

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет

Кафедра гірничої механіки

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Анощенка Артема Юрійовича

академічної групи 184-17ск -1 ММФ

спеціальності 184 Гірництво

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»

(офіційна назва)

на тему Проект реконструкції головної підйомної установки шахти  
«Тернівська» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Холоменюк М.В.			
розділів:				
Гірничо-геологічний	Холоменюк М.В.			
Технологічний	Холоменюк М.В.			
Економічний	Шаповал В.А.			
Охорона праці	Лутс І.О.			
Рецензент	Колосов Д.Л.			
Нормоконтролер	Діжєвський Б.К			

Дніпро  
2020

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

Завідувач кафедри гірничої механіки

\_\_\_\_\_ Самуся В.І.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року

**ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну роботу  
ступеню бакалавра**Студенту Анощенко Артему Юрійовичу академічної групи 184-17ск-1ММФ  
(прізвище та ініціали) (шифр)Спеціальності 184 Гірництвоза освітньо-професійною програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»на тему Проект реконструкції головної підйомної установки шахти «Тернівська» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“,затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_-  
07.05.2020 р. №256-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Гірничо-геологічний	Гірничо-геологічна характеристика підприємства	10.05.2020
Технологічний	Технологічні та технічні рішення щодо реконструкції головної підйомної установки шахти	01.06.2020
Охорона праці	Аналіз потенційних шкідливих та небезпечних факторів	08.06.2020
Економічний	Економічна оцінка проекту	15.06.2020

Завдання видано \_\_\_\_\_

(підпис керівника)

Холоменюк М.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 04.05.2020Дата подання до екзаменаційної комісії 15.06.2020

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_

(підпис студента)

Анощенко А.Ю.

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 59 с., 4 рис., 2 табл., 3 додатки, 4 джерела.

ШАХТНА ПІДЙОМНА УСТАНОВКА, БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ,  
ДІАГРАМА ШВИДКОСТІ, СИЛОВІ ПАРАМЕТРИ, ЕНЕРГЕТИЧНІ  
ПОКАЗНИКИ, ПОТУЖНІСТЬ ПРИВІДНОГО ДВИГУНА

Об'єкт розробки – головна підйомна установка шахти «Тернівська»  
ШУ «Павлоградське» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

Мета роботи – підвищення енергетичної та експлуатаційної  
ефективності головної підйомної установки шахти «Тернівська».

Результати та їх новизна – розроблені технічні рішення, що дозволяють  
замінити два робочі привідні двигуни головної підйомної установки  
одним двигуном і спростити завдяки цьому управління підйомною  
установкою та підвищити її надійність.

Сфера застосування розробки – підйомні установки вугільних і рудних  
шахт.

Практична значимість кваліфікаційної роботи – підвищення надійності  
та енергетичної ефективності головного підйому шахти.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	
1. Гірничо–геологічна характеристика шахти «Тернівська» .....	
1.1. Загальна характеристика шахти .....	
1.2. Схема розкриття шахтного поля .....	
1.3. Біляствольні двори .....	
1.4. Підготовка шахтного поля та система розробки .....	
1.5. Підйоми по стволам .....	
1.6. Підйомні установки на похилих виробках.....	
1.7. Підземний транспорт .....	
1.8. Вентиляція .....	
2. Технологічні та технічні рішення щодо реконструкції головної підйомної установки шахти.....	
2.1. Існуючий стан і постановка задачі.....	
2.2. Розрахунок головної скіпової підйомної установки.....	
2.2.1. Розрахунок та вибір підйомної посудини.....	
2.2.2. Розрахунок та вибір підйомного канату.....	
2.2.3. Розрахунок і вибір основних розмірів органа навивки.....	
2.2.4. Розташування підйомної установки відносно ствола шахти.....	
2.2.5. Кинематика підйомної установки.....	
2.2.5.1. Тривалість підйомного циклу.....	
2.2.5.2. Розрахунок максимальної швидкості підйому.....	
2.2.6. Динаміка підйомної установки.....	
2.2.6.1. Розрахунок маси рухомих частин підйомної установки, приведеної до кола органа навивки.....	
2.2.6.2. Розрахунок рушійних зусиль на колі органа навивки....	
2.2.7. Потужність привідного електродвигуна.....	
2.2.8. Витрата електроенергії та ККД підйомної установки.....	
2.2.8.1. Розрахунок потужності на валу двигуна та споживаної з мережі.....	

2.2.8.2. Витрата енергії на один підйом.....	
2.2.8.3. ККД підйомної установки.....	
3. Охорона праці в шахтному підйомі.....	
3.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	
3.1.1. Небезпечні фактори при роботі на шахті.....	
3.1.2. Небезпечні і шкідливі фактори при роботі на підйомній установці	
3.2. Інженерні заходи щодо охорони праці.....	
3.2.1. У будівлях і спорудах на поверхні.....	
3.2.2. Заходи щодо боротьби з шумом і вібраціями.....	
3.2.3. Електробезпека.....	
3.2.4. Заходи безпеки при обслуговуванні механічного обладнання підйомної установки .....	
3.2.5. Заходи безпеки при експлуатації підйомної установки.....	
3.3. Протипожежні заходи.....	
ВИСНОВКИ .....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	
ДОДАТОК А. Відгук на кваліфікаційну роботу .....	
ДОДАТОК Б. Відгуки керівників розділів кваліфікаційної роботи .....	
ДОДАТОК В. Рецензія на кваліфікаційну роботу .....	

## **ВСТУП**

**Актуальність теми.** Головна підйомна установка шахти – це один з найвідповідальніших об'єктів, що забезпечує діяльність підприємства. Вона є основною транспортною лінією, що з'єднує видобувні підрозділи з поверхнею, тому важливо забезпечити її надійну та безпечну роботу.

Головна підйомна установка являє собою один із найпотужніших споживачів електричної енергії на шахти, тривалість роботи якої складає не менше 18 годин на добу. Це вимагає забезпечувати високу енергетичну ефективність підйомного комплексу.

**Мета роботи** – підвищення енергетичної та експлуатаційної ефективності головної підйомної установки шахти «Тернівська».

# 1. ГІРНИЧО–ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ШАХТИ

## «ТЕРНІВСЬКА»

### 1.1. Загальна характеристика шахти

Шахта «Тернівська» знаходиться на території Тернівського адміністративного району Дніпропетровської області в межах міста Тернівка, в 15 км на схід від міста Павлоград. Адміністративно шахта входить до складу шахтоуправління «Павлоградське» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“.

Шахта «Тернівська» уведена в експлуатацію в 1964 році з проектною потужністю 900 тис. т вугілля на рік, яка була досягнута в 1970 році. Пізніше виробнича потужність шахти зростала до 1100 тис. т вугілля на рік. Через ускладнення гірничо-геологічних умов відробки пластів потужність шахти зменшувалася і зараз складає 900 тис. т вугілля на рік.

Шахтне поле розмірами по простяганню – 5.4 км, а за спадом – 4.0 км розділене на три блоки. Блок № 3 розташований між Тернівським та Південно-Тернівським скидами. Отже, Тернівським скидом шахтне поле розділене на дві приблизно рівні площі – центральну на півночі та заскидову на півдні.

Марка вугілля – Г.

### 1.2. Схема розкриття шахтного поля

Розкриття шахтного поля здійснено двома центральньо-подвоєними вертикальними стволами – головним і допоміжним, що розташовані у східній частині центральної площі, та капітальними похилими квершлагами. Для відведення вихідного струменя повітря на крилах шахти пройдені вентиляційний ствол №1 (східне крило заскидової площі) та вентиляційний ствол №2 (західне крило центральної площі).

Основний відкотний горизонт закладений на відмітці мінус 156,6 м. Від приствольного двору горизонту 265 м у напрямку простягання пройдений західний польовий штрек, від якого для розкриття пластів пройдені похилі квершлагги та ходки.

Характеристика стволів наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Показники	Найменування стволів	
	головний	допоміжний
Абсолютна відмітка устя ствола, м	+108,4	+108,6
Абсолютна відмітка рівня головок рейок, м	-	-156,6
Глибина від поверхні, м	265,2	265,2
Глибина зумпфа, м	31,6	31,6
Повна глибина ствола, м	296,8	296,8
Діаметр ствола в світлі, м	5,0	6,0
Площа перерізу в світлі, м <sup>2</sup>	19,6	28,3
Кріплення ствола		
- в наносах	чавунні тюбинги	
- в корінних породах	залізобетонні тюбинги	
Товщина кріплення, мм		
- в наносах	300	300
- в корінних породах	300	300
Довжина устя ствола, м	15,5	15,5
Кріплення устя ствола	залізобетон	
Товщина кріплення устя ствола, мм	500	500
Армування ствола	металеве жорстке	

Розкриття пластів С<sub>6</sub><sup>н</sup> і С<sub>5</sub> коло верхньої межі блока № 2 прийнято горизонтальним відкотним квершлагом, який переходить у похилій під кутом 15°. Відкотний квершлаг проходиться із західного польового штрека горизонту 265 м паралельно конвеєрному квершлагу № 2 на відстані 50 м від нього із західного боку. Паралельно похилій частині відкотного квершлага із східного боку на відстані 35 м від нього теж під кутом 15° проходиться людський хідник. З метою забезпечення нормального провітрювання тупикових забоїв і забезпечення запасного виходу з них під час будівництва людський хідник на початку похилої частини (горизонт 265 м) збивається з



конвеєрним квершлагом № 2, а коло верхньої межі – з похилим відкотним квершлагом і камерою підйомної машини.

Горизонтальна частина відкотного квершлагоу закріплюється арочним металевим податливим кріпленням КШПУ з СВП-27 по 2 рами на погонний метр, похилий відкотний квершлаг і людський хідник – кріпленням КШПУ з СВП-22 по 1,25 рами на погонний метр.

Похилий відкотний квершлаг обладнаний підйомною машиною для доставки вантажів і трапами з перилами для проходження людей, людський хідник – канатно-крісельною дорогою і трапами з перилами.

На перетині похилого квершлагоу з пластами  $C_6^H$  і  $C_5$  споруджені приймальні площадки.

Біля нижньої межі пласт  $C_5$  розкритий горизонтальним, а пласт  $C_6^H$  з ухилом – дренажними квершлагами.

Дренажний квершлаг пласта  $C_6^H$  з'єднаний похилим вентиляційним квершлагом з панельним вентиляційним штреком.

Прийнята схема розкриття пластів  $C_6^H$  і  $C_5$  дозволяє розмістити виробки за межами зон геологічних порушень і забезпечує мінімальні строки будівництва.

### **1.3. Біляствольні двори**

Біляствольний двір споруджений на горизонті 265 м. Він призначений для видавання вугілля та породи і подачі в шахту обладнання та матеріалів. Двір круглого типу з розташуванням основних виробок укрест простягання порід.

У ньому знаходяться камери насосна, центральної електропідстанції, комплексу гараж-зарядної, очікування, медпункту, вбиральні та протипожежного поїзду.

### **1.4. Підготовка шахтного поля та система розробки**

На шахті прийнята погоризонтна схема підготовки шахтного поля.

Зараз роботи ведуться на чотирьох пластах:  $C_8^H$ ,  $C_6$ ,  $C_5^B$  і  $C_4^H$  в блоці № 3.

Біля верхньої межі блоку з верхньої приймальної площадки похилого квершлага проходиться магістральний відкотний штрек пласта  $C_6^H$ , з якого на від-

стані 400 м проходиться заїзд на конвеєрний штрек. З цієї точки у східному напрямку під кутом  $9^\circ$  до перетину з конвеєрним квершлагом № 2 (горизонт 265 м) проходиться конвеєрний квершлаг пласта  $C_6^H$ .

На нижній межі з дренажного квершлага пласта  $C_6^H$  проходиться дренажний штрек пласта  $C_6^H$ .

Між магістральним відкотним і дренажним штреками пласта  $C_6^H$  проходяться збірні та бортові штреки, що оконтурюють виїмкові стовпи. Через складну гіпсометрію пласта магістральні та дренажні штреки проходяться, в основному, із зворотним ухилом частково польовими.

З метою здійснення відкатки породи по дренажному квершлагу з нормальним профілем шляху вона перепускається з пласта  $C_6^H$  на пласт  $C_5$  по гезенку.

Основні підготовчі виробки: магістральні відкотний і конвеєрний штреки, вентиляційні та дренажні штреки, а також виїмкові (збірні та бортові) штреки проходяться комбайновим способом.

Кріплення магістральних штреків здійснюється кріпленням КШПУ–11,7 або АП-13,8 із спеціального профілю СВП-22, СВП-27 перерізом у світлі 10,9 і 12,8 м<sup>2</sup> із затягуванням бортів і покрівлі залізобетонною затяжкою. Крок встановлення рам кріплення 0,5 м. При необхідності виконується тампонаж закріпленого простору цементно-піщаним розчином.

Кріплення виїмкових штреків здійснюється кріпленням КШПУ–11,7 або АП-11,2 із спеціального профілю СВП-22 із затягуванням бортів і покрівлі дерев'яною дошкою або сіткою з дроту діаметром 5 мм. Відстань між рамами кріплення 0,8 м.

Виїмкові штреки, які розташовані коло вугільного масиву, підтримуються у слід за лавами, що забезпечується використанням в штреках на сполученні з лавами пересувного механізованого кріплення.

Охорона основних магістральних виробок виконується з залишенням ціликів вугілля шириною не менше 50 м.

На шахті прийнята система розробки довгими стовпами по підйманню та за спадом одинарними лавами. Очисні роботи ведуться механізованими комплексами КД-80 і КД-99 з комбайнами КА-80 і КА-200. По лаві вугілля доставляється скребковим конвеєром СП-251.

### **1.5. Підйоми по стволам**

Шахтне поле розкрите чотирма вертикальними стволами: головним з двоскиповим вугільним і односкиповим з противагою породним підйомом, допоміжним з двоклітьовим підйомом, вентиляційними стволами № 1 і № 2 кожний з аварійно-ремонтним клітьовим підйомом.

Машина вугільного підйому головного ствола типу МПУ 5–2–2 з асинхронним редукторним ( $i=10,5$ ) приводом від двох (обидва робочі) електродвигунів типу АKN2-19-33-24У4 (800 кВт, 245 об/хв, 6 кВ), скипи ємністю  $10,6 \text{ м}^3$  (11,5 т), горизонт, що обслуговується – 265 м.

Машина породного підйому головного ствола типу 2Ц 3,5–1,5 з редукторним асинхронним приводом ( $i=10,5$ ) від двох (один робочий) електродвигунів типу АТ-17-В6-16М (400 кВт, 365 об/хв, 6 кВ), скіп ємністю  $4,0 \text{ м}^3$  (5,3 т), горизонт, що обслуговується – 265 м.

