

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 БАКАЛАВРА**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студента Семенюка Артема Станіславовича  
(ПІБ)  
академічної групи ЕМ-15-2  
(шифр)  
спеціальності 050702 Електромеханіка  
(код і назва спеціальності)  
спеціалізації<sup>1</sup> \_\_\_\_\_  
за освітньо-професійною програмою \_\_\_\_\_  
(офіційна назва)  
на тему Електропривод головного руху фрезерного верстату з числовим програмним керуванням  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Казачковський М.М.			
розділів:				
Технологічна частина	Казачковський М.М.			
Автоматизований електропривод	Казачковський М.М.			
Дослідження динаміки	Казачковський М.М.			
Охорона праці	Лутс І.О.			
Техніко-економічне обґрунтування	Дементьєва Н.В.			

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер	Казачковський М.М.			
----------------	--------------------	--	--	--

Дніпро  
20\_\_

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

електропривода

(повна назва)

Казачковський М.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну роботу**

**ступеня БАКАЛАВРА**

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Семенюка Артема Станіславовича академічної групи ЕМ-15-2  
(прізвище та ініціали) (шифр)

напряму 050702 Електромеханіка

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

на тему Електропривод головного руху фрезерного верстату з числовим програмним керуванням

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічна частина	Опис технології	
Автоматизований електропривод	Розрахунок навантажень та вибір силового електрообладнання	
Дослідження динаміки	Розробка математичної моделі та розрахунок перехідних процесів	
Охорона праці	Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проєктованого технологічного процесу	
Техніко-економічне обґрунтування		

Завдання видано \_\_\_\_\_

(підпис керівника)

Казачковський М.М.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі \_\_\_\_\_

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

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_

(підпис студента)

Семенюк А.С.

(прізвище, ініціали)

						<b>Арк.</b>
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>		<b>2</b>

# РЕФЕРАТ

Об'єкт детальної розробки: Електропривод головного руху фрезерного верстату з числовим програм-ним керуванням

Мета роботи: модернізація електроприводу головного руху фрезерного верстату з числовим програм-ним керуванням.

Вибрані елементи силового кола (двигун постійного струму типу 2ПФ132ЛГ, електропривод ЭПУ1-2-3447Д04). Розраховані параметри двозонної системи регулювання швидкості.

Здійснений розрахунок регуляторів швидкості, струму якоря, струму збудження та ЕРС. При моделюванні охоплені режими пуску, прикладення навантаження, гальмування з використанням пакета MATLAB Simulink. Отримано діаграми швидкості, струму якоря, ЕРС, та магнітного потоку розробленої моделі. Проаналізовані небезпечні та шкідливі фактори.

Витрати на електроенергію та експлуатацію були скорочені за рахунок зменшення потужності електропривода та втрат електроенергії шляхом встановлення комплектного електроприводу постійного струму.

**РЕВЕРСИВНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ПОСТІЙНОГО СТРУМУ, ЧИСЛОВЕ КЕРУВАННЯ, ДВОЗОННА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ, ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, СИНТЕЗ САР.**

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					3

## Зміст

Вступ	5
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Вихідні дані	7
2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	9
2.1 Розрахунок навантажень та вибір двигуна	11
2.2 Вибір силового електричного обладнання	14
2.3 Розрахунок системи автоматичного регулювання	19
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ	25
3.1 Моделювання САР	25
3.2 Висновки до розділу 3	28
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	29
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників Проектованого технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою	34
4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці	
4.3 Електробезпека	
4.4 Пожежна профілактика	35
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	40
5.1 Вступ	40
5.2 Розрахунок капітальних витрат	41
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	45
5.4 Висновки до розділу 5	48

						Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Перші, відомі нам, описи принципу фрезерування з'явилися в Європі в 16 столітті. Леонардо да Вінчі дав ескіз прототипу фрези у вигляді обертового круглого напилка. Відомий верстат з обертовим напилком, побудований в Пекіні в 1665 році. Прототипи сучасних фрезерних верстатів з'явилися в 19 столітті: консольний в 1835 році, універсальний в 1862 році, поздовжній в 1884 році. Надалі конструкції фрезерних верстатів швидко розвивалися, типи їх диференціювалися.

Найстарішими відомими фрезерними верстатами є зуборізні. В цих верстатах уже на початку 18 століття існувало два важливих вузли: ділильний пристрій та зуборізне пристосування. Кожен з цих вузлів до 18 століття розвивався окремо, а потім вони поєдналися в одній конструкції.

У 1721 російський винахідник Андрій Нартов виготовив зубофрезерний верстат великого розміру, що призначався для нарізання зубчастих коліс для будь-яких машин.

Офіційною датою винайдення фрезерного верстату є 1818р. У середині 19 століття почали серійно будувати вертикально - фрезерні верстати. В музеї у Парижі зберігається вертикально-фрезерний верстат побудований в 1857 році.

Перший універсальний фрезерний верстат, який мав у своєму складі ділильну головку, що дозволяла виготовлення прямих та спіралеподібних зубчастих механізмів, був виготовлений у 1853. Цей верстат був представлений на універсальній виставці у Парижі в 1867.

									Арк.
									5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Фрезерний верстат широко використовується і в сучасному машинобудуванні.

*Фрезерування*-один із високопродуктивних і розповсюджених методів обробки поверхонь заготовок багатолезовим різальним інструментом - *фрезою*. Фреза оснащена декількома зуб'ями кожен з яких можна розглядати як різець. Фрезеруванням здійснюють *чорнову, напівчистому чи чистову обробку* простих і фасонних поверхонь зі сталі, чавуну, кольорових металів та пластмас. При цьому одержують поверхні правильної геометричної форми.

На фрезерних верстатах обробляють горизонтальні, вертикальні та похилі площини, фасонні поверхні, уступи та пази різного профілю, розрізають матеріал. Існують фрези для обробки тіл обертання, різьб та зуб'їв зубчастих коліс.

Залежно від напрямку обертання фрези та напрямку подачі заготовки розрізняють такі схеми різання:

- *Зустрічне* (проти подачі) фрезерування, коли напрям подачі протилежний напрямку обертання фрези, таке фрезерування найчастіше застосовують для чорнової обробки заготовок з підвищеною твердістю поверхні.

- *Попутне* (за подачею) фрезерування, коли напрям подачі та обертання фрези збігаються. Таку схему різання застосовують при чистовому фрезеруванні.

Процес фрезеруванням має свої специфічні особливості. Найголовніше з них – переривчатість різання інструмента кожним зубом. Зуб фрези контактує із заготовкою тільки на деякій частині оберту, а потім рухається, не торкаючись заготовки, до наступного врізання в матеріал. Це, а також значна маса корпусу більшості фрез сприяє кращому тепловідводу від ріжучих лез.

									Арк.
									6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## Глава 1. Завдання на проект

### 1.1 Вихідні дані

Діаграми статичного моменту на валі шпинделя  $M_{\text{сш}}$  та швидкості шпинделя  $\omega_{\text{ш}}$  наведені на рис. 1, а параметри діаграм – у табл. 1. Тривалість циклу обробки деталі  $T$ . На інтервалах  $t_2 \dots t_4$  та  $t_6 \dots t_8$  має місце фрезерування, на інтервалах  $t_1, t_5, t_9$  – зміна швидкості обертання фрези та її переміщення до нової зони обробки, протягом часу  $t_{10}$  здійснюється заміна деталі.

