

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
факультет машинобудування, електроінженерії та хімічних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету)

кафедра електромеханіки та машинобудування
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ В.В. Калиниченко

“ _____ ” _____ 20__ року

Дипломна робота

бакалавра

(освітній ступінь)

на тему: «Підвищення ефективності та надійності роботи обладнання
скіпової підйомної установки шахтоуправління «Імені Героїв космосу»
Приватного акціонерного товариства «ДТЕК Павлоградвугілля»

Виконала: студентка 4 курсу, групи ЕЛКЗ-18і
(шифр групи)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Татарчук А.І.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник

доц.каф. ЕМ, к.т.н., доц. Повзун О.І.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

декан ФКІТА, к.т.н., доц. Петелін Е.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

*Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.*

Студентка _____

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Татарчук А.І. Підвищення ефективності та надійності роботи обладнання скіпової підйомної установки шахтоуправління «Імені Героїв космосу» Приватного акціонерного товариства «ДТЕК Павлоградвугілля» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – ДВНЗ «ДонНТУ», Луцьк, 2022.

В роботі було виконано розрахунок багатоканатної підйомної установки з врівноважуючими канатами, визначено параметри елементів установки, обрано діаграми швидкостей, прискорень та зусиль. Приведено економічні показники роботи скіпового підйому. При достатньому фінансуванні гірничого підприємства запропоновано застосування системи керування та автоматизації типу РЕП-2Ш. Тиристорний перетворювач даної системи дозволить здійснювати регулювання частоти обертання електроприводу підйому з більш низькими витратами електроенергії, а також підвищить надійність та безпеку експлуатації даної установки.

СКІПОВИЙ ПІДЙОМ, ШКІВ, ВРІВНОВАЖУЮЧИЙ КАНАТ, ЕЛЕКТРОДВИГУН, МЕХАНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ШВИДКІСТЬ, ПРИСКОРЕННЯ

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	6
1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ГІРНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА	7
1.1 Характеристика родовища та шахтного поля	7
1.2 Шахтне обладнання	11
2 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ СКІПОВОЇ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ІМЕНІ ГЕРОЇВ КОСМОСУ» ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»	12
2.1. Визначення скіпа та копра підйомної установки	12
2.2 Визначення головного та врівноважуючого канатів	13
2.3 Визначення підйомної машини	15
2.4 Кінематика підйомної установки	18
2.5 Прискорення та уповільнення	21
2.6 Діаграма швидкості підйомної установки	22
2.7 Діаграма зусиль багатоканатної підйомної установки	24
2.8 Уточнена потужність підйомного двигуна	25
2.9 Економічна ефективність підйому	27
3 РОЗРАХУНОК РОТОРНИХ ОПОРІВ ДВИГУНА	29
3.1 Вихідні дані	29
3.2 Визначення пускових моментів	30
3.3 Механічні характеристики електродвигуна	33
3.4 Визначення опорів за ступенями	36
3.5 Час роботи двигуна на кожному ступені	40
3.6. Вибір опорів по ступеням	42
4 МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДЙОМОМ	45
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	49
ВИСНОВОК	51
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	52
ДОДАТКИ	53

ВСТУП

Одним із найбільш відповідальних комплексів електромеханічного обладнання шахт і рудників є підймальні установки. Підйомна установка, яка є сполучною артерією між підземними виробками і поверхнею шахти, – одна з основних ланок технологічного комплексу вуглевидобутку, що забезпечують його високоефективну і безперебійну роботу. Аварія на підйомі пов'язана не тільки зі значними матеріальними збитками, але часто і з життям людей. Ось чому надійність роботи і безпека – основні вимоги, які пред'являються правила безпеки до підйомних установок. У зв'язку з цим зростають і інші вимоги, що пред'являються до підйомних установок.

Транспортні операції, яка здійснюють підйомні установки, забезпечують нормальне функціонування шахти як гірничого підприємства, тому до надійності підйомів пред'являються підвищені вимоги. Так як підйомна установка розраховується на тривалий термін служби, то правильний вибір її основних елементів (судин, канатів, підйомної машини, редуктора, двигуна та інше) забезпечує успішну виробничу та економічну діяльність шахти.

1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ГІРНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристика родовища та шахтного поля

Поле шахти ім. Героїв космосу розташоване в Павлоградському районі Дніпропетровської області України в 15км на північний схід від Павлограда. Поблизу шахти розташоване села Вербки і Благодатне. Вздовж північно-західної межі шахтного поля проходить залізнична дорога МПС «Синельниково-Лозова». Електропостачання шахти здійснюється від Кураховської ГРЕС через Павлоградську підстанцію 154/36/6кВ. Джерелом водопостачання є Павлоградський водозабір.

Проектна документація шахти ім. Героїв космосу була виконана інститутом «Дніпрогіпрошахт» в 1963 році і затверджена наприкінці серпня 1964 року. Будівництво першого блока шахти потужністю 1,5 млн.т в рік відбулося в 1979 році. Строк служби шахти 90 років. Найближчими підприємствами є діючі шахти «Павлоградська», «Благодатна», «Тернавська» та «Західнодонбаська». Розміри шахтного поля складають: за простяганням – 15,0км, за падінням – від 2,3 до 4,5км, площа шахтного поля дорівнює 50км².

Рельєф місцевості представляє собою слабопагорбну рівнину, що перетинається долинами рік, балок і рівчаків з загальним зниженням на південь і південний схід в бік річки Самари. Адміністративно шахта входить до Приватного акціонерного товариства «ДТЕК Павлоградвугілля». Абсолютна відмітка поверхні рельєфу змінюється від +143,45 в північно-східній частині шахтного поля до +65,42 м на південь та південний захід. Клімат район помірно континентальний. Середньорічна температура повітря коливається від +6,9 до +10°С, а середня багаторічна температура складає +8,6°С. Річна кількість опадів коливається від 251 до 760мм і в середньому складає 472мм рт.ст.

В геологічному будівництві шахтного поля приймають участь відкладення нижнього відділу карбону, частково тріасу і юри, що місцями перекриті породами палеогенового, неогенового і четвертинного періоду.

Вугільні пласти промислового значення приурочені до відкладень Самарської світи (C^B_1) нижнього відділу карбону, що складається аргілітів, алевролітів, пісковиків і вугільних пластів потужністю від 0,05 до 1,25м. Потужність відкладень покрівлі в середньому складає 115м. Для шахтного поля характерне моноклінальне залягання порід з пологим падінням на північ та північний схід під кутом 2-5°. За інтенсивністю тектонічної порушеності і умовам залягання порід шахтне поле розділене на дві частини: північно-західну, що характеризується моноклінальним заляганням порід і значною порушеністю, та південно-східну, на якій тектонічних порушень, окрім граничних скидів, практично не виявлено, але породи карбону (особливо в південній частині) мають полого хвильове залягання. Найбільш складними порушеннями є Богданівський, Вербський, Благодатнецький, Діагональний, Поперечний і Морозівський скиди. В процесі ведення гірничих робіт зустрічаються більш дрібні порушення з амплітудою до 5м.

В межах шахтного поля промислового значення мають 8 пластів, але на площі шахтного поля шахти ім. Героїв космосу промислового значення набувають 7 пластів. Відносно витриманими за потужністю є всі пласти. Будова вугільних пластів проста. Мінеральні включення у вугіллі представлені істотно глинистою речовиною. Шахтне поле розташоване в зниженому крилі Богданівського скиду, не має виходів пластів на поверхню карбону, і продуктивна світа відділена від обводнених покривних відкладень потужною безвугільною товщею водоупорних порід нижнього карбону. Крім того, із-за кольматації тріщин в зонах тектонічних порушень глинистою речовиною скиди є природними екранами на шляху руху підземних вод і практично виключають взаємозв'язок між водоносними горизонтами карбону і відкладень покрівлі.

Водоприпливи в гірничі виробки формуються в основному за рахунок статичних запасів вод пісковиків і вугільних пластів карбону, що надходять тріщинами вуглевміщуючих порід і тріщинами обвалень. Підземні води високо мінералізовані, дуже жорсткі і відносяться до хлоридно-натрієвих. Води схильні до вспінювання, корозії, з великою кількістю твердого осаду, мають

загальнокислотну, лужну та сульфатну агресію. Шахтні води хлоридно-натрієвого складу, $pH=6,5-6,8$. Мінералізація висока 33-34г/л. Загальна жорсткість 180-220 мг-екв/л. Приплив води, що прогнозується в наступні 15-20 років відповідно з прийнятим порядком відробки складе: нормальний – $90\text{м}^3/\text{год}$, максимальний – $120\text{м}^3/\text{год}$.

Газонасиченість вугільних пластів у Західному Донбасі збільшується в напрямку їх падіння, а також із підвищенням ступеня метаморфізму, тобто з південного заходу на північний схід. На фоні цієї закономірності в межах шахтного поля спостерігаються окремі локальні зміни газоносності вугільних пластів, що приурочені до проявів плікативної і диз'юнктивної порушенності. Вугільний пил вибухонебезпечний, породний – силікоzoneбезпечний. Пласти, небезпечні за раптовими викидами вугілля і газу, відсутні. Геотермічний градієнт в середньому складає 3° на 100м. Геотермічний ступінь в середньому дорівнює $34,2\text{ м/град}$. Поле шахти ім. Героїв космосу віднесене до першої групи складності.

В межах поля шахти нараховується до 50 вугільних пластів і прошарків, із яких потужністю 0,6м і вище досягає 20 вугільних пластів: C_{12} , C_{10}^B , C_{10}^H , C_9 , C_8^B , C_8^H , C_7^B , C_6^B , C_6^H , C_5 , C_4^3 , C_4^2 , C_4^1 , C_4^B , C_4^H , C_2 , C_1 , C_0 . Промислове значення мають 8 пластів: C_{11} , C_{10}^B , C_9 , C_8^B , C_8^H , C_7^B , C_5 і C_1 . Інші пласти віднесені до забалансових, за винятком пластів C_0^H , C_4^H , C_4^3 , запаси за якими не підраховуються. Пласти C_8^H і C_8^B – відносно стійкі. Будова вугільних пластів переважно проста. Вуглі дуже міцні і в'язкі. Опірність вугілля різанню $250-400\text{кг/см}^2$.