Машина клітьового підйому допоміжного ствола типу МПУ 5–2–2 з редукторним асинхронним приводом ( $i=10,5$ ) від двох (один робочий) електродвигунів типу АKN2-18-47-24У4 (630 кВт, 245 об/хв, 6 кВ), кліті одноповерхові під одну вагонетку ВГ-3,3 на поверх, горизонт, що обслуговується – 265 м.

Аварійно-ремонтні підйоми вентиляційних стволів № 1 і № 2 кожен обладнаний машиною типу Ц 1,6–1,2 з асинхронним редукторним приводом від електродвигуна МА36-62/8Ф (160 кВт, 740 об/хв, 380 В).

### **1.6. Підйомні установки на похилих виробках**

Підйом з машиною Ц 1,6–1,2АР має асинхронний редукторний ( $i=20$ ) привід від електродвигуна типу ВАОК-355М-6 ( 200 кВт, 980 об/хв, 660 В) і составом поїзда з однієї вагонетки ВГ-3,3 ( $Q_p = 6,0$  т). Він призначений для виконання допоміжних вантажних операцій і транспортування породи. При довжині відкатки 250 м розрахункова продуктивність цього підйому при 18 годинах роботи за добу з коефіцієнтом нерівномірності  $K = 1,5$  (1,25) складає до 600 (750) тон за добу.

### **1.7. Підземний транспорт**

Для забезпечення основного вантажопотоку на шахті використовується система повної конвеєризації від очисних вибоїв до завантажувального пристрою головного ствола. Основні типи конвеєрів – 1ЛТ80У, 1Л80У, 1Л100К1, 1Л100У, 1Л1000КСП, 2Л100У і 1ЛУ120.

Для відкатки породи та виконання допоміжних транспортних операцій використовується локомотивна відкатка акумуляторними електровозами АМ8Д і 2АМ8Д ( горизонт 110 м – АМ8Д – 2 шт., горизонт 205 м – АМ8Д – 3 шт., горизонт 245 м – АМ8Д – 4 шт. і горизонт 2АМ8Д – 2 шт.) з використанням вагонеток ВГ-3,3 (100 шт.) і ВДК-2,5 (25 шт.).

Заряджання акумуляторних батарей і обслуговування електровозів здійснюється в гараж-зарядних, розташованих на горизонтах 110 м, 205 м и 265 м.

Допоміжні похилі й дільничні виробки, залежно від їх функції, обладнані однокінцевими похилими підйомами, канатними надґрунтовими та крісельними дорогами.

### **1.8. Вентиляція**

Шахта віднесена до надкатегорної за метаном і небезпечна за вибуховістю вугільного пилу. За час роботи шахти суфляр них виділень метану та раптових викидів вугілля та газу не спостерігалось. Пласти не схильні до самозапалювання.

Породний пил силікозонебезпечний. За даними депресійної зйомки шахти абсолютна метановість привиїмкових ділянок досягає 0,267-0,582 м<sup>3</sup>/хв.

Схема провітрювання шахти – комбінована, спосіб провітрювання – всмоктувальний. Свіже повітря подається в шахту по допоміжному стволу, виведення вихідного струменя здійснюється по трьом стволам – головному та вентиляційними № 1 і № 2.

Провітрювання шахти виконується трьома вентиляторами ВОД-30, ВОКД-1,8 і ВОД-21М, встановленими відповідно біля головного та вентиляційних стволів № 1 і № 2. Характеристика основного обладнання й режими роботи вентиляторних установок наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Місце розміщення установки	Вентилятори		Електродвигуни			Режим роботи	
	тип	кількість, шт	тип, потужність, кВт	частота обертання, об/хв	кількість, шт	витрата, м <sup>3</sup> /с	депресія, ДаПа
Біля головного ствола	ВОД-30	2	синхронний, 1250	600	2	134	250
Біля вентиляційного ствола № 1	ВОД-21М	2	синхронний, 500	750	2	68	346
Біля вентиляційного ствола № 2	ВОД-21М	2	синхронний, 500	750	2	50	346

Схема провітрювання виїмкових дільниць – зворотнопоточна з видаванням вихідного струменя на масив вугілля. Провітрювання гараж-зарядних і складу ВМ здійснюється відокремленим струменем свіжого повітря.



## **2. Технологічні та технічні рішення щодо реконструкції головної підйомної установки шахти**

### **2.1. Існуючий стан і постановка задачі**

Головна підйомна установка шахти «Тернівська» обладнана підйомною машиною МПУ 5–2–2. Використовується редуктор УО-18 з передаточним відношенням  $i = 10,5$ . Підйомні електродвигуни АКН2-19-33-24 УХЛ4 потужністю 800 кВт, частотою обертання 245 об/хв. Кількість електродвигунів – 2 шт (обидва робочі). Максимальна швидкість підйому 6,1 м/с.

Використовуються скипи ємністю 10,6 м<sup>3</sup> (вантажопідйомністю 11,5 т).

Головні канати мають діаметр 46,5 мм. Установка обладнана укісним металевим копром висотою 40 м. Використовуються копрові шківни діаметром 4 м.

Задачами роботи є виконання перевірного розрахунку головної підйомної установки шахти і встановлення резервів по підвищенню її ефективності.

### **2.2. Розрахунок головної скіпової підйомної установки**

Вихідні дані до розрахунку:

- річна продуктивність шахти  $A_p = 900000$  тон;
- глибина шахти  $H_{ш} = 265$  м.

#### **2.2.1. Розрахунок та вибір підйомної посудини**

Визначення годинної продуктивності підйомної установки:

$$A_r = \frac{cA_p}{Nt},$$

де  $c = 1,5$  – коефіцієнт резерву продуктивності підйомної установки;

$N = 300$  діб – розрахункова кількість робочих днів підйомної установки за рік;  $t = 18$  годин – тривалість роботи підйомної установки за добу.

$$A_{\Gamma} = \frac{1,5 \cdot 900000}{300 \cdot 18} = 250 \text{ т/год.}$$

Розраховується оптимальна вантажопідйомність підйомної посудини

$$Q_{\text{п опт}} = \frac{4\sqrt{H} + \theta}{3,6} A_{\Gamma},$$

де  $H$  – висота підйому, м. Визначається відповідно до прийнятої схеми підйомної установки. Для скіпового підйому:

$$H = H_{\text{ш}} + h_{\text{пб}} + h_{\text{зб}},$$

де  $h_{\text{пб}} = 20$  м – висота приймального бункера;

$h_{\text{зб}} = 23$  м – висота завантажувального бункера.

$$H = 265 + 20 + 23 = 308 \text{ м.}$$

$\theta = 15$  с – тривалість паузи.

$$Q_{\text{п опт}} = \frac{4\sqrt{308} + 15}{3,6} \cdot 250 = 5917 \text{ кг.}$$

За отриманою вантажопідйомністю вибираємо неперекидний вугільний скіп для одноканатних підйомів із секторним затвором.

Ємність кузова – 10,6 м<sup>3</sup>;

Вантажопідйомність скіпа – 11 500 кг;

Висота скіпа – 11,26 м;

Шлях розвантажування – 2,45 м;

Маса скіпа – 8 500 кг;

Відстань між осями – 2,25 м.

### 2.2.2. Розрахунок та вибір підйомного канату

При глибині шахти  $H_{\text{ш}} \leq 600$  м мінімально необхідна погонна маса канату



$$p_p = \frac{Q_0}{\frac{\sigma_T \cdot 10^6}{m\rho g} - H_0},$$

де  $Q_0 = Q_M + Q_{II}$  – сумарна кінцева маса вантажу, що підіймається;

$Q_M = 8500$  кг – маса скіпа;

$Q_{II} = 11500$  кг – маса вантажу, що підіймається;

$\sigma_T$  – тимчасовий опір розриву дротів канату. Приймаємо  $\sigma_T = 1764$  МПа;

$m$  – коефіцієнт запасу міцності канату. Відповідно до вимог ПБ для даних умов  $m = 6,5$ ;

$\rho = 9000$  кг/м<sup>3</sup> – умовна густина канату;

$H_0$  – довжина виска канату;

$$H_0 = h_{зб} + H_{ш} + h_K,$$

де  $h_K$  – висота копра.

$$h_K = h_{пб} + h_{пп} + h_{пр} + h_{пер} + 0,75R_{ш},$$

де  $h_{пп} = 11,26$  м – висота підйомної посудини;

$h_{пр} = 0,3$  м – висота перевищення скіпа над приймальним бункером;

$h_{пер} = 3$  м – висота перепідйому;

$R_{ш}$  – радіус копрового шківа. Приймаємо діаметр шківа  $D_{ш} = 4$  м, тоді

$R_{ш} = 2$  м.

$$h_K = 20 + 11,26 + 0,3 + 3 + 0,75 \cdot 2 = 36,06 \text{ м.}$$

Приймаємо  $h_K = 40$  м.

$$H_0 = 23 + 265 + 40 = 328 \text{ м;}$$

$$Q_0 = 8500 + 11500 = 20000 \text{ кг;}$$

$$p_p = \frac{20000}{\frac{1764 \cdot 10^6}{6,5 \cdot 9000 \cdot 9,81} - 328} = 7,28 \frac{\text{кг}}{\text{м}}.$$

Вибираємо за каталогом підйомний канат і перевіряємо його на фактичний запас міцності.

Приймаємо сталевий канат за ГОСТ 7668 – 80.

### Характеристика канату

Діаметр каната  $d_k = 46,5$  мм;

Маса одного метра змащеного каната  $p = 8,4$  кг;

Тимчасовий опір розриву  $\sigma_T = 1764$  МПа ;

Сумарне розривне зусилля всіх дротів у канаті  $Q_z = 1500$  кН.

Фактичний запас міцності прийнятого каната

$$m_\phi = \frac{Q_z}{g(Q_0 + pH_0)} = \frac{1500000}{9,81(20000 + 8,4 \cdot 328)} = 6,72;$$

$m_\phi > 6,5$  – остаточно приймаємо попередньо вибраний канат.

### 2.2.3. Розрахунок і вибір основних розмірів органа навивки

Розрахунковий діаметр барабана:

$$D_\phi \geq 79d_k;$$

$$D_\phi \geq 79 \cdot 46,5 = 3674 \text{ мм.}$$

Орієнтуючись на двобарабанну підйомну машину МПУ 5–2–2, приймаємо  $D_\phi = 5000$  мм.

Необхідна ширина одного барабана в двобарабанній підйомній машині:

$$B = \left( \frac{H + l_{\text{рез}}}{\pi D_\phi} + z_{\text{тр}} \right) (d_k + \varepsilon),$$

де  $H = 308$  м – висота підйому;

$l_{\text{рез}} = 35$  м – резервна довжина каната;

$z_{\text{тр}}$  – витки тертя, що не звиваються. Приймаємо  $z_{\text{тр}} = 5$ ;

$\varepsilon = 3$  мм – зазор між сусідніми витками;

$d_k = 46,5$  мм – діаметр каната.

$$B = \left( \frac{308 + 35}{3,14 \cdot 5} + 5 \right) (46,5 + 3) = 1329 \text{ мм};$$

Необхідна ширина одного барабана  $B < B_{\text{ст}}$ , де  $B_{\text{ст}} = 2 \text{ м}$  – ширина барабана орієнтовно вибраної машини. Отже, за геометричними розмірами органа навивки орієнтовно вибрана машина підходить для заданих умов.

Перевіряємо цю підйомну машину на допустимі статичні навантаження.

Максимальний статичний натяг навантаженої нитки каната:

$$F_{\text{ст.макс}} = g(Q_{\text{м}} + Q_{\text{п}} + pH_0) = 9,81(8500 + 11500 + 8,4 \cdot 328) \cdot 10^{-3} = 223 \text{ кН};$$

$$F_{\text{ст.макс}} \leq F_{\text{ст.макс}}^{\text{доп}}$$

де  $F_{\text{ст.макс}}^{\text{доп}} = 250 \text{ кН}$  – допустимий статичний натяг навантаженої нитки каната для вибраної машини;

$$223 \text{ кН} < 250 \text{ кН} \text{ – умова виконується.}$$

Максимальне неврівноважене статичне зусилля:

$$F_{\text{ст.різн.}} = g(Q_{\text{п}} + pH) = 9,81(11500 + 8,4 \cdot 308) \cdot 10^{-3} = 138 \text{ кН};$$

$$F_{\text{ст.різн.}} \leq F_{\text{ст.різн.}}^{\text{доп}}$$

де  $F_{\text{ст.різн.}}^{\text{доп}} = 160 \text{ кН}$  – допустиме неврівноважене статичне зусилля для обраної машини.

$$138 \text{ кН} < 160 \text{ кН} \text{ – умова виконується.}$$

Отже, остаточно приймаємо підйомну машину МПУ 5–2–2.

Вибір копрового шківа:

Потрібний діаметр шківа

$$D_{\text{шк}} \geq 79d_{\text{к}} = 79 \cdot 46,5 = 3674 \text{ мм.}$$

Приймаємо копровий шків ШКФ-4.

### Характеристика шківа

Діаметр шківа  $D_{\text{шк}} = 4000 \text{ мм}$

Діаметр каната – 37 ... 49,5 мм

Маховий момент – 345 кН·м<sup>2</sup>.

#### 2.2.4. Розташування підйомної установки відносно ствола шахти

Визначимо наступні основні параметри:

$h_k$  – висота копра;

$B$  – відстань від осі каната до осі підйомної машини;

$L_{стр}$  – довжина струни каната;

$C$  – перевищення осі машини над устям ствола;

$\beta$  – кут нахилу каната до горизонту;

$l_{ш}$  – відстань між осями шківів;

$\alpha_з$  і  $\alpha_в$  – зовнішній та внутрішній кути дівіації каната.

Значення « $B$ » залежить від багатьох факторів.

Рациональне значення цього розміру лежить у межах:

$$0,9h_k \leq B \leq 2h_k;$$

$$0,9 \cdot 40 \leq B \leq 2 \cdot 40;$$

$$36 \leq B \leq 80;$$

Приймаємо  $B = 47$  м.

Розмір « $C$ » складає зазвичай 0,6 – 0,7 м. Приймаємо  $C = 0,7$  м.

Довжина струни каната розраховується за формулою

$$L_{стр} = \sqrt{(B - R_{ш})^2 + (h_k - C)^2} \leq 65 \text{ м};$$

$$L_{стр} = \sqrt{(47 - 2)^2 + (40 - 0,7)^2} = 59,8 \text{ м};$$

59,8 м  $\leq$  65 м – умова виконується.

