

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

Інститут Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний факультет

(факультет)

Кафедра електропривода

(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеню магістра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Крата Владислава Петровича  
(ПІБ)

академічної групи 141М-19-4  
(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(код і назва спеціальності)

спеціалізації<sup>1</sup> Електромеханічні системи автоматизації та електропривод

за освітньо-професійною програмою \_\_\_\_\_  
(офіційна назва)

на тему Автоматизований електропривод механізму напору екскаватора  
ЭКГ-5а  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Колб А.А			
розділів:				
Спеціальна частина	Колб А.А			
Економічна частина	Тимошенко Л.В			
<b>Рецензент</b>				
<b>Нормоконтролер</b>	Казачковський М.М.			

Дніпро  
2020\_\_

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри  
електропривода  
\_\_\_\_\_ (повна назва)

\_\_\_\_\_ Казачковський М.М.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« 02 » вересня 2020 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня** \_\_\_\_\_ магістра \_\_\_\_\_  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту \_\_\_\_\_ Крат В.П. \_\_\_\_\_ академічної групи \_\_\_\_\_ 141М-19-4 \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації<sup>1</sup> Електромеханічні системи автоматизації та електропривод

за освітньо-професійною програмою \_\_\_\_\_  
(офіційна назва)

на тему \_\_\_\_\_ Автоматизований електропривод механізму напору екскаватора  
ЭКГ-5а \_\_\_\_\_

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
Спеціальний	Загальна характеристика механізму напору екскаватора	15.10-28.10
	Розрахунок механізму напору, вибір електродвигуна та перетворювача	29.10-11.11
	Створення структурної схеми, моделювання перехідних процесів	12.11-25.11
Економічна частина	Економічне обґрунтування прийнятих рішень	25.11-8.12

Завдання видано \_\_\_\_\_ Колб А.А. \_\_\_\_\_  
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі \_\_\_\_\_ 2.09.2020 \_\_\_\_\_

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Крат В.П. \_\_\_\_\_  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: стр. 55; рис. 19; табл.6; источников 7.  
презентация PowerPoint.

Объект: Автоматизированный электропривод напору экскаватора ЭКГ-5А.

Целью дипломного проекта является, замена в цепи управления магнитного усилителя на тиристорный преобразователь.

Технический проект содержит расчеты, подтверждающие функциональность электромеханической системы.

Новизна технического решения заключается во внедрении тиристорного преобразователя постоянного тока.

Раздел «Технологическая часть» содержит сведения и технические параметры экскаватора ЭКГ – 5А.

В разделе «Автоматизированный электропривод» приведены расчеты параметров системы автоматического регулирования. Составлена модель электромеханической системы, проведено моделирование и проанализированы полученные графики переходных процессов.

Технико-экономическое обоснование заключается в расчете капитальных затрат и амортизационных отчислений, выполнен анализ показателей экономической эффективности, на основе которого было определено, что внедрение объекта проектирования экономически целесообразно.

**ТИРИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ.**

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: стор. 55; рис.19,; табл.6; джерел 7. презентація PowerPoint.

Об'єкт: Автоматизований електропривод натиску екскаватора ЕКГ-5А.

Метою дипломного проекту є заміна в ланцюзі управлінні магнітного підсилювача на тиристорний перетворювач.

Технічний проект містить розрахунки, що підтверджують функціональність електромеханічної системи.

Новизна технічного рішення полягає у впровадженні тиристорного перетворювача постійного струму.

Розділ «Технологічна частина» містить відомості і технічні параметри екскаватора ЕКГ – 5А.

У розділі «Автоматизований електропривод» наведено розрахунки параметрів системи автоматичного регулювання. Складена модель електромеханічної системи, проведено моделювання та проаналізовано отримані графіки перехідних процесів.

Техніко-економічне обґрунтування полягає в розрахунку капітальних витрат та амортизаційних відрахувань, виконано аналіз показників економічної ефективності, на основі якого було визначено, що впровадження об'єкта проектування економічно доцільно.

**ТИРИСТОРНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ, МОДЕЛЮВАННЯ, ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ.**

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ABSTRACT

Explanatory note: Pages 55, and Fig. 19, And Table 6; Sources 7, PowerPoint presentation

Project: Automation of electric pressure of EKG-5A.

The aim of the diploma project is to replace the magnetic amplifier control circuit for thyristor.

Technical project contains calculations confirming the functionality of the electromechanical system.

The novelty of technical solutions is to introduce SCR DC-DC converter.

The section "The technological part" for details and specifications EKG - 5A.

In the "Automatic electric" the calculations of the parameters of the automatic control. The model of an electromechanical system is simulated and analyzed the resulting graphs transients.

The feasibility study is to calculate the cost of capital, depreciation and amortization, the analysis of cost efficiency, on the basis of which it was certain that the introduction of a design object is economically feasible.

Thyristor converters, modeling, transients.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	8
1.1. Призначення, склад і технічна характеристика механізму .....	8
1.2. Технологія і кінематика напірного механізму .....	11
1.3. Вимоги, що пред'являються до електроприводу .....	14
2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД .....	15
2.1. Характеристика об'єкта і вибір системи регулювання ЕП.....	15
2.2. Розрахунок і вибір двигуна.....	17
2.3. Перевірка двигуна по нагріванню і перевантажувальній здатності.....	21
2.4. Розрахунок і побудова швидкісної і навантажувальної діаграми .....	25
2.5. Розрахунок і вибір генератора.....	27
2.6. Розрахунок основних параметрів двигуна і генератора .....	27
2.7. Синтез структурної схеми електропривода .....	29
2.8. Синтез системи управління .....	29
2.9. Розрахунок і вибір тиристорного перетворювача.....	32
2.10. Вибір датчиків зворотнього зв'язку.....	34
3. АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	36
3.1. Складання моделі електроприводу .....	36
3.2. Моделювання перехідних процесів ЕП .....	37
4. ЕКОНОМІКО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ .....	40
Вступ .....	40
4.1. Розрахунок капітальних витрат .....	41
4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат .....	43
4.2.1. Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	43
4.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	44
4.2.3. Визначення річних витрат на технічне обслуговування.....	45
4.2.4. Розрахунок вартості спожитої електроенергії .....	47
4.3. Річна економія від запропонованого об'єкта проектування. ....	48
4.4. Визначення та аналіз показників економічної ефективності .....	51
ВИСНОВОК.....	54
ЛІТЕРАТУРА.....	55

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Екскаратори ЕКГ використовуються на відкритих гірничих роботах в чорній і кольоровій металургії, у вугільній промисловості, в промисловості будівельних матеріалів, а також для виконання земляних робіт при будівництві промислових, гідротехнічних та інших споруд. Екскаратори ЕКГ мають гарну маневреність, прості в управлінні і обслуговуванні. Головними показниками технічного рівня екскараторів є їх продуктивність, надійність, питома витрата електроенергії і металоємність.

Ефективність експлуатації одноковшових екскараторів багато в чому визначає основні техніко-економічні показники підприємства. Основним критерієм ефективності експлуатації одноковшового екскаратора є підвищення продуктивності. Продуктивність екскаратора залежить від якості управління робочим циклом, що складається з операцій копання, перенесення навантаженого ковша в точку розвантаження, розвантаження і перенесення порожнього ковша в забій до точки початку копання. Ці операції здійснюються за допомогою електроприводів підйому, натиску ковша і повороту платформи для екскараторів ЕКГ-5А. Зазначені електроприводи прийнято називати головними.

Виходячи з цього, важливе значення набуває завдання автоматизації процесу роботи екскаратора. Основу будь-якої системи автоматичного управління режимом роботи екскаратора складають локальні системи автоматичного управління окремими технологічними операціями.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.

## 1.1. Призначення, склад і технічна характеристика механізму.

Екскаватор ЕКГ-5А. Е - екскаватор, К - кар'єрний, Г - гусеничний. Наступна цифра позначає місткість ковша в кубічних метрах. Буквений індекс, наступний за цифрою, показує варіант модернізації.

Екскаватор ЕКГ-5А - електрична кар'єрна повнопривідна лопата на гусеничному ході, призначена для виїмки і навантаження в транспортні засоби або у відвал корисних копалин і розкривних порід у важких забоях, у тому числі важких скельних, попередньо розпушених вибухом. Екскаватори ЕКГ використовуються на відкритих гірничих роботах в чорній і кольоровій металургії, у вугільній промисловості, в промисловості будівельних матеріалів, а також для виконання земляних робіт при будівництві промислових, гідротехнічних та інших споруд. Розробляються породи з об'ємною масою понад 2 т / м<sup>3</sup> повинні бути попередньо розпушені. Випускається Уральським заводом важкого машинобудування з кінця 1970-х років. За весь час цих машин було випущено понад 5 тисяч. Екскаватор ЕКГ-5А є найпоширенішим кар'єрним екскаватором на всьому пострадянському просторі.

Залежно від кліматичних умов екскаватори випускають у виконанні «У» (помірний, граничні межі коливання температури  $\pm 40^{\circ}\text{C}$ ); «ХЛ» (хладостойчивості, коливання від  $+40$  до  $-60^{\circ}\text{C}$ ; «С» (північний) - від  $+40$  до  $-50^{\circ}\text{C}$ ; «Т» (тропічний) - від  $+55$  до  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Основні технічні дані наведені в таблиці 1.

Зовнішній вигляд і габаритні розміри екскаватора ЕКГ-5А показані на рисунку 1.1

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



Таблиця 1. Технічні дані екскаватора ЕКГ-5А

Найменування, одиниця виміру	Величина
Конструктивна маса (без противаги), т	157
Додаткова противага, т	40
Місткість ковша основного, м <sup>3</sup>	5
Місткість ковшів змінних, м <sup>3</sup>	4,6-6,3;
Швидкість пересування екскаватора по горизонтальній площадці, к / ч	0,55
Найбільший здоланий підйом, град	12
Середній питомий тиск на ґрунт, кПа	205/162/127
Найбільше підйомне зусилля, тс	50
Швидкість підйому ковша, м / с	0,87
Найбільше напірне зусилля, тс	20,5
Швидкість напору, м / с	0,45
Частота обертання поворотної платформи при сталому русі, об / хв	3,0 - 3,5
Привід механізмів	Електричний
Напруга підводиться струму (частоти 50 Гц), В	6000
Найбільший радіус копання, R	14,5
Найбільший радіус вивантаження, R <sup>1</sup>	12,65
Радіус копання на рівні стоянки, R <sup>2</sup>	8,6-9,3
Найбільша висота копання, H	10,3
Найбільша висота вивантаження, H <sup>1</sup>	6,7
Просвіт під поворотною платформою, h	1,85
Габаритний радіус поворотної платформи, r	5,25
Габаритна висота до даху кузова, P	5,47
Довжина стріли, A	10,5
Довжина рукояті, B	7,8
Відстань від осі п'яти стріли до осі обертання екскаватора, T	2,25
Висота осі п'яти стріли від рівня стоянки, S	2,54
Довжина гусеничного ходу, V	5,83
Ширина гусеничної стрічки, мм	900/1100/1400

						ЕП.МР.20.17. .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

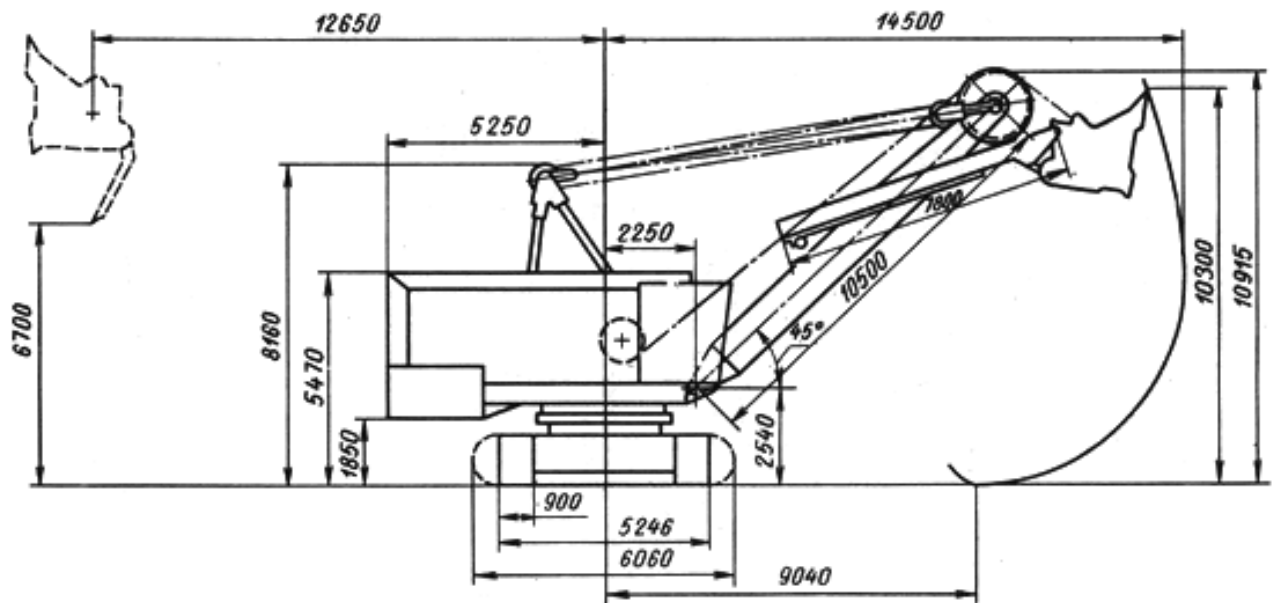


Рисунок 1.1 Зовнішній вигляд і габаритні розміри екскаватора ЕКГ-5А.