Боковими породами є в основному нестійкі аргіліти і алевроліти з коефіцієнтом міцності 1,5-4 за Протод'яконовим. При незначному зволоженні міцність зменшується в 2-3 рази. Породи схильні до інтенсивного пучення. Температура гірничих порід до глибини 450м не перевищує 25°C , а на глибині 600-650 м складає $30-35^\circ\text{C}$. Характеристика вугільних пластів наведена в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Характеристика вугільних пластів

Найменування пласта	Метаноносність, м ³ /т.г.м.	Потужність, м
C ₁₁	8,8	0,7-0,85
C ^B ₁₀	8,0	0,8-1,1
C ₉	5,1-13,3	0,62-1,07
C ^H ₈	5,1-14,8	0,62-1,05
C ^B ₈	5,6-9,9	0,62-0,76
C ^B ₇	5,1-12,7	0,68
C ^H ₇	5,8-13,5	0,71
C ₅	5,1-14,4	0,62-1,1
C ₁	6,1-14,9	0,64-0,94

Таблиця 1.2 – Характеристика вугілля

Найменування або індекс пласта	Вологість, W ^P _В , %	Зольність, A ^C , %	Вихід летучих речовин V ^Г , %	Теплота згоряння, ккал/кг	Вміст сірки, S, %
C ₁₁	3,9-11,0	17	40	7920	2
C ^B ₁₀	4,6-11,0	10	40	7950	1,3
C ₉	4,4-11,0	10	41	8040	1,9
C ^B ₈	5,2-9,2	9	40	8080	1,7
C ^H ₈	3,8-11,6	10	42	8070	1,9
C ^H ₇	9,3	10	41	8080	1,9
C ₅	8,3	10	41	8100	1,8
C ₁	8,1	13	40	8140	1,4

1.2 Шахтне обладнання

Відпрацьовування пластів прийнято стовпами по падінню й повстанню. Довжина стовпів на більшій частині шахтного поля сягає 1600м. Довжина лав до 300 м. Для механізації робіт на видобувній ділянці застосовують механізований комплекс МКД90, до складу якого входять: механізоване кріплення КД90, видобувний комбайн РКУ10, скребковий конвеєр – КСД27. Добовий видобуток з лави досягає 2000т.

Проходження гірничих виробок ведеться прохідницьким комбайном КСП32 з завантаженням відбитої гірничої маси на скребковий конвеєр СП-202 та подальшим транспортуванням конвеєрним ланцюгом.

Транспорт вугілля по шахті повністю конвеєризовано, що значно підвищує продуктивність транспортного ланцюга. Тип стрічкових конвеєрів: 1ЛТ80, 1Л100К, 2ЛТ100, 2Л100У, 2ЛБ120 та інші. Допоміжний транспорт шахти здійснюється: по горизонтальних виробках – за допомогою акумуляторних електровозів типу АМ8Д, по похилих виробках – за допомогою монорейкової дороги.

Головний водовідлив розташований в приствольному дворі горизонту 470м. Головна водовідливна установка має 3 насоси типу ЦНС300-600 (подача 290 м³/год). Схема водовідливу - одноступінчата.

Шахта ім. Героїв Космосу віднесена до надкатегорійної за газом та пилом. Провітрювання шахти здійснюється за секційною схемою, спосіб провітрювання – всмоктуючий. Для провітрювання шахти використовуються відцентрові вентилятори типу ВЦД-47,5У.

Електропостачання шахти забезпечується від двох трансформаторів типу ТДТНШ 25000/110. Електропостачання підземних ділянок шахти забезпечується через клітьовий ствол та підземну високовольтну розподільну мережу 6кВ, далі від пересувних трансформаторних підстанцій типу КТПВ різної потужності напругою 660В та 1140В.

2 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ СКІПОВОЇ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ІМЕНІ ГЕРОЇВ КОСМОСУ» ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»

2.1. Визначення скіпа та копра підйомної установки

Скіп підйомної установки обирається, виходячи із раціональної вантажопідйомності, котра розраховується за формулою проф. Єланчика Г.М. [1]:

$$m_{\text{зр.рас}} = A_{\text{ч}} \frac{4\sqrt{H_{\text{ш}}} + t_{\text{п}}}{3600} = 1431 \frac{4\sqrt{620} + 10}{3600} = 43 \text{ т}, \quad (2.1)$$

де $A_{\text{ч}}$ – годинна продуктивність, т/год;

$$A_{\text{ч}} = A_{\text{зод}} \frac{K_{\text{н}}}{N \cdot t_{\text{р}}} = 5,3 \cdot 10^6 \frac{1,5}{300 \cdot 18} = 1431 \text{ т/год}, \quad (2.2)$$

де $K_{\text{н}}=1,5$ – коефіцієнт нерівномірності і резерву;

$N=300$ днів – кількість робочих днів в році;

$t_{\text{р}}=18$ год – тривалість роботи підйому в добу;

$t_{\text{п}}=10$ с – тривалість паузи.

За розрахунковою масою вантажу в підйомному посуді приймаємо для багатоканатного підйому скіп типу 1СН55-2 з розвантаженням через дно [1], основні параметри якого наведені в таблиці 2.1.

Копер обирається в залежності від вантажопідйомності скіпа та розміщення копрових шківів. Обираємо копер ЦШ-4 з висотою бункера $h_6=35$ м та висотою копра $H_{\text{к}}=82$ м.

Таблиця 2.1 – Основні параметри скіпа з секторним затвором

Найменування параметрів	Значення
Маса вантажу в посуді, m_{zp} , кг	50000
Маса скіпа, m_c , кг	47000
Відстань між скіпами у стволі, S_o , м	3,60
Перевищення рами скіпа над бункером під час розвантаження, h' , м	0,3
Довжина розвантажувального ділянки шляху, h_o , м	2,60
Висота скіпа, h_{ck} , м	14,70

2.2 Визначення головного та врівноважуючого канатів

Канати для багатоканатного підйому розраховуються за методикою для цих підйомів [1]. Маса одного метра головного каната розраховується за формулою:

$$m_{к.рас} = \frac{(m_{zp} + m_c) \cdot g \cdot z_n \cdot \rho_o}{\sigma_b \cdot n_k} = \frac{(50000 + 47000) \cdot 9,81 \cdot 9,5 \cdot 9000}{1568 \cdot 10^6 \cdot 4} = 12,9 \quad (2.3)$$

де $m_{zp}=50000$ кг – маса вантажу, який поміщується в скіп;

$m_c=47000$ кг – маса самого скіпа;

$\gamma_0 = 0,1$ МН/м³ – питома підйомна вага складових матеріалу канату;

$z_n = 9,5$ – коефіцієнт, що враховує запас міцності основного канату;

$\sigma_b=1568$ МПа – міцність матеріалу складових канату;

$n_k=4$ – кількість основних канатів.

Виходячи з довідкових даних [1] приймаємо підйомний канат Ø58,0мм ГОСТ7669-80 з погонною масою, яка дорівнює $m_k=13,3$ кг/м та сумарним

розривним зусиллям всіх дротів в канаті, рівній $F_{раз} = 2060$ кН. Для врівноваження багатоканатної підйомної установки приймаємо два каната, що врівноважують, пласкої конструкції ГОСТ3092-80. Ширина каната 154мм, розрахункова маса канату $m_y = 9,43$ кг/м.

Після вибору канатів перевіряємо їх на фактичну міцність.

Запас міцності в нижньому розрізі:

$$z_{н.ф} = \frac{n_k \cdot F_{раз}}{(m_{сп} + m_c) \cdot g} = \frac{4 \cdot 2060000}{(50000 + 47000) \cdot 9,81} = 9,6 \geq 9,5 \quad (2.4)$$

Умова виконується.

Запас міцності в верхньому розрізі:

$$Z_{в.ф} = \frac{n_k \cdot F_{раз}}{(m_{сп} + m_c + n_k \cdot m_k \cdot H_o) \cdot g} = \frac{4 \cdot 2060000}{(50000 + 47000 + 4 \cdot 13,3 \cdot 722) \cdot 9,81} = 6,2 \geq 4,5 \quad (2.5)$$

H_o – висота відвісу канату, значення якої визначаємо за залежністю [1]:

$$H_o = H_{ш} + h_k + h_y = 620 + 82 + 20 = 722 \quad (2.6)$$

Так як розрахунковий запас міцності головного каната більший рекомендованого значення запасу міцності за правилами безпеки (ПБ) [10] в нижньому січенні ($9,6 > 9,5$) та у верхньому ($6,2 > 4,5$), будемо вважати, що обраний канат проходить за запасом міцності.

Структурні елементи та геометричні розміри багатоканатної підйомної установки зі шківом, що відхиляє (кут обхвату $\alpha > 180^\circ$) показано на рисунку 2.1.

2.3 Визначення підйомної машини

Розрахунковий діаметр шківів тертя, по якому ведеться основний канат підйомної машини, буде:

$$D_{\sigma} \geq 79d_k = 79 \cdot 58,0 = 4582 \text{ мм.} \quad (2.7)$$

Виходячи зі стандартного параметричного ряду підйомних машин (ГОСТ18116-72), [1] приймаємо багатоканатну машину типу ЦШ 4×4.

Максимальний статичний натяг гілки основних канатів:

$$F_{ст.мак} = (m_c + m_{zp} + n_k m_k \cdot H_o) \cdot g = (50000 + 47000 + 4 \cdot 13,3 \cdot 722) \cdot 9,81 = 1328376 \text{ Н.} \quad (2.8)$$

Допустиме значення максимального статичного натягу гілки основних канатів для обраної підйомної машини становить 800кН.

Максимальна різниця статичних натягів гілок основних канатів для зрівноваженого підйому складає:

$$\Delta F_{ст} = m_{zp} \cdot g = 47000 \cdot 9,81 = 461070 \text{ Н.} \quad (2.9)$$

Допустиме значення максимальної різниці статичних натягів основних канатів для обраної підйомної машини становить 250кН.

Враховуючи, що допустимі значення статичних навантажень обраної підйомної машини більше розрахункових значень, то багатоканатна машина типу ЦШ4×4 за умовою навантажень проходить.