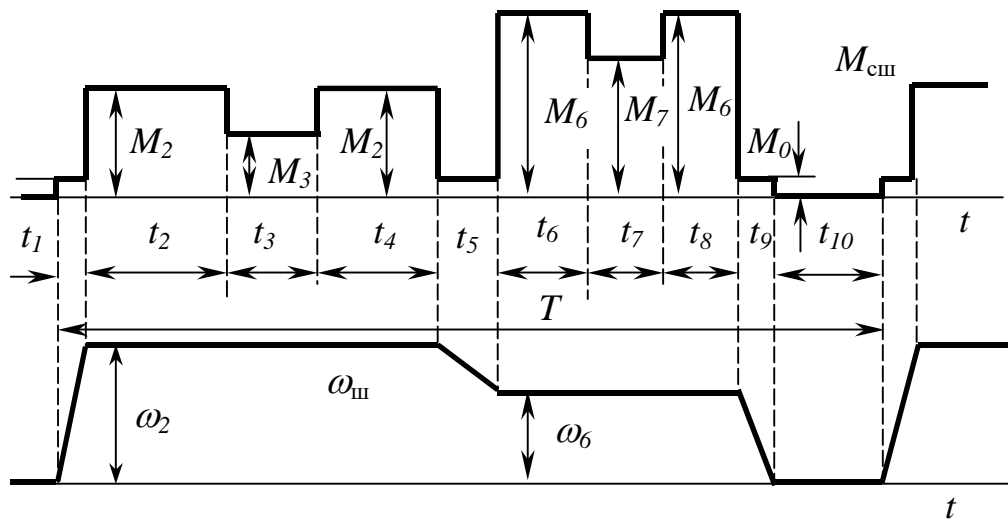


Рис. 1 Діаграми статичного моменту та швидкості шпинделя

Кінематичну схему приводу головного руху показано на рис. 2. Зубчасті пари передачі – циліндричні (кількість зубів зубчастих коліс також зведено до табл. 1). На валі II розташовано пересувне спарене колесо  $z_3 - z_4$ , яке має змогу переміщатися вздовж валу. У верхньому його положенні мають зачеплення колеса  $z_3$  та  $z_5$ , у нижньому –  $z_4$  та  $z_6$ . У табл. 1 також наведені моменти інерції шпинделя  $J_{\text{шп}}$ , а також сумарний момент інерції зубчастої передачі  $J_{\text{пер}}$ , зведений до валу I. Живлення верстату здійснюється від промислової мережі  $3 \times 0,4$  кВ.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Таблиця 1  
Вихідні дані

№ варіанту	2
$z_1$	45
$z_2$	56
$z_3$	56
$z_4$	36
$z_5$	30
$z_6$	66

$t_1, c$	0,5
$t_2, c$	18
$t_3, c$	6
$t_4, c$	14
$t_5, c$	6
$t_6, c$	12
$t_7, c$	4
$t_8, c$	10
$t_9, c$	1
$t_{10}, c$	4
$M_0, Нм$	3
$M_2, Нм$	32
$M_3, Нм$	15
$M_6, Нм$	14
$M_7, Нм$	10
$\omega_2, рад/с$	250
$\omega_6, рад/с$	110
$J_{шг}, кгм^2$	0,05
$J_{гер}, зведений до валу I, кгм^2$	0,0008
У зачеплені колеса	$z_4$ та $z_6$
Система електроприводу	КВ-Д (двобонний)



## Глава 2. Автоматизований електропривод

### 2.1 Розрахунок навантажень та вибір двигуна

Попередній вибір електропривода виконаємо виходячи з відомих нам статичних моментів так, щоб номінальний момент двигуна був більший або рівний середньоквадратичному статичному моменту та виконувалась вірність:

$$M_{\text{НОМ}} \geq (1,1 \dots 1,2) M_{\Sigma}$$

Номінальний момент двигуна:

$$M_{\text{НОМ}} = \frac{9,55 \cdot P_{\text{H}}}{n_{\text{H}}} = \frac{9,55 \cdot 2800}{750} = 35,653 \text{ Нм}$$

Щоб вирахувати середньоквадратичний момент, для початку, розрахуємо передавальні числа на кожному з інтервалів обробки:

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{45}{56} = 0,8, \quad i_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{56}{36} = 1,55$$

$$i_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{30}{66} = 0,45$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Загальне передавальне число:

$$i = i_I \cdot i_{II} \cdot i_{III} = 0,8 \cdot 1,55 \cdot 0,45 = 0,558$$

Знаючи значення передавальних чисел можемо розрахувати кутові швидкості, перераховані на вал двигуна:

$$\omega_{2д} = \frac{\omega_2}{i} = \frac{250}{0,558} = 448 \text{ рад/с}$$
$$\omega_{6д} = \frac{\omega_6}{i} = \frac{110}{0,558} = 197 \text{ рад/с}$$

де  $\omega_i$  - кутова швидкість валу шпинделя на кожному з інтервалів.

Статичні моменти, перераховані на вал двигуна:

$$M_{0дв} = M_0 \cdot i = 3 \cdot 0,558 = 1,674 \text{ Нм,}$$

$$M_{2дв} = M_2 \cdot i = 32 \cdot 0,558 = 17,856 \text{ Нм,}$$

$$M_{3дв} = M_3 \cdot i = 15 \cdot 0,558 = 8,37 \text{ Нм,}$$

$$M_{6дв} = M_6 \cdot i = 14 \cdot 0,558 = 7,812 \text{ Нм,}$$

$$M_{7дв} = M_7 \cdot i = 10 \cdot 0,558 = 5,58 \text{ Нм,}$$

де  $M_i$  - статичні моменти на кожному з інтервалів.

Зведений до валу двигуна момент інерції приводу:

$$J_{звед} = \frac{J_{шп}}{i^2} + J_{пер} = \frac{0,05}{0,558^2} + 0,008 = 0,16 \text{ кгм}^2$$

									Арк.
									10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

де  $J_{дет}$  - момент інерції деталі;  $J_{шп}$  - момент інерції шпинделя;

Розрахуємо еквівалентний статичний момент двигуна:

$$M_{с\Sigma} = \sqrt{\frac{M_{0дв}^2 \cdot t_1 + M_{2дв}^2 \cdot t_2 + M_{3дв}^2 \cdot t_3 + M_{0дв}^2 \cdot t_4 + M_{0дв}^2 \cdot t_5 + M_{6дв}^2 \cdot t_6 + M_{7дв}^2 \cdot t_7}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8}}$$

$$= \sqrt{94} = 9,69 \text{ Нм}$$

де  $t_i$  - тривалість інтервалів обробки.

Виходячи з отриманих результатів, попередньо обираєм двигун 2ПФ132ЛГ.

#### Технічні дані електродвигуна постійного струму 2ПФ132ЛГ

Потужність		$P_n$ , кВт	2,8
Частота обертів		$n_{макс}/n_{ном}$ об/хв	1650/750
ККД		$\eta$ , %	69
Опір обмоток (при 15° С)	якоря	$R_{я}$ , Ом	4,05
	додаткових полюсів	$R_{дп}$ , Ом	2,92
	збудження	$R_{в}$ , Ом	76
Індуктивність обмоток	якоря + додаткових полюсів	$L_{я+дп}$ , мГн	86
	збудження	$L_{в}$ , Гн	20,5
Момент інерції		$J_d$ , кгм <sup>2</sup>	0,048

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					11

Для перевірки попередньо обраного двигуна потрібно знати еквівалентний момент двигуна. Для цього потрібно розрахувати повні моменти двигуна на кожному з інтервалів обробки.

