – Половина маточини		1	
	A2	ГМІ.ПД.18.03.00.02.01 – Корпус підшипника		1	
	A3	ГМІ.ПД.18.03.00.02.02 – Кришка підшипника		1	
	A3	ГМІ.ПД.18.03.00.02.03 – Половина кришки.		1	
		CD диск – презентація.		1	

		<b>ГМІ.ПД.18.04.ВМ</b>					
Зм.	Аркуш	№ дод.	Підпис	Дата	Літ.	Аркуш	Аркушіє
Розроб.	Зозуля						
К. розділу	Панченко						
Керівник	Панченко						
Н. Контр.	Кухар						
Затвердив	Заболотний				НТУ, «ДП», 133М-17-1		

Відомість матеріалів

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

## ДОДАТОК Б

### Специфікації до складальних креслеників

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

Зм.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	ГМ.ПД.18.04.ДБ				
Розроб.	© Панченко	Зозуля			Специфікації	Літ.	Аркуш	Аркушіє	
К. розділу	© Панченко								
Керівник	© Панченко								
Н. Контр.	© Кухар								
Затвердив	© Заболотний								
						НТУ, «ДП», 133м-17-1			

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кил.	Примітка
				Документація		
			ГМІ.ПД.18.03.00.00.00 СК	Складальний кресленик		A2x3
		*	ГМІ.ПД.18.03.00.00.01	Деталі		
A2		1	ГМІ.ПД.18.03.00.00.02	Вал	1	A4x4
A2		2	ГМІ.ПД.18.03.00.00.03	Резьбана маточина	1	
A4		3	ГМІ.ПД.18.03.00.00.04	Цілісна маточина	1	
A4		4	ГМІ.ПД.18.03.00.00.05	Кільце дистанційне	1	
A4		5	ГМІ.ПД.18.03.00.00.06	Шпилька M95-8gx930	2	
A4		6	ГМІ.ПД.18.03.00.00.07	Гайка	2	
A4		7		Кришка	1	
		8		Стандартні вироби		
				Болт M12-8gx25.58		
				ГОСТ 7805-70	12	
				Болт M16-8gx40.56		
				ГОСТ 7808-70	6	
		10		Болт M24-8gx50.46		
				ГОСТ 7808-70	24	
		11		Болт M64-8gx70		
				ГОСТ 7805-70	2	
				Муфта MZ19		
				ГОСТ 5006-55	1	
			ГМІ.ПД.18.03.00.00.000 Головний вал			
Зм.	Аркцш	№ док.	Підп.	Дата		
Розроб.	Зозуля				Лім.	Аркцш
Перев.	Панченко					1
Н. контр.	Кухар				Аркцшів	2
Затв.	Задолотний				НТУ "ДП", ММФ, 133М-17-1	



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кил.	Примітка
		13		Підшипник серії 600767/600	2	
		14		Шайба М16 65Г		
		15		ГОСТ 6402-70	12	
		16		Шайба М16 65Г		
		17		ГОСТ 6402-70	24	

Підп. і дата	Інв. № відп.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подл.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата

ГМІ.18.03.00.00.00

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кил.	Примітка
				Документація		
A2			ГМІ.ПД.18.03.00.02.00 СК	Складальний кресленик		
A4	1		ГМІ.ПД.18.03.00.02.04	Болт	4	
A4	2		ГМІ.ПД.18.03.00.02.05	Пракладка	8	
A4	3		ГМІ.ПД.18.03.00.02.06	Пракладка	4	
A2	4		ГМІ.ПД.18.03.00.02.07	Зщільнення	2	
A3	5		ГМІ.ПД.18.03.00.02.01	Корпус підшипника	1	
A4	6		ГМІ.ПД.18.03.00.02.02	Кришка підшипника	1	
A4	7		ГМІ.ПД.18.03.00.02.08	Шайба	4	
A4	8		ГМІ.ПД.18.03.00.02.09	Шпилька М48-8dх450.46	4	
A4	9		ГМІ.ПД.18.03.00.02.03	Полубиця кришки	2	
A4	10		ГМІ.ПД.18.03.00.02.10	Кришка	1	
A4	11		ГМІ.ПД.18.03.00.02.11	Пракда	3	
A4	12		ГМІ.ПД.18.03.00.02.12	Пракладка	3	
		13		Стандартні виводи		
				Болт М12-8dх45.66		
				ГОСТ 7817-80	2	
				Болт М24-8dх75.46		
				ГОСТ 7808-70		
		15		Гайка М12-6Н.5		
				ГОСТ 5915-70	2	
			ГМІ.ПД.18.03.00.02.00			
Зм. Аркцш			Підп.	Дата		
Розроб. Зозуля						
Перев. Панченко						
Н. контр. Кухар						
Затв. Задолотний						
Корпус підшипника					Лім.	Аркцш
						1
					Аркцшів	
					2	
НТУ"ДП", ММФ, 133М-17-1						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кил.	Примітка
		16		Гайка М48-6Н.04 ГОСТ 5937-70	4	
		17		Гайка М56-6Н.04 ГОСТ 10605-94	4	
		18		Гайка М56-6Н.04 ГОСТ 10607-94	4	
		19		Рим-долт М8 ГОСТ 1751-73	2	
		20		Шайба 12 65Г ГОСТ 6402-70	2	
		21		Шайба 24 65Г ГОСТ 6402-70	24	
		22		Шайба 48 60 Г ГОСТ 6402-70	4	
		23		Лифт 32x160 ГОСТ 9464-79	2	