Статичний коефіцієнт безпеки від прослизання канатів визначається:

$$\sigma_{cm} = \frac{S_{o.cm} \cdot (e^{f\alpha} - 1)}{S_{n.cm} - S_{o.cm}} \geq 1,75, \quad (2.10)$$

де $S_{o.cm}$ – статичне зусилля у гілки, що опускається, значення якого визначається за формулою:

$$S_{o.cm} = \left(m_c + n_y \cdot m_y \cdot H_o - \frac{k-1}{2} m_{zp} \right) \cdot g = \left(50000 + 2 \cdot 9,43 \cdot 722 - \frac{1,15-1}{2} \cdot 47000 \right) \cdot 9,81 = 358736 \text{ Н}; \quad (2.11)$$

$S_{n.cm}$ – статичне зусилля у гілки, що підіймається, значення якого визначається за формулою:

$$S_{n.cm} = \left(\frac{\kappa}{2} m_{zp} + m_c + n_\kappa \cdot m_\kappa \cdot H_o \right) \cdot g = \left(\frac{1,15}{2} 47000 + 50000 + 4 \cdot 13,3 \cdot 722 \right) \cdot 9,81 = 1132421 \text{ Н}; \quad (2.12)$$

e – основа натурального логарифму;

$f=0,25$ – коефіцієнт тертя каната об футеровку типу ПП-45;

$\alpha=1,16\pi$ – кут обхвату шківа тертя канатом, значення якого для обраної машини, що працює зі шківом, що відхиляє.

Підставляючи значення у вихідне рівняння, отримуємо:

$$\sigma_{cm} = \frac{358736 \cdot (e^{0,25 \cdot 1,16 \cdot \pi} - 1)}{1132421 - 358736} = 2,77 \quad (2.13)$$

Так як розрахункове значення статичного коефіцієнта безпеки від прослизання канатів більше 1,75, будемо вважати, що підйомна машина перевірку проходить.

Величина прискорення $a_{ск}$ допустимого із умови відсутності ковзання:

$$a_{1.ck} = \frac{S_{o.cm}(e^{f\alpha} - 1) - \sigma_{\partial uH}(S_{n.cm} - S_{o.cm})}{\sigma_{\partial uH}(m_{n.6} + m_{o.6}) + m_{o.6}(e^{f\alpha} - 1)}. \quad (2.14)$$

$$m_{n.6} = m_{cp} + m_c + n_k \cdot m_k \cdot H_o = 50000 + 47000 + 4 \cdot 13,3 \cdot 722 = 135410 \text{ кг}. \quad (2.15)$$

$$m_{o.6} = m_c + n_y \cdot m_y \cdot H_o + \frac{GD_{ш.о}^2}{g \cdot D_{ш.о}^2} = 50000 + 2 \cdot 9,43 \cdot 722 + \frac{500}{9,81 \cdot 3} = 63633 \text{ кг}. \quad (2.16)$$

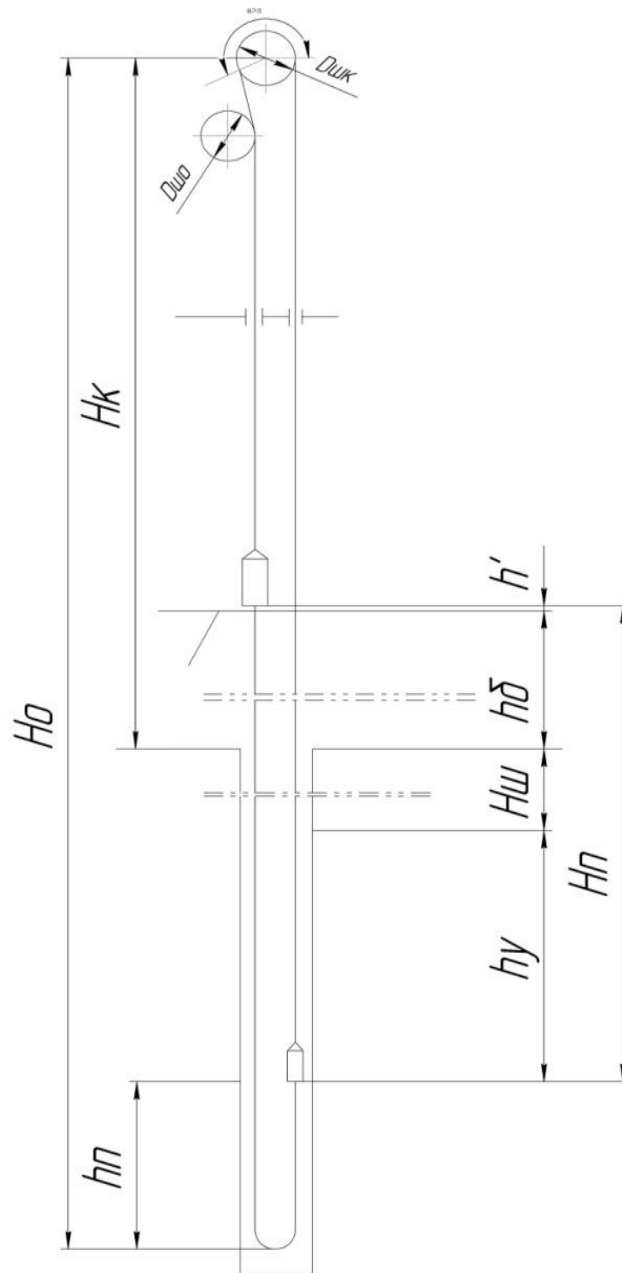


Рисунок 2.1 – Структурна схема багатоканатної підйомної установки зі шківом, що відхиляє

Визначимо прискорення:

$$a_{1.ck} = \frac{358736 \cdot (e^{0,25 \cdot 1,16 \cdot \pi} - 1) - 1,25 \cdot (1132421 - 358736)}{1,25 \cdot (135410 - 63633) + 63633 \cdot (e^{0,25 \cdot 1,16 \cdot \pi} - 1)} = 6,2 \text{ м/с}^2. \quad (2.17)$$

Величина тиску канатів на футеровку шківа складе:

$$b_{y\partial} = \frac{S_{n.cm} + S_{o.cm}}{D_{ук} \cdot n_k \cdot d_k} = \frac{1132421 - 358736}{4 \cdot 4 \cdot 0,033} = 1,7 \text{ МПа}$$

Так як розрахункове значення питомого тиску канатів на футеровку менше допустимого значення для футеровки типу ПП-45 ($1,7 \text{ МПа} < 2,0 \text{ МПа}$), будемо вважати, що обрана підйомна машина ЦШ4×4 проходить перевірку і її за питомим тиском канатів на футеровку.

2.4 Кінематика підйомної установки

Визначимо максимальну швидкість руху скіпа. Для автоматизованих підйомних установок попередньо приймаємо шестиперіодну діаграму швидкості (рисунк 2.2).

Середня швидкість руху посудин у стволі:

$$v_{cp} = H_n / T = 677 / 75 = 9 \text{ м/с}, \quad (2.19)$$

де T – час руху завантаженого скіпа у стволі в процесі підйому, значення якого визначиться з виразу:

$$T = \frac{m_{cp} \cdot 3600}{A_q} - t_n = \frac{50 \cdot 3600}{1431} - 50 = 75 \text{ с}; \quad (2.20)$$

t_n – час паузи на завантаження скіпа, значення якого приймається в секундах, рівних вантажопідйомності посудини в тонах (у нашому випадку для скіпа вантажопідйомністю 55т час паузи дорівнює 50 секунд);

H_n – висота підйому (рисунок 2.1), значення якої визначається за виразом:

$$H_n = H_{ш} + h_y + h_{\sigma} + h' = 622 + 20 + 35 + 0,3 = 677 \text{ м}. \quad (2.21)$$

Розрахункова максимальна швидкість руху посудини буде:

$$v_{м.рас} = \alpha \cdot v_{cp} = 1,25 \cdot 9 = 11,25 \text{ м/с}, \quad (2.22)$$

$\alpha = 1,25$ – коефіцієнт швидкості для автоматизованих багатоканатних підйомів.

Зробимо коригування максимальної швидкості за умови застосування параметричних рядів електричних двигунів і редукторів.

Частота обертання основного шківа підйомної машини:

$$n_{\sigma} = \frac{60 \cdot v_{м.рас}}{\pi \cdot D_{\sigma}} = \frac{60 \cdot 11,25}{\pi \cdot 4} = 54 \text{ хв}^{-1}. \quad (2.23)$$

Приймаємо безредукторний привід з електродвигуном постійного струму з частотою обертання, яка дорівнює 63 хв^{-1} .

Тоді, фактична максимальна швидкість руху скипів у стволі становить:

$$v_{м.ф} = \frac{\pi \cdot D_{\sigma} \cdot n_{\sigma}}{60} = \frac{\pi \cdot 4 \cdot 63}{60} = 13,2 \text{ м/с} \quad (2.24)$$

Здійснимо попереднє визначення параметрів підйомного двигуна.

Орієнтовне еквівалентне зусилля, що передається підйомному головному канату від шківа тертя підйомної машини:

$$F_{\text{екв.ор}} = k \cdot m_{\text{зр}} \cdot g \cdot \xi = 1,15 \cdot 50000 \cdot 9,81 \cdot 1,1 = 580144 \text{ Н}, \quad (2.25)$$

де $k = 1,15$ – коефіцієнт, який враховує опори при руху скіпа;

$\xi = 1,1$ – коефіцієнт, який враховує еквівалентність навантаження для врівноваженого багатоканатного підйому.

Розрахункова потужність приводного електродвигуна складе:

$$P_{\text{екв.ор}} = \frac{F_{\text{екв.ор}} \cdot v_{\text{м.ф}}}{1000} = \frac{580144 \cdot 13,2}{1000} = 4457 \text{ кВт}. \quad (2.26)$$

До застосування приймаємо електродвигун постійного струму типу П2-800-255-8КУ4 потужністю 5000кВт, частотою обертання 63хв^{-1} з маховим моментом $2400\text{кН}\cdot\text{м}^2$ та перевантажувальною здатністю $\gamma_{\text{табл}} = 2,4$.

Для багатоканатної підйомної установки визначимо приведену масу за формулою [2]:

$$m_{\text{пр}} = m_{\text{зр}} + 2m_{\text{с}} + n_{\text{к}} m_{\text{к}} H_{\text{о}} + n_{\text{у}} \cdot m_{\text{у}} \cdot H_{\text{о}} + \frac{1}{g} \left(\frac{GD_{\text{ш.о}}^2}{D_{\text{ш.о}}^2} + \frac{GD_{\text{шк}}^2}{D_{\text{шк}}^2} + \frac{GD_{\text{рот}}^2}{D_{\text{шк}}^2} \right) =$$

$$50000 + 2 \cdot 47000 + 4 \cdot 13,3 \cdot 777 + 2 \cdot 9,43 \cdot 777 + \frac{1}{9,81} \left(\frac{50000}{3,25^2} + \frac{2100000}{4^2} + \frac{2400000}{4^2} \right) = 12275 \text{ кг} \quad (2.27)$$

Таким чином, приведена маса багатоканатної підйомної установки типу ЦШ4×4 з електродвигуном постійного струму серії П2-800-255-8КУ4 потужністю 5000кВт та частотою обертання 63об/хв становить 12275кг.