До складу механічного обладнання екскаватора ЕКГ-5А типу «пряма лопата» (рисунки 1.2, 1.3) входять: робоче обладнання, поворотна платформа і ходовий візок. Робоче обладнання включає в себе стрілу, рукоять з ковшем і механізм відкривання днища ковша.

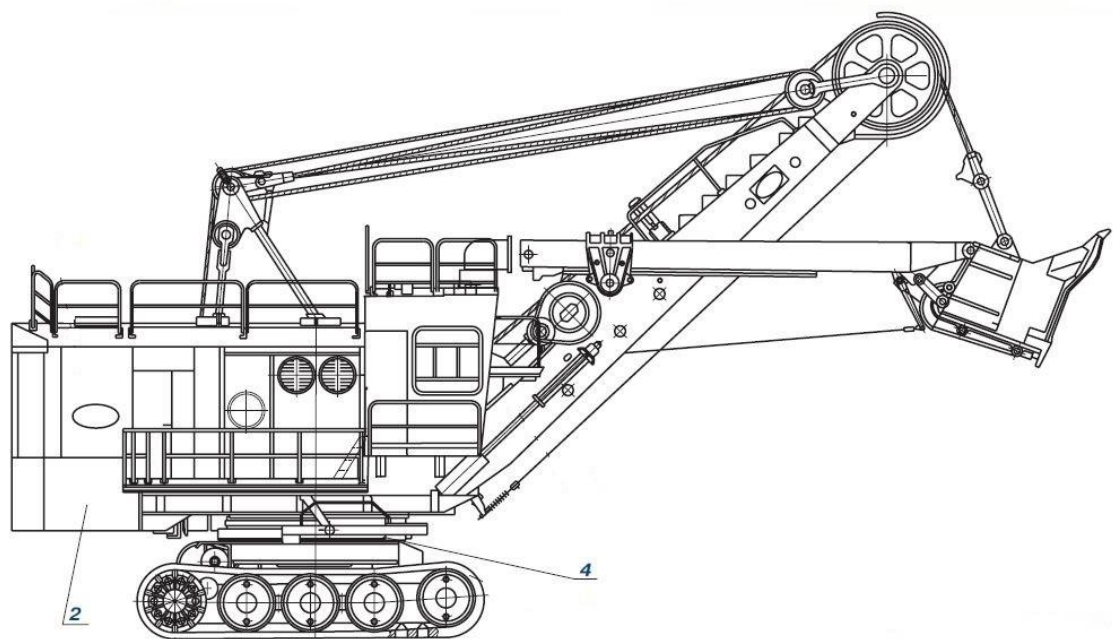


Рисунок 1.2 Зовнішній вигляд екскаватора ЕКГ-5А

де 2 - поворотна платформа; 4 - ходовий візок

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.МР.20.17. .ПЗ

Арк.

10

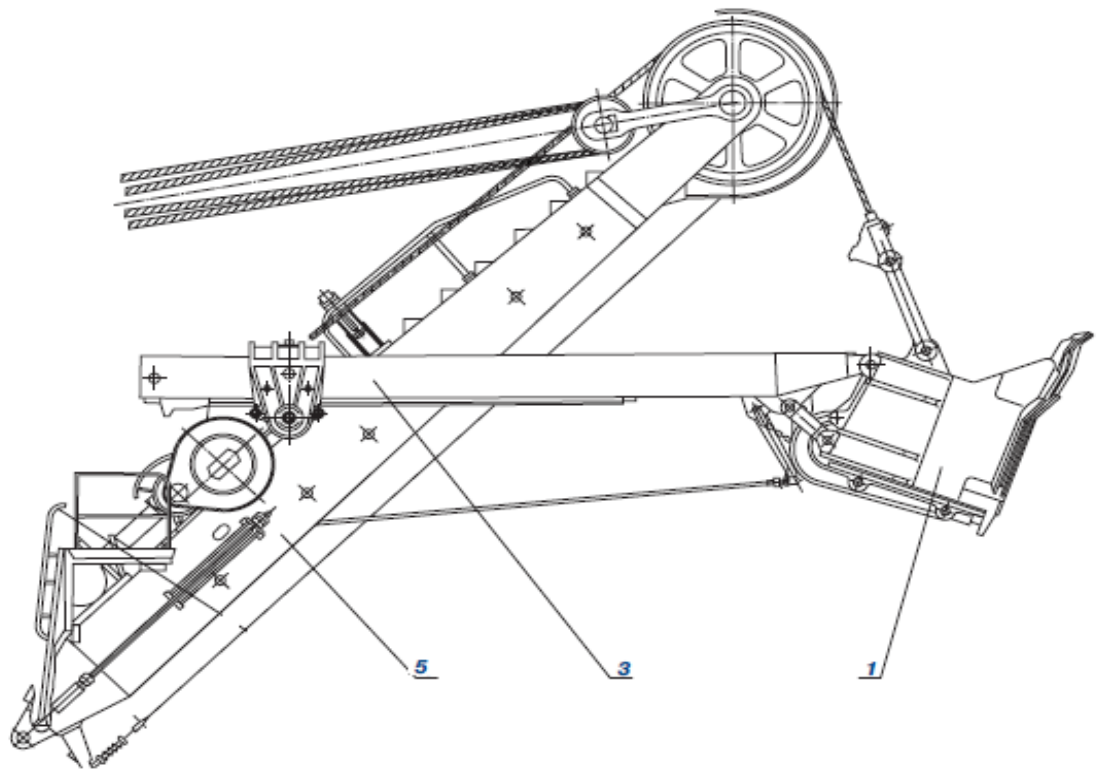


Рисунок 1.3 Робоче обладнання екскаватора ЕКГ-5А  
де 1 - ковш; 3 - рукоять; 5 - стріла

## 1.2. Технологія і кінематика напорного механізму

Дипломна робота присвячена вибору головного приводу механізму напору (рисунок 1.4), розрахунок моментів навантажень, і перевірці двигуна, і вибору тиристорного перетворювача постійного струму для управління струмом збудження генератора системи Г-Д напорного механізму.

Напорний механізм складається з електродвигуна, двоступінчастого циліндричного редуктора, вбудованого в плиту корпусу стріли, двох сідлових підшипників. Електродвигун кріпиться до двох поперечних листів, які в свою чергу закріплюються на верхньому настилі стріли за допомогою болтів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

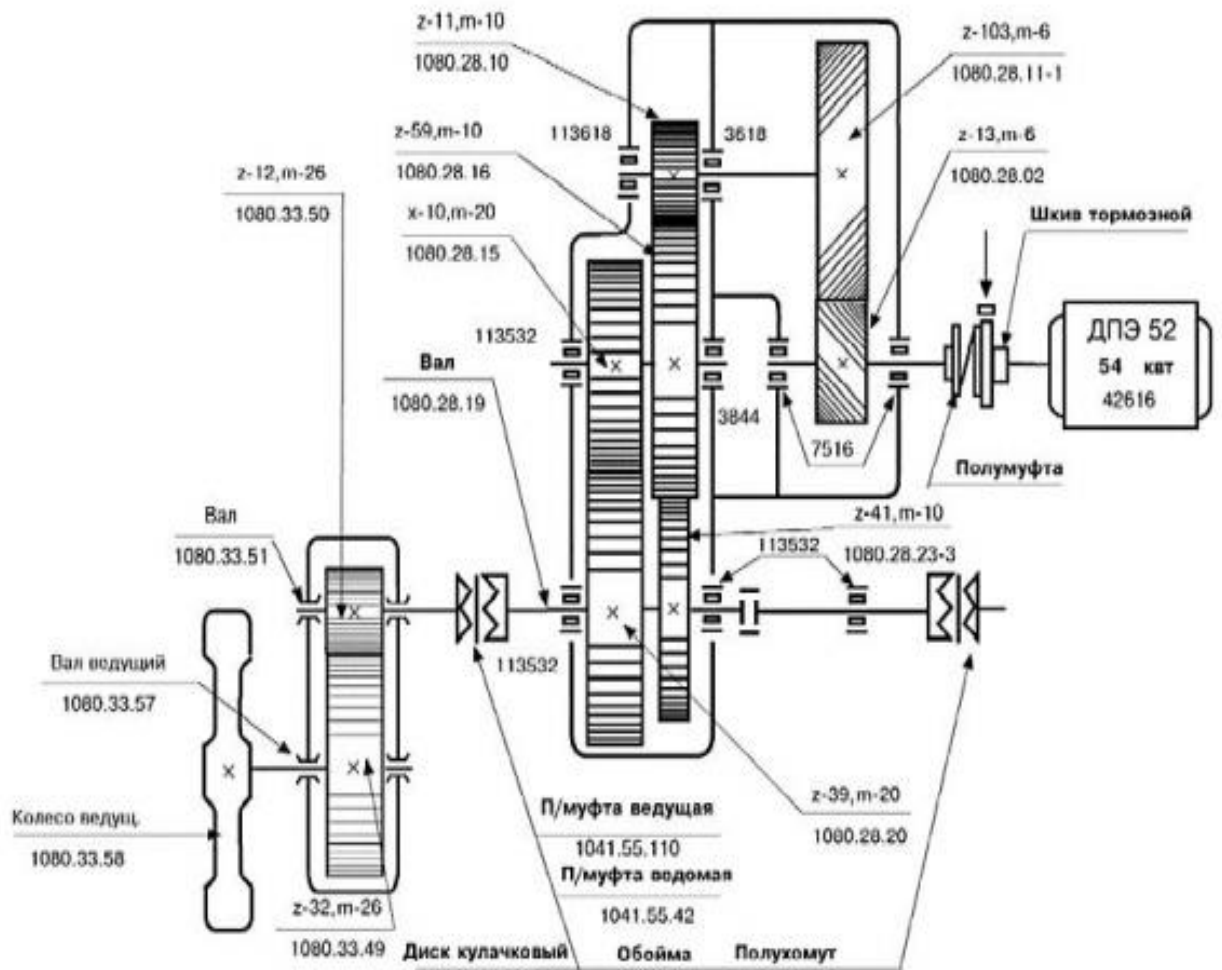


Рисунок 1.4 Механізм напору.

Оскільки моторна шестерня напорного механізму кріпиться безпосередньо на валу електродвигуна, то регулювання зачеплення, наприклад при заміні шестерні або електродвигуна, повинна здійснюватися за рахунок пересування електродвигуна з подальшим жорстким кріпленням його від зсуву за допомогою приварних упорів. Корпус електродвигуна з'єднується з воздуховодом охолоджуючого вентилятора за допомогою матер'яної вставки, так як жорстке кріплення воздуховода ускладнить огляд колектора і щіткового апарату електродвигуна. У механізмах напору, з огляду на жорстке з'єднання ковша з рукояттю, захист від перевантажень, здійснюється електроприводом, не завжди гарантує необхідне обмеження зусиль при різких стопоріннях.

									Арк.
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.МР.20.17. .ЛЗ				

Тому в даному механізмі застосовують додатковий захист з допомогою муфти граничного моменту (рисунок 1.5). Кінематична схема напорного механізму в значній мірі визначає технічні вимоги до електроприводу цього механізму. У зубчастих передачах існують зазори, які можуть бути причиною ударних навантажень, якщо електропривод не забезпечить плавний вибір зазорів (люфтів). Крупномодульні зубчасті зачеплення в редукторах повороту можуть викликати резонансні коливання, дуже небезпечні для металоконструкцій, в першу чергу - для стріли. Захист від цього режиму може бути забезпечений особливими "противоколивальними" характеристиками електроприводу, схемами з'єднання електродвигунів повороту і застосуванням тихохідних двигунів (при відповідному зменшенні передавальних відносин).