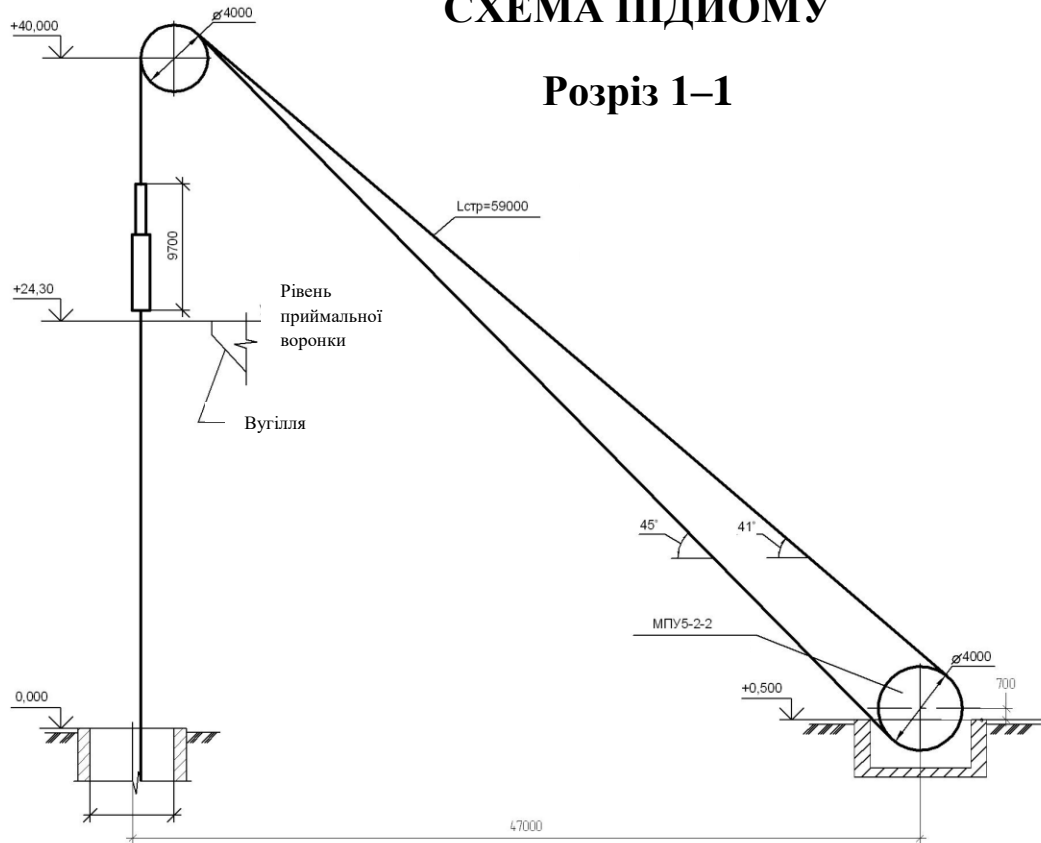
Кут нахилу каната до горизонту:

$$\tan \beta = \frac{h_k - C}{B - R_{ш}} = \frac{40 - 0,7}{47 - 2} = 0,873;$$

$$\beta = \tan^{-1} 0,873 = 41,1^\circ;$$

## СХЕМА ПІДЙОМУ

### Розріз 1-1



### План



Необхідно, щоб  $45^\circ \geq \beta \geq 30^\circ$ ;

+40,000

$L_{\text{стр}} = 59,8 \text{ м}$

$45^\circ \geq 41,1^\circ \geq 30^\circ$  – умова виконується.

Розрахунок кутів девіації для двобарабанної підйомної машини:

а) зовнішній кут девіації каната:

$$\tan \alpha_3 = \frac{2B + a - l_{\text{ш}}}{2L_{\text{стр}}},$$

де  $a = 130$  мм – відстань між внутрішніми ребордами барабанів;

$l_{\text{ш}} = 2,25$  м – відстань між копровими шківками;

$$\tan \alpha_3 = \frac{2 \cdot 1329 + 130 - 2250}{2 \cdot 59800} = 0,0045;$$

$$\alpha_3 = \tan^{-1} 0,0045 = 0^\circ 16';$$

а) внутрішній кут девіації каната:

$$\tan \alpha_{\text{в}} = \frac{l_{\text{ш}} - a}{2L_{\text{стр}}} = \frac{2250 - 130}{2 \cdot 59800} = 0,018;$$

$$\alpha_{\text{в}} = \tan^{-1} 0,018 = 1^\circ;$$

Необхідно, щоб  $\alpha_3 \leq 1^\circ 30'$  і  $\alpha_{\text{в}} \leq 1^\circ 30'$  – умови виконуються.

Схема розташування підйомної установки відносно ствола шахти наведена на рис. 2.1.

## 2.2.5. Кинематика підйомної установки

### 2.2.5.1. Тривалість підйомного циклу

За відомою годинною продуктивністю підйомної установки та вибраною вантажопідйомністю скіпа тривалість його руху визначається у такій послідовності:

– кількість підйомів за годину

$$n = \frac{A_{\text{Г}}}{Q_{\text{П}}},$$

де  $A_{\text{Г}} = 250$  т/год – годинна продуктивність підйомної установки;

$Q_{\text{п}} = 11500$  кг – вантажопід'ємність скіпа;

$$n = \frac{250}{11,5} = 21,7$$

Приймаємо  $n = 25$ .

– тривалість одного циклу підйому

$$T_p = \frac{3600}{n} = \frac{3600}{25} = 144 \text{ с};$$

– тривалість руху підйомних посудин у підйомному циклі

$$T = T_p - \theta,$$

де  $\theta = 15$  с – тривалість паузи між підйомними циклами;

$$T = 144 - 15 = 129 \text{ с};$$

#### 2.2.5.2. Розрахунок максимальної швидкості підйому

Для підйомних установок, обладнаних неперекидними вугільними скіпами з секторним затвором і приводом від асинхронного електродвигуна, використовується прямолінійна п'ятиперіодна діаграма швидкості. Однак у даному проекті приймаємо прямолінійну семиперіодну діаграму, для того, щоб забезпечити вихід порожнього скіпа з розвантажувальних кривих і вхід навантаженого скіпа в ці криві на пониженій постійній швидкості. Це зменшить динамічні навантаження на конструкцію копра при русі скіпа в кривих і збільшить надійність усієї установки.

При розрахунку діаграми швидкості відомі:

$H = 308$  м – висота підйому;

$T = 129$  с – розрахунковий час руху скипів;

$h_0 = 2,45$  м – шлях руху в кривих.

Відповідно до вимог ПБ задаємося:

$a'_1 = a'_3 = 0,25$  м/с<sup>2</sup> – прискорення та уповільнення скипів у кривих;

$a_1 = a_3 = 0,8$  м/с<sup>2</sup> – прискорення та уповільнення скипів поза кривими.

Приймаємо швидкість сходу порожнього скіпа з кривих  $v_1$  і швидкість входження навантаженого скіпа в криві  $v_3$

$$v_1 = v_3 = 0,5 \text{ м/с.}$$

Тоді тривалість прискореного руху скіпа в кривих

$$t'_1 = \frac{v_1}{a'_1} = \frac{0,5}{0,25} = 2 \text{ с;}$$

тривалість руху скіпа в кривих при гальмуванні

$$t'_3 = \frac{v_3}{a'_3} = \frac{0,5}{0,25} = 2 \text{ с.}$$

Шлях, що проходить скіп впродовж прискореного та гальмівного руху в кривих

$$h'_1 = h'_7 = \frac{a'_1 t'^2_1}{2} = \frac{a'_3 t'^2_3}{2} = \frac{0,25 \cdot 2^2}{2} = 0,5 \text{ м;}$$

Приймаємо шлях, що проходить скіп на пониженій постійній швидкості  $h''_1 = h''_3 = 3,0$  м. Частину цього шляху скіп проходить у кривих, частину шляху – поза кривими.

Тривалість рівномірного руху порожнього та навантаженого скіпа на пониженій постійній швидкості

$$t''_1 = t''_3 = \frac{h''_1}{v'_1} = \frac{3,0}{0,5} = 6,0 \text{ с;}$$

Для розрахунку максимальної швидкості руху фактичну семиперіодну діаграму швидкості заміняємо умовною трьохперіодною з параметрами:

$H_y$  – висота підйому на умовній діаграмі швидкості;

$T_y$  – тривалість руху на умовній діаграмі;

$v_{\text{макс.у}}$  – максимальна швидкість на умовній діаграмі.

Максимальна швидкість на умовній трьохперіодній діаграмі

$$v_{\text{макс.у}} = \varepsilon - \sqrt{\varepsilon^2 - 2\varepsilon v_{\text{ср.у}}},$$



де  $\varepsilon$  — модуль швидкості, який розраховується за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_y}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_3}};$$

$v_{\text{ср.у}}$  — середня швидкість умовної діаграми.

$$v_{\text{ср.у}} = \frac{H_y}{T_y};$$

Тривалість руху на умовній діаграмі

$$T_y = T - t'_1 - t'_3 - t''_1 - t''_3 = 129 - 2 - 2 - 6 - 6 = 113 \text{ с};$$

Висота підйому на умовній діаграмі швидкості

$$\begin{aligned} H_y &= H - 2h'_1 - 2h''_1 - v_1 T_y = \\ &= 308 - 2 \cdot 0,5 - 2 \cdot 3 - 0,5 \cdot 113 = 244,5 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$\varepsilon = \frac{113}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,8}} = 45,2 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{ср.у}} = \frac{244,5}{113} = 2,16 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{макс.у}} = 45,2 - \sqrt{45,2^2 - 2 \cdot 45,2 \cdot 2,16} = 2,21 \text{ м/с};$$

Розрахункова максимальна швидкість фактичної семиперіодної діаграми дорівнює

$$v_{\text{макс}} = v_{\text{макс.у}} + v_1 = 2,21 + 0,5 = 2,71 \text{ м/с};$$

Далі розрахункову максимальну швидкість корегуємо по вибору обладнання в такій послідовності:

а) Визначаємо частоту обертання двигуна, що відповідає розрахунковому значенню максимальної швидкості:

$$n_{\text{розр}} = \frac{60v_{\text{макс}}}{\pi D_6} i,$$

де  $i$  – передаточне число редуктора.

Приймаємо одноступеневий редуктор із передаточним відношенням  $i = 10,5$ .

$$n_{\text{розр}} = \frac{60 \cdot 2,71}{3,14 \cdot 5} \cdot 10,5 = 109 \text{ об/хв};$$

б) Найближча більша по відношенню до  $n_{\text{розр}}$  номінальна частота обертання високовольтних асинхронних електродвигунів з фазним ротором становить  $n_{\text{ном}} = 245$  об/хв. Приймаємо електродвигун з такою номінальною частотою обертання.

Тоді фактична максимальна швидкість підйому

$$v_{\text{макс.факт}} = v_{\text{макс}} \frac{n_{\text{ном}}}{n_{\text{розр}}} = 2,71 \cdot \frac{245}{109} = 6,1 \text{ м/с}.$$

Після встановлення величини фактичної максимальної швидкості підйому визначаємо:

– час  $t_1$  шлях прискореного руху порожнього скіпа після розвантажувальних кривих

$$t_1 = \frac{v_{\text{макс.факт}} - v_1}{a_1} = \frac{6,1 - 0,5}{0,8} = 7,0 \text{ с};$$

$$h_1 = \frac{v_{\text{макс.факт}} + v_1}{2} t_1 = \frac{6,1 + 0,5}{2} \cdot 7,0 = 23,1 \text{ м};$$

– час  $t_3$  шлях руху завантаженого скіпа при гальмуванні перед розвантажувальними кривими

$$t_3 = \frac{v_{\text{макс.факт}} - v_3}{a_3} = \frac{6,1 - 0,5}{0,8} = 7,0 \text{ с};$$

$$h_3 = \frac{v_{\text{макс.факт}} + v_3}{2} t_3 = \frac{6,1 + 0,5}{2} \cdot 7,0 = 23,1 \text{ м};$$

– шлях  $l$  час рівномірного руху скипів на максимальній швидкості

$$h_2 = H - 2h_0 - 2h'_0 - h_1 - h_3 = 308 - 2 \cdot 0,5 - 2 \cdot 3 - 23,1 - 23,1 \\ = 254,8 \text{ м};$$

$$t_2 = \frac{h_2}{v_{\text{макс.факт}}} = \frac{254,8}{6,1} = 42,8 \text{ с};$$

– фактична тривалість руху скипів впродовж підйомного циклу

$$T_{\text{факт}} = t'_1 + t''_1 + t_1 + t_2 + t_3 + t''_3 + t'_3 = \\ = 2 + 6 + 7,0 + 42,8 + 7,0 + 6 + 2 = 72,8 \text{ с};$$

Необхідна умова:  $T_{\text{факт}} \leq T$ :

$$72,8 \text{ с} \leq 129 \text{ с} - \text{умова виконується.}$$

– фактична тривалість підйомного циклу

$$T_{\text{ц,факт}} = T_{\text{факт}} + \theta = 72,8 + 15 = 87,8 \text{ с};$$

– фактичний коефіцієнт резерву продуктивності установки

$$c_{\text{факт}} = c \frac{T + \theta}{T_{\text{факт}} + \theta},$$

де  $c = 1,5$  – нормативний коефіцієнт резерву продуктивності підйомної установки;

$\theta = 15 \text{ с}$  – тривалість паузи;

$$c_{\text{факт}} = 1,5 \cdot \frac{129 + 15}{72,8 + 15} = 2,46 > 1,5.$$

Діаграми швидкостей і прискорень наведені на рис. 2.2.