2.5 Прискорення та уповільнення

Максимальне прискорення, яке може забезпечити електропривод багатоканатної підйомної установки при максимально допустимій перевантажувальній здатності буде:

$$a_1 = \frac{F_{ном} - k m_{ep} g - (n_k \cdot m_k - n_y \cdot m_y) \cdot g \cdot H_n}{m_{np}} =$$

$$= \frac{378787 - 1,15 \cdot 50000 \cdot 9,81 - (4 \cdot 13,3 - 2 \cdot 9,43) \cdot 9,81 \cdot 677}{12275} = 4,23 \text{ м/с}^2, \quad (2.28)$$

де $F_{ном}$ – номінальне зусилля, що розвивається електроприводом підйомної установки на окружності шківів тертя.

$$F_{ном} = \frac{P_{ном}}{v_{м.ф}} = \frac{5000 \cdot 10^3}{13,2} = 378787 \text{ Н.} \quad (2.29)$$

Уповільнення підйомної машини:

$$a_3 = \frac{\frac{2}{3} k \cdot m_{ep} \cdot g - (n_k \cdot m_k - n_y \cdot m_y) \cdot g \cdot H_n}{m_{np}} = \frac{\frac{2}{3} \cdot 1,15 \cdot 50000 \cdot 9,81 - (4 \cdot 13,3 - 2 \cdot 9,43) \cdot 9,81 \cdot 677}{12275} = 1,2 \text{ м/с}^2. \quad (2.30)$$

Для подальших розрахунків прийемо шестиперіодну діаграму зі швидкістю виходу скіпа з розвантажувальних кривих, яка дорівнює $v_o = 1,0 \text{ м/с}$ та швидкістю дотягування скіпа у розвантажувальних кривих рівною $v_o = 0,5 \text{ м/с}$. Величини прискорень і уповільнень підйомної машини приймаємо однаковими, рівними $a_1 = a_3 = 1 \text{ м/с}^2$. Величину прискорення стопоріння підйомної машини приймаємо рівною $a_{cm} = 0,5 \text{ м/с}^2$.

2.6 Діаграма швидкості підйомної установки

При руху скіпа в розвантажувальних кривих час та прискорення на цьому відрізку складе:

$$t_o = \frac{2h_o}{v_o} = \frac{2 \cdot 2,60}{1,0} = 5,2 \text{ с}; \quad (2.31)$$

$$a_o = \frac{v_o}{t_o} = \frac{1,0}{5,2} = 0,19 \text{ м/с}^2. \quad (2.32)$$

При руху скіпа з прискоренням час на цій ділянці та пройдений шлях буде:

$$t_1 = \frac{v_{\text{макс.}\phi} - v_o}{a_1} = \frac{13,2 - 1,0}{1} = 12,2 \text{ с}; \quad (2.33)$$

$$h_1 = \frac{v_{\text{макс.}\phi} + v_o}{2} \cdot t_1 = \frac{13,2 + 1,0}{2} \cdot 12,2 = 86,62 \text{ м}. \quad (2.34)$$

При стопорінні скіпа час при цьому та шлях, пройдений на цій ділянці, визначиться за формулами:

$$t_{cm} = \frac{v_\phi}{a_{cm}} = \frac{0,5}{0,5} = 1,0 \text{ с}; \quad (2.35)$$

$$h_{cm} = 0,5 \cdot v_\phi \cdot t_{cm} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,25 \text{ м}. \quad (2.36)$$

При дотягуванні скіпа шлях та час цього періоду розраховується:

$$h_\phi = h_o - h_{cm} = 2,60 - 0,25 = 2,35 \text{ м}; \quad (2.37)$$

$$t_\phi = \frac{h_\phi}{v_\phi} = \frac{2,35}{0,5} = 4,7 \text{ с}. \quad (2.38)$$

При уповільненні руху скіпа час та шлях на цій ділянці складе:

$$t_3 = \frac{v_{\text{мак.}\phi} - v_\delta}{a_3} = \frac{13,2 - 0,5}{1} = 12,7 \text{ с}; \quad (2.39)$$

$$h_3 = \frac{v_{\text{мак.}\phi} + v_\delta}{2} \cdot t_3 = \frac{13,2 + 0,5}{2} \cdot 12,7 = 87 \text{ м.} \quad (2.40)$$

При рівномірному руху скіпа шлях та час цього відрізка діаграми буде:

$$h_2 = H_n - (2 \cdot h_o + h_1 + h_3) = 677 - (2 \cdot 2,60 + 86,62 + 87) = 498,3 \quad (2.41)$$

$$t_2 = \frac{h_2}{v_{\text{мак.}\phi}} = \frac{498,3}{13,2} = 37,7 \text{ с.} \quad (2.42)$$

Отже, можемо визначити реальну тривалість руху скіпа за формулою:

$$T_\phi = t_o + t_1 + t_2 + t_3 + t_\delta + t_{cm} = 5,2 + 12,2 + 37,7 + 12,7 + 4,7 + 1,0 = 73,5 \text{ с.} \quad (2.40)$$

Загальна тривалість циклу підйому скіпа складе:

$$T_{\text{ц.}\phi} = T_\phi + t_n + t_{n,\delta} = 73,5 + 50 + 0,8 = 124,3 \text{ с,} \quad (2.41)$$

де $t_{n,\delta}=0,8\text{с}$ – тривалість пускового режиму при включенні електродвигуна.

Продуктивність підйомної установки з урахуванням фактичної тривалості підйомного циклу визначиться:

$$A_i = \frac{3600 \cdot m_{\text{сп}}}{T_{\text{ц.}\phi}} = \frac{3600 \cdot 50000}{124,3 \cdot 1000} = 1448,25 \text{ т/год.} \quad (2.42)$$

Умова виконується.

2.7 Діаграма зусиль багатоканатної підйомної установки

Зусилля, яке діє в будь-який період підйомного циклу, можливо визначити за рівнянням М.М. Федорова [3], котре для врівноважених підйомів має вигляд:

$$F_{\partial vi} = k \cdot Q + m_{np} \cdot a_i. \quad (2.43)$$

Виконаємо розрахунок діаграми підйомного циклу згідно цієї формули:

$$F_1 = F_2 = km_{cp}g + m_{np}a_o = 1,15 \cdot 50000 \cdot 9,81 + 12275 \cdot 0,19 = 566407 H; \quad (2.44)$$

$$F_3 = F_4 = km_{cp}g + m_{np} \cdot a_1;$$

$$F_5 = F_6 = km_{cp}g;$$

$$F_7 = F_8 = km_{cp}g - m_{np} \cdot a_3;$$

$$F_9 = F_{10} = km_{cp}g;$$

$$F_{11} = F_{12} = km_{cp}g - m_{np} \cdot a_{cm}.$$

Результати розрахунків зведемо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахункові параметри зусилля діаграми підйомного циклу

Найменування зусиль	Розрахункова величина, Н
$F_1=F_2$	566407
$F_3=F_4$	576350
$F_5=F_6$	563007
$F_7=F_8$	551071
$F_9=F_{10}$	563007
$F_{11}=F_{12}$	557019

Знайдені зусилля зображено на діаграмі підйомного циклу на рисунку 2.2.

2.8 Уточнена потужність підйомного двигуна

Уточнюємо еквівалентну потужність приводного електродвигуна визначимо за наступною залежністю:

$$P_{\text{экв}} = \frac{F_{\text{экв}} \cdot v_{\text{м.ф}}}{1000} = \frac{341391 \cdot 13,2}{1000} = 4506,95 \text{ кВт}, \quad (2.45)$$

де $F_{\text{экв}}$ – необхідне еквівалентне зусилля, яке визначається за діаграмою підйомного циклу, Н.

$$F_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{\int_0^t F_i^2 \cdot dt}{T_{\text{ц.экв}}}} = \sqrt{\frac{2,30 \cdot 10^{12}}{78,39}} = 341391 \text{ Н}; \quad (2.46)$$

$$\int_0^t F_i^2 \cdot dt = F_1^2 \cdot t_o + F_3^2 \cdot t_1 + F_5^2 \cdot t_2 + F_7^2 \cdot t_3 + F_9^2 \cdot t_o + F_{11}^2 \cdot t_{cm} = \quad (2.47)$$

$$566407^2 \cdot 5,2 + 576350^2 \cdot 12,2 + 563007^2 \cdot 37,7 + 551071 \cdot 12,7 + 563007^2 \cdot 4,7 + 557019 \cdot 1,0 = 2,30 \cdot 10^{12}$$

де $T_{\text{ц.экв}}$ – еквівалентний час одного підйомного циклу, значення якого визначається:

$$T_{\text{ц.экв}} = t_2 + \alpha_o (t_o + t_1 + t_3 + t_o + t_{cm}) + \beta t_n = 37,7 + \frac{2}{3} (5,2 + 12,2 + 12,7 + 4,7 + 1,0) + \frac{1}{3} \cdot 50 = 78,39 \text{ с.} \quad (2.48)$$

Так як розрахункова еквівалентна потужність менше потужності раніше прийнятого приводного електродвигуна постійного струму ($4506 \text{ кВт} < 5000 \text{ кВт}$), будемо вважати, що двигун серії П2-800-252-8КУ4 потужністю 5000 кВт та з частотою обертання 63 об/хв за потужністю проходить.