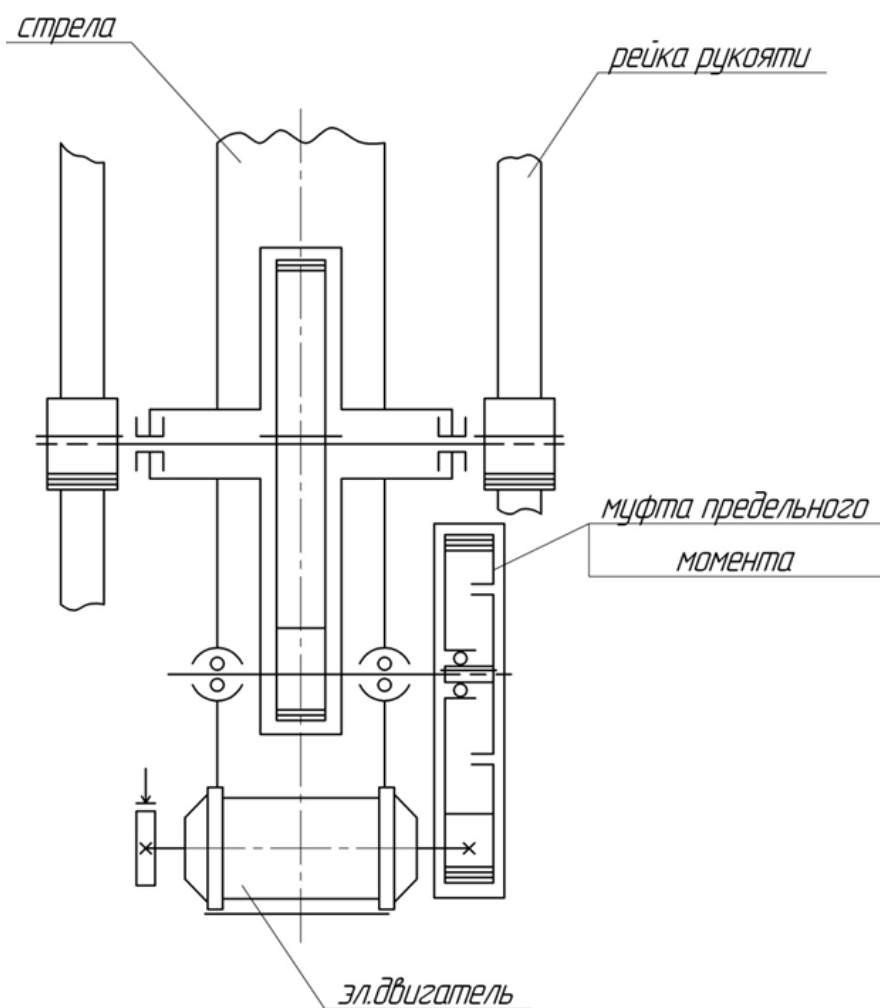


Рисунок 1.5 Кінематична схема напорного механізму.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

### 1.3 Вимоги, що пред'являються до електроприводу

Найбільш характерною особливістю роботи цього механізму є можливість його вимушеної зупинки під час роботи в разі зустрічі ковша з непереборною перешкодою. Такий режим роботи називається роботою на упор або стопоріння. Отже, для забезпечення надійної та без аварійної роботи робочого механізму потрібно зниження моменту (навантаження) до допустимих меж при стопорінні і відома податливість його приводного двигуна (м'якість характеристики), з тим щоб швидкість двигуна змогла бути автоматично сповільнена при досить великому збільшенні навантаження.

До електроприводу екскаватора через важкі умови роботи і різко змінних навантажень на перший план висуваються такі вимоги.

1. Висока конструктивна надійність механізму.
2. Забезпечення обмеження моменту при виконанні технологічних операцій, щоб уникнути поломки механізмів.
3. Регулювання швидкості в діапазоні (4 ... 10): 1.
4. Швидкість переміщення при черпанні породи має номінально значення  $v = 0,55 \text{ м / с}$
5. Швидкість напорного механізму  $v_b = 0,15 \text{ м / с}$
6. Режим роботи механізму напору - S8
7. Формування оптимальних за швидкодією перехідних процесів з обмеженням моменту (струму).

Задовольнити всім перерахованим вимогам може лише система електроприводу, що забезпечує безперервне управління швидкістю механізму в усіх режимах з високими показниками точності і капра регулювання основних координат.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

### 2.1 Характеристика об'єкта і вибір системи регулювання електроприводом

На кар'єрах широко застосовуються екскаватори типу ЕКГ, велика частина яких експлуатується протягом 10-30 років. На них застосовується система Г-Д володіє рядом переваг:

- здатність стійко працювати в умовах слабких кар'єрних мереж;
- високий коефіцієнт потужності  $\cos \varphi$ ;
- відносно проста за структурою схема керування швидкістю двигунів.

Недоліки існуючих схем управління головними приводом напору в основному пов'язані із застосуванням застарілої схеми управління, виконаної на підсумкових магнітних підсилювачах. Ці недоліки виявляються в наступному:

- велику вагу і матеріалоємність;
- значні втрати енергії;
- низька швидкодія і якість;
- відсутність системи діагностики;

низька стабільність

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- недовикористання можливостей системи Г-Д по гасінню коливань в головних механізмах.

Основна причина недоліків походить від того, що головний механізм двухмасова механічна система з нежорсткої кінематикою, яка доповнюється ще поруч накопичувачів електромагнітної енергії. На роботу електромеханічної системи в цілому впливають на наявність ряду великих постійних часу, необхідний нахил робочої ділянки механічних характеристик, пристрій обмеження струму. Все це призводить до появи різних пружних, іноді і знакозмінних, коливань навантаження і швидкості.

Головний недолік полягає в тому, що при експлуатації екскаваторів ЕКГ-5А використовуються магнітні підсилювачі виходять зі строю, а в зв'язку з тим, що вони сильно застаріли, вони більше не випускаються заводами виробниками. І знайти потрібний магнітний підсилювач на ринку практично неможливо. В дипломній роботі пропонується заміна магнітного підсилювача в системі управління сучасним тиристорним перетворювачем.

Тому дипломна робота присвячена вибору головного приводу механізму напорю, розрахунок моментів навантажень, і перевірці двигуна, і вибору тиристорного перетворювача постійного струму для управління струмом збудження генератора системи Г-Д напорного механізму.

Перевірка теоретичних розробок виконується на прикладі екскаватора ЕКГ-5А. Розраховуються сили, які діють на механізм і вибирається параметри механізму напорю.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



Синтез систем управління механізму напору виконується без урахування пружного зв'язку. При цьому виходять прості регулятори. Привід механізму напору ковша долають великі зусилля, тому що механізм напору працює на упор.

## 2.2. Розрахунок і вибір двигуна

Швидкість переміщення при черпанні породи має номінальне значення  $v = 0,55$  м / с, при повороті ковша на розвантаження швидкість напорного механізму  $v_b = 0,15$  м / с, при повороті порожнього ковша до місця копання швидкість напорного механізму  $v = 0,5$ , м / с.

Ємність ковша  $\dot{V} = 5$ , м<sup>3</sup>

Вага екскаватора:  $m_{екс} = k_{екс} \cdot E_{л} = 40 \cdot 5 = 200$ , т

де  $k_{екс} = 40$  - лінійний коефіцієнт питомої маси екскаватора.

Визначимо розміри ковша механічної лопати (ширина, довжина і

$$b_{к.л} = 1,2 \cdot \sqrt[3]{E_{л}} = 1,2 \cdot \sqrt[3]{5} = 1,768, \text{ м}$$

висота)  $l_{к.л} = 0,77 \cdot b_{к.л} = 0,77 \cdot 1,768 = 1,362$ , м

$$h_{к.л} = 0,75 \cdot b_{к.л} = 0,75 \cdot 1,768 = 1,326, \text{ м}$$

Визначимо масу і вагу ковша:

$$m_{к.л} = 1,15 \cdot C_{к.л} \cdot E_{л} = 1,15 \cdot 1,1426 \cdot 5 = 4,205, \text{ т}$$

$$G_{к} = m_{к.л} \cdot g \cdot 10^3 = 4,205 \cdot 9,8 \cdot 10^3 = 41,207 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

де  $C_{к.л} = 0,9-1,7$  – коефіцієнт умов роботи.

$$L_{см} = k_{Lcc} \cdot \sqrt[3]{m_{экс}} = 1,85 \cdot \sqrt[3]{200} = 9,323, \text{ м}$$

$$L_p = k_{Lp} \cdot \sqrt[3]{m_{экс}} = 1,2 \cdot \sqrt[3]{200} = 6,048, \text{ м}$$

де  $k_{Lcm} = 1,8-1,85$  – Розмір стріли і рукояті:

а  $k_{Lp} = 1,15-1,25$ - лінійний коефіцієнт довжини рукояті.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Маса і вага двохблочної рукояті:

$$m_p = C_p \cdot m_{к.л} = 0,8 \cdot 4,205 = 3,364, \text{ т}$$

$$G_p = m_p \cdot g \cdot 10^3 = 3,364 \cdot 9,8 \cdot 10^3 = 3,297 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

де  $C_p = 0,8-1,0$  - коефіцієнт для визначення розмірів руків'я екскаваторів.

Висота напорного вала:

$$L_n = k_{Ln} \cdot \sqrt[3]{m_{экс}} = 1,1 \cdot \sqrt[3]{200} = 5,544, \text{ м}$$

де  $k_{Ln} = 1,1$ - лінійний коефіцієнт висоти напорного вала.

Висота п'яти стріли:

$$L_n = k_{Ln} \cdot \sqrt[3]{m_{экс}} = 0,45 \cdot \sqrt[3]{200} = 2,268, \text{ м}$$

де  $k_{Ln} = 0,45$ - лінійний коефіцієнт висоти п'яти стріли. Максимальна висота копання:

де  $k_{Ln} = 1,1$ - лінійний коефіцієнт висоти напорного вала.

Висота п'яти стріли:

$$L_{коп} = k_{Lкко} \cdot \sqrt[3]{m_{экс}} = 1,75 \cdot \sqrt[3]{200} = 8,819, \text{ м}$$

$$L_n = k_{Ln} \cdot \sqrt[3]{m_{экс}} = 0,45 \cdot \sqrt[3]{200} = 2,268, \text{ м}$$

$$L_{коп} = k_{Lкко} \cdot \sqrt[3]{m_{экс}} = 1,75 \cdot \sqrt[3]{200} = 8,819, \text{ м}$$

де  $k_{Lкоп} = 1,7-1,8$  - лінійний коефіцієнт максимальної висоти копання.

$$G_n = \frac{E_n \cdot \gamma_n}{k_p} \cdot g \cdot 10^3 = \frac{5 \cdot 3,3}{1,34} \cdot 9,8 \cdot 10^3 = 77,23 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

де  $\gamma_n = 3,3$  щільність гірської породи в ковші, приймаємо для породи IV категорії;

$k_p = 1,34$  коефіцієнт розпушення породи.

Вага ковша:

$$G_k = m_{к.л} \cdot g \cdot 10^3 = 4,205 \cdot 9,8 \cdot 10^3 = 41,21 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

Вага породи з ковшем:

$$G_{кп} = G_k + G_n = 41,21 \cdot 10^3 + 77,23 \cdot 10^3 = 125,9 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

					ЕП.МР.20.17. .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Опір породи копання:

$$N_{1л} = \frac{k_{к.л} \cdot E_{л} \cdot 10^4}{L_3 \cdot k_p} = \frac{24 \cdot 5 \cdot 10^4}{5,544 \cdot 1,34} = 103,4 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

де  $k_{к.л} = 24$  - питомий опір породи копання, залежне від характеру породи;

$L_3$  - висота забою, яка приймається висоті напорного вала екскаватора

Зусилля при повороті навантаженого ковша на розвантаження:

$$N'_{н.л} = \frac{G_{кн} \cdot l'_к \cdot \cos(\alpha) + G_p \cdot l'_p \cdot \cos(\alpha)}{l'_н \cdot \sin(\beta)}$$

$$N'_{н.л} = \frac{118,4 \cdot 10^3 \cdot 6,932 \cdot \cos(20^\circ) + 32,97 \cdot 10^3 \cdot 3,024 \cdot \cos(20^\circ)}{6,932 \cdot \sin(51^\circ)} = 175,9 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

$$l'_p = \frac{L_p}{2} = \frac{6,048}{2} = 3,024, \text{ м}$$

$$l'_н = L_p = 6,048, \text{ м}$$

$$l'_к = \frac{b_{к.л}}{2} + l'_н = \frac{1,768}{2} + 6,048 = 6,932, \text{ м}$$

Визначимо зусилля і потужність електродвигуна механізму напорю в окремі періоди роботи екскаватора протягом одного циклу.

Зусилля в період копання:

$$F_{к} = k_{к.л} \cdot N_{1л} = 0,7754 \cdot 103,4 \cdot 10^3 = 80,17 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

де  $k_{к.л} = (0,5-1,05)$

Потужність під час копання:

$$P_{к} = \frac{F_{к} \cdot v}{\eta_{н.м}} = \frac{80,17 \cdot 10^3 \cdot 0,5}{0,85} = 47,16 \cdot 10^3, \text{ Вт}$$

де  $\eta_{н.м} = 85\%$  - ККД механізму;

(М / с) - швидкість напорю при копанні

					ЕП.МР.20.17. .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Поворот навантаженого ковша на розвантаження:

$$F_v = G_{кн} \cdot \sin(\alpha) + G_p \cdot \sin(\alpha) + N'_{н.л} \cdot \cos(\beta)$$
$$F_v = 118,44 \cdot 10^3 \cdot \sin(20^\circ) + 32,97 \cdot 10^3 \cdot \sin(20^\circ) + 183,5 \cdot 10^3 \cdot \cos(51^\circ) =$$
$$= 167,239 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

Потужність під час повороту з навантаженим ковшем:

$$P_v = \frac{F_v \cdot v_z}{\eta_{н.м}} = \frac{167,239 \cdot 10^3 \cdot 0,15}{0,85} = 29,51 \cdot 10^3, \text{ Вт}$$

де  $v_z = 0,15 \text{ (м/с)}$  – швидкість напору під час повороту на розвантаження.

Поворот порожнього ковша на завантаження:

$$F_z = G_k + G_p = 41,21 + 32,97 = 74,17 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

Потужність під час повороту з порожнім ковшем на завантаження:

$$P_z = \frac{F_z \cdot v}{\eta_{н.м}} = \frac{74,17 \cdot 10^3 \cdot 0,5}{0,85} = 43,63 \cdot 10^3, \text{ Вт}$$

Середньозважена потужність двигуна механізму напору:

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_k \cdot t_{н.к} + P_v \cdot t_{н.в} + P_z \cdot t_{н.з}}{T_{ц}} = \frac{47,16 \cdot 9 + 29,51 \cdot 9 + 43,63 \cdot 9}{27} = 40,1, \text{ Вт}$$

де  $T_{ц}$  - час циклу екскаватора..