Підп. і дата	Інв. № відп.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подл.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата

ГМІ.18.03.00.02.00

Перв. викор.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка		
Справ. №	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата	A1	ГМІ.ПД.18.03.00.01.00 СК	Документація			
					A4	1	ГМІ.ПД.18.08.01.00.01	Половина штипа	1	
					A4	2		Половина штипа	1	
					A4	3	ГМІ.ПД.18.04.00.00.00	Вал зборі	1	
Інв. № подл.	Підп. та дата	Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лім.		Аркуш	Аркушів
										1
Розроб. Зозуля Перев. Панченко Н. контр. Кухар Затв. Задолотний							Шків у зборі		НТУ "ДП", ММФ, 133М-17-1	

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

## ДОДАТОК В

### Презентація

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ІМ.ПІД.18.04.ДВ</b>  <b>Презентація</b>  НТУ, «ДП», 133м-17-1				
Розроб.	© Зозуля								
К. розділу	© Панченко								
Керівник	Панченко								
Н. Контр.	Кухар								
Затвердив	Заболотний								

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
"Дніпровська політехніка"

Зв'язок роботи з науковими  
програмами, планами і темами

Дипломний проект  
на тему:  
«Визначення параметрів і розробка конструкції  
корінного вала багатоканатної підіймальної машини  
МПМН 5×4»

• Дипломна робота виконується в рамках договору між ПАТ «НКМЗ» та Державним вищим навчальним закладом «Дніпровська політехніка» для Запорізького залізорудного комбінату.

Виконала:  
студентка гр. 1333,  
каф. ГМІ  
Зозуля К.В.  
Керівник: к.т.н., доцент  
Панченко О.В.

Актуальність проекту

Розробка та визначення параметрів корінного вала шахтної підіймальної машини МПМН-5×4 в умовах використання Запорізького залізорудного комбінату є актуальною технічною задачею.

• Основним вузлом шахтної підіймальної машини, є корінна частина, в склад якої входить корінний вал. На вал діють великі зусилля підіймальної машини. Тому, детальне дослідження напружено-деформованого стану (НДС) корінного вала представляє науковий і практичний інтерес.

Наукова задача

Розробка та визначення параметрів корінного вала шахтної підіймальної машини МПМН-5×4 відповідно до технічного завдання.

Мета проекту

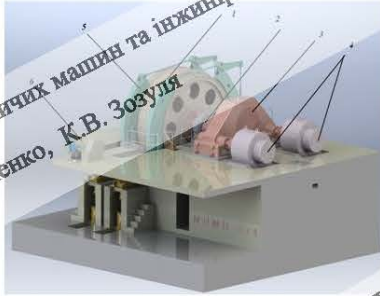
• Розробка та визначення параметрів корінного вала шахтної підіймальної машини МПМН-5×4 в умовах експлуатації Запорізького залізорудного комбінату  
• Для досягнення поставленої мети, основна задача роботи розділена на наступні етапи:

1. Виконати збір, обробку, систематизацію й критичний науковий аналіз наукової та технічної інформації за темою проекту.
2. Виконати аналіз конструкції багатоканатної підіймальної машини.
3. Вивчити інженерні методи розрахунку параметрів багатоканатних підіймальних установок.
4. Виконати аналіз умов безпечної експлуатації багатоканатної підіймальної установки.
5. Виконати аналіз техніко-економічних факторів, забезпечують ефективність прийнятих технічних рішень.

Задача 1

Аналіз конструкції підіймальної машини  
МПМН-5×4. Розрахунок та визначення її  
параметрів.

## 1.1 Аналіз конструкції підіймальної машини МПМН 5×4



1. Шків тертя з канатами
2. Корінна частина
3. Редуктор
4. Електродвигун
5. Панель гальма
6. Пульти управління

## Технічні характеристики МПМН 5×4

Показники	Типорозмір машини	
	МПМН 5×4	
Максимальна статичний натяг каната, кгс	120 000	
Максимальна різниця статичних натягів канатів, кгс	25 000	
Діаметр канатоведучого шківа, мм	5000	
Відстань між канатами на шківі, мм	300	
Кількість канатів	4	
Найбільший діаметр канатів з відхиляючим шківом	50	
без відхиляючого шківа	-	
Маса машини без редуктора та відхиляючого шківа	130	

## 1.2 Визначення параметрів багатоканатної підіймальної машини МПМН 5×4

Вибір багатоканатної підіймальної машини та експлуатаційний розрахунок підіймальної установки проводиться за наступними даними:

- Річна продуктивність:  $A_{р\dot{ч}} = 1,4 \cdot 10^6$ ;
- Висота підйому:  $H_{п} = 1500$  м.;
- Кількість канатів: 4 шт.;
- Тип підіймальної посудини – скіпова.