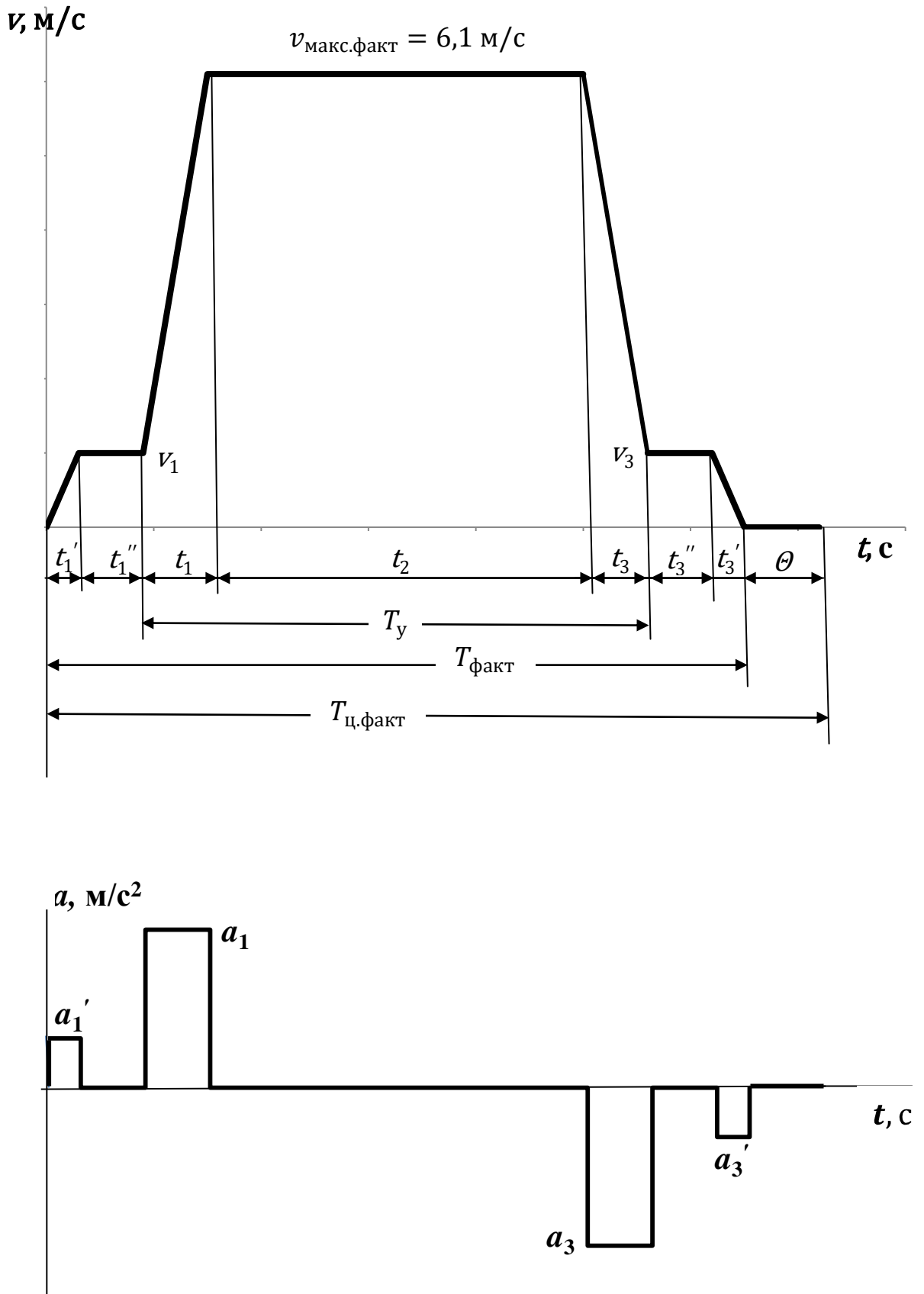


Рис. 2.2. Діаграми швидкостей і прискорень

### 2.2.6.1. Розрахунок маси рухомих частин підйомної установки, приведеної до кола органа навивки

Попередньо з'ясуємо необхідність урівноважування підйомної установки хвостовим урівноважувальним канатом. Степінь статичної неурівноваженості визначається за формулою

$$\delta = \frac{pH}{kQ_{\Pi}},$$

де  $k = 1,15$  – коефіцієнт шахтних втрат для скіпового підйому.

$$\delta = \frac{8,4 \cdot 308}{1,15 \cdot 11500} = 0,196.$$

Так як  $\delta < 0,5$ , то підйомну установку не потрібно урівноважувати хвостовим канатом.

Приведена до кола органа навивки маса рухомих елементів підйомної установки дорівнює

$$m_i = m_{\text{пост}} + m_{\text{обр}},$$

де  $m_{\text{пост}}$  – маса елементів підйомної установки, що рухаються поступально;

$m_{\text{обр}}$  – маса елементів підйомної установки, що виконують обертальний рух.

При роботі підйомної установки поступально рухаються канати та скіпи. Їхня швидкість співпадає з коловою швидкістю на колі органа навивки, тому приведена маса цих елементів дорівнює сумарній масі підйомних посудин, вантажу в них і канатів, тобто

$$m_{\text{пост}} = 2Q_{\text{м}} + Q_{\Pi} + 2pL_{\text{ГК}},$$

де  $L_{\text{ГК}}$  – довжина однієї нитки головного каната;

$$L_{\text{ГК}} = H_0 + L_{\text{стр}} + l_{\text{рез}} + z_{\text{тр}}\pi D_0,$$

де  $l_{\text{рез}} = 35$  м – резервна довжина каната;

$z_{\text{тр}} = 5$  – кількість витків тертя каната, що не звиваються;

$$L_{\text{ГК}} = 328 + 59,8 + 35 + 5 \cdot 3,14 \cdot 5 = 501 \text{ м};$$

$$m_{\text{пост}} = 2 \cdot 8500 + 11500 + 2 \cdot 8,4 \cdot 501 = 36917 \text{ кг};$$

Приведена до кола органа навивки маса обертальних елементів підйомної установки

$$m_{\text{обр}} = m_{\text{пм}} + 2m_{\text{шк}} + m_{\text{рот}},$$

де  $m_{\text{пм}} = 61200$  кг – приведена маса підйомної машини з урахуванням редуктора;

$m_{\text{шк}}$  – приведена маса корового шківа;

$m_{\text{рот}}$  – приведена маса ротора привідного електродвигуна.

Зважаючи на те, що коліві швидкості на поверхні корового шківа та на колі навивки барабана підйомної машини однакові,

$$m_{\text{шк}} = \frac{(GD^2)_{\text{шк}}}{gD_{\text{шк}}^2},$$

де  $(GD^2)_{\text{шк}} = 345$  кН · м<sup>2</sup> – маховий момент прийнятого копрового шківа;  $D_{\text{шк}} = 4200$  мм – діаметр прийнятого копрового шківа.

$$m_{\text{шк}} = \frac{345 \cdot 10^3}{9,81 \cdot 4,2^2} = 1994 \text{ кг};$$

Приведена маса ротора привідного електродвигуна

$$m_{\text{рот}} = \frac{(GD^2)_{\text{рот}}}{gD_{\text{б}}^2} i^2,$$

де  $(GD^2)_{\text{рот}}$  – маховий момент ротора привідного електродвигуна.

Для знаходження  $(GD^2)_{\text{рот}}$  попередньо орієнтовно приймаємо привідний електродвигун. Орієнтовна потужність привідного електродвигуна

$$P = \frac{kQ_{\text{п}}Hg}{1000T_{\text{факт}}\eta_{\text{ред}}} \rho,$$

де  $T_{\text{факт}} = 72,8$  с – фактична тривалість руху скипів впродовж підйомного циклу;

$\eta_{\text{ред}} = 0,94$  – ККД редуктора;

$\rho$  – коефіцієнт, що враховує динамічний режим роботи привідного електродвигуна; для скіпового підйому  $\rho = 1,4$ .

$$P_{\text{ор}} = \frac{1,15 \cdot 11500 \cdot 308 \cdot 9,81}{1000 \cdot 72,8 \cdot 0,94} \cdot 1,4 = 818 \text{ кВт};$$

За каталогом приймаємо електродвигун з номінальною потужністю  $P_{\text{ном}} \geq P_{\text{ор}}$  і номінальною частотою обертання  $n_{\text{ном}} = 245$  об/хв, яка була визначена раніше, і виписуємо значення махового моменту його ротора.

Орієнтовно приймаємо асинхронний електродвигун з фазним ротором АКН2 – 19–41–24 з такою технічною характеристикою:

Номінальна потужність, кВт	1000
Номінальна частота обертання, об/хв.	245
Номінальна напруга, В	6000
Маховий момент ротора, кН·м <sup>2</sup>	88
Величина допустимого перевантаження	2,3

Тоді приведена маса ротора привідного електродвигуна

$$m_{\text{рот}} = \frac{88 \cdot 10^3}{9,81 \cdot 5^2} \cdot 10,5^2 = 39600 \text{ кг};$$

$$m_{\text{обр}} = 61200 + 2 \cdot 1994 + 39600 = 104788 \text{ кг}$$

$$m_i = 36917 + 104788 = 141795 \text{ кг}.$$

### 2.2.6.2. Розрахунок рушійних зусиль на колі органа навивки

Розрахунок рушійних зусиль на колі органа навивки для кожного періоду підйомного циклу виконується за рівнянням академіка М.М. Федорова:

$$F = g[kQ_{\text{п}} + p(H - 2x)] \pm m_i a,$$

де  $x$  — шлях, що пройшов скіп від початку підйому.

**Період 1** – прискорений рух порожнього скіпа в розвантажувальних кривих:

початок періоду:  $x = 0$ ;  $a = a'_1 = 0,25 \text{ м/с}^2$ ;

$$F_1 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4 \cdot 308] + 141795 \cdot 0,25 = 190,6 \text{ кН};$$

кінець періоду:  $x = h'_1 = 0,5 \text{ м}$ ;  $a = a'_1 = 0,25 \text{ м/с}^2$ ;

$$F'_1 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 0,5)] + 141795 \cdot 0,25 = 190,5 \text{ кН};$$

**Період 2** – рівномірний рух порожнього скіпа в розвантажувальних кривих:

початок періоду:  $x = h'_1 = 0,5 \text{ м}$ ;  $a = 0$ ;

$$F_2 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 0,5)] = 155,0 \text{ кН};$$

кінець періоду:  $x = h'_1 + h''_1 = 0,5 + 3,0 = 3,5 \text{ м}$ ;  $a = 0$ ;

$$F'_2 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 3,5)] = 154,5 \text{ кН};$$

**Період 3** – прискорений рух порожнього скіпа після розвантажувальних кривих:

початок періоду:  $x = h'_1 + h''_1 = 0,5 + 3,0 = 3,5 \text{ м}$ ;

$$a = a_1 = 0,8 \text{ м/с}^2$$

$$F_3 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 3,5)] + 141795 \cdot 0,8 \\ = 268,0 \text{ кН};$$

кінець періоду:  $x = h'_1 + h''_1 + h_1 = 0,5 + 3,0 + 23,1 = 26,6 \text{ м}$ ;

$$a = a_1 = 0,8 \text{ м/с}^2$$

$$F'_3 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 26,6)] + 141795 \cdot 0,8 \\ = 264,2 \text{ кН};$$

**Період 4** – рівномірний хід скипів:

початок періоду:  $x = h'_1 + h''_1 + h_1 = 0,5 + 3,0 + 23,1 = 26,6 \text{ м}$ ;  $a = 0$ ;

$$F_4 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 26,6)] = 150,7 \text{ кН};$$



кінець періоду:  $x = h'_1 + h''_1 + h_1 + h_2 = 0,5 + 3,0 + 23,1 + 254,8 = 281,4$  м;

$$a = 0;$$

$$F'_4 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 281,4)] = 108,7 \text{ кН};$$

**Період 5** – гальмівний рух навантаженого скіпа перед розвантажувальними кривими:

початок періоду:  $x = h'_1 + h''_1 + h_1 + h_2 = 0,5 + 3,0 + 23,1 + 254,8 = 281,4$  м;  $a = a_3 = -0,8 \text{ м/с}^2$ ;

$$F_5 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 281,4)] - 141795 \cdot 0,8 = -4,7 \text{ кН};$$

кінець періоду:  $x = h'_1 + h''_1 + h_1 + h_2 + h_3 = 0,5 + 3,0 + 23,1 + 254,8 + 23,1 = 304,5$  м;  $a = a_3 = -0,8 \text{ м/с}^2$ ;

$$F'_5 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 304,5)] - 141795 \cdot 0,8 = -8,5 \text{ кН};$$

**Період 6** – рівномірний рух навантаженого скіпа в розвантажувальних кривих:

початок періоду:  $x = h'_1 + h''_1 + h_1 + h_2 + h_3 = 0,5 + 3,0 + 23,1 + 254,8 + 23,1 = 304,5$  м;  $a = 0$

$$F_6 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 304,5)] = 104,9 \text{ кН};$$

кінець періоду:  $x = h'_1 + h''_1 + h_1 + h_2 + h_3 + h'_3 = 0,5 + 3,0 + 23,1 + 254,8 + 23,1 + 3,0 = 307,5$  м;  $a = 0$

$$F'_6 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 307,5)] = 104,4 \text{ кН};$$

**Період 7** – гальмівний рух навантаженого скіпа в розвантажувальних кривих:

початок періоду:  $x = h'_1 + h''_1 + h_1 + h_2 + h_3 + h'_3 = 0,5 + 3,0 + 23,1 + 254,8 + 23,1 + 3,0 = 307,5$  м;  $a = a'_3 = -0,25 \text{ м/с}^2$ ;

$$F_7 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 307,5)] - 141795 \cdot 0,25 = 69,0 \text{ кН};$$

кінець періоду:  $x = H = 308$  м;  $a = a'_3 = -0,25 \text{ м/с}^2$ ;

$$F'_7 = 9,81[1,15 \cdot 11500 + 8,4(308 - 2 \cdot 308)] - 141795 \cdot 0,25 = 68,9 \text{ кН}.$$

Діаграма рушійних зусиль наведена на рис. 2.3.

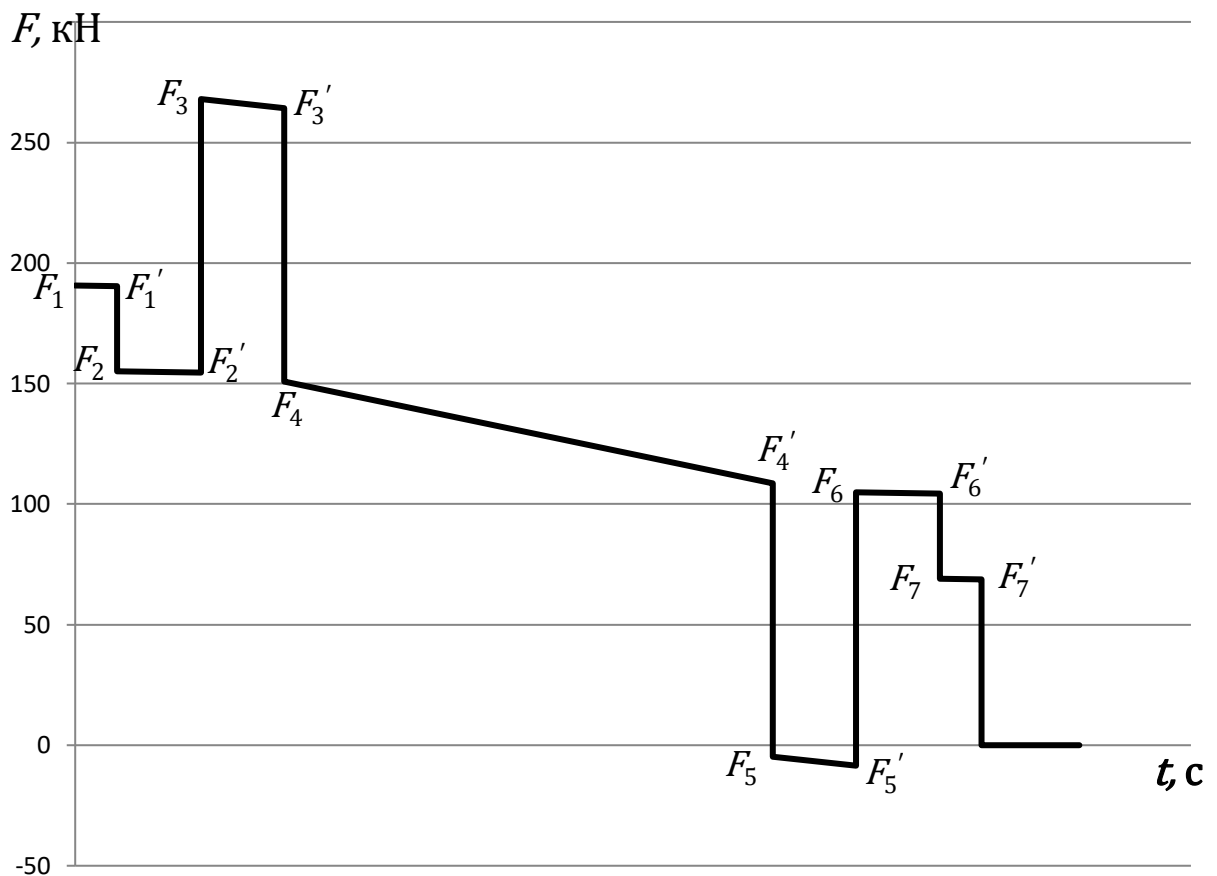


Рис. 2.3. Діаграма рушійних зусиль

### 2.2.7. Потужність привідного електродвигуна

Точний розрахунок потужності привідного електродвигуна виконується на основі діаграми рушійних зусиль у такій послідовності:

– Визначається еквівалентне рушійне зусилля за формулою:

$$F_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n F_i^2 t_i}{T_{\text{екв}}}},$$

де  $n$  – загальна кількість періодів;  $F_i$  – рушійне зусилля  $i$ -того періоду;

$t_i$  – час  $i$ -того періоду;  $T_{\text{екв}}$  – еквівалентний час роботи двигуна.