Виходячи із середньозваженої потужності, вибираємо двигун

Тип	4ПФМ280М
Номинальная потужність	$P_n = 45 \text{ кВт}$
Напряга	$U_n = 440 \text{ В}$
Номинальная частота обертання	$n_{ном} = 500 \text{ об/мин}$
Максимальна частота обертання	$n_{max} = 1250 \text{ об/мин}$
Номинальный струм	$I_{н.дв} = 118 \text{ А}$
ККД	$\eta_{дв} = 83,9\%$
Напряга збудження	$U_{воз} = 110 \text{ В}$
Кількість щіток	Щот = 8
тривалість включення	ПВ=100%.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Електричні машини постійного струму серії 4П призначені для комплектації електроприводів постійного струму загальнопромислового призначення (фарбувально-оздоблювальних і підйомно-транспортних машин, а також бурових верстатів і агрегатів екскаваторів).

З умовного позначення видно, що це двигун із серії 4П. Виконання за ступенем захисту і способу охолодження: Ф - захищене IP23; М - означає модифікація серії 4П; 280 - висота осі обертання в мм; умовна довжина сердечника М - друга довжина. Двигун може працювати в обох напрямках.

### 2.3. Перевірка двигуна по нагріванню і перевантажувальній здатності

Перевірку вибраного двигуна на нагрів виконуємо методом еквівалентних моментів.

Для визначення передавального числа редуктора необхідно знати частоту обертання вихідного вала редуктора з кремальєрною шестернею:

$$n_{кр} = \frac{60 \cdot v_p}{\pi \cdot D_{кр}} = \frac{60 \cdot 0,45}{3,14 \cdot 0,265} = 32,4 \approx 32, \text{ об/мин}$$

де  $v_p = 0,4 - 0,74$  - швидкість переміщення рукояті;

$D_{кр}$  – діаметр окружності кремальєрної шестерні,

$$D_{кр} = 2,9 \cdot \sqrt{\frac{F_v}{2}} \cdot 10^{-3} = 2,9 \cdot \sqrt{\frac{167,239 \cdot 10^2}{2}} \cdot 10^{-3} = 0,265, \text{ м}$$

Розрахункове передавальне число редуктора:

$$i_{ред.н.расч.} = \frac{n_{ном}}{n_{кр}} = \frac{500}{32} = 15,625$$

Приймаємо двоступеневий редуктор з найближчим  $i_{ред.н.} = 16$

Відповідно до рекомендацій приймаємо величину моментів:

$$M_{ном.} = 9550 \cdot \frac{P_n}{n_{ном}} = 9550 \cdot \frac{45}{500} = 859,5, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{ст.н.} = 2,5 \cdot M_{ном.} = 2,5 \cdot 859,5 = 2149, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$M_{отс.н.} = 0,75 \cdot M_{ст.н.} = 0,75 \cdot 2149 = 1612, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де  $M_{ном.}$  – номінальний момент двигуна напорю,  $M_{ст.н.}$  – топорний момент,  $M_{отс.н.}$  – момент відсічення.

Визначаємо приведені до валу двигуна моменти інерції поступально переміщаються рукояті, ковша і породи в ковші. При рейковому напорі рукоять виконують Двобалочний. Тому моменти інерції розраховуємо:

Рукояті

$$J_p = 91 \cdot \frac{m_p \cdot v_p^2 \cdot 10^3}{n_{ном}^2} = 91 \cdot \frac{3,364 \cdot 0,45^2 \cdot 10^3}{500^2} = 0,248, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Ковша

$$J_k = 91 \cdot \frac{m_{к.л} \cdot v_p^2 \cdot 10^3}{n_{ном}^2} = 91 \cdot \frac{4,205 \cdot 0,45^2 \cdot 10^3}{500^2} = 0,31, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

породи в ковше

$$J_{пор} = 91 \cdot \frac{m_n \cdot v_p^2 \cdot 10^3}{n_{ном}^2} = 91 \cdot \frac{7,881 \cdot 0,45^2 \cdot 10^3}{500^2} = 0,581, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

де  $m_n$  – маса породи

$$m_n = \frac{E_l \cdot \gamma_n}{k_p} = \frac{5 \cdot 3,3}{1,34} = 7,881, \text{ т}$$

момент інерції якоря двигуна

$$J_y = 0,005 \cdot M_{ном} = 0,005 \cdot 859,5 = 4,298, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

момент інерції редуктора

$$J_{ред.н} = 0,1 \cdot J_y = 0,1 \cdot 4,298 = 0,4298, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Зусилля і потужність при повороті порожнього ковша в забій

$$N''_{н.л} = \frac{G_k \cdot l'_k \cdot \cos(\alpha) + G_p \cdot l'_p \cdot \cos(\alpha)}{l'_n \cdot \sin(\beta)}$$

$$N''_{н.л} = \frac{41,21 \cdot 10^3 \cdot 6,932 \cdot \cos(20^\circ) + 32,97 \cdot 10^3 \cdot 3,024 \cdot \cos(20^\circ)}{6,932 \cdot \sin(51^\circ)} = 99,51 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Момент опору, створюваний вагою рукояті і ковша

$$M_{18} = \frac{N''_{н.л} \cdot D_{кр}}{2 \cdot i_{ред.н.} \cdot \eta_{н.м}} = \frac{99,51 \cdot 0,265 \cdot 10^3}{2 \cdot 16 \cdot 0,85} = 970,216, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Динамічний момент двигуна

$$M_{19} = (M_{отс.н.} - M_{18}) + \frac{M_{отс.н.} - M_{ст.н.}}{2}$$
$$M_{19} = 1612 - 970,216 + \frac{2149 - 1612}{2} = 909,94, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Сумарний момент інерції, без породи

$$J_{\Sigma} = J_p + J_k + J_{ред.н.} + J_y = 0,248 + 0,31 + 0,43 + 4,298 = 5,285, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Час розгону двигуна

$$t_{15} = J_{\Sigma} \cdot \frac{\omega_{ном.н}}{M_{19}} = 5,285 \cdot \frac{52,5}{909,94} = 0,305, \text{ с}$$

де  $\omega_{ном.н} = 0,105 \cdot n_{ном} = 0,105 \cdot 500 = 52,5, \text{ рад/с}$

Середній момент, що розвивається двигуном при розгоні,

$$M_{20} = M_{18} + M_{19} = 970,216 + 909,94 = 1880, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору і час в процесі копання

$$M_{21} = \frac{F_k \cdot D_{кр}}{2 \cdot i_{ред.н.} \cdot \eta_{н.м}} = \frac{80,17 \cdot 0,265 \cdot 10^3}{2 \cdot 16 \cdot 0,85} = 781,573, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$t_{16} = (t_1 + t_2) - t_{15} = (0,32 + 6,35) - 0,305 = 6,365, \text{ с}$$

де  $t_1$  і  $t_2$  – час розгону двигуна і час копання з усталеною швидкістю, що відносяться до приводу підйому.

Середній гальмівний момент двигуна при зниженні швидкості до  $0,3\omega_{ном}$

$$M_{22} = \frac{M_{ст.н.} + M_{отс.н.}}{2} = \frac{2149 + 1612}{2} = 1880, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Час гальмування до швидкості  $0,3\omega_{ном} = 15,75, \text{ с}^{-1}$

$$t_{17} = (J_{\Sigma} + J_{нор}) \cdot \frac{0,7 \cdot \omega_{ном.н}}{M_{22}} = (5,285 + 0,581) \cdot \frac{0,7 \cdot 52,5}{1880} = 0,115, \text{ с}$$

Середній момент при висуванні рукояті на всю довжину зі зниженою швидкістю

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{23} = \frac{F_v \cdot D_{кр} \cdot \eta_{н.м}}{2 \cdot 2 \cdot i_{ред.н.}} = \frac{16,72 \cdot 0,265 \cdot 0,85 \cdot 10^3}{2 \cdot 2 \cdot 16} = 589,019, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Час висунення рукояті на повну довжину можна прийняти рівним часу підйому ковша з горизонтального положення з усталеною швидкістю на максимальну висоту:

$$t_{18} = \frac{L_{кон} - L_n}{v_{н.л}} = \frac{8,819 - 5,544}{0,9} = 3,64, \text{ с}$$

де  $v_{н.л}$  – максимальна швидкість підйому

Далі підуть маневри з навантаженням ковшем, з можливим утриманням ковша в верхньому положенні до його розвантаження в загальмованому стані.

Гальмівний момент двигуна при цьому

$$M_{24} = \frac{F_v \cdot D_{кр} \cdot \eta_{н.м}}{2 \cdot i_{ред.н.}} = \frac{16,72 \cdot 0,265 \cdot 0,85 \cdot 10^3}{2 \cdot 16} = 1178, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Час

$$t_{19} = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4) - (t_{15} + t_{16} + t_{17} + t_{18})$$

$$t_{19} = (0,32 + 6,35 + 7,07 + 0,28) - (0,305 + 6,365 + 0,115 + 3,64) = 3,595, \text{ с}$$

де  $t_3$  и  $t_4$  – час обертання поворотної платформи до місця розвантаження, що дорівнює часу утримання навантаженого ковша в загальмованому стані. І час гальмування двигуна до швидкості обертання дорівнює  $0,1\omega_{ном}$  для привода підйома.

При розвантаженні ковша момент двигуна напорного механізму може змінюватися від моменту, який відповідає величині  $M_{24} = 1\,178 \text{ Н} \cdot \text{м}$  до моменту, відповідного горизонтального положення рукояті, тобто рівному нулю. Отже, середнє значення моменту може бути  $M_{25} = M_{23} = 589,019 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Час пов'язаний з операціями при розвантаженні ковша

де  $t_5$  – час розвантаження ковша.

Момент при розгоні порожнього ковша з рукояттю до сталої швидкості

						ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
							24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



$$M_{26} = \frac{M_{ст.н} + M_{отс.н}}{2} - M_{28} = \frac{2149 + 1612}{2} - 522,455 = 1358, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де  $M_{28}$  – момент при маневруванні руків'ям з ковшем за час повороту порожнього ковша в забій

$$M_{28} = \frac{F_z \cdot D_{кр} \cdot \eta_{н.м}}{2 \cdot i_{ред.н.}} = \frac{74,17 \cdot 0,265 \cdot 0,85 \cdot 10^3}{2 \cdot 16} = 1178, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Час розгону двигуна з ковшем і держакром до сталої швидкості

$$t_{21} = J_{\Sigma} \cdot \frac{0,7 \cdot \omega_{ном.н.}}{M_{26}} = 5,285 \cdot \frac{0,7 \cdot 52,5}{1358} = 0,143, \text{ с}$$

Момент двигуна при розгоні платформи з порожнім ковшем

$$M_{27} = \frac{M_{ст.н} + M_{отс.н}}{2} = \frac{2149 + 1612}{2} = 1880, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Час при маневруванні руків'ям з порожнім ковшем, під час повороту платформи з ковшем в забій

$$t_{22} = T_{ц} - (t_{15} + t_{16} + t_{17} + t_{18} + t_{19} + t_{20} + t_{21} + t_{23})$$

$$t_{22} = 27 - (0,305 + 6,365 + 0,115 + 3,64 + 2,65 + 0,143 + 0,204) = 9,983, \text{ с}$$

Момент при гальмуванні двигуна при переміщенні порожнього ковша з рукояттю

$$M_{29} = (M_{отс.н.} - M_{28}) + \frac{M_{отс.н.} - M_{ст.н.}}{2}$$

$$M_{29} = 1612 - 1178 + \frac{2149 - 1612}{2} = 1358, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

час гальмування

Момент двигуна, що розвивається при гальмуванні

$$M_{30} = \frac{M_{ст.н} + M_{отс.н}}{2} = \frac{2149 + 1612}{2} = 1880, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

#### 2.4. Розрахунок і побудова швидкісної і навантажувальної діаграми

За отриманими даними будуємо швидкісну діаграму механізму напору (рисунок 2.1).

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

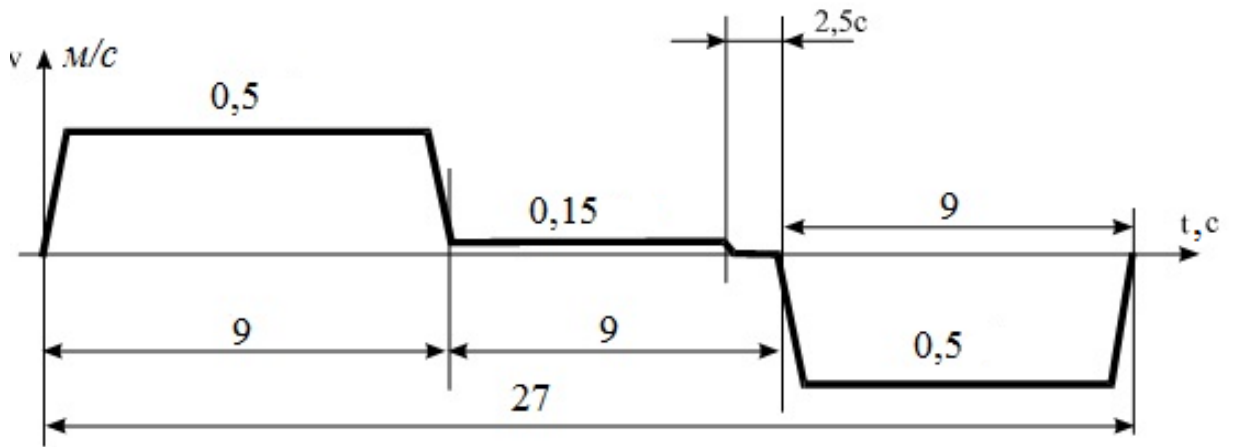


Рисунок 2.1 Швидкісна діаграма роботи напорного механізму.