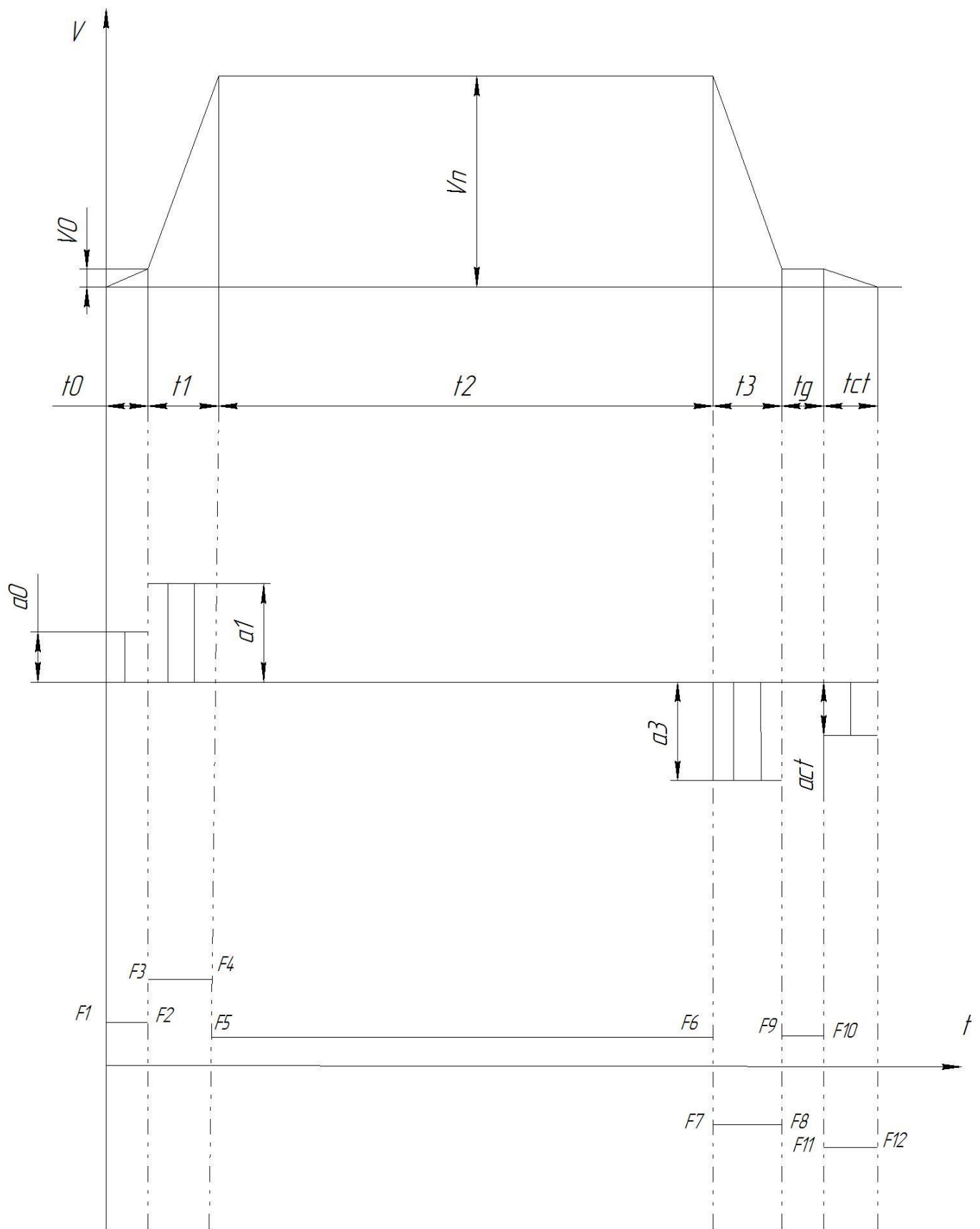


Рисунок 2.2 – Діаграми швидкості, прискорення та зусиль

2.9 Економічна ефективність підйому

Витрачена електроенергія за один підйомний цикл для врівноваженого підйому при застосуванні приводу постійного струму, що працює за системою ТП-Д, визначиться за виразом [3]:

$$W_3 = \frac{\sum F_i \cdot v_i \cdot t_i}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_e \cdot \eta_{mn}} = \frac{235607943}{3600 \cdot 1000 \cdot 1,0 \cdot 0,96 \cdot 0,99 \cdot 0,98} = 60,81 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (2.49)$$

$$\begin{aligned} \sum F_i \cdot v_i \cdot t_i &= \frac{F_1 \cdot v_o \cdot t_0}{2} + \frac{(v_o + v_m) \cdot F_3 \cdot t_1}{2} + v_m \cdot F_5 \cdot t_2 + \frac{(v_m + v_d) \cdot F_7 \cdot t_3}{2} + v_d \cdot F_9 \cdot t_d + \frac{v_d \cdot F_{11} \cdot t_{cm}}{2} = \\ &= \frac{566407 \cdot 1,0 \cdot 5,2}{2} + \frac{(1+13,2) \cdot 576350 \cdot 12,2}{2} + 13,2 \cdot 563007 \cdot 37,7 + \\ &+ \frac{(13,2 + 0,5) \cdot 551071 \cdot 12,7}{2} + 0,5 \cdot 563007 \cdot 4,7 + \frac{0,5 \cdot 557019 \cdot 1,0}{2} = 235607943 \end{aligned} \quad (2.50)$$

де $\eta_{ред} = 1$ – коефіцієнт корисної дії (ККД) редуктора (застосовано безредукторний електропривод з тихохідним електродвигуном);

$\eta_{дв} = 0,96$ – ККД електродвигуна постійного струму;

$\eta_e = 0,99$ – ККД незалежної обмотки збудження двигуна постійного струму;

$\eta_{m.n} = 0,98$ – ККД перетворювача напруги, виконаного на тиристорах (запропоноване більш ефективне регулювання швидкості обертання двигуна).

Так як в процесі уповільнення застосовується рухове гальмування, то зусилля в розрахунку застосовуються з позитивним знаком (в режимі рухового гальмування спостерігається витрата електроенергії).

Питома витрата електроенергії при підйомі 1т вантажу скіповою підйомною установкою визначається:

$$e = \frac{W_3}{m_{zp}} = \frac{60,81}{50} = 1,22 \text{ кВт} \cdot \text{год/т.} \quad (2.51)$$

Річна витрата електроенергії багатоканатною підйомною установкою буде:

$$E = e \cdot A_{\text{зод}} = 1,22 \cdot 5,3 \cdot 10^6 = 6,4 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}. \quad (2.52)$$

Електроенергія, яка витрачається на здійснення корисної роботи за один підйомний цикл, визначається за формулою:

$$W_n = \frac{m_{\text{сп}} \cdot g \cdot H_n}{3,6 \cdot 10^6} = \frac{50000 \cdot 9,81 \cdot 677}{3,6 \cdot 10^6} = 58,22 \text{ кВт} \cdot \text{год}. \quad (2.53)$$

ККД багатоканатної підйомної установки знаходимо як відношення електроенергії на здійснення корисної роботи до витраченої електроенергії:

$$\eta_{\text{уст}} = \frac{W_n}{W_{\text{з}}} = \frac{58,22}{60,81} \cdot 100 = 91 \%. \quad (2.54)$$

3 РОЗРАХУНОК РОТОРНИХ ОПОРІВ ДВИГУНА

3.1 Вихідні дані

Роторні опори розраховуються з метою забезпечення гарантованого пуску підйомного двигуна і забезпечення прискорення a_1 . Одразу зазначимо, що цей спосіб регулювання обертів хоч і є розповсюдженим на гірничих підприємствах, але морально застарілий та неефективний. Його застосування обумовлено нестатком коштів на реконструкцію підйомної установки.

Вихідні дані для розрахунку:

$$P_{ном} = 5000 \text{ кВт};$$

$$n_{ном} = 63 \text{ хс}^{-1};$$

$$n_c = 66 \text{ хс}^{-1};$$

$$I_{ном} = 5740 \text{ А};$$

$$\gamma_{табл} = 1,8;$$

$$n_{дс} = 2;$$

$$E_{ном} = 0,93 \text{ кВ};$$

$$I_{ст} = 145 \text{ А};$$

дані діаграми швидкості:

$$V_m = 13,2 \text{ м/с};$$

$$V_0 = 1 \text{ м/с};$$

$$a_0 = 1 \text{ м/с}^2;$$

$$a_1 = 1,2 \text{ м/с}^2;$$

$$T_{нф} = 124,3 \text{ с};$$

$$t_{n,г} = 0,8 \text{ с};$$

$$t_0 = 5,2 \text{ с};$$

$$t_1 = 12,2 \text{ с};$$

дані діаграми зусиль:

$$F_1 = F_2 = 37,5 \text{ кН};$$

$$F_3 = F_4 = 95,097 \text{ кН};$$

3.2 Визначення пускових моментів

Сила, яка впливає на електродвигун при русі скіпа в кривих – в період t_0 , визначається, кН:

$$F_{кр} = \frac{F_1 + F_2}{2 \cdot n_{дв}}; \quad (3.1)$$

$$F_{кр} = \frac{37,5 + 37,5}{2 \cdot 2} = 18,75 \text{ (кН)};$$

Сила, яка впливає на електродвигун при русі скіпа в період основного прискорення t_1 , кН:

$$F_{о.у} = \frac{F_3 + F_4}{2 \cdot n_{дв}}; \quad (3.2)$$

$$F_{о.у} = \frac{95,097 + 95,097}{2 \cdot 2} = 47,55 \text{ (кН)};$$

Статичне зусилля в період пуску електроприводу багатоканатної підйомної установки, кН:

$$F_{ст} = k \cdot Q; \quad (3.3)$$

$$F_{ст} = 1,15 \cdot 120 = 138 \text{ (кН)};$$

Початковий момент при русі скіпа в кривих (в період t_0) визначається, кН:

$$M_{кр} = \frac{F_{кр} \cdot D_{\delta}}{2 \cdot u \cdot \eta_{ред}}; \quad (3.4)$$

$$M_{кр} = 33,17 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Пусковий момент при русі скіпа в кривих в період t_1 :

$$M_{\text{пуск}} = \frac{F_{\text{сн}} \cdot D_{\text{с}}}{2 \cdot u \cdot \eta_{\text{ред}}}; \quad (3.5)$$

$$M_{\text{пуск}} = 42,36 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Статичний момент визначається:

$$M_{\text{ст}} = \frac{F_{\text{сн}} \cdot D_{\text{с}}}{2 \cdot u \cdot \eta_{\text{ред}}}; \quad (3.6)$$

$$M_{\text{ст}} = 36,8 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Номінальний момент електродвигуна на поверхні шківа тертя становить:

$$M_{\text{ном}} = 9,55 \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}}; \quad (3.7)$$

$$M_{\text{ном}} = 27,65 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Перекидний (максимальний, що може створити електродвигун) момент розраховується за формулою:

$$M_{\text{опр}} = \gamma_{\text{табл}} \cdot M_{\text{ном}} \quad (3.8)$$

$$M_{\text{опр}} = 1,8 \cdot 27,65 = 49,77 \text{ (кН} \cdot \text{м)};$$

Моменти переключення при русі скіпа в зоні розвантажувальних кривих:
верхній:

$$M_{\text{пер}}'' = 0,9 \cdot M_{\text{опр}}; \quad (3.9)$$

$$M_{\text{пер}}'' = 0,9 \cdot 49,77 = 44,614 \text{ (кН} \cdot \text{м)};$$

нижній:

$$M_{\text{пер}}' = 2 \cdot M_{\text{пуск}} - M_{\text{пер}}''; \quad (3.10)$$

$$M_{\text{пер}}' = -40,36 \text{ (кН} \cdot \text{м)};$$

Номинальне ковзання електродвигуна визначається:

$$S_{\text{ном}} = \frac{n_c - n_{\text{ном}}}{n_c}; \quad (3.11)$$

$$S_{\text{ном}} = 0,018;$$

Номинальний опір електродвигуна буде:

$$R_{\text{ном}} = \frac{E_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{ном}}}; \quad (3.12)$$

$$R_{\text{ном}} = 0,067 \text{ (Ом)};$$

Під номінальним опором розуміється природній опір в колі ротора при номінальних параметрах живлення та при $M_{\text{дв}} = M_{\text{ном}}$.