За відомими методиками були визначені параметри МПМН 5×4.

ПАРАМЕТРИ	ЗНАЧЕННЯ
Статичний натяг канатів найбільший, Н	965 400
Різниця статичних натягів, Н	220 000
Найбільший діаметр каната, мм	45,5
Кількість підіймальних канатів	4
Глибина підйому, м	1500
Швидкість підйому, м/с	9,6
Передавальне число редуктора $i$	10,5
Потужність приводу, кВт	2620

## Визначення ємності скіпа

Максимальна вантажопідіймальність скіпа:  $Q = 192591$  Н

Година продуктивність:  $A_{год} = 382,51$  тон/год

За розрахунками приймаємо скіп вантажопідіймальністю 22 тонни.

## Визначення параметрів канатів

Розрахунок проводиться за шкалою часу міцності.

Розривне зусилля одного каната:

$$Q_{р} = 102000 \text{ Н}$$

За ГОСТ 369-68 обираємо сталевий круглопрядний канат діаметром 45,5 мм, із сумарно розривним зусиллям 1360 кН і розрахунковою межею міцності дротів при розтягуванні 1400 МПа.

## Визначення параметрів зрівноважуючого канату

- Розрахована вага зрівноважуючого канату:

$$Q_{\text{кан}} = 17,78 \text{ кг/м}$$

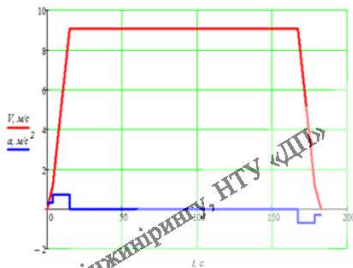
За розрахованими даними обираємо круглопрядний канат 107-Б-Ж-Н-Т-1570 ГОСТ 3091-80 з характеристиками наведеними в таблиці

## Технічні характеристики стального круглопрядного підйомного каната

Розрахункова вага каната, кгс	889,1
Розрахункова межа міцності канату при розтягуванні, кгс/мм <sup>2</sup>	140
Розрахункове сумарне розривне зусилля усіх дротів у канаті, кгс	136000

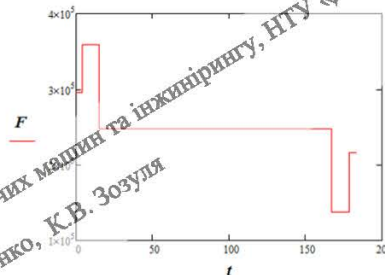
## Кінематика підйомної установки. Вибір максимальної швидкості підйому

Використовуючи отримані дані побудуємо діаграму швидкостей та прискорень.



## Динаміка підйомної установки

- Використовуючи отримані дані побудуємо діаграму швидкостей та прискорень.



## Вибір приводу підйомної машини

За розрахованими даними, а саме необхідної швидкості обертання  $n = 400 \text{ об/хв.}$ ; і необхідної еквівалентної потужності двигуна  $1620 \text{ кВт}$ , приймаємо два двигуни АКН4-17-28-16, з характеристиками наведеними в таблиці.

## Технічні характеристики двигуна

Номинальна потужність на валу	1600 кВт
Номинальна напруга	6000 В
Частота обертання	400 об/мин
КПД	90,6 %
$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	2,3
Маховий момент ротора	2890 кН·м <sup>2</sup>



## Вибір редуктора

Барабани підіймальних машин обертаються зі швидкістю, яка не перевищує 50 об/хв. Для отримання необхідної швидкості корінний вал підіймальної машини з'єднується з валом електродвигуна через понижуючий редуктор. Виходячи з розрахованого крутного моменту і передавального відношення, приймаємо редуктор з параметрами, наведеними в таблиці.

## Технічні характеристики редуктора

Тип редуктора механізму підйому	ЦО-18
Передавальне число, $i$	10.5
Крутний момент редуктора, кН	320
Маса, т	38

## Вибір з'єднувальної муфти

Для з'єднання вала електродвигуна з валом редуктора і вала редуктора з корінним валом підіймальних машин використовують пружинні і зубчасті муфти.