Для асинхронних електродвигунів із самовентиляцією

$$T_{\text{екв}} = \alpha(t_1' + t_1'' + t_1 + t_3 + t_3'' + t_3') + \beta\theta + t_2,$$

де  $\alpha$  і  $\beta$  – коефіцієнти, що враховують погіршення умов охолодження двигуна в періоди неусталеного руху та паузи:  $\alpha = 2/3$ ;  $\beta = 1/3$ .

Для даних умов

$$T_{\text{екв}} = \frac{2}{3}(2 + 6 + 7 + 7 + 6 + 2) + \frac{1}{3} \cdot 15 + 42,8 = 67,8 \text{ с};$$

$$F_i^2 t_i = [F_i^2 + F_i F_i' + (F_i')^2] \frac{t_i}{3};$$

якщо значення  $F_i$  та  $F_i'$  близькі, то

$$F_i^2 t_i = [F_i^2 + (F_i')^2] \frac{t_i}{2}.$$

Для даних умов з урахуванням того, що в п'ятому періоді розрахункове зусилля від'ємне і відомо, що воно буде створюватися механічним гальмом, при визначенні еквівалентного рушійного зусилля ці зусилля не враховуються. Тому

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n F_i^2 t_i &= \frac{F_1^2 + (F_1')^2}{2} t_1' + \frac{F_2^2 + (F_2')^2}{2} t_1'' + \frac{F_3^2 + (F_3')^2}{2} t_1 + \\ &+ \frac{F_4^2 + F_4 F_4' + (F_4')^2}{2} t_2 + \frac{F_6^2 + (F_6')^2}{2} t_3'' + \frac{F_7^2 + (F_7')^2}{2} t_3' = \\ &= \frac{190,6^2 + 190,5^2}{2} \cdot 2 + \frac{155^2 + 154,5^2}{2} \cdot 6 + \frac{268^2 + 264,2^2}{2} \cdot 7 + \\ &+ \frac{150,7^2 + 150,7 \cdot 108,7 + 108,7^2}{3} \cdot 42,8 + \frac{104,9^2 + 104,4^2}{2} \cdot 6 + \frac{69^2 + 68,9^2}{2} \cdot 2 \\ &= 1513489 \text{ (кН)}^2 \cdot \text{с}; \end{aligned}$$

Еквівалентне рушійне зусилля

$$F_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{1513489}{67,8}} = 149,4 \text{ кН};$$

– Визначається еквівалентна потужність привідного електродвигуна за формулою:

$$P_{\text{екв}} = \frac{F_{\text{екв}} v_{\text{макс}}}{\eta_{\text{ред}}} = \frac{149,4 \cdot 6,1}{0,94} = 970 \text{ кВт};$$

Потужність орієнтовно вибраного електродвигуна АКН2 – 19–41–24 достатня. Перевіряємо цей двигун за умовою пускового перевантаження.

Потрібне виконання такої умови:

$$\gamma = \frac{F_{\text{макс}}}{F_{\text{ном}}} \leq 0,7\gamma_{\text{ном}},$$

$\gamma$  – фактичне перевантаження електродвигуна по максимальному зусиллю;

$F_{\text{макс}}$  – максимальне рушійне зусилля на діаграмі рушійних зусиль;

$F_{\text{ном}}$  – номінальне зусилля вибраного електродвигуна;

$\gamma_{\text{ном}} = 2,3$  – величина номінального перевантаження вибраного електродвигуна.

$$\text{У даних умовах } F_{\text{макс}} = F_3 = 268 \text{ кН};$$

Номінальне зусилля вибраного електродвигуна.

$$F_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}} \eta_{\text{ред}}}{v_{\text{макс}}},$$

де  $P_{\text{ном}} = 1000$  кВт – номінальна потужність вибраного електродвигуна.

$$F_{\text{ном}} = \frac{1000 \cdot 0,94}{6,1} = 154,1 \text{ кН};$$

$$\gamma = \frac{268}{154,1} = 1,73$$

$$0,7\gamma_{\text{ном}} = 0,7 \cdot 2,3 = 1,61.$$

Отже,  $\gamma > 0,7\gamma_{\text{ном}}$ , тобто перевантажувальна здатність орієнтовно вибраного електродвигуна недостатня. Тому приймаємо електродвигун з більшою номінальною потужністю АКН2-19-47-24 УХЛ4.

## Технічна характеристика електродвигуна АКН2-19-47-24 УХЛ4

Номінальна потужність, кВт	1250
Номінальна частота обертання, об/хв	245
Номінальна напруга, В	6000
Маховий момент ротора, кН·м <sup>2</sup>	89,4
Величина допустимого перевантаження	2,4
ККД, %	92,2

Перевіряємо електродвигун АКН2-19-47-24 УХЛ4 на перевантажувальну здатність.

Номінальне зусилля електродвигуна

$$F_{\text{ном}} = \frac{1250 \cdot 0,94}{6,1} = 192,6 \text{ кН};$$

$$\gamma = \frac{268}{192,6} = 1,68;$$

$$0,7\gamma_{\text{ном}} = 0,7 \cdot 2,4 = 1,68.$$

$\gamma = 0,7\gamma_{\text{ном}}$  – тобто електродвигун АКН2-19-47-24 УХЛ4 має достатню для заданої установки перевантажувальну здатність, тому остаточно приймаємо цей електродвигун.

Отже в даній підйомній установці доцільно використовувати один підйомний двигун АКН2-19-47-24 УХЛ4 замість двох (обидва робочі) підйомних двигунів АКН2-19-33-24 УХЛ4 потужністю 800 кВт, які використовуються зараз. Це спростить управління підйомною установкою та дозволить мати повністю готовий до використання запасний підйомний двигун, змонтований на місці одного з підйомних двигунів, що використовується зараз.

## 2.2.8. Витрата електроенергії та ККД підйомної установки

### 2.2.8.1. Розрахунок потужності на валу двигуна та споживаної з мережі

Потужність на валу двигуна та споживаної з мережі розраховується на основі діаграм швидкості та рушійних зусиль.

**Потужність на валу двигуна в кожному періоді підйомного циклу:**

$$P_{vi} = \frac{F_i v_i}{\eta_{ред}}$$

де  $F_i$  та  $v_i$  — рушійне зусилля і швидкість скипів у певний момент підйомного циклу;

#### Період 1:

початок періоду:  $F_i = F_1 = 190,6$  кН;  $v_i = 0$ ;

$$P_{v1} = 0 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_1 = 190,5$  кН;  $v_i = v_1 = 0,5$  м/с;

$$P'_{v1} = \frac{190,5 \cdot 0,5}{0,94} = 101,3 \text{ кВт};$$

#### Період 2:

початок періоду:  $F_i = F_2 = 155$  кН;  $v_i = v_1 = 0,5$  м/с;

$$P_{v2} = \frac{155 \cdot 0,5}{0,94} = 82,4 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_2 = 154,5$  кН;  $v_i = v_1 = 0,5$  м/с;

$$P'_{v2} = \frac{154,5 \cdot 0,5}{0,94} = 82,2 \text{ кВт};$$

#### Період 3:

початок періоду:  $F_i = F_3 = 268$  кН;  $v_i = v_1 = 0,5$  м/с;

$$P_{v3} = \frac{268 \cdot 0,5}{0,94} = 142,6 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_3 = 264,2$  кН;  $v_i = v_2 = 6,1$  м/с;

$$P'_{B3} = \frac{264,2 \cdot 6,1}{0,94} = 1714,4 \text{ кВт};$$

#### Період 4:

початок періоду:  $F_i = F_4 = 150,7$  кН;  $v_i = v_2 = 6,1$  м/с;

$$P_{B4} = \frac{150,7 \cdot 6,1}{0,94} = 972,9 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_4 = 108,7$  кН;  $v_i = v_2 = 6,1$  м/с;

$$P'_{B4} = \frac{108,7 \cdot 6,1}{0,94} = 705,4 \text{ кВт};$$

#### Період 5:

початок періоду:  $F_i = F_5 = -4,7$  кН;  $v_i = v_2 = 6,1$  м/с;

$$P_{B5} = \frac{-4,7 \cdot 6,1}{0,94} = -30,5 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_5 = -8,5$  кН;  $v_i = v_1 = 0,5$  м/с;

$$P'_{B5} = \frac{-8,5 \cdot 0,5}{0,94} = -4,5 \text{ кВт};$$

#### Період 6:

початок періоду:  $F_i = F_6 = 104,9$  кН;  $v_i = v_1 = 0,5$  м/с;

$$P_{B6} = \frac{104,9 \cdot 0,5}{0,94} = 55,8 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_6 = 104,4$  кН;  $v_i = v_1 = 0,5$  м/с;

$$P'_{B6} = \frac{104,4 \cdot 0,5}{0,94} = 55,5 \text{ кВт};$$

#### Період 7:

початок періоду:  $F_i = F_7 = 69,0$  кН;  $v_i = v_1 = 0,5$  м/с;

$$P_{B7} = \frac{69,0 \cdot 0,5}{0,94} = 36,7 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_7 = 68,9$  кН;  $v_i = 0$ ;

$$P'_{в7} = 0 \text{ кВт};$$

**Потужність, що споживається з мережі в кожному періоді  
підйомного циклу:**

$$P_{мі} = \frac{F_i v_{\text{макс}}}{\eta_{\text{ред}} \eta_{\text{дв}}},$$

де  $\eta_{\text{дв}} = 0,922$  – ККД підйомного електродвигуна.

$$P_{мі} = \frac{6,1}{0,94 \cdot 0,922} F_i = 7,04 F_i, \text{ кВт}$$

**Період 1:**

початок періоду:  $F_i = F_1 = 190,6$  кН;

$$P_{м1} = 7,04 \cdot 190,6 = 1342 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_1 = 190,5$  кН;

$$P'_{м1} = 7,04 \cdot 190,5 = 1341 \text{ кВт}; \text{ кВт};$$

**Період 2:**

початок періоду:  $F_i = F_2 = 155$  кН;

$$P_{м2} = 7,04 \cdot 155 = 1091 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_2 = 154,5$  кН;

$$P'_{м2} = 7,04 \cdot 154,5 = 1088 \text{ кВт};$$

**Період 3:**

початок періоду:  $F_i = F_3 = 268$  кН;

$$P_{м3} = 7,04 \cdot 268 = 1887 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_3 = 264,2$  кН;

$$P'_{м3} = 7,04 \cdot 264,2 = 1860 \text{ кВт};$$



#### Період 4:

початок періоду:  $F_i = F_4 = 150,7$  кН;

$$P_{M4} = 7,04 \cdot 150,7 = 1061 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_4 = 108,7$  кН;

$$P'_{M4} = 7,04 \cdot 108,7 = 765 \text{ кВт};$$

#### Період 5:

У цей період двигун відключається від мережі, а гальмівне зусилля створюється механічним гальмом, тому  $P_{M5} = P'_{M5} = 0$  кВт;

#### Період 6:

початок періоду:  $F_i = F_6 = 104,9$  кН;

$$P_{M6} = 7,04 \cdot 104,9 = 738 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_6 = 104,4$  кН;

$$P'_{M6} = 7,04 \cdot 104,4 = 735 \text{ кВт};$$

#### Період 7:

початок періоду:  $F_i = F_7 = 69,0$  кН;

$$P_{M7} = 7,04 \cdot 69 = 486 \text{ кВт};$$

кінець періоду:  $F_i = F'_7 = 68,9$  кН;

$$P'_{M7} = 7,04 \cdot 68,9 = 485 \text{ кВт};$$

Діаграми потужностей на валу привідного двигуна та споживаної з електричної мережі наведені на рис. 2.4.