За отриманими даними будемо навантажувальну діаграму двигуна напорного механізму (рисунок 2.2).

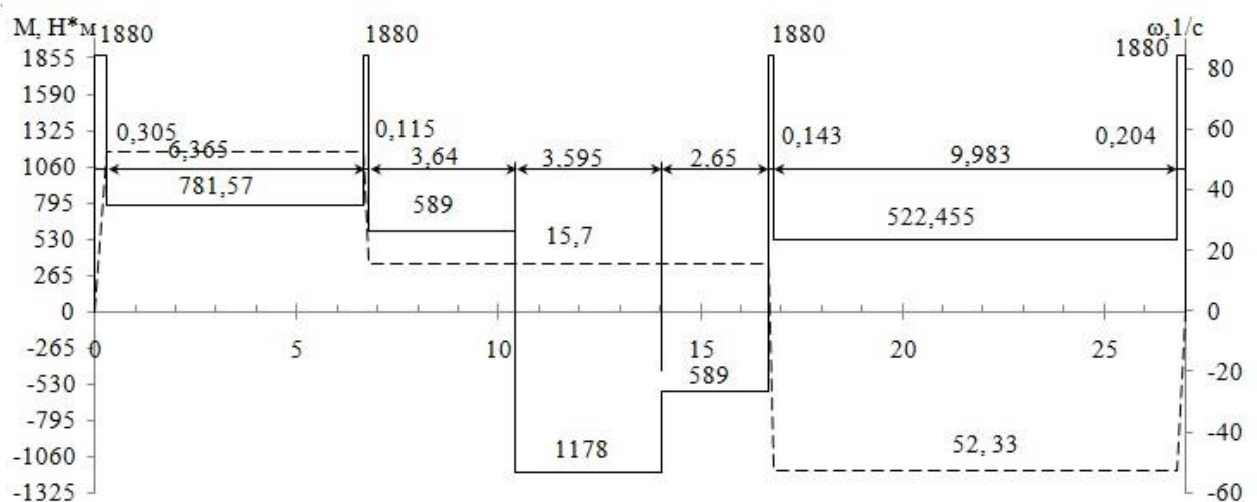


Рисунок 2.2 Навантажувальна діаграма двигуна напорного механізму.

Еквівалентний момент двигуна напорного механізму

$$M_{\text{екв.н}} = \sqrt{\frac{M_{20}^2 \cdot t_{15} + M_{21}^2 \cdot t_{16} + M_{22}^2 \cdot t_{17} + M_{23}^2 \cdot t_{18} + M_{24}^2 \cdot t_{19} + M_{25}^2 \cdot t_{20} + M_{27}^2 \cdot t_{21} + M_{28}^2 \cdot t_{22} + M_{30}^2 \cdot t_{23}}{T_{\text{ц}}}}$$

$$M_{\text{екв.н}} = \sqrt{\frac{1880^2 \cdot 0,305 + 781,57^2 \cdot 6,365 + 1880^2 \cdot 0,115 + 589,019^2 \cdot 3,64 + 1178^2 \cdot 3,595 + 589,019^2 \cdot 2,65 + 1880^2 \cdot 0,143 + 522,455^2 \cdot 9,983 + 1880^2 \cdot 0,204}{27}} = 781,65, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Зрівняємо номінальний момент двигуна  $M_{ном}$ , з еквівалентним моментом  $M_{екв.н}$ . Якщо  $M_{ном} \geq M_{екв.н}$  то двигун обраний правильно.

$$M_{ном} = 859,5, \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M_{екв.н} = 781,65, \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$859,5 > 781,65, \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Розрахунки показали, що для напорного механізму двигун відповідає всім вимогам по нагріванню.

## 2.5. Розрахунок і вибір генератора

Обрана традиційна система приводу Г-Д. Двигун обраний в п. 2.2.

Для вибору генератора нам потрібно щоб ЕРС генератора було не менше напруги двигуна, а потужність генератора балу не менш електричної потужності двигуна.

Знаходимо потужність генератора

$$P_{дв.эл} = \frac{P_n}{\eta_{дв}} = \frac{45}{0,839} = 53,635, \text{ кВт}$$

Вибираємо генератор

Тип	ГПЭ 75
Потужність	$P_2 = 75, \text{ кВт}$
Напруга	$U_2 = 440, \text{ В}$
Частота обертання	$n_2 = 1500, \text{ об/хв}$
ККД	$\eta_{дв} = 83,9\%$
Напруга збудження	$U_{воз} = 110, \text{ В}$
Номінальний струм якоря	$I_{н,2} = 185,88, \text{ А}$
Індуктивність обмотки збудження	$L_{вз,2} = 1,426, \text{ Гн}$

## 2.6. Розрахунок основних параметрів двигуна і генератора

Обчислюємо номінальний струм обмотки збудження генератора при номінальній напрузі  $110\text{В} = U_{в, ном}$

					ЕП.МР.20.17. .ЛЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{вз.з}} = \frac{\Delta P_2}{2 \cdot U_{\text{з.вз}}} = \frac{6788}{2 \cdot 110} = 30,85, A$$

де  $\Delta P_2$  – потужність втрат в генераторі, знаходиться

$$\Delta P_2 = U_2 \cdot I_{\text{н.з}} - P_2 = 440 \cdot 185,88 - 75000 = 6,788, \text{ кВт}$$

Індуктивність якірної обмотки генератора

$$L_{\text{я.з}} = \frac{\kappa \cdot U_{\text{з.я}}}{I_{\text{н.з}} \cdot n_2 \cdot p} = \frac{6 \cdot 440}{185,88 \cdot 1500 \cdot 6} = 0,001578, \text{ Гн}$$

Опір якоря генератора

$$R_{\text{я.з}} = \frac{\frac{\Delta P}{2}}{I_{\text{н.з}}^2} = \frac{\frac{6788}{2}}{185,88^2} = 0,098, \text{ Ом}$$

Опір обмотки збудження генератора

$$R_{\text{вз.з}} = \frac{U_{\text{з.вз}}}{I_{\text{з.вз}}} = \frac{110}{30,85} = 3,565, \text{ Ом}$$

Індуктивність якірного кола двигуна

$$L_{\text{я.дв}} = \frac{\kappa \cdot U_{\text{дв}}}{I_{\text{н.дв}} \cdot n_{\text{дв}} \cdot p} = \frac{6 \cdot 440}{118 \cdot 500 \cdot 6} = 0,007458, \text{ Гн}$$

Втрата потужності в двигуні

$$\Delta P_{\text{дв}} = U_{\text{дв}} \cdot I_{\text{н.дв}} - P_{\text{дв}} = 440 \cdot 118 - 45000 = 6,92, \text{ кВт}$$

Опір якірного ланцюга двигуна.

$$R_{\text{я.дв}} = \frac{\frac{\Delta P_{\text{дв}}}{2}}{I_{\text{н.дв}}^2} = \frac{\frac{6920}{2}}{118^2} = 0,2484, \text{ Ом}$$

Опір якірного ланцюга системи Г-Д дорівнюватиме

$$R_c = R_{\text{я.дв}} + R_{\text{я.з}} = 0,2484 + 0,098 = 0,346, \text{ Ом}$$

Індуктивність якірного ланцюга двигуна в електроприводі Г-Д дорівнюватиме

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$L_c = L_{я.дв} + L_{я.г} = 0,00745 + 0,001578 = 0,009036, \text{ Гн}$$

Електромагнітна постійна часу електроприводу

$$T_3 = \frac{L_c}{R_c} = \frac{0,009036}{0,346} = 0,026, \text{ с}$$

## 2.7. Синтез структурної схеми електропривода

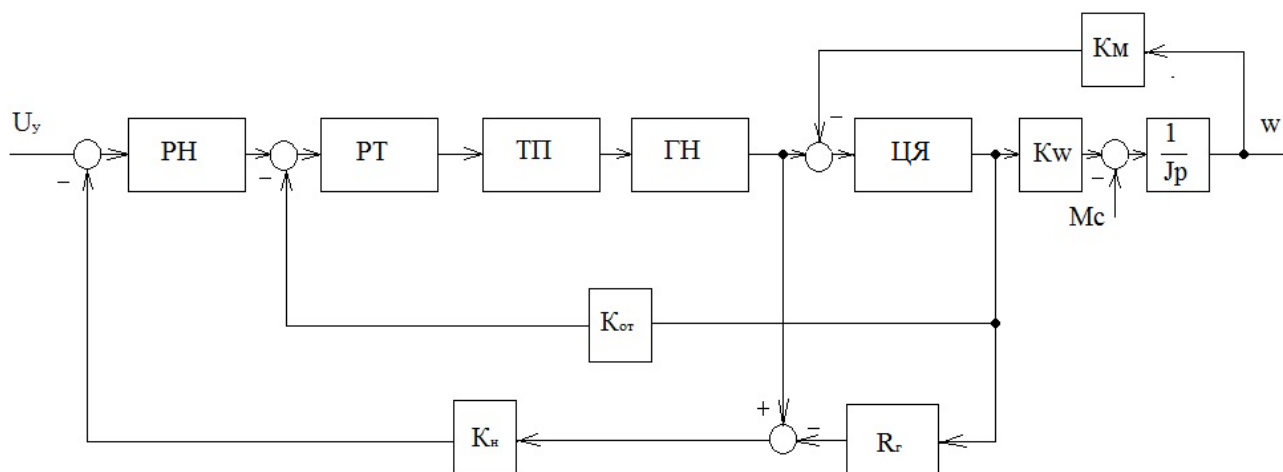


Рисунок 2.3 Структурна схема електропривода напора.

Пропонується система управління збудженням генератора, з регулятором струму РТ, і регулятором напруги РН, які включені послідовно. Зворотні зв'язки по струму якірного ланцюга Кот і по напрузі генератора Кон дозволяє незалежне налаштування ділянок екскаваторної характеристики приводу

## 2.8. Синтез системи управління

Розрахунок параметрів схеми управління

Знаходимо коефіцієнт посилення тиристорного перетворювача

$$k_n = \frac{U_{63.2}}{U_y} = \frac{110}{10} = 11$$

де  $U_y = 10, \text{ В}$  – стандартна напруга системи управління.

Знаходимо коефіцієнт посилення генератора

$$k_2 = \frac{U_{дв}}{U_{63.2}} = \frac{440}{110} = 4$$

Приймаємо: постійна часу тиристорного перетворювача  $T_{\mu}=0,01, \text{ с}$ ,  
 постійна часу обмотки збудження генератора  $T_{об}=0,4, \text{ с}$

Переводимо швидкість з *об/хв* на *рад/с*

$$\omega_{дв.н} = \frac{n_n \cdot \pi}{30} = \frac{500 \cdot 3,14}{30} = 52,33, \text{ рад/с}$$

Обчислюємо стопорний струм

$$I_{ст} = 2,5 \cdot I_{н.дв.} = 2,5 \cdot 118 = 295, \text{ А}$$

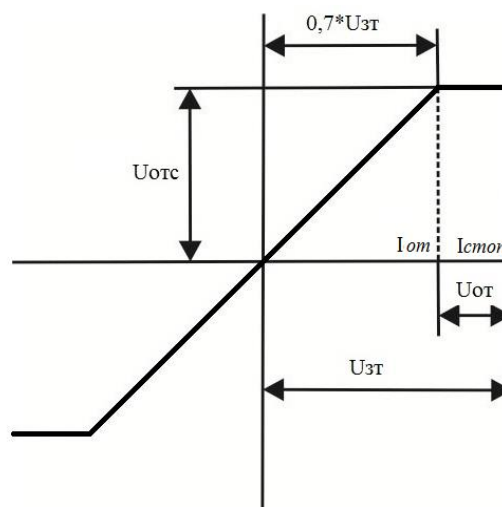


Рисунок 2.4 Регулятор струму.

Обчислюємо струм відсічення

$$I_{отс} = 0,7 \cdot I_{ст.} = 0,7 \cdot 295 = 206,5, \text{ А}$$

Сигнал завдання на стопорний струм  $U_{зм} = U_{ст_ном} = 10, \text{ В}$

Тому коефіцієнт зворотного зв'язку по струму буде рівний

$$K_{ом} = \frac{U_{зм}}{I_{ст}} = \frac{10}{295} = 0,0339, \text{ Ом}$$

Коефіцієнт підсилення регулятора струму

$$K_{ум1} = \frac{U_y}{0,7 \cdot U_{зм}} = 1,429$$

Для знаходження регулятора напруги приймаємо  $U_{зн} = 10, \text{ В}$

Приймаємо  $\Delta U_y$

$$\Delta U_y = 0,1 \cdot U_{зн} = 1$$

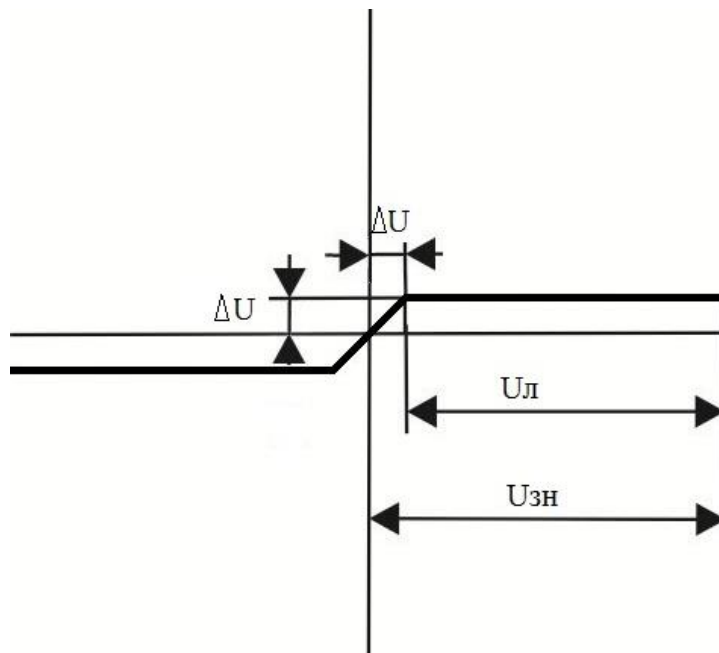


Рисунок 2.5 Регулятор напруги.