### Динамічні моменти:

динамічний момент на 2-ому інтервалі:

$$M_{\text{дин } 2} = J_{\text{звед}} \cdot \frac{\omega_{2\text{д}}}{t_2} = 0,16 \cdot \frac{448}{18} = 3,98 \text{ Нм}$$

динамічний момент на 3-ому інтервалі;

$$M_{\text{дин } 3} = J_{\text{звед}} \cdot \frac{\omega_{2\text{д}}}{t_4} = 0,16 \cdot \frac{448}{14} = 5,12 \text{ Нм}$$

динамічний момент на 6-ому інтервалі;

$$M_{\text{дин } 6} = J_{\text{звед}} \cdot \frac{\omega_{6\text{д}}}{t_6} = 0,16 \cdot \frac{197}{12} = 2,62 \text{ Нм}$$

динамічний момент на 7-ому інтервалі;

$$M_{\text{дин } 7} = J_{\text{звед}} \cdot \frac{\omega_{6\text{д}}}{t_7} = 0,16 \cdot \frac{110}{4} = 4,4 \text{ Нм}$$

									Арк.
									12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Повні моменти двигуна:

$$M_{\text{пов1}} = M_{0\text{дв}} = 1,674 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пов2}} = M_{0\text{дв}} + M_{2\text{дв}} = 21,836 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пов3}} = M_{\text{дин3}} + M_{3\text{дв}} = 13,49 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пов4}} = M_{0\text{дв}} = 1,674 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пов5}} = M_{0\text{дв}} = 1,674 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пов6}} = M_{\text{дин6}} + M_{6\text{дв}} = 10,432 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пов6}} = M_{\text{дин7}} + M_{7\text{дв}} = 9,98 \text{ Нм},$$

Еквівалентний момент двигуна:

$$M_{\Sigma} = \sqrt{\frac{M_{\text{пов1}}^2 \cdot t_1 + M_{\text{пов2}}^2 \cdot t_2 + M_{\text{пов3}}^2 \cdot t_3 + M_{\text{пов4}}^2 \cdot t_4 + M_{\text{пов5}}^2 \cdot t_5 + M_{\text{пов6}}^2 \cdot t_6 + M_{\text{пов7}}^2 \cdot t_7}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8}}$$

$$= 32,045 \text{ Нм.}$$

Якщо виконується умова - двигун обраний правильно,

$$M_{\text{ном}} \geq (1,1 \dots 1,2)M_{\Sigma}.$$

$$35,653 > (1,107)32,045 - \text{умову виконано.}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					13

## 2.2 Вибір силового електричного обладнання

Виходячи з умов:  $U_{\text{тп}} > U_{\text{ян}}$ ,  $I_{\text{тп}} > I_{\text{ян}}$ , ми обираємо тиристорний перетворювач. Тиристорний перетворювач має бути обраний з урахуванням можливого допустимого перевантаження (визначається кратністю пускового струму двигуна та тривалістю пуску приводу). Номінальна напруга тиристорного перетворювача ( $U_{\text{тп}}$ ), має бути найближчим більшим числом до номінального якірної напруги двигуна ( $U_{\text{ян}}$ ).

$$U_{\text{ян}} = 440 \text{ В}$$

Номінальний струм якоря розраховується за наступною формулою:

$$I_{\text{ян}} = \frac{P_{\text{нп}}}{3U_{\text{ян}}} = \frac{4058}{3 \cdot 440} = 3,074 \text{ А}$$

де  $P_{\text{нп}}$  - номінальна споживана потужність, що розраховується за формулою

$$P_{\text{нсп}} = \frac{P_{\text{н}}}{\eta} = \frac{2800}{0,69} = 4058 \text{ Вт}$$

З даниї отриманих вище ми обираємо тиристорний перетворювач, з використанням методичних вказівок.

									Арк.
									14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Обраний перетворювач типу ЕПУ1-2-3447Д04

Тех. дані перетворювача типу ЕПУ1-2-3447Д04 вказані у таблиці

Принципiальнi схеми рiзних складових електропривода наведенi на малюнках

Тип електропривода			Напруга живлючої мережі для блока керування	Тип та параметри блока керування				
				Тип	Параметри якiрного кола		Параметри кола збудження	
					$I_n, A$	$U_n, B$	$I_n, A$	$U_n, B$
ЕПУ1-2	34	40Д	380-440	БС3403...Д	25	460	5	220

З таблиці випливає наступне:  $U_{ян} = 460 B$ ,  $I_{ян} = 25 A$

									Арк.
									15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

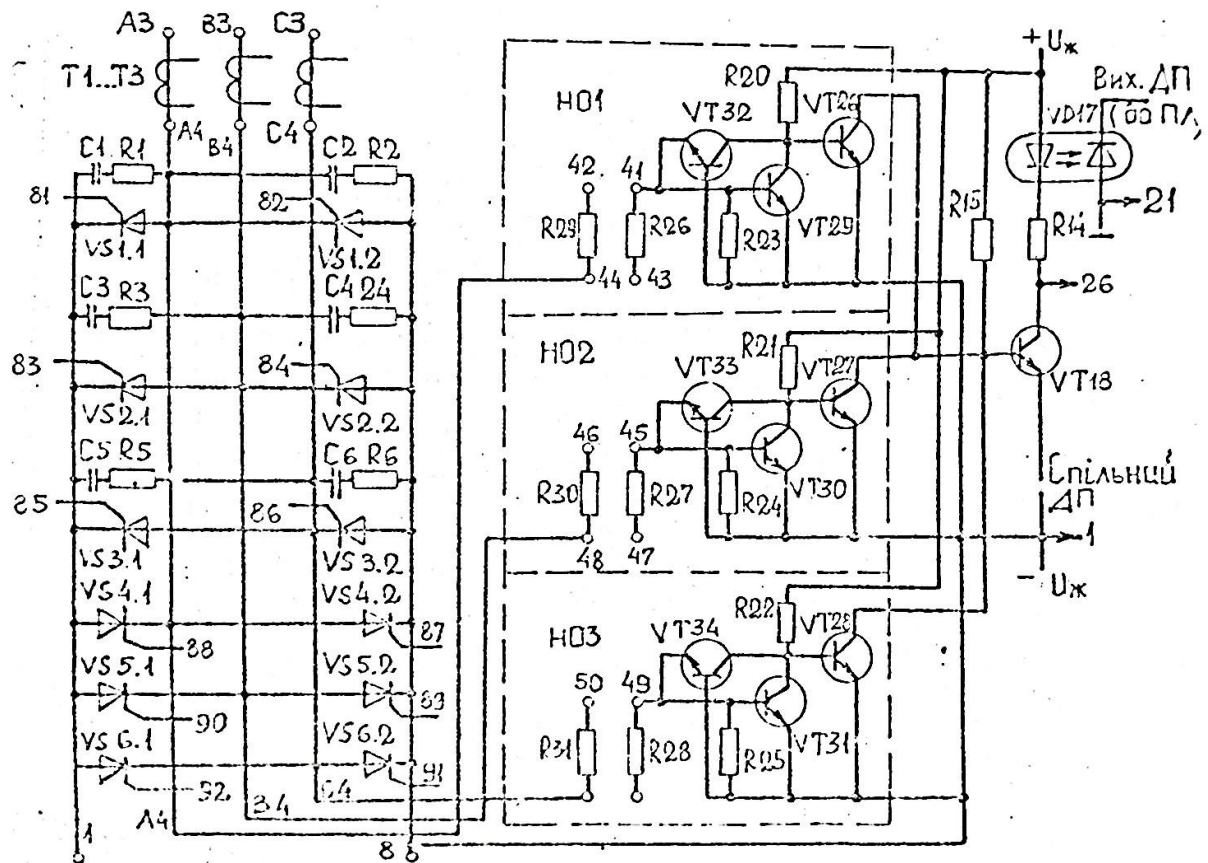


Рис. 2.1 Схема силового кола тиристорного перетворювача та датчика провідності вентилів