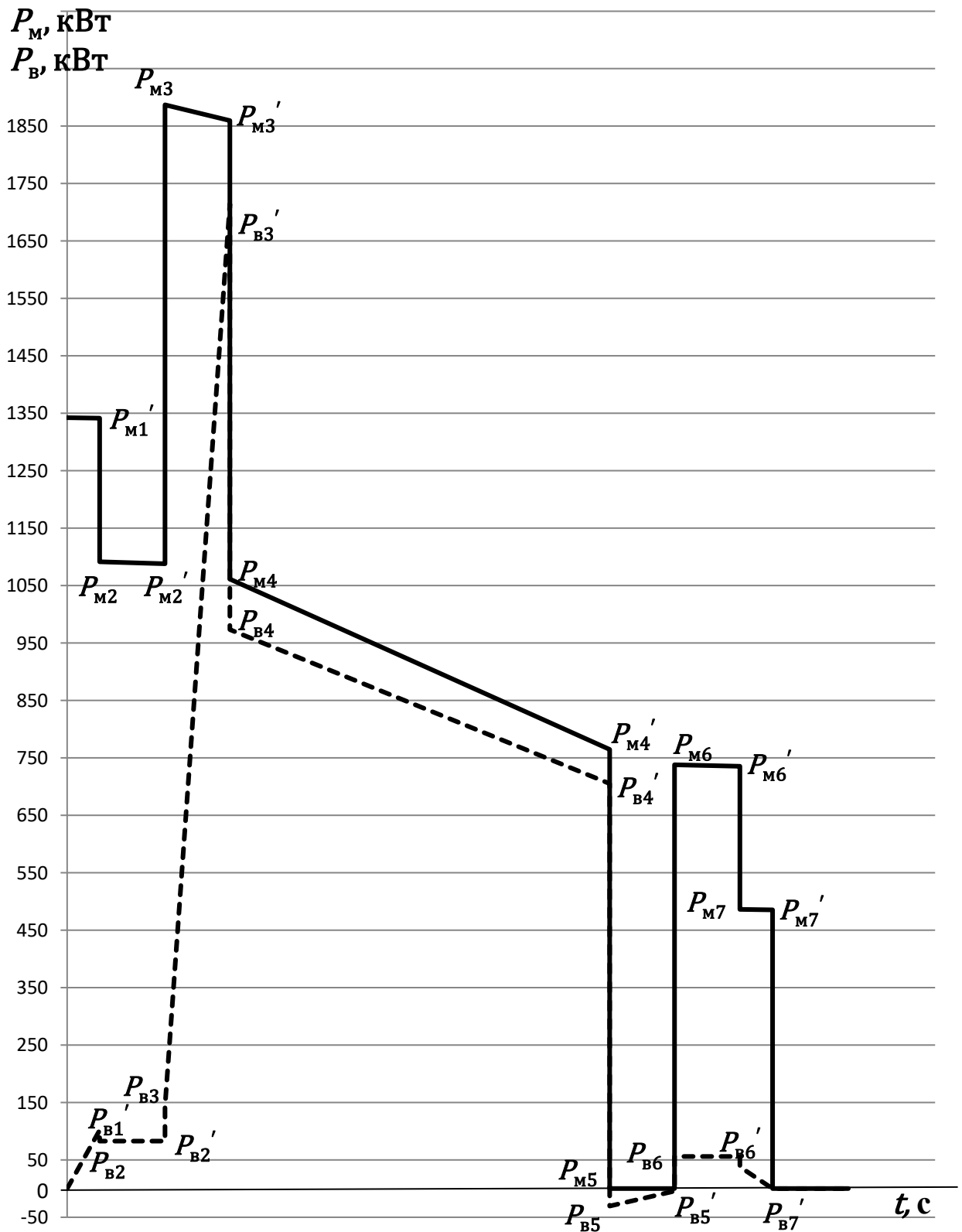


Рис 2.4. Діаграми потужності на валу привідного двигуна  $P_B$  (пунктирна лінія) та потужності, що споживається з мережі,  $P_M$  (суцільна лінія)

### 2.2.8.2. Витрата енергії на один підйом

Дійсна витрата енергії на один підйом еквівалентна площі діаграми енергії, що споживається з мережі, і розраховується за формулою

$$W_M = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Mi \text{ ср}} \cdot t_i}{3600},$$

де  $P_{Mi \text{ ср}}$  – середня потужність, що споживається протягом певного періоду;

$t_i$  – тривалість періоду.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n P_{Mi \text{ ср}} \cdot t_i &= \frac{P_{M1} + P'_{M1}}{2} t'_1 + \frac{P_{M2} + P'_{M2}}{2} t''_1 + \frac{P_{M3} + P'_{M3}}{2} t_1 + \frac{P_{M4} + P'_{M4}}{2} t_2 + \\ &+ \frac{P_{M6} + P'_{M6}}{2} t''_3 + \frac{P_{M7} + P'_{M7}}{2} t'_3 = \frac{P_{M1} + P'_{M1}}{2} t'_1 = \frac{1342 + 1341}{2} \cdot 2 + \\ &+ \frac{1091 + 1088}{2} \cdot 6 + \frac{1887 + 1860}{2} \cdot 7 + \frac{1061 + 765}{2} \cdot 42,8 + \\ &+ \frac{738 + 735}{2} \cdot 6 + \frac{486 + 485}{2} \cdot 2 = 66801 \text{ кВт} \cdot \text{с}; \end{aligned}$$

$$W_M = \frac{66801}{3600} = 18,56 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{підйом}};$$

Питома витрата енергії на одну тону вантажу, що підіймається:

$$W'_M = \frac{W_M}{Q_{\text{п}}} = \frac{18,56}{11,5} = 1,614 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т}};$$

Питома витрата енергії на один тоно·кілометр підйому:

$$W_{\text{т} \cdot \text{км}} = \frac{1000 W'_M}{H} = \frac{1000 \cdot 1,614}{308} = 5,24 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т} \cdot \text{км}};$$

### 2.2.8.3. ККД підйомної установки

ККД підйомної установки дорівнює відношенню корисної витрати енергії на один підйом  $W_{\text{кор}}$  до дійсної витрати енергії на один підйом  $W_M$ :

$$\eta_{\text{пу}} = \frac{W_{\text{кор}}}{W_{\text{м}}};$$

Корисна витрата енергії на один підйом

$$W_{\text{кор}} = \frac{gQ_{\text{п}}H}{3600} = \frac{9,81 \cdot 11500 \cdot 308}{3600 \cdot 1000} = 9,652 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{підйом}}$$

$$\eta_{\text{пу}} = \frac{9,652}{18,56} = 0,52;$$

### **3. ОХОРОНА ПРАЦІ В ШАХТНОМУ ПІДЙОМІ**

#### **3.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів**

##### **3.1.1. Небезпечні фактори при роботі на шахті**

Небезпечними факторами при експлуатації гірничих машин являються:

- не огорожені рухомі частини та деталі;
- тягові та запобіжні канати та ланцюги при їх обриві або вібрації;
- падаючі частини машин;
- електричний струм;
- шматки гірничої породи, що розлітаються або обвалюються при відбиванні та навантаженні гірничої маси.

Небезпечні фактори, обумовлені використанням електричного стуму в шахті:

- пошкодження електричних частин і порушення ізоляції;
- випадкове торкання до оголених проводів або до предметів, що знаходяться під напругою, або недопустиме наближення до них;
- дотик до конструкційних елементів або корпусів електрообладнання, яке виявилось під напругою в результаті пробою ізоляції;
- експлуатація несправного електрообладнання без захисного заземлення і з відключеним захистом від небезпечних струмів витоку на землю.

##### **3.1.2. Небезпечні і шкідливі фактори при роботі на підйомній установці**

Підйомні установки являються основним видом транспорту, що з'єднує підземні виробки шахти з поверхнею.

Специфіка умов роботи підйомної установки обумовлює такі небезпечні фактори:

- можливість обриву головних канатів;
- сходження каната з направляючого шківів;
- проковзування каната на підйомній установці з рушійним шківом тертя.

Окрім вказаних небезпечних факторів, що виникають при роботі

підйомної установки, мають місце небезпечні фактори, що виникають при обслуговуванні підйомної установки, такі як:

- можливість ураження електричним струмом;
- можливість травмування частинами підйомної установки, що рухаються та обертаються;
- можливість падіння в технологічні канали і отвори машинного залу;
- пожежа в машинному залі.

Основні шкідливі фактори:

- 1) шум і вібрація;
- 2) недостатність природного освітлення.

## **3.2. Інженерні заходи щодо охорони праці.**

### **3.2.1. У будівлях і спорудах на поверхні**

Санітарні правила по виробничих будівлях і спорудах регламентують вимоги до їх мікрокліматичних умов, рівнів звукового тиску і вібрації, а також до механізації допоміжних виробничих процесів, що полегшують ручну працю.

У існуючих будівлях підйомних, вентиляторів і компресорних установок, що вимагають присутності оператора (машиніста), місцем його основного перебування (постійне робоче місце) є спеціальне приміщення (кабіна оператора). Температура повітря в кабіні в холодний і перехідний періоди року має бути не нижче 19–22 °С, а в теплий – не вище 28 °С. Ці мікрокліматичні умови забезпечуються засобами опалювання і вентиляції.

Будівлі оснащені вантажопідйомними засобами для профілактичного огляду вузлів устаткування (підшипникові вузли, з'єднувальні муфти, редуктори та інше). Частини устаткування, що обертаються, захищені кожухами і захисними щитами, огороження мають також технологічні отвори, майданчики для обслуговування устаткування. Дотримані вимоги протипожежних норм в частині наявності пожежогасінні і виходів з будівель.

У системі автоматизації передбачені необхідні засоби захисту, сигналізації, блокувань і контролю технологічних параметрів.

### **3.2.2. Заходи щодо боротьби з шумом і вібраціями**

У будівлях підйомних установок рівні звукового тиску мають переважно значення в октавних смугах з низькими і середніми частотами. Ці рівні перевищують нормовані санітарними нормами. Тому в цих будівлях передбачені кабіни операторів із звукоізолюючою здатністю їх конструкцій, що захищають і забезпечують дотримання допустимих рівнів звукового тиску. Періодичний огляд стану працюючого устаткування впродовж робочих змін, а також налагоджувальні роботи повинні здійснюватися з використанням персоналом засобів індивідуального захисту від шуму.

Вібрація устаткування підйомних установок по характеру її дії на обслуговуючий персонал є загальною, тобто можлива передача вібрації на тіло людини через опорні поверхні (фундаменти і покрівлю будівель). Для устаткування величина допустимої при його роботі вібрації нормується по амплітуді коливань (вібропереміщень) його елементів, що обертаються і вимірюється в мікрометрах.

Підйомні машини встановлюються на бетонних фундаментах, що не мають зв'язку з перекриттями і будівельними конструкціями будівлі. Маса цих фундаментів істотно перевищує масу встановлюваного на них устаткування. В результаті забезпечується повне гасіння вібрації в районі кабіни оператора установки (постійне робоче місце). Частина устаткування, що обертаються, захищені хомутами і захисними щитами, огорожування мають також технологічні отвори, майданчики для обслуговування устаткування і електроустаткування. Дотримані вимоги протипожежних норм в частині коштів пожежогасінні і виходів з будівель.

Для створення нормальних умов праці на робочих місцях і зниження рівня шуму передбачається:

– використання глушників шуму в пересувному устаткуванні, особливо в ручному пневмоінструменті;

- ізоляція шуму звукопоглинальними перегородками і кожухами;
- використання індивідуальних засобів захисту від шуму при всіх шумових процесах.

Для усунення вібрації і зниження її дії на людину передбачається обов'язкове використання семортідаторів і м'яких рукавиць з пружними прокладками на долонній поверхні.

### **3.2.3. Електробезпека**

Для забезпечення безпеки праці при експлуатації електроустаткування в шахті передбачається:

- використання електроапаратів в рудниковому вибухобезпечному виконанні, кабелів з негорючим покриттям, відособлення мереж живлення підземних споживачів напругою бкВ;
- виконання захисного заземлення корпусів електроустаткування, машин і механізмів, які при порушеннях нормального режиму роботи електроустановок можуть виявитися під напругою;
- окрім захисних заземлень встановлюються реле витоку для додаткового захисту людей від ураження електричним струмом при однофазних струмах витоку на землю. Захисне заземлення ділиться на головні і місцеві заземлювачі.

Заземлення здійснюється за допомогою спеціальних місцевих заземлювальних пристроїв, що складаються із заземлювачів і заземлювальних провідників. У підземних виробках шахти утворюється загальна мережа заземлення, до якої приєднуються всі об'єкти, що підлягають заземленню відповідно до вимог чинного законодавства. Загальна мережа заземлення створюється шляхом безперервного електричного з'єднання між собою всіх металевих оболонок та заземлювальних жил кабелів незалежно від величини напруги із приєднанням їх до головних та місцевих заземлювачів.

Для місцевих заземлень мають влаштовуватися штучні заземлювачі



у водовідвідних канавках або в інших придатних для цього місцях. Кожна кабельна муфта з металевим корпусом, крім з'єднувачів напруги на гнучких кабелях, що живлять пересувні машини, повинна мати місцеве заземлення та з'єднуватися із загальною мережею заземлення шахти. Для місцевих заземлювачів, що розміщуються в штрекових стічних канавах, повинні застосовуватися сталеві смуги площею не менше  $0,6 \text{ м}^2$ , товщиною не менше  $3 \text{ мм}$  і довжиною не менше  $2,5 \text{ м}$ . Заземлювач треба розміщувати горизонтально в трохи заглибленій стічній канавці на „подушку“ товщиною не менше  $50 \text{ мм}$  з піску або дрібних грудок породи і зверху засипати шаром у  $150 \text{ мм}$  із того самого матеріалу. Як місцевий заземлювач можна також використовувати не менше трьох суміжних або віддалених рам металокріплення, з'єднаних між собою металевим дротом (смугою, тросом і т. п.) зі сталі або міді перерізом не менше відповідно  $50$  та  $25 \text{ мм}^2$ , які зв'язані з іншими рамами кріплення за допомогою розпірних елементів. За відсутності у виробках стічної канавки для заземлювачів повинні застосовуватися сталеві труби діаметром не менше  $30 \text{ мм}$  і довжиною  $1,5 \text{ м}$ . Стінки труби повинні мати на різній висоті не менше  $20$  отворів діаметром не менше  $5 \text{ мм}$ . Труба міститься в шпур, пробурений на глибину не менше  $1,4 \text{ м}$ . Простір між стінкою шпура та зовнішньою стінкою труби заповнюють гігроскопічним матеріалом (піском, золою і т. п.), який періодично зволожується. У разі необхідності повинно встановлюватися декілька заземлювачів. Місцеві заземлювачі приєднуються до електроустаткування, що заземлюється, або до збірних заземлювальних шин за допомогою провідника зі сталі перерізом не менше  $50 \text{ мм}^2$  або з міді перерізом не менше  $25 \text{ мм}^2$  болтовими з'єднаннями або зварюванням при забезпеченні надійного контакту.. Послідовне приєднання устаткування, що заземлюється, до збірних заземлювальних провідників або до заземлювачів, не допускається, крім кабельних муфт і світильників у мережі стаціонарного освітлення, де можна встановлювати заземлювачі через кожні  $100 \text{ м}$ .

Головні заземлювачі в шахтах повинні влаштовуватися в зумпфах або

водозбірниках. В усіх випадках слід влаштовувати не менше двох головних заземлювачів, розташованих у різних місцях, що резервують один одного на час огляду, чищення або ремонту одного з них. Головними заземлювачами є сталеві смуги площею не менше 0,75 м<sup>2</sup>, товщиною не менше 5 мм і довжиною не менше 2,5 м. Загальний перехідний опір мережі заземлення, виміряний біля будь-яких заземлювачів, не повинен перевищувати 2 Ом.

Для персоналу, що обслуговує електроустаткування діючої підйомної установки, обов'язковими для виконання є «Правила технічної експлуатації і безпеки обслуговування електроустановок промислових підприємств». До експлуатації електроустановок допускаються особи, що мають кваліфікаційну групу не нижче IV і право на їх обслуговування.

Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом застосовують різні захисні засоби і інструменти: діелектричні рукавиці, діелектричні боти, гумові килимки, що ізолюють підставки, покажчик напруги, комплект переносного заземлення, інструмент з ізолюючими ручками, якими користуються при включеннях (відключеннях) роз'єднувачах високовольтних розподільних пристроїв, при заміні запобіжників, а також при ремонтних роботах.