Номинальний крутний момент:

$$T_{ном} = 550 \text{ кН}$$

Розрахунковий момент на муфті:

$$T_p = 1\,056\,000 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

По розрахованому моменту обираємо муфту МЗ 19

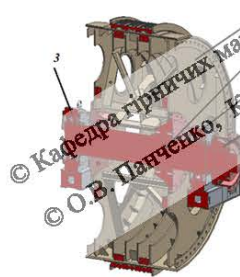
Діаметр, мм	550
Крутний момент, $\text{Н}\cdot\text{м}$	1 100 000
Число обертів, за хв	500
Маховий момент, $\text{Н}\cdot\text{м}^2$	2700



## Задача 2

Визначення параметрів і розробка конструкції корінного вала шківів тертя багатоканатної підіймальної машини МПМН 5×4

## Конструкція корінного вала в зборі



- Зборка головного валу складається з:
1. кантоведучого шківів,
  2. корінного вала
  3. корінних підшипників
  4. з'єднувальної муфти

## Побудова комп'ютерної моделі корінного вала зі шківом тертя

## Розрахунок вала

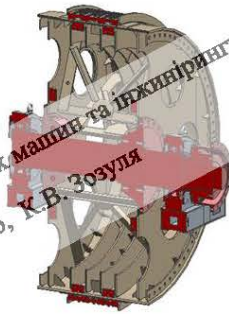
Розрахунок вала на кручення:

Приймаємо матеріал для вала : сталь 45 ГОСТ 1050-88

Розрахунковий діаметр хвостовика вала:

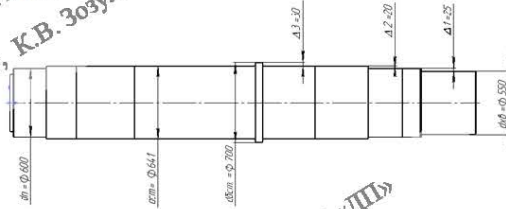
$$D_{\text{в.розрах.}} = 0,45 \text{ м}$$

По посадочному місцю муфти на кресленні приймаємо діаметр вала 550мм.



Общее количество компонентов в Шее в сборе:	2131
Детали:	2028
Уникальные документы детали:	96
Уникальные детали:	71
Узлы сборки:	103
Уникальные узлы сборки:	18
Уникальные документы узлов сборки:	18
Максимальная глубина:	5
Число компонентов верхнего уровня:	4
Решение компоненты:	161
Сокращение компоненты:	0
Полное наименование:	0
Скрытие компоненты:	0
Виртуальные компоненты:	0
Компоненты конверта:	0
Количество тел:	0
Общее количество вычислений сопряжений:	0
Число сопряжений верхнего уровня:	0
Количество гибких сопряжений узлов сборки:	0

Конструкція вала та його розміри діаметрів показані на рисунку. Діаметри вала приймалися конструктивно у відповідності із шириною підшипника, шириною шківів, необхідних конструктивних зазорів між сполучними деталями.



## Вибір підшипникових опор

Опорними корінного вала є сферичні самовстановлюючі підшипники качення. Діаметр підшипника складає 600 мм. Такому показнику відповідає підшипник 30037/600.

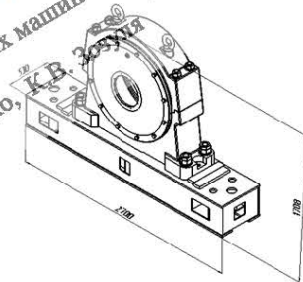


## Характеристики підшипника 30037/600

Внутрішній діаметр, мм	600
Зовнішній діаметр, мм	980
Ширина, мм	300
Маса, кг	950
Динамічна вантажопідіймність, кН	8970
Статична вантажопідіймність, кН	18000
Максимальна номінальна частота обертання, об/хв	340

## Конструювання корпусу підшипника

Корпус підшипника спроектований у відповідності розрахунку Анур'єва. Так як розмірів в розрахунку не передбачено, то розміри для корпусу були прийняті з урахуванням масштабного коефіцієнта.



© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

## Перевірка підшипників опор на довговічність

Розрахунковий ресурс підшипника:

$$L_{\text{м}} = 477949 \text{ год.}$$

Розрахунковий ресурс більше того, який вимагається (135 000 годин). Підшипник серії 30037/600 придатний до використання.

## Конструювання маточин

Параметри маточини приймасмо конструктивно.

Розраховані параметри:

Діаметр маточини:  $d_{\text{ст}} = 990 \text{ мм}$   
 Ширина маточини:  $B_{\text{ст}} = 450 \text{ мм}$   
 Висота фланця:  $h = 350 \text{ мм}$   
 Ширина фланця:  $b = 60 \text{ мм}$   
 Товщина ребра:  $\delta = 55 \text{ мм}$

## Комп'ютерні моделі маточин:



Цілісна маточина

Роз'ємна маточина

## Визначення навантаження на корінний вал

На основі побудованої комп'ютерної моделі корінного вала та моделі шків тертя визначаємо монтажне навантаження, яке діє на опори.

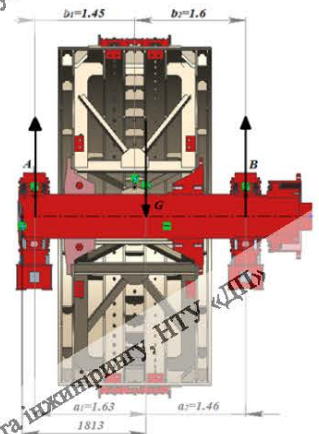
- Маса шків складає 565 400 Н, а центр ваги зміщений від осі опори А.