Коефіцієнт підсилення регулятора напруги

$$K_{ум1} = \frac{U_y}{\Delta U_y} = \frac{10}{1} = 10$$

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		331

## 2.9. Розрахунок і вибір тиристорного перетворювача

Так як магнітні підсилювачі занадто застаріли і більше не випускаються, регулювання постійного струму в обмотці збудження проводиться за допомогою тиристорного перетворювача постійного струму, який живить обмотку збудження генератора.

Вибір тиристорного перетворювача проводиться по максимальному струму, напрузі живлення ТП і вихідній напрузі. Так як обмотка збудження чисто індуктивне навантаження, то струм не може швидко змінитися і стати більше номінального, тому перетворювач вибирається по номінальному струму обмотки збудження.

У зв'язку з тим, що тиристорний перетворювач малої потужності він живиться від трансформатора загального призначення екскаватора. Додатково згладжує дросель не вибираємо, тому що навантаження чисто індуктивне.

Таблиця 2. Тиристорний перетворювач постійного струму

Тип	Параметри блока управління (БУ)		Напруга живильної мережі частоти 50 Гц	Параметри збудника (В)		
	$I_{\text{ном БУ}}$	$U_{\text{номБУ}}$		$U_f$	$I_{\text{ном В}}$	$U_{\text{ном В}}$
	А	В	В	А	В	кВт
<i>ЕПУ5-2-361В, Ф</i>	40	115	220	40	110	4,40



Однофазні тиристорні збудники серії ЕПУ5 (електроприводи постійного струму ЕПУ5), що випускаються компанією енергосистеми (рисунок 2.6), призначені для регулювання струму збудження електроприводів постійного струму. Використовуються в машинобудуванні, металургії, будіндустрії, поліграфії і інших галузях промисловості. Однофазні тиристорні збудники ЕПУ5 рекомендуються для заміни перетворювачів серій БОТ, БТО, ПНТ, ЕПУ2, ЕПУ4 і мають більш прогресивні технічні, конструктивні і технологічні рішення, а також меншу вартість. Збудники ЕПУ5 ... В і ЕПУ5 ... Ф виконуються в нереверсивному і реверсивному виконанні. Діапазон регулювання струму збудження збудників ЕПУ5 ... В, Ф - 1: 10.

- Розширена шкала струмів і потужностей електроприводів і збудників ЕПУ5.
- Удосконалена система регулювання і поліпшені характеристики ЕПУ5.
- Гальванічне розділення силових ланцюгів і ланцюгів управління.
- Підвищена надійність за рахунок введення поверхневого монтажу і більш високого ступеня інтеграції елементної бази.
- Зменшені габарити і маса електроприводів і збудників ЕПУ5.
- Наявність виконань для живлення обмоток збудження електричних машин



Рисунок 2.6 Однофазний тиристорний збудник типу ЕПУ5.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		353

## 2.10. Вибір датчиків зворотнього зв'язку

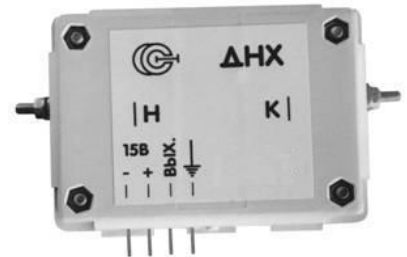
Вибираємо датчик напруги для вимірювання напруги на виході генератора. За допомогою датчика напруги наш регулятор напруги зможе автоматично підтримувати задану напругу а отже і швидкість двигуна.

Вибираємо датчик вимірювання напруги ДНХ

Датчики призначені для вимірювання напруги постійного струму і змінного струму промислової частоти.

### Основні технічні характеристики датчика

Діапазон вимірювальних напруг, В	50...600
Номинальний вхідний струм, мА	10
Вихідний сигнал датчика, мА*	40
Напруга мережі, В	$\pm 15 \pm 5\%$
Основна приведена похибка вимірювання, %, не більше	1
Нелінійність вихідної характеристики, %, не більше	0,1
Струм споживання по ланцюгу мережі, мА, не більше	60
Діапазон температур, °С	-20...+80
Габаритні розміри, мм	73,5x52,5x



Датчик складається з корпусу, друкованої плати, на якій закріплений кільцевої магнітопровід. У зазорі магнітопровода знаходиться спеціальний датчик Холла, який видає сигнал, пропорційний магнітної індукції. Основні переваги датчиків: гальванічна розв'язка силових ланцюгів і ланцюгів контролю, мінімальні габарити, енергоспоживання і маса.

Для вимірювання струму двигуна використовуємо датчик напруги ДНХ. Який підключаємо до додаткових полюсів і знімаємо з них напругу яке прямо пропорційне току двигуна. За допомогою даних про значення струму регулятор зможе автоматично регулювати величину струму, тим самим буде

обмежувати від занадто великих струмів і утримувати струм на допустимому рівні, особливо не впливаючи на технологічний процес механізму.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		375

### 3. АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

#### 3.1.Складання моделі електропривода.

Моделювання динамічних режимів системи керування електроприводом виконується в середовищі MATLAB на основі структурної схеми. Створення моделі відбувається шляхом з'єднання окремих блоків системи електроприводу з бібліотек Simulink. Параметри цих блоків задаються згідно з розрахунками параметрів регуляторів, датчиків і елементів схеми заміщення.

Структурна схема системи автоматичного регулювання представлена на рисунку 3.1

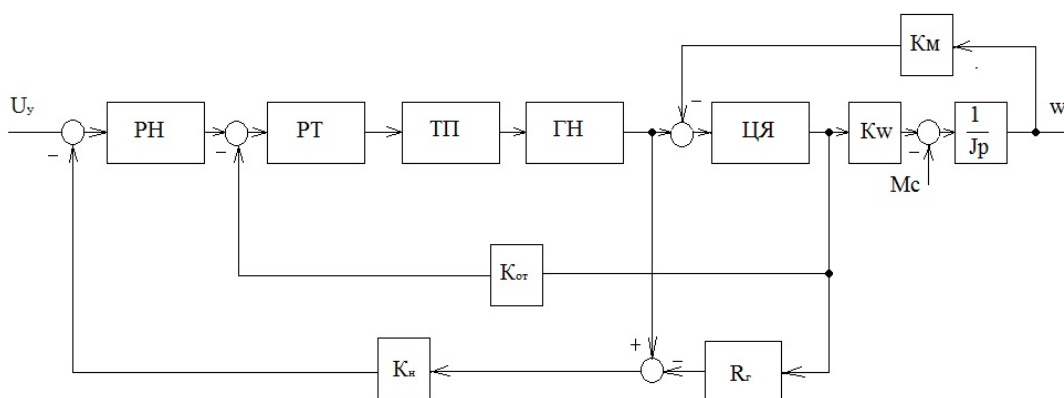


Рисунок 3.1 Структурна схема системи автоматичного регулювання.

На її підставу будемо модель для дослідження перехідних процесів, яка представлена на рисунку 3.2.

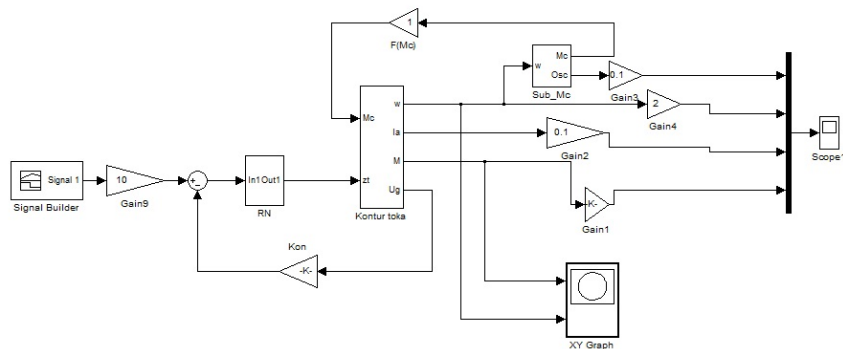


Рисунок 3.2 Модель для дослідження перехідних процесів в системі ТП-Д.

А модель якірного ланцюга на рисунке 3.3.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		386

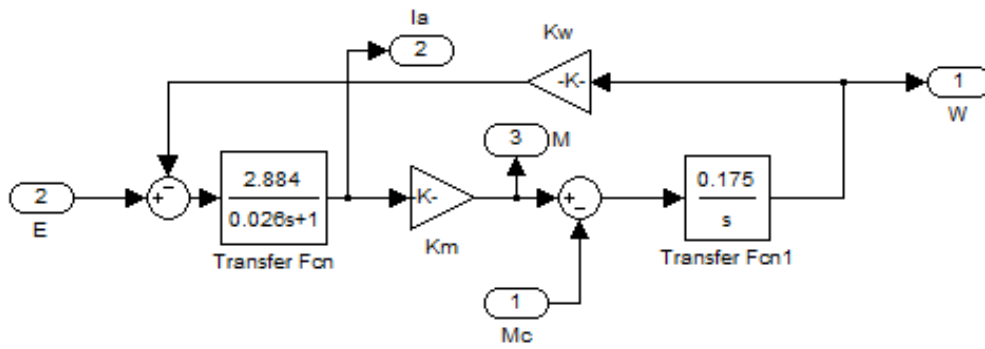


Рисунок 3.3 Модель якірного кола.

### 3.2. Моделювання перехідних процесів ЕП.

Моделювання перехідних процесів ЕП без моменту навантаження. Перший перехідний процес був знятий при відсутності моменту навантаження. В результаті маємо перехідні процеси, зображені на рисунках 3.4, 3.5.

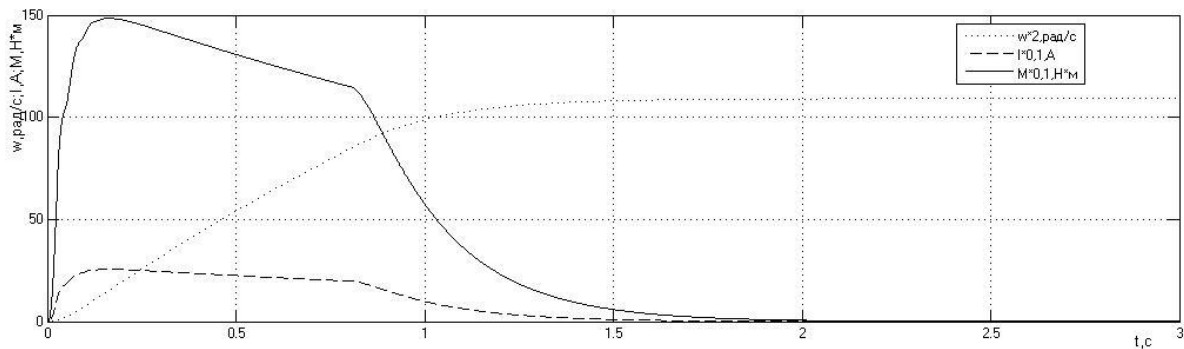


Рисунок 3.4 Графіки перехідних процесів без моменту навантаження.

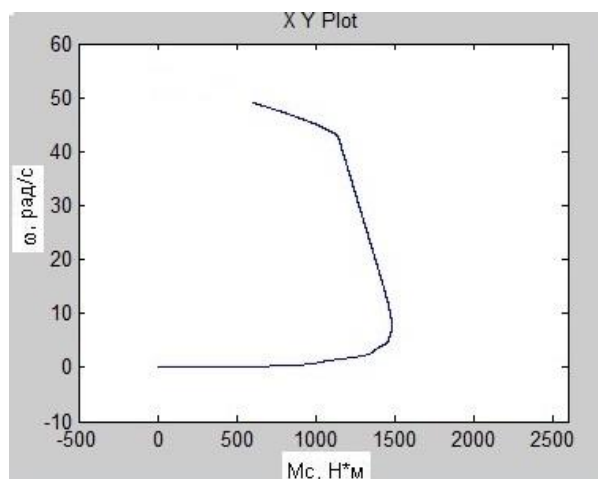


Рисунок 3.5 Механічна характеристика двигуна без моменту навантаження.

В процесі розгону двигуна на холостому ходу перерегулювання по струмом не спостерігається. З огляду на встановлені параметри двигун досягає номінальної швидкості за 1 с. Параметри перехідних процесів даного режиму моделювання задовольняють поставленим вимогам.

Моделювання перехідних процесів ЕП з моментом навантаження. Другий перехідний процес був знятий при набірні моменту навантаження. В результаті маємо перехідні процеси, зображені на рисунках 3.6, 3.7.