#### **3.2.4. Заходи безпеки при обслуговуванні механічного обладнання підйомної установки**

При обслуговуванні і ремонті механічного обладнання підйомної установки повинні дотримуватися наступні заходи безпеки:

– частини підйомної установки, що обертаються, мають бути захищені, а з'єднувальні муфти, ремінні, ланцюгові і зубчасті передачі мають бути закриті кожухами. Всі отвори в підлогах, переходи, сходи і містки мають бути обладнані поручнями, а канали – закриті сталевими листами або бетонними плитами.

Усі роботи по ревізії і наладці гальмівного пристрою слід проводити при надійно застопореній підйомній машині. При цьому порожні скипи встановлюються в середині ствола в урівноваженому положенні. Гальмівні вантажі необхідно підвісити і утримувати в піднятому стані. Після розгальмування підйомної машини з гальмівної системи випускають повітря. Забороняється знаходитися під гальмівними вантажами і важелями. Сполучні пальці шарнірів можна вибивати лише після стропування і закріплення елементів, що звільняються. Вибивані пальці необхідно також утримувати (стропом або мотузкою).

Забороняється ремонтувати на ходу рухомі вузли підйомної машини, що обертаються. При роботі на висоті слід обов'язково закріпитися монтажним поясом. При пересуванні по фермах дотримувати наступне правило: стримуватися і спиратися не менше чим у трьох точках.

При ревізії та ремонті барабанів, редукторів, сполучних муфт, двигунів, шківів, парашутів та інших вузлів установки Обслуговуючий персонал не повинен допускати течі масла з вузлів підйомної машини і не розливати масло на підлозі, оскільки масло руйнує фундамент і, крім того, може бути причиною травматизму. Тому пролите масло необхідно негайно видалити обтиральними кінцями і деревною тирсою. а машина має бути надійно загальмована. Для виконання робіт такелажів треба застосовувати надійні й випробувані підйомні засоби (крани, талі, домкрати та ін.) Підведені деталі і вузли підйомної машини мають бути встановлені на надійних підставках і підкладках.

Змащування вузлів слід здійснювати при непрацюючій підйомній машині або агрегаті. Для змащування необхідно застосовувати спеціальні масельнички і шприци.

Обслуговуючий персонал не повинен допускати протікання масла з вузлів підйомної машини і не розливати масло на підлозі, оскільки масло руйнує фундамент і, крім того, може бути причиною травматизму. Тому

розлите масло необхідно негайно видалити обтиральними кінцями і деревною тирсою.

Усі апарати захисту і блокувань підйомної установки необхідно підтримувати в справному стані і правильно відрегульованими. Управляти підйомною машиною потрібно вільно, без особливої напруги. Не можна залишати робоче місце або відволікатися під час роботи підйомної машини.

У машинному відділенні не повинні знаходитися сторонні особи. При перевтомі або поганому стані машиніст зобов'язаний зупинити підйомну машину і повідомити про це головному механікові шахти. При тривалих перервах у роботі підйому, особливо в зимовий час, машиніст повинен періодично виконувати перегін підйомних посудин.

Спецодягом обслуговуючого персоналу є комбінезон. Жінкам рекомендується носити берет, а не косинки або хустки і, крім того, не працювати з непокритою головою, оскільки довге волосся може бути захоплене рухомими частинами механізмів.

### **3.2.5. Заходи безпеки при експлуатації підйомної установки**

Шахтні підйомні установки мають бути обладнані такими захисними та блокувальними пристроями:

а) пристроєм блокування від надмірного зношення гальмових колодок, що спрацьовує у випадку збільшення зазору між ободом барабана і гальмовою колодкою більше ніж на 2 мм (ця вимога не поширюється на прохідницькі лебідки).

Для машин із пружинно-пневматичними і пружинно-гідролічними гальмами цей пристрій блокування повинен спрацьовувати при зменшенні гальмового моменту не більше ніж на 5 % від встановленого при нормальному робочому зазорі, регламентованому інструкцією заводу-виробника;

б) пристроєм блокування, що спрацьовує у разі відкриття дверей реверсора;

в) максимальним і нульовим захистом;

- г) захистами від провисання струни каната та засобами сигналізації про напуск каната в ствол по всьому його протягу, крім багатоканатних підйомів з машинами, встановленими на баштових копрах;
- г) пристроєм блокування запобіжних ґрат, який унеможлиблює їх відкриття до приходу підйомної посудини на приймальний майданчик і включає сигнал "стоп" у машиніста за відкритих ґрат. Допускається відключення блокування і відкриття запобіжних ґрат у разі знаходження і маневрів підйомних посудин поблизу приймального майданчика під час завантаження та розвантаження негабаритних вантажів у режимі "Негабарит", а також під час огляду підйомних посудин у режимі "Ревізія". Після завершення цих операцій блокування має бути відновлене. Рух підйомних посудин шахтним стволом має здійснюватися при закритих запобіжних ґратах всіх приймально-відправних площадок;
- д) пристроєм блокування, який дозволяє вимикати двигун після перепідйому посудини тільки у бік ліквідації перепідйому;
- е) пристроєм блокування, який не допускає зняття запобіжного гальма, якщо рукоятка робочого гальма не перебуває в положенні "загальмовано", а рукоятка апарата управління (контролера) – в нульовому положенні;
- є) пристроєм блокування, який забезпечує зупинку бадді при підході її до нульового майданчика із закритими лядами, а також пристроєм блокування, який забезпечує при проходженні ствола зупинку бадді за 6 м до підходу її до робочого помосту і при підході до вибою ствола;
- ж) пристроєм блокування, що подає сигнал машиністу і ствольовому та вмикає запобіжні гальма на установках з підйомними машинами барабанного типу у разі висмикування гальмівних канатів у місці їх кріплення в зумпфі або протягуванні їх в амортизаторах;
- з) пристроєм блокування, що подає сигнал машиністу і вмикає запобіжне гальмо на установках із підйомними машинами барабанного типу у разі неприпустимого підняття петлі врівноважувального каната;

- и) дублюючим обмежувачем швидкості або пристроєм, що забезпечує контроль цілісності передачі від вала підйомної машини до покажчика глибини, якщо обмежувач швидкості не має повного самоконтролю;
- і) пристроєм, що сигналізує машиністу про положення площадок, що гойдаються, і посадочних кулаків;
- ї) автоматичним дзвінком, що сигналізує про початок періоду уповільнення (за винятком вантажних підйомних установок, що працюють в автоматичному режимі);

### **3.3. Протипожежні заходи**

В машинному залі повинен знаходитися комплект протипожежного інвентарю – сухі вогнегасники, ящик з піском, лопати та ін. Змащувальні матеріали повинні зберігатися в металевих баках. Використані обтиральні матеріали треба складати в металеві ящики. Машиніст підйому повинен добре знати протипожежні заходи, оскільки при виникненні пожежі усередині будівлі підйомної машини він повинен першим прийняти заходи.

Ручні вогнегасники є хорошим засобом для швидкого гасіння невеликих займань, особливо для гасіння легкозаймистих рідин (масла, гасу).

Вогнегасники можуть бути рідиннопінними та пілострумінним. Рідиннопінні вогнегасники не можна застосовувати для гасіння обмоток електричних установок, що запалали, кабелів і дротів, що знаходяться під напругою, оскільки це може привести до ураження електричним струмом робітника, що користується вогнегасником. Для цих цілей застосовують та пілострумінні вогнегасники. Для гасіння займань можна застосовувати також сухий пісок і інертний пил. При займанні дротів електроустановок, перш за все потрібно їх відключити від мережі.

Для запобігання пожежам дерев'яні частини будівлі покривають вогнезахисними фарбами або просочують їх спеціальними складами.



## ВИСНОВКИ

1. Виконані розрахунки показали, що річна продуктивність шахти на рівні 900000 т/рік забезпечується при використанні двоскіпової підйомної установки з підйомною машиною МПУ 5–2–2, скіпами вантажопід'ємністю 11,5 т, підйомними канатами діаметром 46,5 мм і погонною масою 8,4 кг/м, з максимальною швидкістю руху скипів 6,1 м/с.

2. За рахунок використання в проекті семиперіодної діаграми швидкості замість п'ятиперіодної, яка найчастіше використовується в установках з неперекидними скіпами, забезпечується вихід порожнього скіпа з розвантажувальних кривих і вхід навантаженого скіпа в ці криві на пониженій постійній швидкості 0,5 м/с. Це зменшує динамічні навантаження на конструкцію копра при русі скіпа в кривих і збільшує надійність усієї установки.

3. При реконструкції підйомної установки доцільно замінити два робочі привідні двигуни типу АКН2-19-33-24 потужністю 800 кВт, що використовуються зараз, на один привідний двигун типу АКН2-19-47-24 потужністю 1250 кВт. Завдяки цьому зникне необхідність додаткового налаштування двох однакових асинхронних привідних двигунів, що працюють на спільний вал, у випадку не повного співпадіння їхніх механічних характеристик.

За рахунок цього спрощується управління підйомною установкою, підвищується її надійність та економічність, ККД підйомної установки дорівнює 52 %.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила безпеки у вугільних шахтах. Режим доступу:  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0398-10>.
2. Хаджиков, Р.Н. Горная механика / Хаджиков Р.Н. Бутаков С.А. – М.: Недра, 1982. – 407 с.
3. Шахтный подъем. Научно-производственное издание / Бежок В.Р., Дворников В.И., Манец И.Г., Пристром В.А; общ. ред. Б.А Грядущий, В.А. Корсун. – Донецк: Юго-Восток Лтд, 2007. – 624 с.
4. **Методичка**

## ДОДАТОК А

Відгук на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр  
студента академічної групи 184-17ск -1 ММФ спеціальності  
184 Гірництво за освітньо-професійною програмою «Енергомеханічні  
комплекси гірничих підприємств»

Анощенко Артема Юрійовича на тему:

«Проект реконструкції головної підйомної установки шахти  
«Тернівська» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“»

Мета кваліфікаційної роботи – підвищення енергетичної та експлуатаційної ефективності головної підйомної установки шахти «Тернівська».

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності бакалавра за спеціальністю 184 Гірництво, який навчався за освітньо-професійною програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств» – проектування, аналіз роботи, експлуатація енергомеханічних комплексів гірничих підприємств.

Обрана тема актуальна через те, що надійна робота підйомного комплексу є необхідною умовою діяльності шахти, а зважаючи на високу енергоємність установки важливо також забезпечити мінімальні витрати електроенергії при її експлуатації.

Задачі кваліфікаційної роботи відповідають змісту стандартам вищої освіти та дескрипторам Національної рамки кваліфікацій.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці технічних рішень, що зменшують динамічні навантаження на конструкцію копра при русі скіпа в кривих. Реалізація запропонованих рішень дозволить також замінити два робочі привідні двигуни потужністю 800 кВт, що використовуються зараз, на один привідний двигун потужністю 1250 кВт. Завдяки цьому зникне необхідність додаткового налаштування двох однакових асинхронних привідних двигунів, що працюють на спільний вал,

у випадку не повного співпадіння їхніх механічних характеристик. За рахунок цього спрощується управління підйомною установкою, підвищується її надійність та економічність.

Степінь самостійності виконання розрахунків високий.

Кваліфікаційна робота виконана на реальну тему з застосуванням ПЕОМ.

Робота оформлена у відповідності до діючих стандартів. Якість оформлення достатньо висока.

У цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавр студента академічної групи 184-17ск -1 ММФ Анощенко Артема Юрійовича заслуговує оцінки „відмінно“.