## Масові характеристики



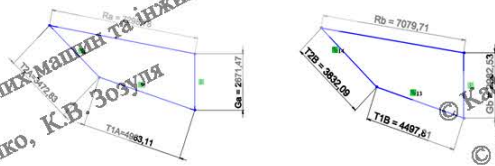
Центр мас знаходиться по центру опорам. Визначимо яку долю масова характеристика приходить на опору А і на опору В.

Вирішивши систему рівнянь видно, що реакція в опорі А більше.



## Обґрунтування розрахунку моделі корінного валу в зборі методом скінченних елементів

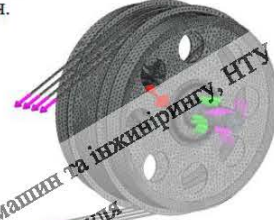
Визначимо результуючу силу графоаналітичним способом



$$R_A = 729878 \text{ Н}$$

$$R_B = 707971 \text{ Н}$$

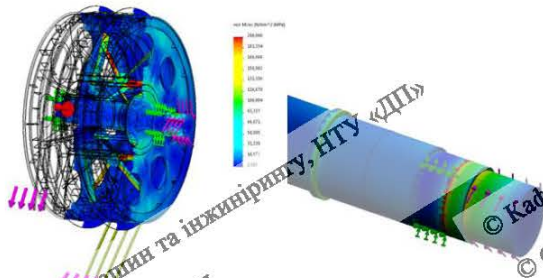
З допомогою отриманих даних, використовуючи метод скінченних елементів в SolidWorks Simulation, виконується перевірка напружено-деформованого стану корінного валу зі зливком тертя.



Проводимо розрахунок. Результат аналізу показано на рисунку 4. В графіку напружено-деформованого стану відобразимо максимальне та мінімальне значення.

Результат аналізу показує, що максимальне значення напруження на валу дорівнює 150 МПа при максимальному допустимому 400 МПа. Запас міцності склав 2,7.

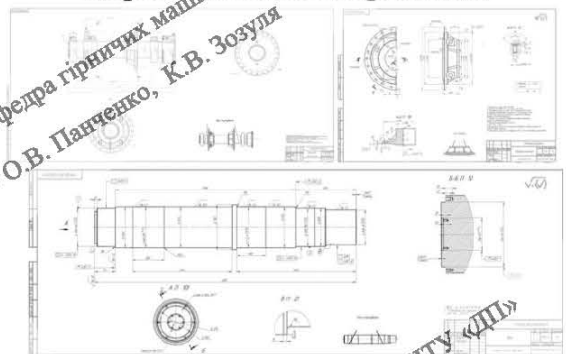
Таким чином спроектований корінний вал є працездатним, так як витримує задане навантаження та має запас міцності більше ніж 2.

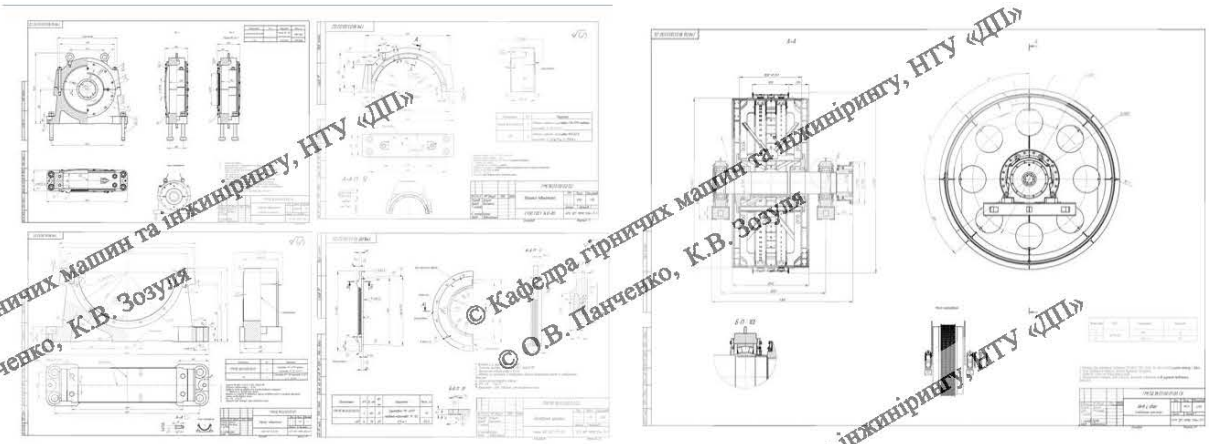


### Висновки

1. Проведений розрахунок багатоканатної підйомної машини МПМН 5×4.
2. Визначені її основні параметри та розрахований привід машини.
3. Проведений розрахунок зчепної муфти.
4. Проведений аналіз конструкції корінного валу.
5. Розраховані основні геометричні параметри корінного валу багатоканатної підйомної машини.
6. Розроблена розрахункова модель корінного валу.
7. Проведений аналіз напружено-деформованого стану корінного валу.