Опір ротора визначається:

$$R_{\text{рот}} = R_{\text{ном}} \cdot S_{\text{ном}}; \quad (3.13)$$

$$R_{\text{рот}} = 0,0092 \text{ Ом};$$

Повний опір роторного кола при ревізії канату:

$$R_{\text{но.т}} = \frac{E_{\text{НО.М}}}{I_{\text{рес}} \cdot \sqrt{3}}; \quad (3.14)$$

$$I_{\text{рес}} = \frac{I_{\text{НО.М}}}{3} = 173,3 \text{ А}; \quad (3.15)$$

$$R_{\text{но.т}} = 19,987 \text{ Ом};$$

Момент при ревізії канату розраховується:

$$M_{\text{рес}} = \frac{M_{\text{НО.М}}}{3}; \quad (3.16)$$

$$M_{\text{рес}} = 6,883 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

3.3 Механічні характеристики електродвигуна

Побудову природніх та штучних механічних характеристик електродвигуна виконаємо графічним шляхом. Механічні характеристики приведені на рисунку 3.1 і 3.2.

Побудова механічних характеристик проводиться в наступному порядку. Для побудови характеристики обираються відповідні масштаби для моментів, частоти обертання, ковзання і опору.

Масштабний коефіцієнт для моментів визначається:

$$m_M = \frac{M_{\text{НО.М}}}{l_m}; \quad (3.17)$$

$$m_M = \frac{20,65}{100} = 0,207 (\kappa H \cdot M);$$

де l_m – прийнятий відрізок, що відповідає $M_{ном}$.

Масштабний коефіцієнт для частоти обертання складе:

$$m_n = \frac{n_\varepsilon}{l_{n.c}}; \quad (3.18)$$

$$m_n = \frac{375}{100} = 0,0375 (\text{хс}^{-1});$$

Масштабний коефіцієнт для опорів буде:

$$m_R = \frac{R_{ном}}{l_{r.ном}}; \quad (3.19)$$

$$m_R = \frac{0,67}{100} = 0,0067 (ОМ);$$

Масштабний коефіцієнт для ковзання розраховується:

$$m_s = \frac{1}{l_s}; \quad (3.20)$$

$$m_s = \frac{1}{100} = 0,01;$$

Для побудови природної механічної характеристики визначається відрізок лінії, що відповідає:

$$l_{R_{пот}} = \frac{S_{ном}}{m_s}; \quad (3.21)$$

$$l_{R_{пот}} = \frac{0,013}{0,01} = 1,3;$$

Із точки b вниз відкладаємо отриманий відрізок $l_{R_{ром}}$ довжиною $b - b'$. Через точки N і b' проводиться пряма лінія, котра пересікає всі виставлені перпендикуляри. Це і буде природна характеристика $-z_e$.

Другою будується характеристика, що відповідає ревізії канату $r_{рес}$, для чого проводиться пряма лінія, що з'єднує точки N і A .

Третьою будується характеристика r_1 , що відповідає пусковому моменту $M_{кр}$, для чого визначається відрізок, відповідний ковзанню при русі скіпа в розвантажувальних кривих зі швидкістю V_0 :

$$l_{S_0} = \frac{S'_0}{m_c}; \quad (3.22)$$

$$S'_0 = S_0 - S_{ном} = 1 \cdot \frac{1 - S_{ном}}{V_m} \cdot V_0; \quad (3.23)$$

$$S'_0 = 1 \cdot \frac{1 - 0,013}{8,5} \cdot 1 = 0,116;$$

$$l_{S_0} = \frac{0,116}{0,01} = 11,6;$$

Із точки N за віссю y відкладається відрізок l_{S_0} довжиною $N-K$ та через точку K проводиться горизонтальна лінія, яка відсікає від перпендикуляра відрізок $C-C'$. Для побудови характеристики r_1 відрізок $C-C'$ ділиться навпіл в точці z . З'єднуючи точки N та z , отримаємо характеристику r_1 .

При побудові наступних характеристик необхідно, щоб характеристика r_2 проходила через точку f' . З'єднуючи точки N та f' , отримаємо характеристику r_2 . Характеристика r_2 пересікає перпендикуляр $D-d$, відповідний нижньому моменту переключення $M'_{пер}$ в точці 1. В точці 1 відбудеться переключення двигуна на характеристику r_3 . Для побудови характеристики r_3 із точки 1 проводиться горизонтальна лінія до перетину з перпендикуляром $F-f$, відповідним верхньому моменту переключення $M''_{пер}$ в точці 2. З'єднуючи точки N і 2, отримаємо характеристику r_3 . Наступні характеристики будуються за тим же методом.

3.4 Визначення опорів за ступенями

При визначенні величини опорів окремих ступенів виходимо із припущення, що опір ступеню пропорційний ковзанню, відрахованому між відповідними суміжними характеристиками при номінальному моменті. Ковзання на окремих ступенях визначається графічно згідно з рисунком 3.2 наступним чином: заміряють відрізки між суміжними ступенями і згідно з вказаним припущенням визначається ковзання на ступенях:

$$S_i = l_{r_i} \cdot m_{S_i}; \quad (3.24)$$

$$S_1 = 0,197;$$

$$S_2 = 0,153;$$

$$S_3 = 0,0826;$$

$$S_4 = 0,0445;$$

$$S_5 = 0,024;$$

$$S_6 = 0,0125;$$

Сума ковзань по ступенях буде відповідати величині пускового ковзання:

$$S_{\text{пуск}} = S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1}; \quad (3.25)$$

$$S_{\text{пуск}} = 1,257$$

Ковзання на попередньому ступені визначається:

$$S_{\text{рег}} = S_{\text{но.л}} - (S_{\text{пвск}} + S_{\text{но.м}}); \quad (3.26)$$

$$S_{\text{но.л}} = \frac{M_{\text{но.м}}}{M_{\text{рег}}}; \quad (3.27)$$

$$S_{\text{но.л}} = \frac{20,65}{6,883} = 3;$$

$$S_{\text{рег}} = 3 - (1,257 + 0,013) = 1,73$$

Повний опір роторного кола визначається:

$$R_{\text{но.л}} = R_{\text{но.м}} \cdot S_{\text{но.л}}; \quad (3.28)$$

$$R_{\text{но.л}} = 0,067 \cdot 3 = 0,201 \text{ (Ом)};$$

Додатковий опір роторного кола визначається:

$$R_{\text{д.л}} = R_{\text{но.л}} - R_{\text{ром}}; \quad (3.29)$$

$$R_{\text{д.л}} = 0,201 - 0,087 = 0,114 \text{ (Ом)};$$

Опір по окремим ступеням складе:

$$R_i = m_R \cdot l_{r_i}; \quad (3.30)$$

$$R_1 = 0,0655 \text{ (Ом)};$$

$$R_2 = 0,07 \text{ (Ом)};$$

$$R_3 = 0,0065 \text{ (Ом)};$$

$$R_4 = 0,006 \text{ (Ом)};$$

$$R_5 = 0,00171 \text{ (Ом)};$$

$$R_6 = 0,0094 \text{ (Ом)};$$

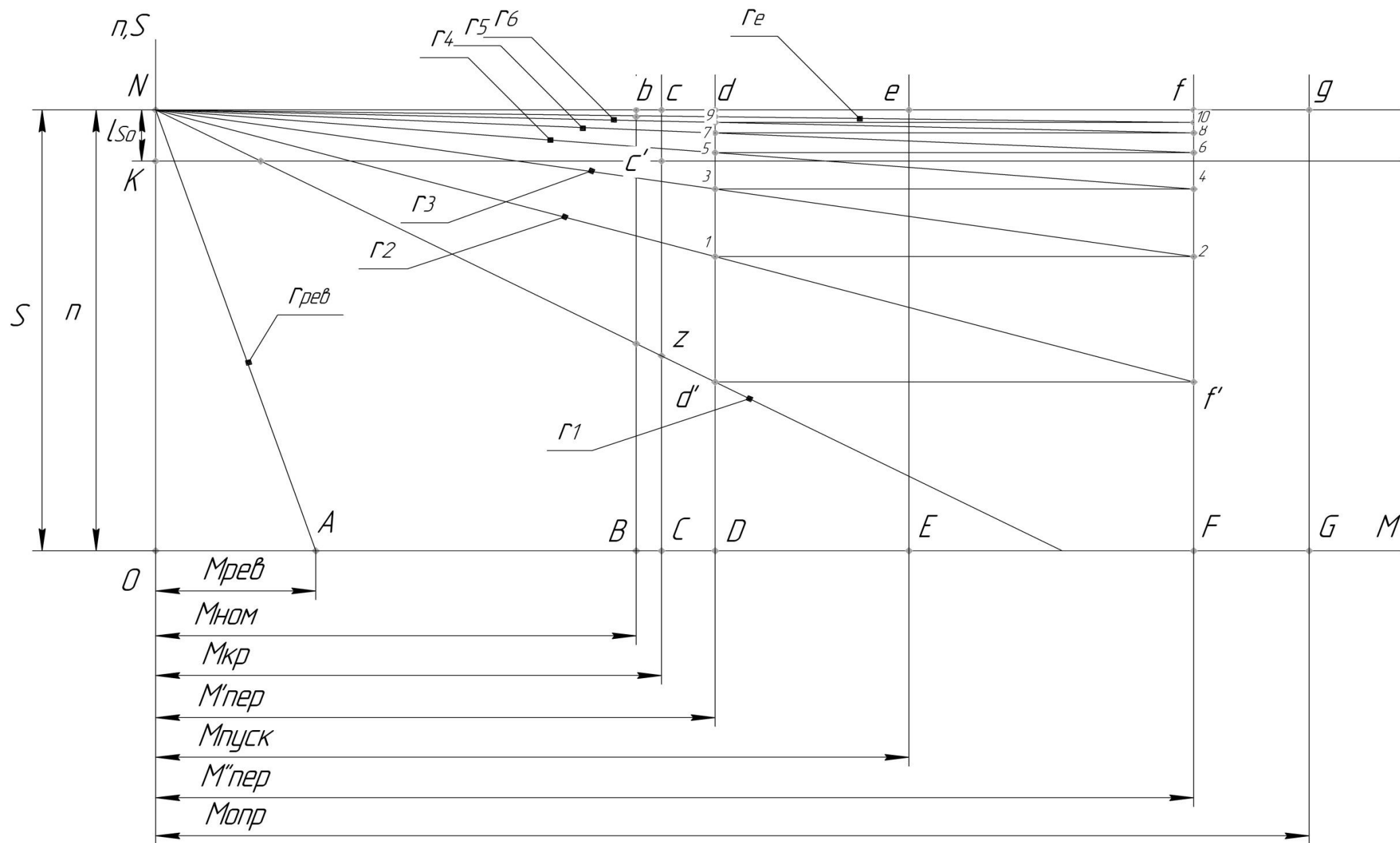


Рисунок 3.1 – Графік до побудови механічних характеристик двигуна

Рисунок 3.2 – Графік до визначення роторних додаткових опорів по ступеням

Перевірка за опором буде:

$$R_{нолр.} = \sum R_i + R_{ром}; \quad (3.31)$$

$$R_{нолр.} = 0,201 \text{ (ОМ)};$$

$$R_{нолр.} = R_{нол};$$

Умова виконується.