Керівник кваліфікаційної роботи,

доцент кафедри гірничої механіки, канд. техн. наук

М.В. Холоменюк

## ДОДАТОК Б

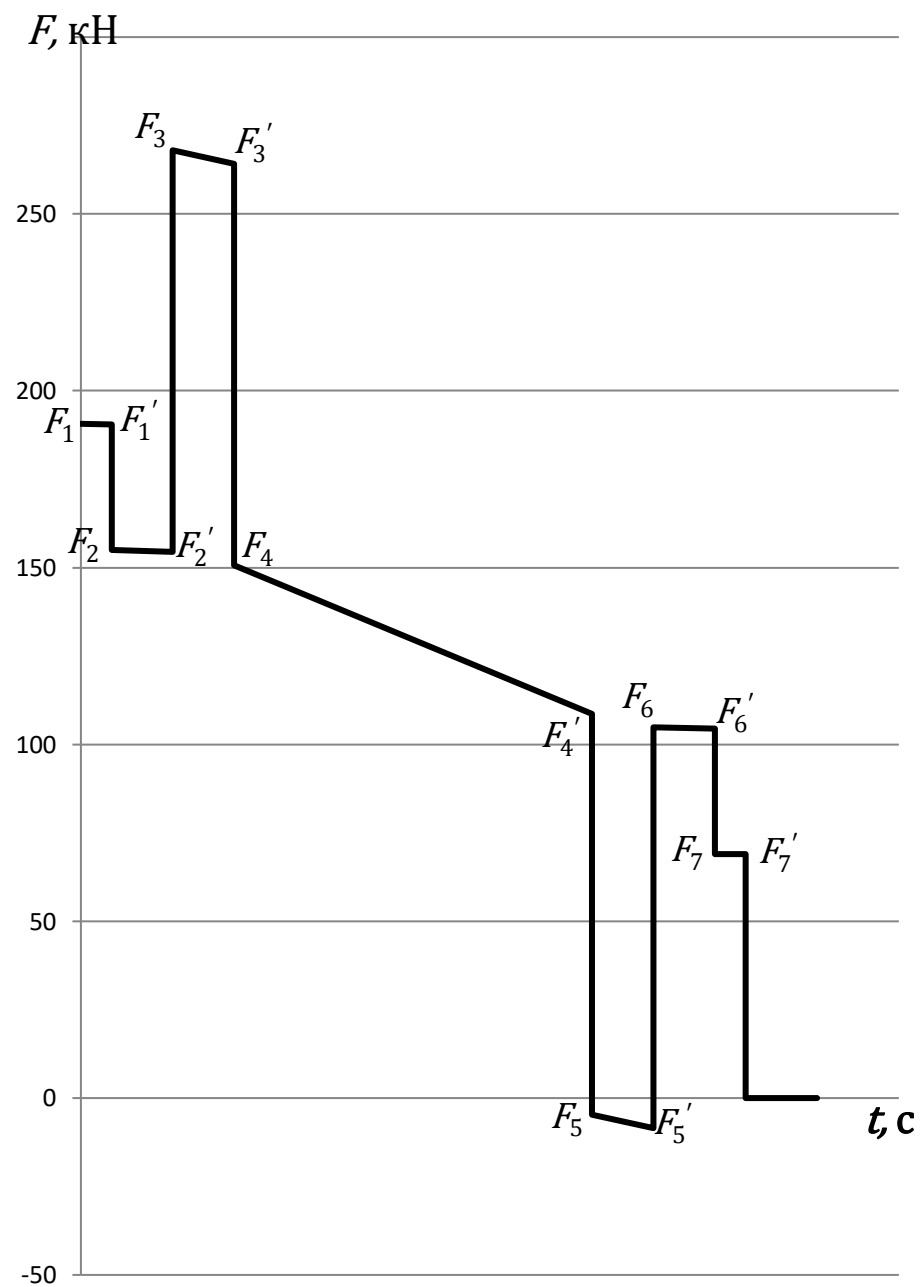
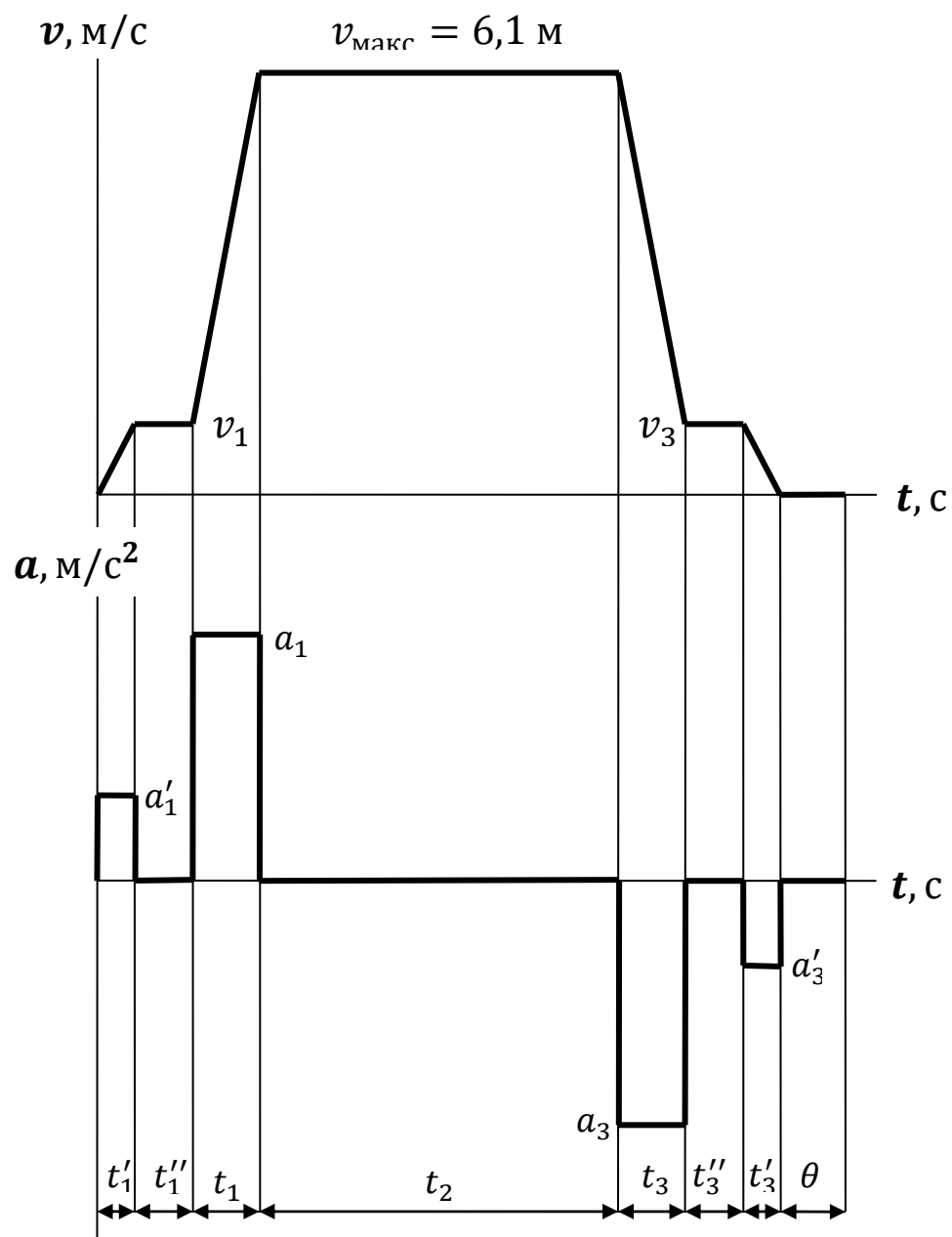
Відгуки керівників розділів кваліфікаційної роботи ступеня бакалавр  
студента академічної групи 184-17ск-1 ММФ спеціальності

184 Гірництво за освітньо-професійною програмою  
«Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»

Анощенко Артема Юрійовича на тему:

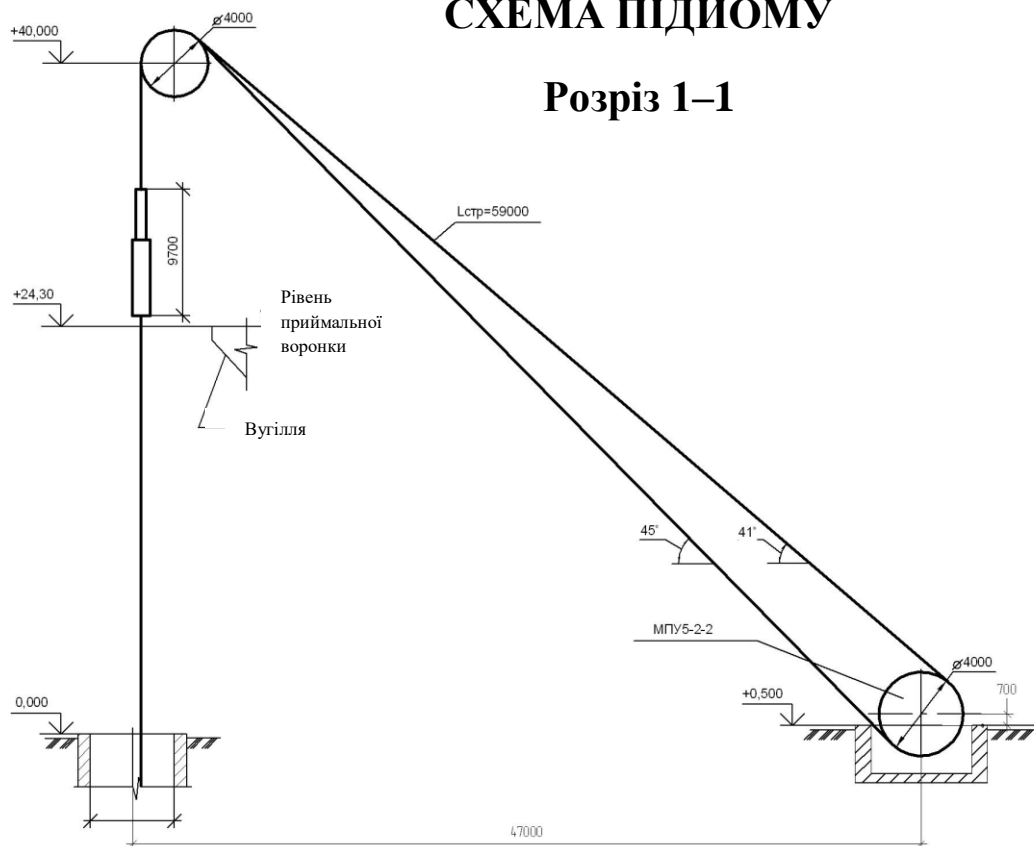
«Проект реконструкції головної підйомної установки шахти  
«Тернівська» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“»

# ДІАГРАМИ ШВИДКОСТЕЙ, ПРИСКОРЕНЬ І РУШІЙНИХ ЗУСИЛЬ

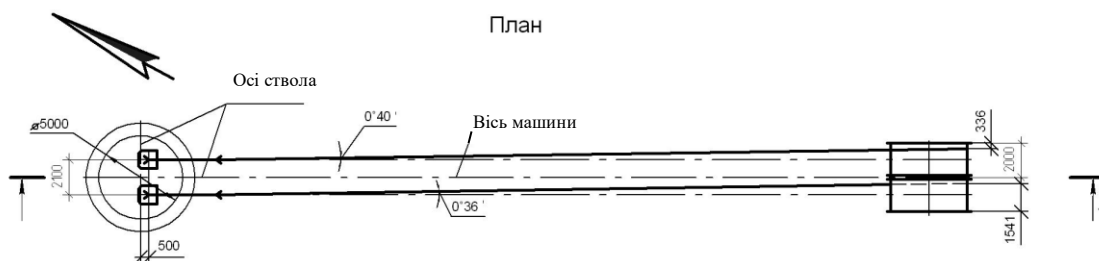


# СХЕМА ПІДЙОМУ

## Розріз 1-1



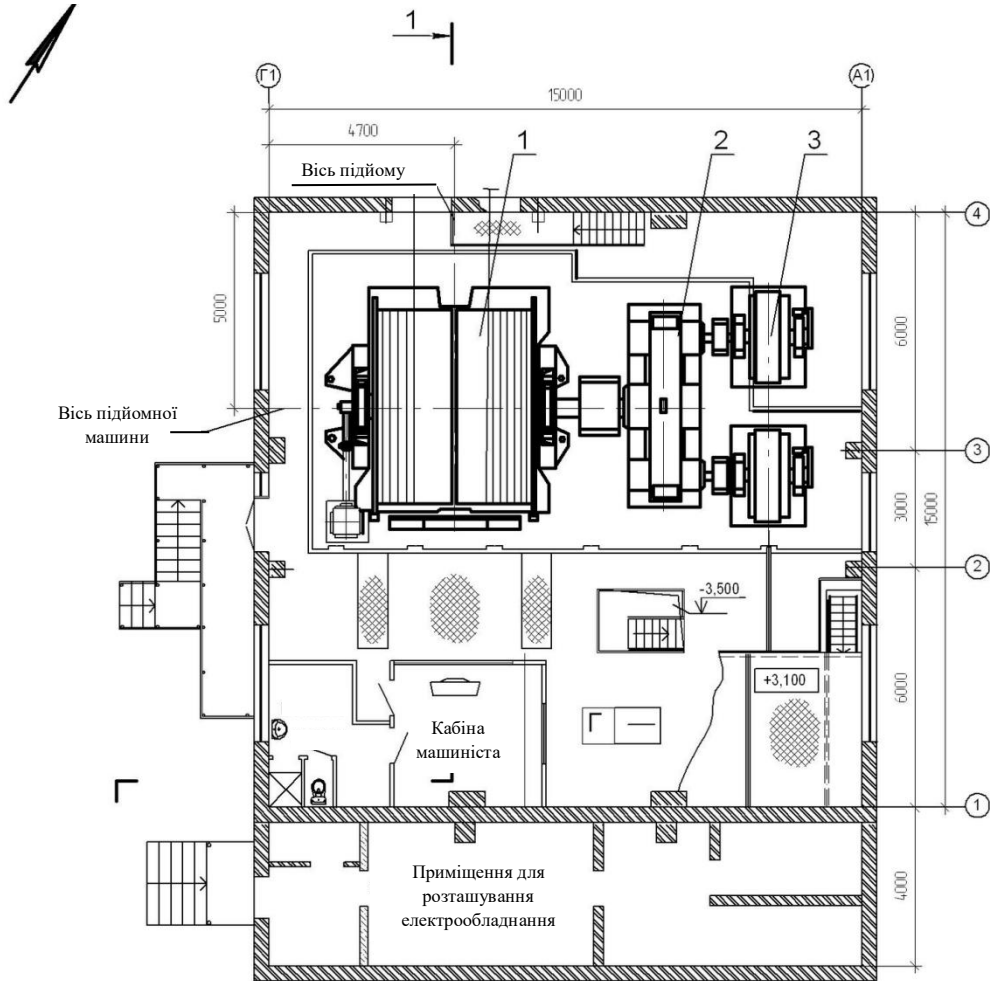
План



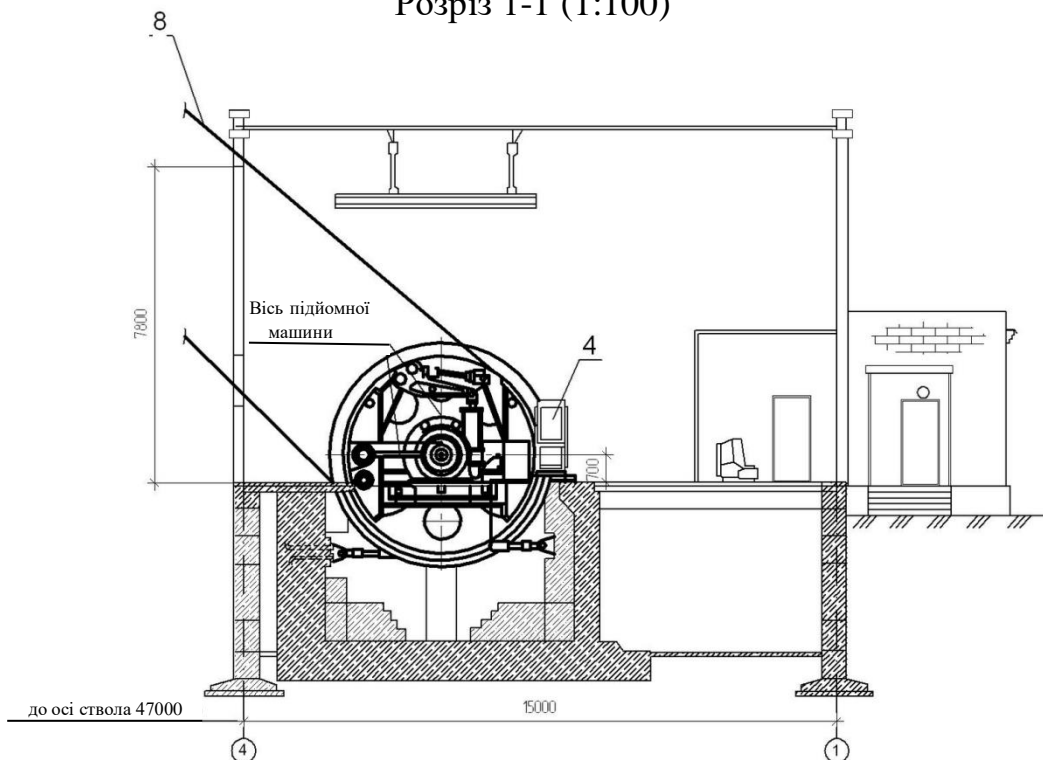
## ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДЙОМУ

Висота підйому, м	308
Скіп	Із секторним затвором
ємність скіпа, м <sup>3</sup>	10,6
вантажопід'ємність скіпа, кг	11500
маса скіпа, кг	8500
шлях розвантаження, м	2,45
відстань між осями, м	2,25
Діаметр копрового шківа, м	4,0
Підйомний канат	ГОСТ 7668 – 80
діаметр каната, мм	46,5
маса одного метра каната, кг	8,4
тимчасовий опір розриву, МПа	1754
сумарне розривне зусилля всіх дротів у канаті, кН	1500

План на відм. 0,000 (1:100)



Розріз 1-1 (1:100)



# ДІАГРАМИ ШВИДКОСТЕЙ, ПРИСКОРЕНЬ І РУШІЙНИХ ЗУСИЛЬ