### Розроблено комплект креслеників





**Розробка заходів щодо безпечної роботи та розрахунок собівартості корінного вала в зборі**

Проведено аналіз небезпечних і шкідливих факторів, які виникають під час роботи підйомальної машини. Розроблені заходи щодо запобігання виробничому травматизму обслуговуючого персоналу.

2. Розроблено заходи щодо попередження та усунення аварійних ситуацій, що виникають при проведенні робіт.
3. Визначена собівартість корінного вала в зборі, яка склала 1,6 млн. грн.

**Доповідь закінчено.  
Дякую за увагу!**

## ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу магістра, на тему:  
**«Визначення параметрів і розробка конструкції корінного вала багатоканатної піднімальної машини МПМН 5×4»**  
 студентки групи 133м-17-1 Зозулі Катерини Валеріївни

Обрана тема актуальна, кваліфікаційну роботу виконано в рамках договору про співпрацю між Національним технічним університетом «Дніпровська політехніка» та ПАТ «НКМЗ».

Мета – визначення параметрів і розробка конструкції корінного вала багатоканатної піднімальної машини МПМН 5×4. У зв'язку з цим автором вирішені наступні задачі: виконано збір, обробку, систематизацію й критичний науковий аналіз наукової й технічної інформації за темою проекту; виконано аналіз конструкції багатоканатної підйомної установки; вивчено інженерні методи розрахунку параметрів багатоканатних підйомних установок; визначено параметри і розроблено конструкцію корінного вала шківів тертя багатоканатної підйомної машини; виконано аналіз умов безпечної експлуатації багатоканатної підйомної установки; виконано аналіз техніко-економічних факторів, що забезпечують ефективність прийнятих технічних рішень.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці методики розрахунку корінного вала багатоканатної піднімальної машини МПМН 5×4.

Розрахунки підтверджують працездатність запропонованої конструкції. Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності магістра спеціальності 133 – Галузеве машинобудування, спеціалізації «Гірничі машини та комплекси».

Оформлення креслеників і пояснювальної записки дипломного проекту виконано без відхилень від стандартів.

Степінь самостійності виконання дипломного проекту високий. Кваліфікаційна робота заслуговує оцінки «Відмінно» (95 балів), а автор присудження кваліфікації «Інженер-конструктор (механічне машинобудування)».

Керівник кваліфікаційної роботи,  
 доцент кафедри гірничих машин та інжинірингу

  
 О.В. Панченко

О.В. Панченко

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

### ДОДАТОК Д

#### Відгук нормоконтролера

Нормоконтроль: *Заболотний* немає.

*[Signature]*  
19.12.18

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»  
© О.В. Панченко, К.В. Зозуля

Зм.	Аркуш	№ зм.	Підпис	Дата
Розроб.	Зозуля		<i>[Signature]</i>	
К. розділу	Панченко		<i>[Signature]</i>	
Керівник	Панченко		<i>[Signature]</i>	
Н. Контр.	Кухар		<i>[Signature]</i>	
Затвердив	Заболотний		<i>[Signature]</i>	

Відгук  
нормоконтролера

Г.М.П.Д. 18.04.ДД		
Літ.	Аркуш	Аркушів
	1	1
НТУ «ДП», 133М-17-1		

## Рецензія

на кваліфікаційну роботу магістра на тему:  
**«Визначення параметрів і розробка конструкції корінного вала  
багатоканатної піднімальної машини МПМН 5×4»**  
**студентки групи 133м-17-1 Зозулі Катерини Валеріївни**

Рецензована робота пов'язана з науковим напрямком кафедри гірничих машин та інжинірингу і виконана за договором з ЦНТ «НКМЗ», що підтверджує її технічну і наукову актуальність.

Мета – визначення параметрів і розробка конструкції корінного вала багатоканатної піднімальної машини МПМН 5×4. У зв'язку з цим автор поставила і вирішила наступні задачі: виконати аналіз стану питання і постановку задачі на проектування; виконати розрахунок параметрів багатоканатної піднімальної машини МПМН 5x4; виконати розрахунок параметрів корінного вала багатоканатної піднімальної машини МПМН 5x4; побудувати комп'ютерну модель корінного вала багатоканатної піднімальної машини МПМН 5x4; розробити інструкцію з експлуатації та обслуговування багатоканатної піднімальної машини МПМН 5x4; розробити та обґрунтувати заходи щодо безпечної використання багатоканатної піднімальної машини МПМН 5x4; визначити техніко-економічну ефективність запропонованих технічних рішень.

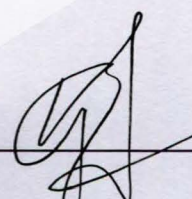
Кваліфікаційна робота безпосередньо пов'язаний з об'єктом діяльності магістра спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Гірничі машини та комплекси», професійній кваліфікації «Інженер-конструктор (механіка)». Виконані дослідження і розрахунки підтверджують працездатність запропонованої конструкції.