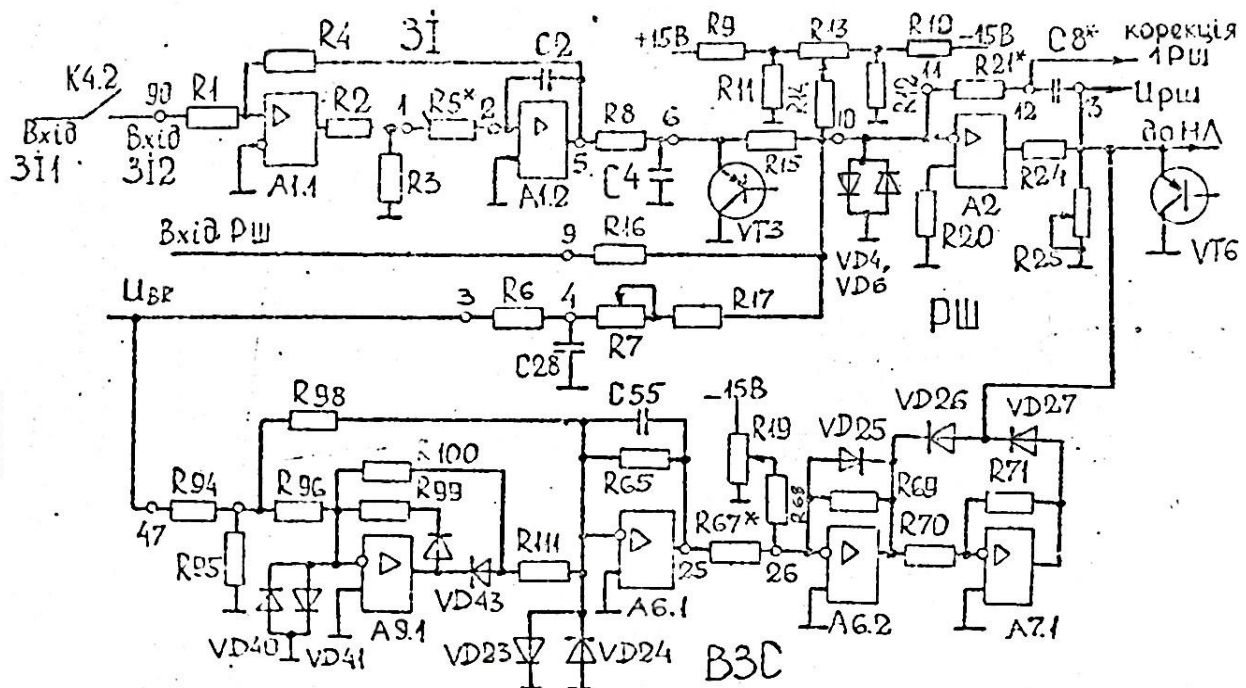


Рис. 2.2 Задавач інтенсивності, регулятор швидкості та вузол залежного струмообмеження