3.5 Час роботи двигуна на кожному ступені

Час роботи двигуна на характеристиці $r_{рес}$ приймається рівним $t_{n.g} = 0,75 \text{ с.}$ Час роботи двигуна на характеристиці r_1 дорівнює часу руху скіпа в розвантажувальних кривих – t_1 . Передбачається, що час роботи двигуна на кожній характеристиці пропорційний відстані між відповідними характеристиками в зоні їх переключення, як показано на рисунку 3.2. Отже, період часу t_1 відповідає відрізок С. Відстань між суміжними характеристиками позначаємо: С1, С2,...,Сn.

Визначаємо масштаб часу, котрий дорівнює:

$$m_t = \frac{t_1}{c}; \quad (3.32)$$

$$m_t = \frac{6,25}{60,19} = 0,104 \text{ (с)};$$

Тривалість роботи двигуна на кожному ступені буде:

$$t_{1,i} = C_i \cdot m_t; \quad (3.33)$$

$$t_{1,1} = 0,104 \cdot 28,45 = 2,96 \text{ (с)};$$

$$t_{1,2} = 0,104 \cdot 15,33 = 1,59;$$

$$t_{1,3} = 0,104 \cdot 8,26 = 0,86;$$

$$t_{1,4} = 0,104 \cdot 4,45 = 0,46;$$

$$t_{1,5} = 0,104 \cdot 2,4 = 0,25;$$

$$t_{1,6} = 0,104 \cdot 1,3 = 0,135;$$

Тривалість знаходження кожного ступеня під напругою визначиться:

$$\tau_{pes} = t_{n,g} = 0,75 \text{ с}; \quad (3.34)$$

$$\tau_0 = \tau_{pes} + t_0 = 5,09 \text{ с};$$

$$\tau_1 = \tau_0 + t_{1,1} = 8,05 \text{ с};$$

$$\tau_2 = \tau_1 + t_{1,2} = 9,64 \text{ с};$$

$$\tau_3 = \tau_2 + t_{1,3} = 10,5 \text{ с};$$

$$\tau_4 = \tau_3 + t_{1,4} = 10,96 \text{ с};$$

$$\tau_5 = \tau_4 + t_{1,5} = 11,21 \text{ с};$$

$$\tau_6 = \tau_5 + t_{1,6} = 11,345 \text{ с};$$

Для перевірки розрахуємо:

$$\tau_{n-1} = t_1 + t_0 + t_{n,g} - t_{1,n}; \quad (3.35)$$

$$\tau_{n-1} = 6,25 + 4,34 + 0,75 - 0,135 = 11,21 \text{ с};$$

$$\tau_{n-1} \approx 11,21 \text{ с};$$

Умова виконується.

Розрахуємо відносну тривалість включення кожного ступеня в відсотках.
Визначимо значення тривалості включення ПВ, %:

$$ПВ_{i_{\text{поз}}} = \frac{\tau_i}{T_{\text{л.ф}}} \cdot 100; \quad (3.36)$$

$$ПВ_{0_{\text{поз}}} = 100 \cdot 0,04 = 4;$$

$$ПВ_{1_{\text{поз}}} = 100 \cdot 0,071 = 7,1;$$

$$ПВ_{2_{\text{поз}}} = 100 \cdot 0,075 = 7,5;$$

$$ПВ_{3_{\text{поз}}} = 100 \cdot 0,082 = 8,2;$$

$$ПВ_{4_{\text{поз}}} = 100 \cdot 0,086 = 8,6;$$

$$ПВ_{5_{\text{поз}}} = 100 \cdot 0,088 = 8,8;$$

$$ПВ_{6_{\text{поз}}} = 100 \cdot 0,089 = 8,9;$$

Приймаємо наступні значення ПВ:

$$ПВ_0 = 6;$$

$$ПВ_1 = 12,5;$$

$$ПВ_2 = 12,5;$$

$$ПВ_3 = 12,5;$$

$$ПВ_4 = 12,5$$

$$ПВ_5 = 12,5$$

$$ПВ_6 = 12,5$$

3.6. Вибір опорів по ступеням

Величини струмів, необхідні для вибору опорів:

Таблиця 3.1. –Звідні параметри роторних опорів

Ступінь опору	Розрахунко- вий опір ступеню, Ом	Розрахунко- вий тривалий струм, А	Розрахунковий коротко- строковий струм, А	Розра- хункова величина ПВ%	Прийняте Значення ПВ%	Прийнятий опір			Допустимий максимальний струм, А	Фактичний тривалий струм, А
						Загаль- ний	Кількість елементів	Фактичне значення опорів ступеню, Ом		
$R_{рев}$	0,134	173,3	173,3	100	100	0,14	20	0,007	181	173,3
R_1	0,0655	173,3	714,88	4	6	0,1	20	0,005	770	173,3
R_2	0,07	173,3	714,88	7,1	6	0,1	20	0,005	770	173,3
R_3	0,0065	173,3	714,88	7,5	6	0,1	20	0,005	770	173,3
R_4	0,006	173,3	714,88	8,2	6	0,1	20	0,005	770	173,3
R_5	0,00171	173,3	573,46	8,6	12,5	0,1	20	0,005	580	173,3
R_6	0,0094	173,3	573,46	8,8	12,5	0,1	20	0,005	580	173,3
$R_{g.c}=\sum R_i$	0,233	173,3	173,3	8,9	12,5	0,8	20	0,040	205	173,3

4 МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДЙОМОМ

За рахунок застосування двигуна постійного струму можливо запропонувати при належному фінансуванні (наприклад, при реконструкції гірничого підприємства) систему керування та автоматизації РЕП-2Ш. Це дозволить завдяки застосуванню тиристорного перетворювача знизити витрати на електроенергію (більш енергоефективне керування швидкістю обертання електродвигуна).

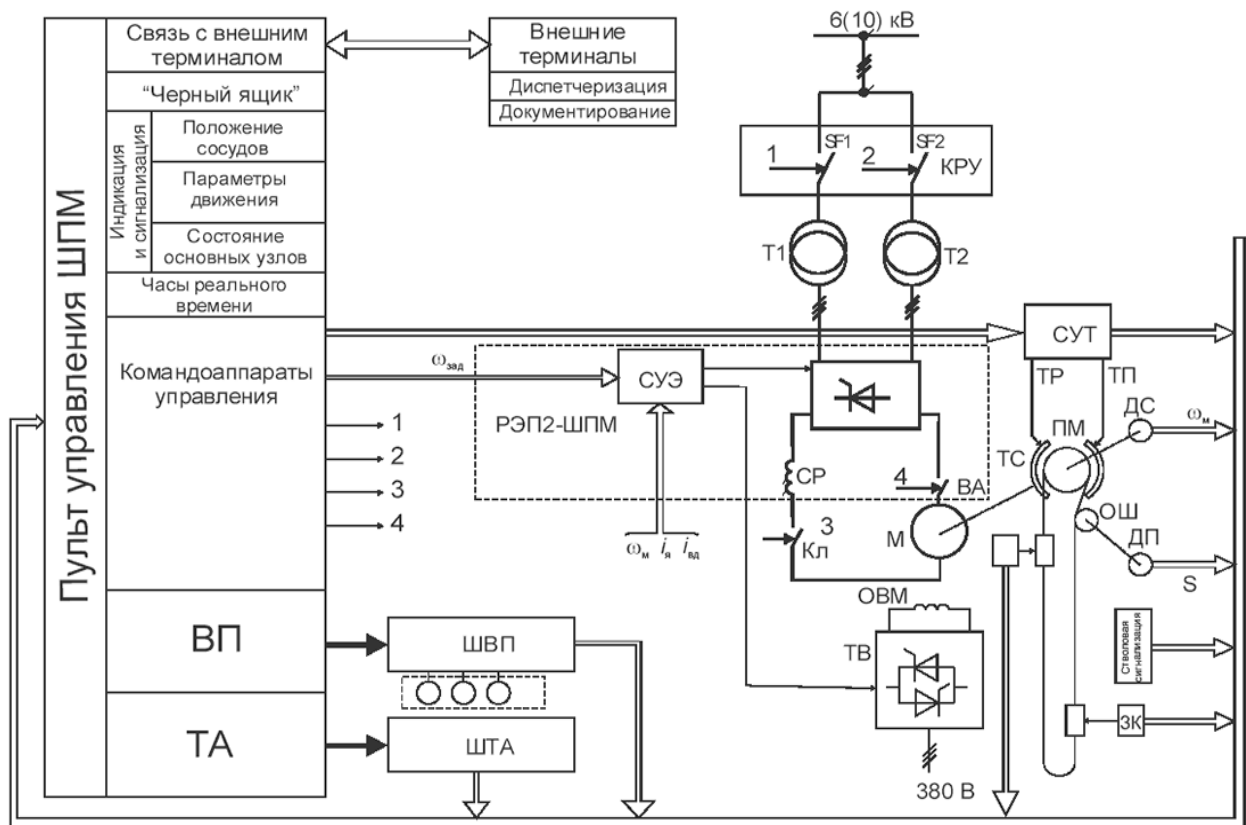


Рисунок 4.1 – Структурна схема РЕП-2Ш

Основні технічні характеристики електроприводу з системою РЕП-2Ш наведено в таблиці 4.1.