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки (85 сторінки) і графічної частини проекту (5 листів креслеників формату А1). Оформлення креслеників і пояснювальної записки виконано без відхилень від стандартів.

При виконанні даної кваліфікаційної роботи використовувалися такі програми як: SolidWorks, SolidWorks Simulation, Mathcad, PowerPoint.

Кваліфікаційна робота заслуговує оцінки «Відмінно» (95 балів), а автор присудження кваліфікації «Інженер-конструктор (механіка)».

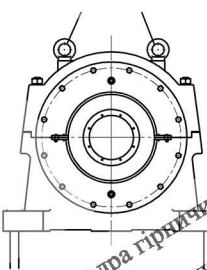
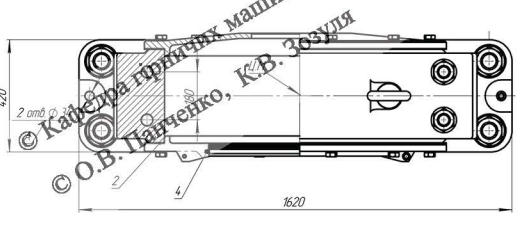
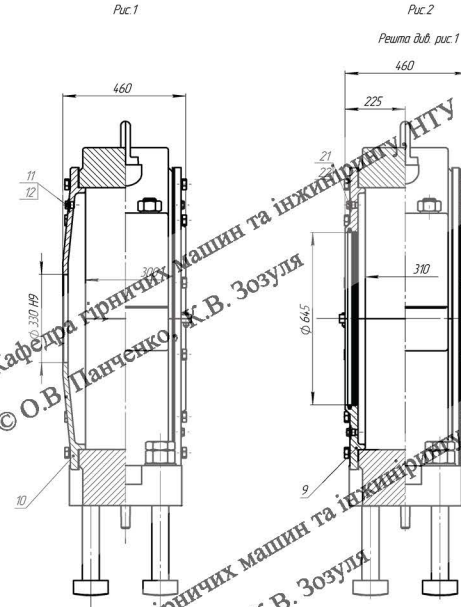
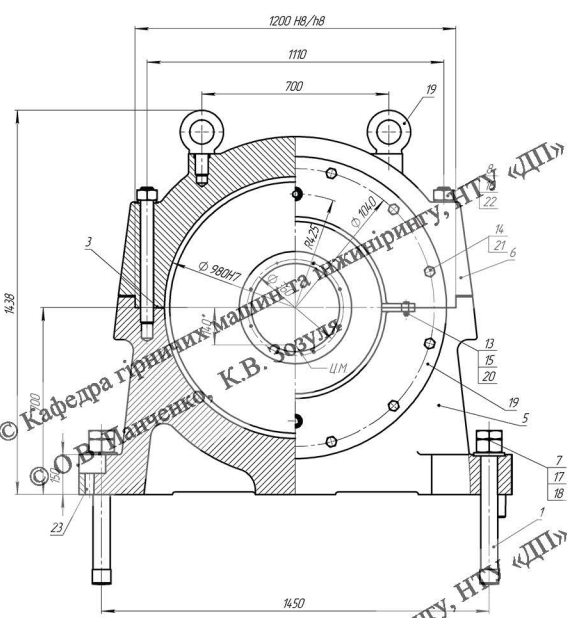
Рецензент  
завідувач кафедри гірничої механіки,  
д-р техн. наук, професор