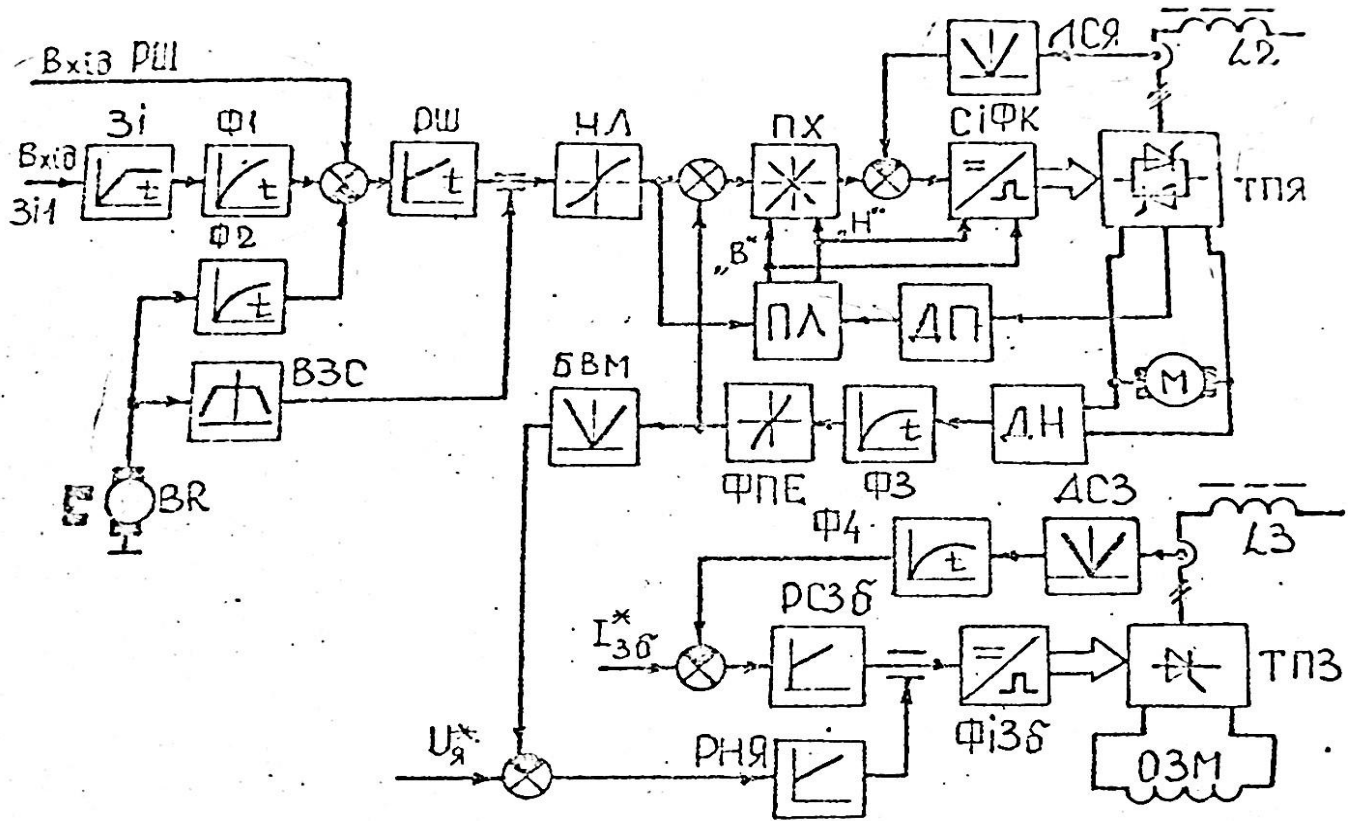


Рис. 2.3 Функціональна схема електропривода

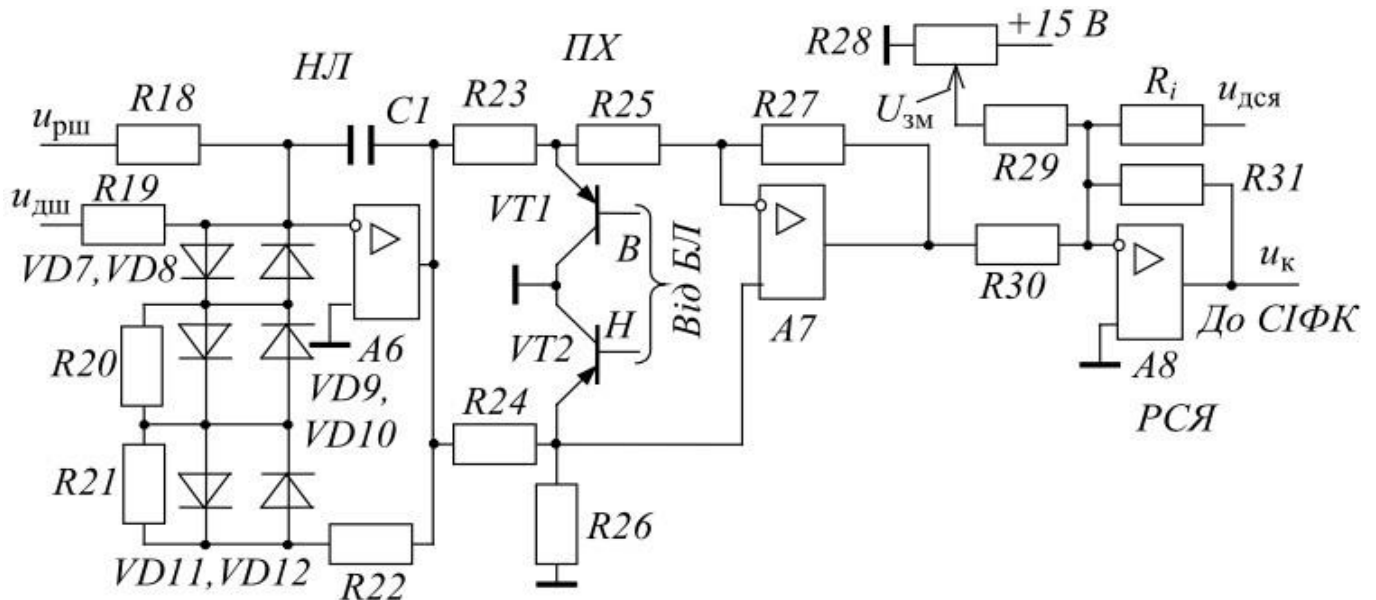


Рис. 2.4 Схема регуляторів напруги та струму збудження



## 2.3 Розрахунок системи автоматичного регулювання

### Розрахунок регуляторів

Перед початком розрахунку регуляторів необхідно знати параметри мережевих реакторів.

Параметри мережевих реакторів вказані у таблиці 2.3 [1].

Таблиця 2.3

$I_H, A$	1 1	2 5	5 0	1 0	2 0	4 0	6 3
$L_p, мГн$	2 , 2	1 , 3 3	0 , 6 6	0 , 3	0 , 1 7	0 , 1 7	0 , 0 4 8
$r_p, Ом$	0 , 0 4	0 , 0 2 5	0 , 0 0 6 4	0 , 0 0 3	0 , 0 0 6 1	0 , 0 0 6 1	0 , 0 0 2 3

Виходячи з таблиці 2.3, отримуємо:

$$L_p = 1,33 \text{ мГн}, r_p = 0,025 \text{ Ом}$$

Наступним кроком буде отримання даних, необхідних для розрахунку регуляторів

Опір, зумовлений перекриттям вентилів:

$$R_{\gamma} = \frac{px_p}{2\pi} = \frac{6 \cdot 0,104}{2 \cdot 3,14} = 0,1 \text{ Ом},$$

де  $x_p = \omega_n \cdot L_p = 0,104$ ;  $p$  - пульсність випрямляча (для трифазної мостової схеми випрямлення  $p = 6$ ).

$$\omega_n = \frac{n_{\text{ном}} \cdot 2\pi}{60} = \frac{750 \cdot 2 \cdot 3,14}{60} = 78,54 \text{ рад/с} - \text{номінальна швидкість двигуна.}$$

Активний опір, індуктивність та електромагнітна стала якірного кола, зведені до температури обмоток  $90^\circ$ :

$$R_e = (R_{\text{я}} + R_{\text{дп}} + 2r_p) \cdot [1 + (90 - t_0^\circ)\alpha] + R_{\gamma} = (4,05 + 2,92 + 2 \cdot 0,025) \cdot [1 + (90 - 15) \cdot 0,004] + 0,1 = 9,226 \text{ Ом},$$

$$L_e = L_{\text{я}} + L_{\text{дп}} + 2L_p = 0,086 + 2 \cdot 0,00133 = 0,089 \text{ Гн},$$

$$T_a = \frac{L_e}{R_e} = \frac{0,089}{9,226} = 0,00961, \text{ с},$$

де  $\alpha = 0,004$  - температурний коефіцієнт опору для міді;  $t_0^\circ$  - температура «холодної» обмотки, що дорівнює  $15^\circ$  (згідно таблиці 2.1);  $L_p$ ,  $r_p$  - індуктивність та опір мережевих реакторів.

Коефіцієнт моменту для двигуна з електромагнітним збудженням:

$$k_{\Phi} = \frac{M_{\text{ном}}}{I_{\text{ян}}} = \frac{35,653}{25} = 1,426 \text{ Нм/А.}$$

									Арк.
									20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розрахунок регулятора струму

Коефіцієнт передачі тиристорного перетворювача:

$$k_{\text{ТП}} = \frac{U_{\text{яН}}}{10} = \frac{460}{10} = 46$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом:

$$k_{\text{Т}} = \frac{10}{I_{\text{яН}}\lambda} = \frac{10}{25 \cdot 2,5} = 0,16 \text{ с}^{-1}$$

де  $\lambda$  - перевантажувальна здатність двигуна (для двигунів постійного струму серії 2П  $\lambda = 2,5$ ).

Пропорційна складова регулятора струму розраховується за формулою:

$$W_{\text{рс(п)}} = \frac{R_e T_a}{2T_{\mu} k_{\text{ТП}} k_{\text{Т}}} = \frac{9,226 \cdot 0,00961}{2 \cdot 0,005 \cdot 46 \cdot 0,16} = 1,205$$

Інтегральна складова регулятора струму:

$$W_{\text{рс(і)}} = \frac{R_e}{2T_{\mu} k_{\text{ТП}} k_{\text{Т}}} = \frac{9,226}{2 \cdot 0,005 \cdot 46 \cdot 0,16} = 125,35$$

де  $T_{\mu} = 0,005$  - еквівалентна стала часу тиристорного перетворювача, с.

Далі розрахунок регулятора швидкості

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_c = \frac{10}{\omega_{\text{Н}}} = \frac{10}{78,54} = 0,127$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					21

Рахуємо електромеханічну сталу часу:

$$T_M = \frac{J_d R_e}{k\Phi^2} = \frac{0,048 \cdot 9,226}{1,426^2} = 0,218 \text{ с.}$$

Розрахуємо за формулою пропорційну складову регулятора швидкості:

$$W_{\text{рш(п)}} = \frac{T_M k_T k\Phi}{4T_\mu R_e k_c} = \frac{0,218 \cdot 0,16 \cdot 1,426}{4 \cdot 0,005 \cdot 9,226 \cdot 0,127} = 2,115$$

Рохрахуємо інтегральну складова регулятора швидкості:

$$W_{\text{рш(і)}} = \frac{T_M k_T k\Phi}{32T_\mu^2 R_e k_c} = \frac{0,218 \cdot 0,16 \cdot 1,426}{32 \cdot 0,005^2 \cdot 9,226 \cdot 0,127} = 52,869$$

Розрахунок регулятора струму збудження та ЕРС

З таблиці наведеної вище витікає:  $U_{\text{зн}} = 220 \text{ В}$ ,  $I_{\text{зн}} = 5 \text{ А}$ .