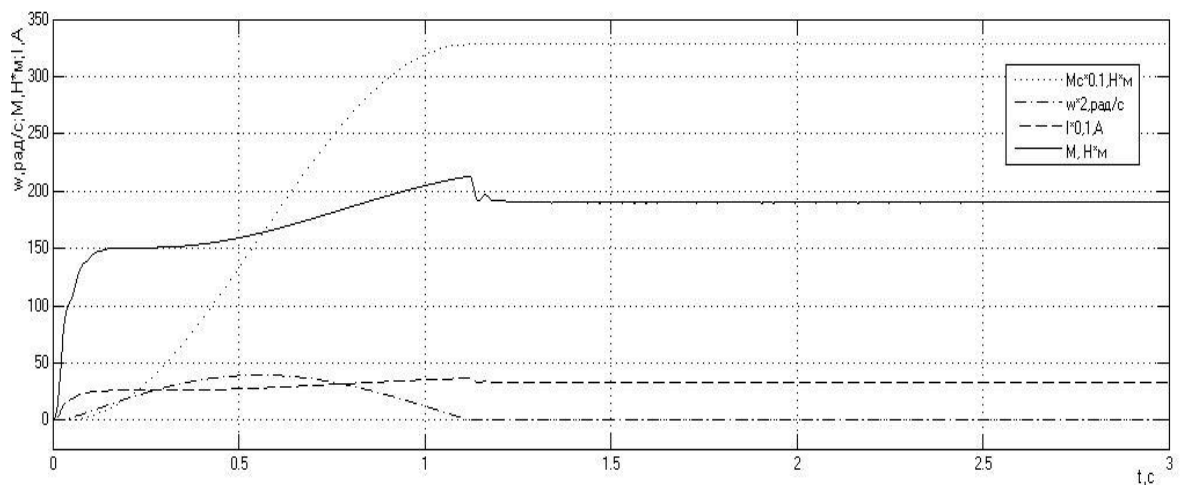


Рисунок 3.6 Графіки перехідних процесів з моментом навантаження.

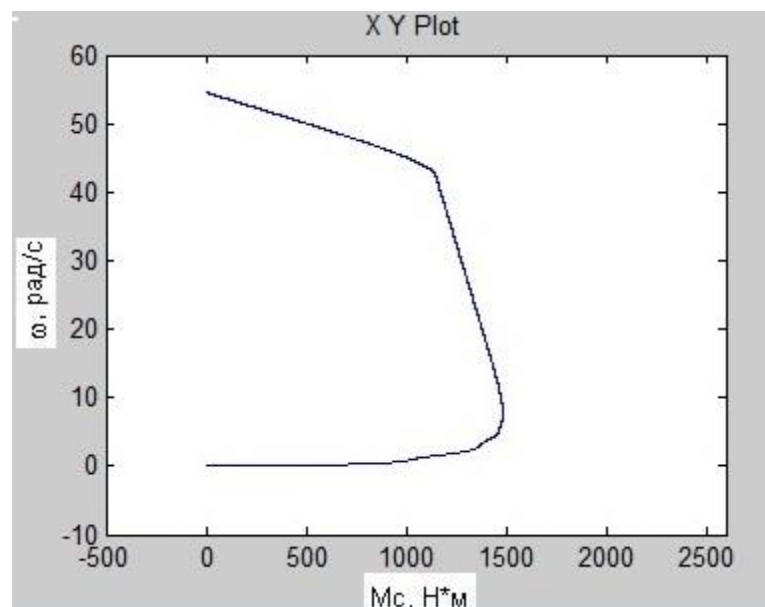


Рисунок 3.7 Механічна характеристика двигуна з моментом навантаження.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На другій секунді відбувається наброс номінального моменту на вал двигуна, причому пере регулювання по струму становить 4.6%, час перехідного процесу складає 0.3 с.

Моделювання перехідних процесів ЕП з моментом навантаження під час всього робочого циклу представлено на рисунку 3,8.

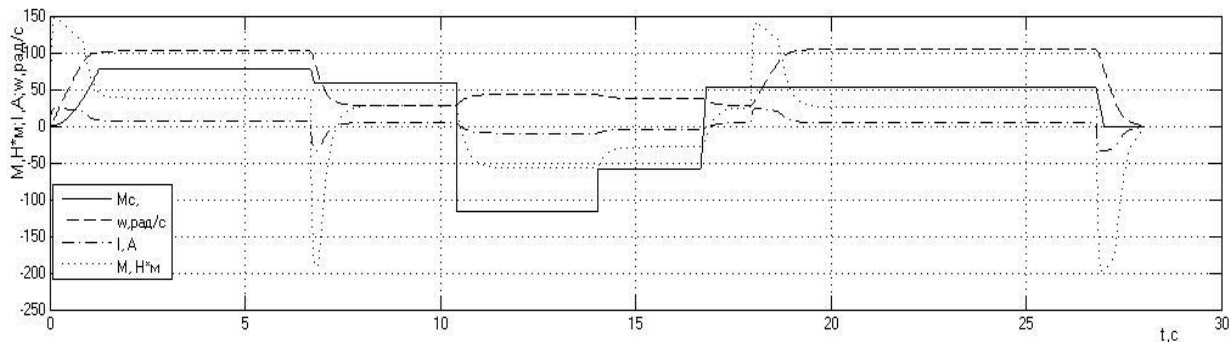


Рисунок 3.8 Графіки перехідних процесів при моделюванні циклу роботи.

В останньому випадку, в процесі розгону двигуна при номінальному навантаженні спостерігається короткочасне припустиме збільшення струму якоря двигуна. З огляду на встановлені параметри двигун досягає номінальної швидкості за 1с. На другій секунді відбувається, після досягнення двигуном номінальної швидкості, зниження струму якоря до номінального значення, причому перерегулювання по току становить 0%, час перехідного процесу складає 0.3 с. Параметри перехідних процесів даного режиму моделювання задовольняють поставленим вимогам.

Модель зібрана на П регуляторах зі зворотним зв'язком по струму якірного ланцюга і зворотним зв'язком по напрузі генератора. Завдання на швидкість реалізується за допомогою блоку Signal Builder. Момент опір так само задається за допомогою Signal Builder, а так само з урахуванням знака швидкості і експоненційної навантаження.

## 4. ЕКОНОМІКО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

### Вступ.

У зв'язку з тим, що магнітні підсилювачі, які використовуються на екскаваторі ЕКГ-5А, в даний момент морально і фізично застаріли, їх виготовленням не займається жоден із заводів виробників, необхідно передбачити заміну магнітного підсилювача на більш прогресуюче обладнання.

Запропоновано замінити магнітний підсилювач на тиристорний випрямляч, який має більший коефіцієнт корисної дії, дасть плавність регулювання приводом, підвищує швидкодію і розширює можливість системи. Дозволяє скоротити час простою екскаватора в разі виходу його з робочого стану.

За рахунок впровадження системи управління на тиристорному перетворювачі, знижуються експлуатаційні витрати, підвищується зручність експлуатації. Впровадження тиристорного випрямляча постійного струму, сприяє підвищенню продуктивності екскаватора (через зменшення часу простою на ремонт) що позитивно вплине на економічну ефективність проекту.

Для обґрунтування економічної доцільності запропоновано:  
в дипломному проекті модернізації обладнання необхідно вирішити такі завдання:

1. Розрахувати обсяг капітальних витрат;
2. Визначити розмір експлуатаційних витрат;
3. Визначити та проаналізувати показники економічної ефективності.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



#### 4.1. Розрахунок капітальних витрат.

Для визначення капітальних витрат можна скористатися формулою

$$K_{пр} = K_{об} (\Sigma Ці) + Z_{тзс} + Z_{м} + Z_{н} + Z_{пр}, \text{ грн}$$

де  $K_{об} (\Sigma Ці)$  - вартість придбання електрообладнання (двигун, генератор і перетворювач), необхідного для реалізації прийнятого технічного рішення.

$K$  - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{тзс}$  - транспортно-заготівельні і складські витрати;

$Z_{м}$  - витрати на монтажні роботи;

$Z_{н}$  - витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{пр}$  - інші одноразові вкладення коштів.

Таблиця 3. Зведення капітальних витрат.

№ п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	ДПТ тип: 4ПФМ280М $P_{н} = 45$ кВт	1	60000	60000
2	Частотний перетворювач ЭПУ5-1-361В, Ф	1	14560	14560
3	Генератор тип ГПЭ 75 $P_{н} = 75$ кВт	1	83610	83610
	ВСЬОГО			158200

1 <http://www.ukrcommerce.com/board/index.php?id=255974&sub=378&cat=5271>

2 <http://usk.ua/epu5.html>

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на монтажні (Зм) роботи:

$$Z_m = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = 2 \cdot 68,93 \cdot 12 \cdot 1,1 \cdot 1,375 \cdot 1,1 + 1000 = 3752, \text{ грн}$$

Витрати на налагоджувальні (Зн) роботи:

$$Z_n = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = 2 \cdot 68,93 \cdot 5 \cdot 1,1 \cdot 1,375 \cdot 1,1 + 1000 = 2147, \text{ грн.}$$

де  $C_i$  – чисельність працівників  $i$ -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, чел. ;

$a_i$  - годинна тарифна ставка  $i$ -го розряду, грн;

$a_i$  - годинна тарифна ставка 4-го розряду дорівнює 68,93 грн / год;

$t_i$  - час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, час;

$K_d$  - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{cm}$  - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи;

$K_{np}$  - коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Інші одноразові вкладення коштів (Зпр) можуть включати витрати на:

1. Демонтаж застарілого обладнання;
2. Проведення проектно-конструкторських робіт;
3. Підготовку персоналу;
4. Придбання готового програмного забезпечення.

$$K_{np} = 158200 + 3752 + 2147 = 164099 \text{ грн,}$$

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічного устаткування відносяться:

- амортизаційні відрахування (Ca);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу (Cз);
- відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (Cс);
- витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання (Cт);
- вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування (Ce);
- інші експлуатаційні витрати (Cпр).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = Ca + Cz + Cs + Ct + Ce + Cpr;$$

Расчет эксплуатационных расходов ведется по проектному и базовому варианту параллельно.

### 4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних витрат за видами основних фондів і нематеріальних активів по розділах зведення капітальних витрат для проектного варіанту і за даними підприємства про балансову вартість змінного обладнання для базового варіанту (таблиця 4).

Таблиця 4. Амортизаційні відрахування.

№	Найменування показників	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
1	Проектний варіант	164099	20	32820
2	Базовий варіант	149583	20	29920

Базова балансова вартість якого замінюють обладнання взяті за даними відділу основних засобів підприємства, що складають 149583

									Арк.
									43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

#### 4.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати.

Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу надано в таблиці 5.

Таблиця 5. Річний фонд заробітної плати

№ п/п	Найменування професій працівників	Явочний штат в змін, чол.	Годинна тарифна ставка, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, ч.	Разом, основна зарплата за тарифом, грн.
1.	Машиніст	1	70,0	1920	134400
3.	Помічник машиніста	2	60,0	960	115200
	РАЗОМ		-	-	249600

Загальна величина річного фонду заробітної плати становить:

$$C_{з\text{ пр}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 249600 + 19968 = 269568, \text{ грн}$$

де  $Z_{\text{осн}}$  - основна заробітна плата, грн;

$Z_{\text{доп}}$  - додаткова заробітна плата (5% від основної), грн.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

#### 4.2.3. Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства.

Витрати на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації можна розрахувати за формулою:

$$Z_{m.p} = \sum_{i=1}^n \left( R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \sum_{i=1}^{\partial} \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\phi} \right)$$

де  $n$  – число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

$\partial$  – число елементів вимагають ремонт, заміну

$R_i$  – годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн .;

$t_i$  – трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю в залежності від виду ремонту, ч / од .:

- малого - 1,2;

- середнього - 7,0;

- капітального - 15,0;

$M_i$  – число ремонтів за рік, для закритих машин число ремонтів в рік:

- малих ремонтів - 2;

- середніх ремонтів - 1;

- капітальних - 0,1.

$R_{\Sigma}$  – сумарна категорія складності ремонту в залежності від виду електрообладнання:

Електродвигуни та генератори постійного струму 55-75 кВт - 10;

$S_i$  – вартість однотипних замінних елементів, грн;

$\Pi$  - кількість однотипних замінних елементів;

$T$  – середній термін служби деталей даного типу, ч;

$T_{\phi}$  – число годин роботи апаратури в рік, ч.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Капітальний ремонт передбачає повне відновлення технічних параметрів обладнання і доведення продуктивності і точності роботи устаткування до меж, передбачених паспортом. З можливою заміною обладнання і модернізацією.