Функціональні схеми силової частини РЕП-2Ш та вентильної секції зображено відповідно на рисунках 4.2 та 4.3.

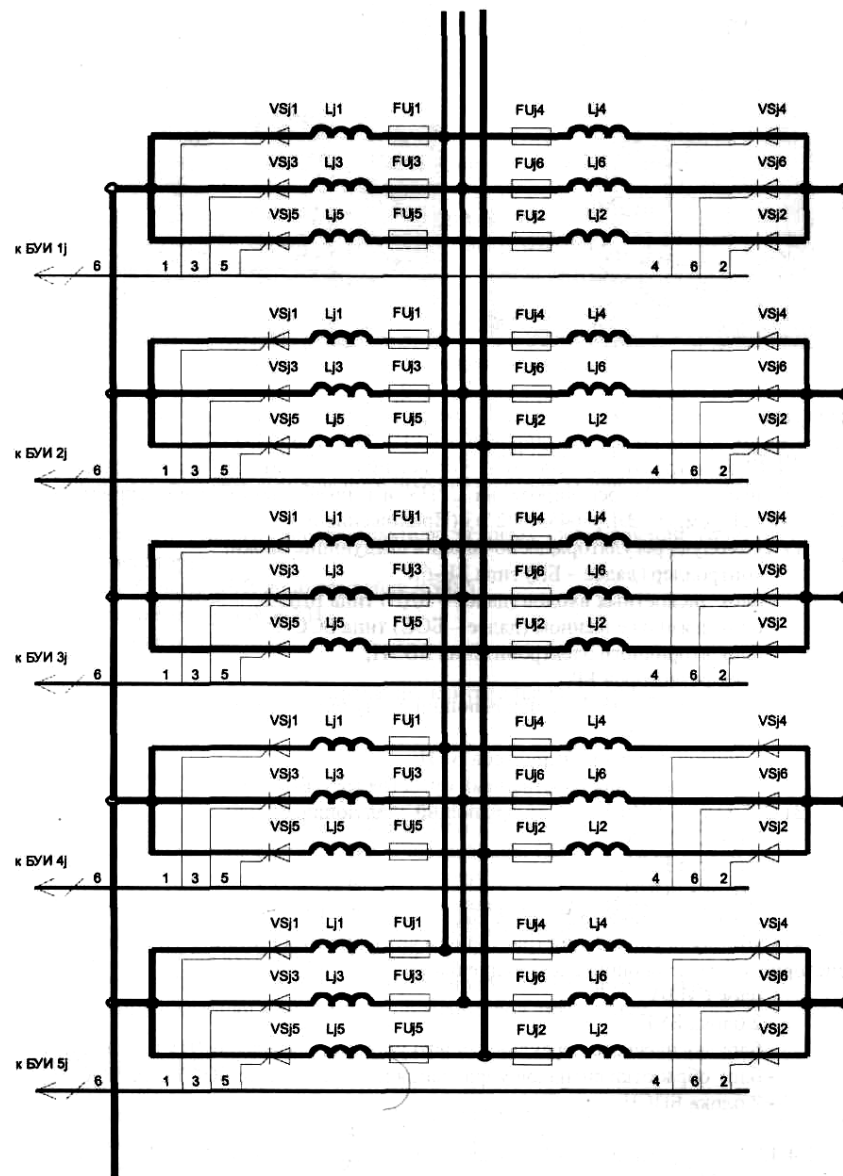


Рисунок 4.3 – Функціональні схеми вентильної секції

В якості високовольтного комутаційного апарату для підйомної установки застосовано масляний вимикач ВМГ-133, розрахований на напругу 6–10 кВ, та номінальними струмами 600, 1000 і 1500 А. Схема вимикача приведена на рисунку 4.4. На рисунку 4.4 показано: 1 – рама; 2 – вал; 3 – підшипник валу; 4 – двоплечова тяга; 5 – пружини, які вимикають; 6, 7 – масляний буфер; 8 – пружинний буфер; 9 – опорні ізолятори.

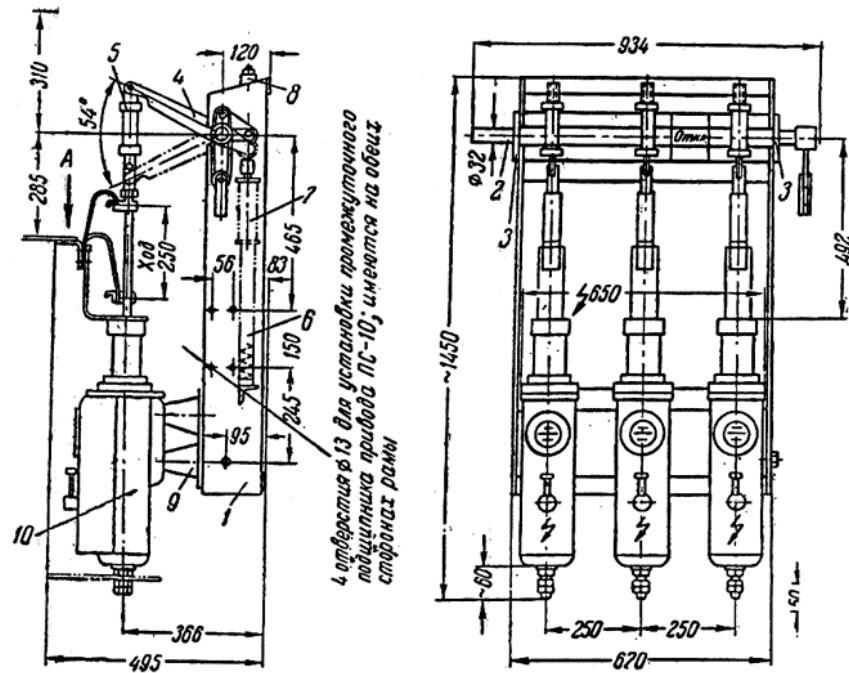


Рисунок 4.4 – Масляний вимикач ВМГ-133

Командоконтролер КА-5052/2-1003 застосовують для дистанційного управління підйомним асинхронним електродвигуном та двигунами постійного струму. Пульт управління призначений для місцевого і дистанційного управління роботою підйомної установки з підйомними машинами, які мають електричний привід на постійному та змінному струмі. Пульт може нормально працювати в приміщенні при температурі $+5^{\circ} - 40^{\circ}\text{C}$, відносної вологості не більше 80% і висоті над рівнем моря до 2000м. Виконання пульта вибухозахищене.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Підйомні машини, що застосовуються у вугільних шахтах, повинні відповідати вимогам ГОСТів, погоджених з МакНДІ [10].

Максимальні швидкості підймання та опускання людей та вантажів по вертикальних виробках визначаються проектом [10], але не повинні перевищувати 12м/с. Величина середнього уповільнення підйомної установки при запобіжному, робочому гальмуванні не повинно перевищувати 5м/с^2 . Для захисту від перепідймання і перевищення швидкості шахтна підйомна установка повинна бути забезпечена такими запобіжними пристроями [10]:

1. Кожна підйомна посудина – кінцевим вимикачем, що встановлений у виробці або на копрі та призначений для вимикання запобіжного гальма при підйманні посудини на 0,5 м вище рівня верхнього приймального майданчика.

2. Обмежувачем швидкості, який викликає вмикання запобіжного гальма у випадку:

- Перевищення швидкості в період уповільнення;
- Перевищення швидкості рівномірного ходу на 15%;
- Наближення посудини до верхнього та нижнього приймального майданчика.

Шахтні підйомні установки повинні бути обладнані такими захисними та блокуючими пристроями [11]:

1. Пристроєм блокування від надмірного зношення гальмівних колодок;
2. Максимальним та нульовим захистом;
3. Захистом від провисання струни та напуску каната у ствол;
4. Захистом від жорсткої посадки клітей людського та вантажелюдського підйомів;
5. Пристроєм блокування запобіжних ґрат;
6. Пристроєм блокування, який дозволяє вмикати двигун після перепідймання посудини тільки в бік ліквідації перепідймання;

7. Пристроєм, що подає сигнали стволловому або машиністу при висмикуванні гальмівних канатів у місці їх кріплення в зумпфі;

8. Дублюючим обмежувачем швидкості.

У разі поломки підйомної машини або застрягання підйомних посудин у стволі повинні бути обладнані аварійно-ремонтні підйомні установки, які відповідають вимогам ПТЕ.

ВИСНОВКИ

В роботі було виконано розрахунок багатоканатної підйомної установки з врівноважуючими канатами, визначено параметри елементів установки, обрано діаграми швидкостей, прискорень та зусиль. Приведено економічні показники роботи скіпового підйому. При достатньому фінансуванні гірничого підприємства запропоновано застосування системи керування та автоматизації типу РЕП-2Ш. Тиристорний перетворювач даної системи дозволить здійснювати регулювання частоти обертання електроприводу підйому з більш низькими витратами електроенергії, а також підвищить надійність та безпеку експлуатації даної установки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Песвианидзе А.В. Расчет шахтных подъёмных установок: Уч.пособие для вузов. – М.: Недра, 1992.
2. Алексеев В.В. Стационарные машины. М.: Недра, 1989.
3. Методические указания к проектированию шахтных подъёмных установок. Яценко Н.И., Зима П.Ф., Гулин В.В. Донецк ДПИ. 1988.
4. Правицкий Н.К. Рудничные подъёмные установки: Учеб. пособие для студ. горн. спец. вузов. и фак. – М.: Госгортехиздат, 1963. – 416с.
5. Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу: «Шахтные подъёмные установки» / Сост. А.А. Белоцерковский, Н.И. Яценко. – Донецк: ДПИ, 1990.
6. Фёдорова З.М. Рудничные подъёмные установки, М: Недра, 1966.
7. Справочник механика угольной шахты / А.И. Пархоменко, В.И. Остапенко, И.М. Митько и др. М.: Недра, 1985. – 448с.
8. Дзюбан В.С., Риман Я.С., Маслий А.К. Справочник энергетика угольной шахты. М.: Недра, 1983. – 542с.
9. Малашкина В.А., Малеев В.Б. Ремонт и эксплуатация стационарного оборудования шахт: Справочник рабочего. – М.: Недра, 1990. – 329с.
10. Правила безпеки у вугільних шахтах. ДНАОП 1.1.30 – 1.01 – 96, Київ, «Основа», «Поліграфкнига», 1996.
11. Щадов М.И., Владыченко И.М. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М., Недра, 1986.