  
В.І. Самуся



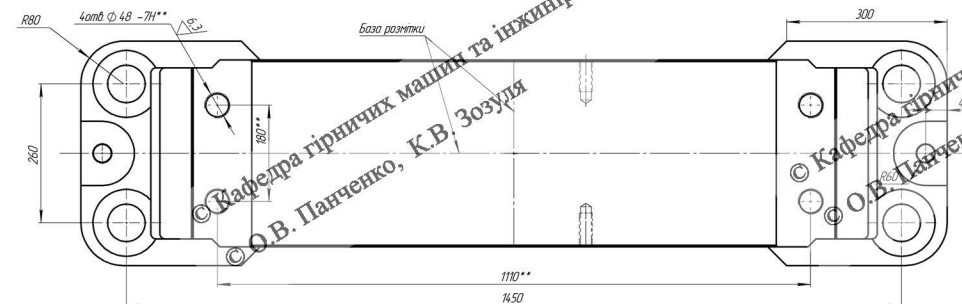
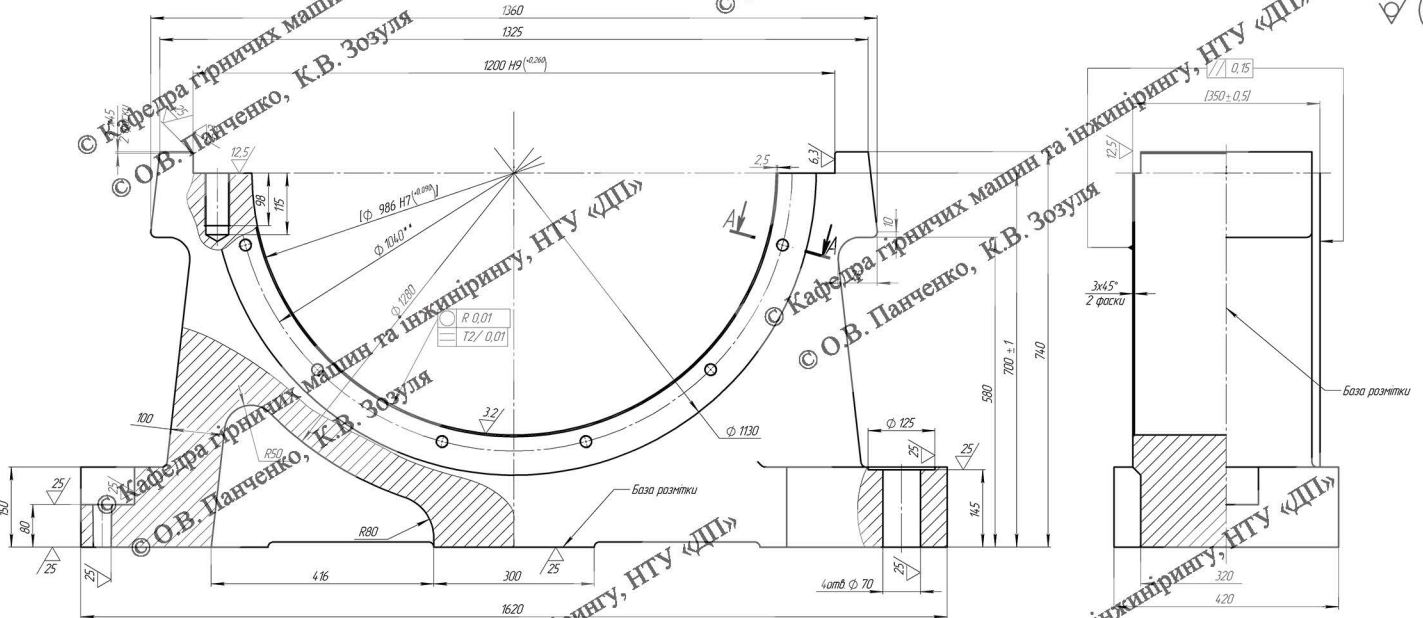


Позначення	Рис.	Покриття	Маса, кг
ГМ.ПД.18.03.00.02.00	1	енгель НЛ-132 с/ро-білкинна	2180,1083
-01	2	VI.91 (6н*1)	2139,8086



- 1 Розміри для ввідок
  - 2 В ушльненні поз.3 допускається не більше одного стику виконаного під кутом 30°
  - 3 Перед складанням ушльнення в роз'їмні горішки (90°) Ліній 24 поз.17
  - 4 При монтажі роз'їмні в роз'їмні половин кришок поз.8 між собою ушльнення виконати поз.18
  - 5 Отвір А під шпильку в циліндричному поз.24 обробити остаточно шпательом, при намотці у споживача із пакуванням
  - 6 При монтажі роз'їмні в роз'їмні установити за необхідності при намотці у споживача за допомогою кермичастки по ребри, накладки та виробувати валики підшипних установок
- Покриття - енгель НЛ-132 с/ро-білкинна, VI.91 (6н\*1)

ГМ.ПД.18.03.00.02.00 СК				Лист	Маса	Масштаб
Стр.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.	Зозуля				Корпус підшипника	1:10
Перевір.	Панченко				Складальний креслений	Аркши 1
Т. контр.						НТУ «ДП», ММФ, 133н-17-1
Н. контр.	Кунур				Копія	Формат А2
Затв.	Заболотний					



Позначення	КЧ	Покриття
ГМ.ПД.18.03.00.02.01	2	Грунтовка ГФ-0119 червоно-коричнева, VI.92, (3,6 н*)
-01	4	Грунтовка ФЛ-03 коричнева, 12-6/1 ш"С, (1,5 н*)

- 1 Точність вилучки 13-0-0-13 ГОСТ 26645-85
- 2 Невказані відступи радіуса - 10 мм
- 3 \*\* Обробити по зсідувальній деталі
- 4 Обробку за розмірами в квадратних дужках проводити разом із кришкою підшипника
- 5 Деталі застосовувати разом
- 6 114, 116, -173, 2
- 7 Покриття див. таблицю, акрин посадовчих місць

ГМ.ПД.18.03.00.02.01				Лист	Маса	Масштаб
Стр.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.	Зозуля				Корпус підшипника	1:10
Перевір.	Панченко				Складальний креслений	Аркши 1
Т. контр.						НТУ «ДП», ММФ, 133н-17-1
Н. контр.	Кунур				Копія	Формат А2
Затв.	Заболотний					