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					22

Для  $I_{зн} = 5$  А, з таблиці 2.3, отримуємо:

$$L_{pz} = 2,2, \text{ мГн}, \quad r_{pz} = 0,04, \text{ Ом}.$$

Активний опір, індуктивність та електромагнітна стала кола збудження, зведені до температури обмоток  $90^\circ$ :

$$\begin{aligned} R_{e3} &= (R_B + 2r_p) \cdot [1 + (90 - t_0^\circ)\alpha] + R_\gamma = \\ &= (76 + 2 \cdot 0,04) \cdot [1 + (90 - 15) \cdot 0,004] + 0,1 = 99,004, \text{ Ом}, \quad L_{e3} = L_3 + 2L_p = \\ &20,5 + 2 \cdot 0,0022 = 20,504, \text{ Гн}, \end{aligned}$$

$$T_{a3} = \frac{L_{e3}}{R_{e3}} = \frac{20,504}{99,004} = 0,207, \text{ с}.$$

Коефіцієнт передачі тиристорного перетворювача:

$$k_{тпз} = \frac{U_{зн}}{I_{зн}} = \frac{220}{10} = 22.$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом збудження:

$$k_{сз} = \frac{10}{I_{зн}} = \frac{10}{5} = 2, \frac{\text{В}}{\text{А}}.$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					23

Пропорційна складова регулятору струму збудження:

$$W_{pcz(p)} = \frac{R_{e3} T_{a3}}{2T_{\mu3} k_{тпз} k_{сз}} = \frac{99,004 \cdot 0,207}{2 \cdot 0,005 \cdot 22 \cdot 2} = 46,601$$

Інтегральна складова регулятору струму збудження:

$$W_{pcz(i)} = \frac{R_{e3}}{2T_{\mu3} k_{тпз} k_{сз}} = \frac{99,004}{2 \cdot 0,005 \cdot 22 \cdot 2} = 225,009$$

Номинальний коефіцієнт електрорушійної сили двигуна:

$$C = \frac{U_{ян} - I_H \cdot R_e}{\omega_H} = \frac{460 - 25 \cdot 9,226}{78,54} = 2,92 \text{ В} \cdot \text{с}$$

Вихідний сигнал регулятору струму обмежений на рівні максимальної напруги струму збудження - 10 В.

Коефіцієнт передачі зворотного зв'язку за ЕРС визначається за умови: якщо швидкість двигуна менше за номінальну, регулятор ЕРС повинен знаходитися у стані насичення і по обмотці збудження повинен текти номінальний струм збудження, і внаслідок чого, і струм збудження, котрий у свою чергу знижує збудження двигуна.

									Арк.
									24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



$$k_{де} = \frac{U_{завд,р,е}}{C \omega_H} = \frac{10}{2,92 \cdot 78,54} = 0,044$$

де  $U_{завд,р,е} = 10$  В - напруга завдання контуру регулювання ЕРС.

Передатна функція регулятора ЕРС:

$$W_{pE} = \frac{k_{ТЗ} k_C}{2T_{\mu E} C k_{де} \omega_H} = \frac{2 \cdot 0,127}{2 \cdot 0,01 \cdot 2,92 \cdot 0,044 \cdot 78,54} = 1,259$$

де  $T_{\mu E} = 2T_{\mu з}$  - «мала» стала часу.

### Глава 3. Дослідження динаміки

#### 3.1 Моделювання САР

Система двозонного регулювання швидкості застосовується багатьох випадках, особливо це актуально, коли вимагається забезпечити роботу електродвигуна зі швидкістю вище номінальної. Режим роботи електродвигуна є передбаченим у ряді електроприводів, що випускаються серійно, таких як: ЕПУ1-2Д, КТЕ та ін.

Керування ДПС виконують по колам якоря та збудження. У першій зоні діапазон регулювання є обмежений номінальним значенням швидкості двигуна, у другій – максимальним для даного типу.

Зміна координат електропривода функції швидкості представлена на рис

						Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

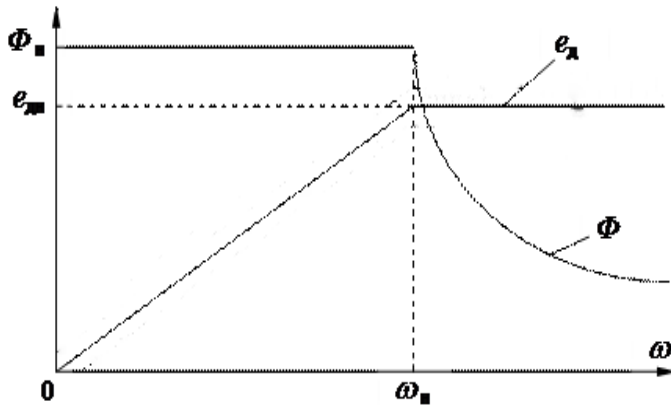


Рис 3.1 Зміна координат системи керування ЕП у функції швидкості

На цьому графіку зображено:  $\Phi$  – магнітний потік;  $e_{дв}, e_{я}$  – ЕРС двигуна та якоря;  $\omega$  – кутова швидкість двигуна.

У першому варіанті магнітний потік двигуна підтримується на номінальному рівні, допустиме тривале значення  $e_m$  моменту є рівним номінальному. У другій зоні постійним підтримується ЕРС двигуна, а магнітний потік та момент змінюються в обернено пропорційній залежності.

Таким чином, застосування двозонного регулювання є доцільним у тих випадках, коли момент навантаження механізму на високих швидкостях є значно меншим, ніж на швидкостях нижче номінальної. При цьому струм якоря та споживана потужність двигуна не перевищують допустимих значень.

Функціональна схема САР двозонного електропривода наведена на рис. 3.2, та структурна – на рис. 3.3. Для електроприводів головного руху характерною є наявність задавача інтенсивності на вході РШ та відсутність адаптації контуру швидкості до зміни потоку та контуру напруги якоря – до зміни швидкості. Регулятор ЕРС або напруги якоря – звичайно інтегральний. Компенсацію внутрішнього зворотного зв'язку за проти-ЕРС здійснено за допомогою сигналу датчика напруги.

Дослідження динаміки електропривода здійснено за допомогою програми для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем – пакет Matlab з розширенням Simulink. Модель САР наведена на рисунку 3.4. Результати дослідження наведені на рис. 3.5 у вигляді графіків основних сигналів таких як ЕРС, задана та реальна швидкість під впливом навантаження та без нього, струм якоря та магнітний потік.

						Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





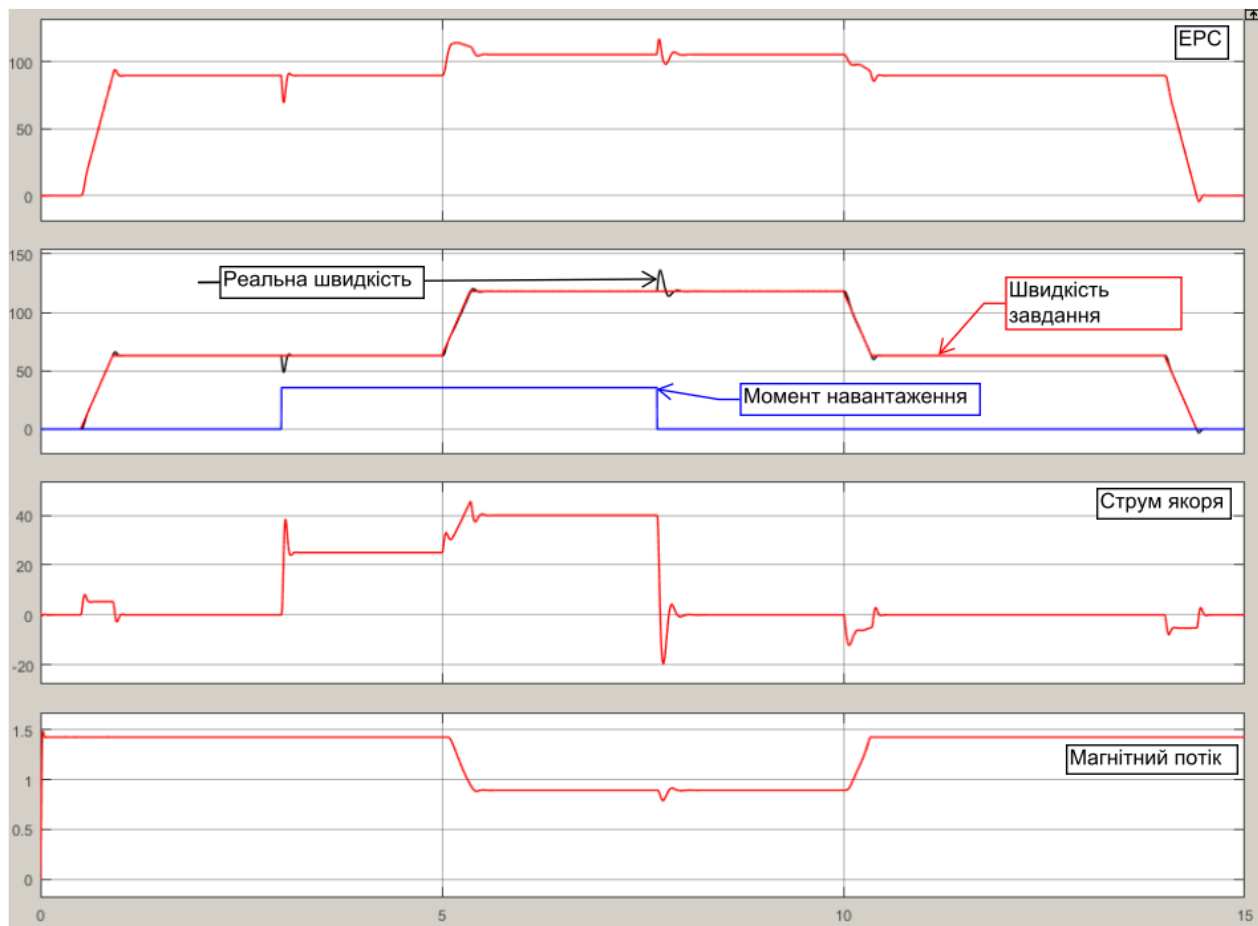


Рис. 3.5 Результати дослідження динаміки

Під час моделювання охоплено такі режими роботи двигуна, як розгін, робота зі сталою швидкістю з навантаженням та без, гальмування. Завдання на швидкість виконано за допомогою підсистеми 1 (Subsystem1 на моделі), вміст котрої показано на рис. 3.6. Розгін до першого умовного рівня швидкості починається через пів-секунди після початку симуляції. До п'ятої секунди підтримується набута швидкість, далі знову розгін до нового умовного рівня швидкості з наступним сталим рухом впродовж 5 секунд, за котрим слідує гальмування до попереднього рівня та сталий рух впродовж 5 секунд. Завдання завершується повним гальмуванням двигуна.

Навантаження на двигун, реалізоване за допомогою підсистеми 2 (Subsystem2 на моделі (рис. 3.7)), подається на третій секунд моделювання та знімається після того, як двигун досягає максимальної швидкості.

## Глава 4. Охорона праці

### 4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проєктованого технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою

При механічній обробці металів на людину діє комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До небезпечних фізичних факторів належать:

- рухомі частини верстатів, вироби і заготовки;
- стружка й осколки інструментів;
- нагріті поверхні обладнання, інструменту, заготовок;
- висока напруга в силовій електричній мережі й статична електрика;
- підйомно–транспортні пристрої та переміщувані вантажі; – можливість виникнення пожеж.

Шкідливими фізичними факторами є:

- високі вологість і швидкість руху повітря робочої зони, підвищена або знижена температура;
- підвищені рівні випромінювань, шуму і вібрації;
- підвищений вміст пилу в повітрі робочої зони;
- недостатня освітленість, підвищена яскравість світла і пульсація світлового потоку.

До хімічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать токсичний пил, шкідливі пари і гази, аерозолі, агресивні рідини (кислоти, луги).

									Арк.
									30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

До біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать мікроорганізми, що містяться у відпрацьованій мастильноохолоджувальній рідині.

До психофізіологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів різанням належать:

–фізичні перевантаження при установці, закріпленні та знятті великогабаритних виробів;

–перенапруження зору; – монотонність праці.

До найважливіших факторів можна зарахувати: ріжучі інструменти (фрези, дискові пили, абразивні круги), приводні та передавальні механізми, зливну (стрічкову) стружку, стружку, що відлітає, пил. При обробці крихких, як листових, так і різних форм матеріалів (чавуну, латуні, бронзи, графіту, карболіту, текстоліту й ін.) на високих швидкостях різання стружка від верстата розлітається на значну відстань (3–5 м). Металева стружка, особливо при точінні в'язких металів (сталей), що має високу температуру (400–600°C) і велику кінетичну енергію, являє собою серйозну небезпеку не тільки для працюючого на верстаті, але і для осіб, що перебувають поблизу верстата. Найпоширенішими у верстатників є травми очей. Так, при токарній обробці (серед загальної кількості виробничих травм) пошкодження очей перевищило 50%, при фрезеруванні – 10 %, і близько 8 % – при заточуванні інструменту і шліфуванні. Очі ушкоджувалися стружкою, що відлітає, пиловими частинками оброблюваного матеріалу, осколками ріжучого інструменту і частинками абразиву. Випадки механічного травмування при роботі на верстатах розподіляються таким чином:

–травмування пальців або кінцівок рук унаслідок захоплення їх інструментом, що обертається, – 70%;

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					31

- травмування очей стружкою, яка відлітає, – 15%;
- травмування рук або ніг при наладці верстата, установці та знятті оброблюваної деталі, кріпленні та знятті інструменту – 8%;
- травмування тіла працюючого деталлю, що вирвалася з кріплення при обробленні – 3%;

травмування пальців рук при прибиранні стружки – 3%; – інші випадки травмування – 1%.

Одним із шкідливих виробничих чинників є пил. Основним джерелом утворення пилу в механічних цехах є шліфувально-заточні операції. У процесі шліфування в повітря виділяється високодисперсний пил (0,5 – 3 мкм), до складу якого, окрім частинок металу, належать частинки абразивного (електрокорунд і карбід кремнію) і зв'язувального матеріалу (керамічна, силікатна, магнезійна й інші зв'язки). Концентрація пилу досягає найбільшої величини при внутрішньому шліфуванні без вентиляції (28–153 мг/м<sup>3</sup>), при сухому шліфуванні з відсмоктуванням – запыленість складає 20 мг/м<sup>3</sup> і більш. Вологе шліфування без вентиляції також не забезпечує повної відсутності пилу (середня концентрація пилу – 6–7 мг/м<sup>3</sup>). Крім того, утворюється масляний аерозоль із концентрацією 15 – 20 мг/м<sup>3</sup>. При точінні латуні й бронзи кількість пилу в повітрі виробничого приміщення відносно невелика (14,5–20 мг/м<sup>3</sup>). Проте пил, що утворюється при точінні цих сплавів, токсичний (містить домішки свинцю).

При обробці різанням полімерних матеріалів відбуваються механічні й фізико-хімічні зміни їх структури і в повітря робочої зони потрапляє складна суміш парів, газів і аерозолів. Летючі продукти, що утворюються при тепловому розкладанні ряду пластмас, можуть викликати зміни у центральній нервовій і судинній системі, кровотворних і внутрішніх органах, а також шкірно-трофічні порушення. Аерозолі нафтових масел, що входять до складу мастильно-охолоджувальної рідини, можуть викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності.

									Арк.
									32
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>					



Тривале вдихання пилу у виробничих умовах може призвести до розвитку пилових захворювань хронічного пилового бронхіту та ін. Мазильно-охолоджувальні рідини можуть шкодити організму при частому потрапленні масла на відкриті ділянки шкіри, при тривалій роботі в одязі, що просякнутий маслом, при вдиханні масляного туману. Систематичний контакт із маслом може викликати гострі та хронічні захворювання шкіри.