Капітальні ремонти розраховуються:

$$Z_{\text{Т.К.ДВ}} = 68,93 \cdot 15 \cdot 0,1 \cdot 10 + \left( \frac{9,4 \cdot 1}{97920} + \frac{60000 \cdot 1}{57600} \right) \cdot 20 \cdot 8 \cdot 12 = 3035 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{Т.К.ГН}} = 68,93 \cdot 15 \cdot 0,1 \cdot 10 + \left( \frac{9,4 \cdot 1}{97920} + \frac{83610 \cdot 1}{57600} \right) \cdot 20 \cdot 8 \cdot 12 = 3822 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{Т.К.ТН}} = 68,93 \cdot 15 \cdot 0,1 \cdot 10 + \frac{14560 \cdot 1}{28800} \cdot 20 \cdot 8 \cdot 12 = 2004 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{Т.К.МУ}} = 68,93 \cdot 15 \cdot 0,1 \cdot 10 + \frac{3643 \cdot 2}{28800} \cdot 20 \cdot 8 \cdot 12 = 1276 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{Т.К.Баз}} = Z_{\text{Т.К.ДВ}} + Z_{\text{Т.К.ГН}} + Z_{\text{Т.К.МУ}} = 3035 + 3822 + 1276,816 = 8134 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{Т.К.ІР}} = Z_{\text{Т.К.ДВ}} + Z_{\text{Т.К.ГН}} + Z_{\text{Т.К.ТН}} = 3035 + 3822 + 2004,616 = 8862 \text{ грн}$$

де 9,4 – ціна мастильного матеріалу

<https://ua.all.biz/smazka-solidol-zh-17-5-kg-g9474478>

де 10 - ціна підшипника; 105 - ціна тиристора

<http://dp.prom.ua/Podshipniki>

<https://electronoff.ua/tiristory-simistory/price=105.00,1469.00>

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

#### 4.2.4. Розрахунок вартості спожитої електроенергії.

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності і річного фонду робочого часу об'єкта проектування по формулі:

$$C_{э.нр} = W_{э.нр} \cdot Ц_{э} = 8832 \cdot 2,02 = 17840 \text{ грн};$$

$$C_{э.баз} = W_{э.баз} \cdot Ц_{э} = 19200 \cdot 2,02 = 38784 \text{ грн};$$

де  $W_{э}$ - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт \* год .;

$Ц_{э}$ - тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн / кВт \* год.

2,02 грн./кВт год - вартість електроенергії для підприємств станом на 22.11.20;

Кількість спожитої за рік електроенергії, кВт \* год розраховуємо за формулою:

$$W_{э.нр} = t_d \cdot t_h \cdot t_t \cdot P_n = 20 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 4,6 = 8832 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_{э.баз} = t_d \cdot t_h \cdot t_t \cdot P_n = 20 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 5 = 9600 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

де  $t_d$  - кількість робочих днів на місяць.

$t_h$  - кількість робочих годин за зміну.

$t_t$  - кількість місяців на рік.

$P_n$  - потужність пристрою, що управляє.

$$C_{нр} = C_a + C_m + C_{э};$$

$$C_{нр} = 32820 + 8862 + 17840 = 59522 \text{ грн}$$

$$C_{баз} = C_a + C_m + C_{э};$$

$$C_{баз} = 29920 + 8134 + 38784 = 76838 \text{ грн}$$

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

### 4.3 Річна економія від запропонованого об'єкта проектування.

Річна економія від запропонованого технічного рішення полягає у наступному:

1. Безпосередня економія ресурсів, зниження собівартості і збільшення прибутку від реалізації продукції.
2. Збільшення випуску продукції за рахунок скорочення часу простою головного технологічного механізму.

Прибуток від експлуатації екскаватора

$$\text{Час завантаження самоскида } T_{\text{заг.сам}} = T_{\text{ц}} \cdot \kappa + T_{\text{сам}} = 27 \cdot 6 + 300 = 462 \text{ с}$$

де  $T_{\text{ц}}$  – час одного циклу копання і вивантаження екскаватора;

де  $\kappa$  – кількість циклів екскаватора для завантаження самоскида;  $\kappa = 19,2 / 3,2$

$T_{\text{сам}}$  – час для виїзду навантаженого самоскида і підїзду під завантаження порожнього самоскида.

Можливий час ремонту екскаватора в рік в годинах

$$T_{\text{рембаз}} = \frac{1}{3} \cdot T_p = \frac{1}{3} \cdot 8 = 2,667 \text{ , год}$$

$$T_{\text{ремпр}} = \frac{1}{3} \cdot T_p = \frac{1}{3} \cdot 2 = 0,667 \text{ , год}$$

Час роботи екскаватора в рік

$$T_{\text{год.роб.ба}} = 12 \cdot 20 \cdot 8 - T_{\text{рембаз}} = 1920 - 2,667 = 1917 \text{ , год}$$

$$T_{\text{год.роб.пр}} = 12 \cdot 20 \cdot 8 - T_{\text{ремпр}} - T_{\text{ремпр}} = 1920 - 0,667 = 1919 \text{ , год}$$

Середній обсяг руди в кузові самоскида

$$\frac{19,2 + 15,1}{2} = 17,15 \text{ , шт}$$

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



Кількість самоскидів завантажених за рік:

$$K_{сам.баз} = \frac{T_{год.роб.ба}}{T_{заг.сам}} = \frac{1917}{0,128} = 14940, \text{ шт.}$$

$$K_{сам.нр} = \frac{T_{год.роб.нр}}{T_{заг.сам}} = \frac{1919}{0,128} = 14960, \text{ шт.}$$

Обсяг руди, що видобувається за рік

$$V_{баз} = 17,15 \cdot K_{сам.баз} \cdot 0,9 = 17,15 \cdot 14940 \cdot 0,9 = 230600, \text{ м}^3$$

$$V_{нр} = 17,15 \cdot K_{сам.нр} \cdot 0,9 = 17,15 \cdot 14960 \cdot 0,9 = 230800, \text{ м}^3$$

де 0,9 – коефіцієнт, який враховує вплив погодних умов, поломку транспорту, нестачі водіїв і транспорту.

Сума від реалізованої продукції з ПДВ на прибуток:

$$V_{реал.баз} = V_{баз} \cdot C_{ст} \cdot 0,2 = 230600 \cdot 550 \cdot 0,2 = 25370000, \text{ грн}$$

$$V_{реал.нр} = V_{нр} \cdot C_{ст} \cdot 0,2 = 230800 \cdot 550 \cdot 0,2 = 25390000, \text{ грн}$$

де  $C_{ст}$  – вартість руди.

У базовому варіанті приймаємо витрати за:

доставку руди  $\Delta_{дост.баз} = V_{реал.баз} \cdot 0,2 = 25370000 \cdot 0,2 = 5073000, \text{ грн}$

зберігання на складі  $\Delta_{скл.баз} = V_{реал.баз} \cdot 0,01 = 25370000 \cdot 0,01 = 253700, \text{ грн}$

процент за реалізацію  $\Delta_{реал.баз} = V_{реал.баз} \cdot 0,02 = 25370000 \cdot 0,02 = 507300, \text{ грн}$

Інші витрати  $\Delta_{проч.баз} = V_{реал.баз} \cdot 0,04 = 25370000 \cdot 0,04 = 1015000, \text{ грн}$

У проектному варіанті приймаємо витрати за:

доставку руди  $\Delta_{дост.нр} = V_{реал.нр} \cdot 0,2 = 25390000 \cdot 0,2 = 5079000, \text{ грн}$

зберігання на складі  $\Delta_{скл.нр} = V_{реал.нр} \cdot 0,01 = 25390000 \cdot 0,01 = 253900, \text{ грн}$

процент за реалізацію  $\Delta_{реал.нр} = V_{реал.нр} \cdot 0,02 = 25390000 \cdot 0,02 = 507900, \text{ грн}$

Інші витрати  $\Delta_{проч.нр} = V_{реал.нр} \cdot 0,04 = 25390000 \cdot 0,04 = 1016000, \text{ грн}$

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

### Витрати на електроенергію

$$Z_{\text{елек}} = 20 \cdot 8 \cdot 12 \cdot (P_{\text{син.дв}} + P_{\text{тр.общ}}) \cdot Ц\text{Ф} = 20 \cdot 8 \cdot 12(630 + 100) \cdot 2,02 = \\ = 2831232, \text{ грн}$$

### Прибуток екскаватора:

$$P_{\text{реал.}} = V_{\text{реал.}} - \Delta_{\text{пр}} - \Delta_{\text{реал.}} - \Delta_{\text{скл.}} - \Delta_{\text{дост.}} - Z_{\text{елек}} - Z_{\text{маш}} - Z_{\text{ном}} - C_{\text{маш}} - C_{\text{ном}},$$

$$P_{\text{реал.баз}} = 25370000 - 1015000 - 507300 - 253700 - 5073000 - 2831232 \\ - 50400 - 37200 - 2016 - 1488 = 15610864 \text{ грн}$$

$$P_{\text{реал.пр}} = 25390000 - 1016000 - 507900 - 253900 - 5079000 - 2831232 - 50400 - \\ 37200 - 2016 - 1488 = 15598664 \text{ грн}$$

Повна річна економія від впровадження варіанту визначається:

$$\text{Э} = \Delta\Pi + \Delta C = 12200 + 17316 = 29516, \text{ грн}$$

$\Delta\Pi$  – повний очікуваний річний прибуток екскаватора від впроваджуваного проекту.

$$\Delta\Pi = P_{\text{пр}} - P_{\text{реол}} = 15610864 - 15598664 = 12200$$

$\Delta C$  – економія (перевитрата) на експлуатаційних витратах, знаходиться за формулою.

$$\Delta C = C_{\text{баз}} - C_{\text{пр}}$$

$$\Delta C = C_{\text{баз}} - C_{\text{пр}} = 76838 - 59522 = 17316, \text{ грн}$$

					ЕП.МР.20.17. .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

#### 4.4. Визначення та аналіз показників економічної ефективності.

Оцінка економічної ефективності розглянутих в дипломному проекті технічних і організаційних рішень здійснюється на основі визначення та аналізу наступних показників:

а) Розрахункового коефіцієнта ефективності капітальних витрат  $E_p$ ;

б) Терміну окупності капітальних витрат  $T_p$ ;

Коефіцієнт ефективності капітальних витрат  $E_p$  показує, скільки гривень додаткового прибутку приносить одна гривня капітальних витрат:

$$E_p = \Delta / K \quad E_p = 29516 / 164099 = 0,18$$

де  $\Delta$  – загальна річна економія від впровадження проекту будівництва об'єкта, тис грн;

$K$  - капітальні витрати по варіанту, що викликали економію, тис.грн;

Термін окупності капітальних витрат  $T_p$  показує, за скільки років вони окупляться за рахунок загальної економії від впровадження варіанти:  $T_p = K / \Delta$

$$T_p = 164099 / 29516 \approx 5,56 \text{ (років)}$$

Проект капітальних вкладень визнається доцільним за умови

$$E_p > E_k$$

де  $T_{ож}$  - очікуваний, прийнятний для підприємства термін окупності капітальних вкладень, років.

1. Визначити нормативне значення коефіцієнта ефективності можна також виходячи з прийнятною для підприємства індивідуальної норми прибутковості:

$$E_n = 1 / T_{ож} ,$$

$$E_n = 1 / 5,56 = 0,17,$$

де  $T_{ож}$  – очікуваний, прийнятний для підприємства термін окупності капітальних вкладень, років.

При цьому варіант визнається економічно доцільним за умови

$$E_p > 1 / T_{ож}$$

$$0,18 > 0,17$$

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати техніко-економічного обґрунтування ефективності впровадження результатів дипломного проекту оформляємо у вигляді таблиці 6.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Таблиця 6. Порівняльна оцінка техніко-економічних показників.

№ п/п	Найменування показників	Од. виміру	Базовий варіант	Проектний варіант	Зміна в порівнянні з базовим варіантом (+)	
					тис. грн.	%
1	Капітальні затрати	тис.грн.	149583	164099	-14516	-9,7
2	Експлуатаційні витрати, всього		76838	59522	+17316	22,5
	у тому числі:					
	* амортизаційні відрахування		29920	32820	-2900	-9,7
	* технічне обслуговування і поточний ремонт		8862	8134	+728	8,2
	* вартість споживаної електроенергії		38784	17840	+20944	54
3	Річна економія, всього		-	29516	-	-
4	Розрахунковий коефіцієнт ефективності	частки од.	-	0,18	-	-
5	Розрахунковий термін окупності капітальних вкладень	років	-	5,56	-	-
6	Економія електроенергії	кВт·ч	38784	17840	-	-

## Висновок.

У процесі розрахунку даного розділу були знайдені капітальні витрати і були розраховані експлуатаційні витрати пов'язані з монтажем, налагодженням, поточними ремонтами і обслуговуванням устаткування а так само був проведений розрахунок енергоспоживання обладнання протягом одного року.

Розрахунки показали що проект є доцільний для реалізації так як стало економічніше технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання на 8,2%, вартість споживаної електроенергії знизилася на 54%, хоч і збільшилися амортизаційні відрахування на 9,7%. Але все ж експлуатаційні витрати стали нижче в порівнянні з базовими на 22,5%.

Був розрахований коефіцієнт ефективності капітальних витрат  $E_p$  за рахунок реінвестування власних коштів; також виходячи з прийнятною для підприємства індивідуальної норми прибутковості.

У підсумку вирішено, найбільш ефективний спосіб взяття грошей на реалізацію проекту за рахунок реінвестування власних коштів, який і пропонується в даному дипломному проекті.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЛИТЕРАТУРА.

1. Чулков Н.Н. Расчет приводов карьерных машин - М.: Недра, 1987.
2. Синолиций А.П., Осадчук Ю.Г., Филипп Ю.Б. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Системы управления электроприводами» - Кривой Рог: КТУ, 2009. - 84с.
3. Земин Е.Н., Яковлев В. И. Автоматическое управление электроприводами.-М.: Высш.школа, 1979.-318 с.
4. Перельмутер В.М. Комплектные тиристорные Электроприводы. - М.: Энергоатомиздат, 1988.
5. Справочник по автоматизированного электропривода / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского.-М: Энергоатомиздат, 1983.-616с.
6. Вуль Ю.Я. Наладка электроприводов экскаваторов. - М.: Недра, 1975.
7. Бариев Н.В. Электропривод одноковшовых экскаваторов. - М: Энергоатомиздат, 1975.

					ЕП.МР.20.17. .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55