Для забезпечення електробезпеки зварювальникам слід працювати в гумових чоботях, а при роботі на металевих площадках і трубопроводі зварника необхідно забезпечити гумовим килимком.

Для забезпечення електробезпеки місцеві електричні світильники на верстатах повинні мати напругу не вище 36 В. Всі металеві частини верстатів заземлюються.

Для забезпечення електробезпеки слід суворо виконувати вимоги ГОСТ 12.2.007.0 - 75 - ГОСТ 12.2.007.14 - 75 ГОСТ 12.1.009 - 76а також Правила улаштування електроустановок, Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів, затверджені Держенергонаглядом. Загальні вимоги безпеки, які пред'являються до металообробних верстатів, визначені державним стандартом, а додаткові вимоги, викликані особливостями їх конструкції та умов експлуатації, вказуються в нормативно-технічній документації на верстати.

Захисні пристрої, огорожувальні зону обробки, повинні захищати працюючого від стружки і змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР). Конструкція захисних пристроїв не повинна обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, а при відкриванні — не забруднювати підлогу змащувально-охолоджувальною рідиною. У всіх випадках кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним і не допускати самовідкривання.

Автомати та напіваавтомати обладнають автоматичним блокуванням, що не допускає включення робочого циклу при відкритому захисному кожусі, якщо це може призвести до травмування. Поверхні захисних кожухів, як і самих верстатів, органів управління, верстатних приладдя і пристосувань, не повинні мати гострих країв і задирок, які можуть травмувати працюючого.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					33

В універсальних токарних і токарно-револьверних верстатах, призначених для обробки заготовок діаметром до 500 мм, час зупинки шпинделя з патроном (без закріпленої заготовки) після виключення не повинен перевищувати 5 с, а у верстатах для обробки заготовок діаметром до 630 мм — 10 с. Цей час для свердлильних верстатів не повинен перевищувати 3 с, для розточних верстатів — 6 с, для універсально-фрезерних — 5 с.

В зубообробних верстатах автоматичне вимкнення руху інструменту та елементів кінематичного ланцюга по закінченні циклу обробки заготовки має відбуватися за час не більше: для зубошевінговальних, зубохонінгувальних і зубонакатних верстатів — 5 с; для зубошліфувальних верстатів, що працюють конусним, профільним, абразивним кругом, — 30 с; для зубошліфувальних верстатів, що працюють черв'ячним кругом, — 40 с.

Складальні одиниці і деталі масою більше 16 кг повинні мати спеціальні пристрої у вигляді припливів, отворів, рим-болтів і т. д., призначені для безпечного підйому і переміщення їх під час монтажу, демонтажу та ремонту обладнання.

На верстатах або автоматичних лініях для установки заготовок масою більше 8 кг, а також інструментів та пристосувань масою більше 20 кг встановлюють підйомні пристрої індивідуального типу. Підйомний пристрій повинен утримувати вантаж в будь-якому положенні, навіть у разі несподіваного припинення подачі електроенергії, масла, повітря. Для установки заготовок масою більше 250 кг належить використовувати внутріцехові підйомні засоби.

До окремих верстатів стандартом обумовлені додаткові вимоги безпеки.

Для токарних верстатів товщина матеріалу захисного пристрою збільшується не менш ніж у два рази при обробці заготовки зі швидкістю різання більш 5 м/с. Оглядові вікна в захисних пристроях (екранах) повинні виготовлятися з прозорого спеціального матеріалу в кілька шарів загальною товщиною не менше 10 мм.

Пруткові токарні автомати і пруткові револьверні верстати слід по всій довжині прутків оснащати огороженнями, що мають шумопоглинаючі пристрої.

Поздовжньо-стругальні верстати повинні мати гальмові й пружно-обмежувальні пристрої, що запобігають небезпеці при викиді столу, в разі виходу його із зачеплення з приводним елементом.

В абразивно-відрізних верстатах необхідно передбачати можливість приєднання до них індивідуальних відсмоктуючих пристроїв для видалення продуктів різання з робочої зони.

									Арк.
									34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Шліфувальні верстати повинні мати підвищену надійність кріплення захисного кожуха, що забезпечує утримання його на місці в разі розриву круга. Круглошліфувальні верстати, що працюють зі швидкістю круга 60 м/с і вище, повинні мати зону обробки (звернену до працівника), повністю закриту захисним пристроєм. Захисний кожух і його оглядове вікно обладнуються відповідно до вимог до швидкісного різання.

Стрічкові пилки для різання металу огорожують так, щоб відкритою залишалася тільки робоча частина пилки. Огорожа огинає шків, по яких проходить стрічка, при цьому шків додатково огорожують з бічних сторін.

У верстатів стругального типу огорожуються зони руху стола або повзуна, що виходять за габарити верстата. Огородження може бути виконане у вигляді бар'єру або іншого пристрою, що перегороджує доступу працюючих в цю зону. Для швидкохідних поздовжньо-стругальних верстатів обов'язкові гальмуючі і обмежуючі рух столу пристрої для запобігання викиду столу (платформи) при виході його з зачеплення. Механізми подачі, реверсивний механізм для зміни ходу, проміжки між стійками і столом огорожують щитами.

При різанні листового металу на гільйотинних ножицях можливе попадання рук робітника між ріжучими кромками. Щоб уникнути цього, нижню кромку ножиць з'єднують зі столом і нерухомою запобіжною лінійкою, що не допускає потрапляння пальців працюючого під ніж і притискний пристрій. Конструкція ножиць така, що виключена можливість самовільного опускання верхнього ножа.

При різанні заготовок на стрічкових і круглих пилах необхідно використовувати пристосування, що усувають можливість ушкодження пальців робітника.

На верстатах свердлильного типу оброблювані вироби встановлюють і закріплюють в лещатах, кондукторах та інших пристосуваннях, надійно укріплених на столі або плиті верстата. Механізм кріплення патронів повинен забезпечувати надійний затиск і точне центрування інструменту. Автоматична лінія по механічній обробці виробів складається з окремих, взаємно пов'язаних верстатів-автоматів.

Управління автоматичною лінією здійснюється з центрального пульта, що забезпечує роботу у налагоджувальному і автоматичному режимах. При цьому система автоматичного управління повинна виключати можливість самопереключення лінії з налагоджувального режиму на автоматичний. При роботі на налагоджувальному режимі всі верстати і агрегати автоматичної лінії мають самостійні органи управління для їх пуску і зупину.

Обов'язково повинні бути передбачені сигнальні пристрої про включення лінії на налагоджувальний або автоматичний режим.

									Арк.
									35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Необхідно також, щоб всі верстати і агрегати автоматичної лінії (як на автоматичному, так і на налагоджувальному режимах) щоб уникнути аварій, працювали в послідовності, встановленій технологічним процесом, і мали справну систему блокування для дотримання цієї послідовності. Рухомі частини верстатів, агрегатів та інших пристроїв автоматичної лінії, а також інструмент і оброблюваний виріб, огорожують надійними кожухами, що виключають можливість доступу робочого до небезпечної зони під час роботи лінії.

Видалення стружки від місця її утворення за межі автоматичної лінії повинно відбуватися автоматично, наприклад змив її рідиною, використання скребкових конвеєрів, вакуумних пристроїв і т. п.

Контроль виробів під час роботи лінії на автоматичному режимі повинен здійснюватися тільки за допомогою контрольних приладів на лінії.

### **Пожежна профілактика**

Пожежі є стихійним лихом, що знищує матеріальні цінності і іноді тягне за собою загрозу здоров'ю і життю людей. Тому попередження пожеж і боротьба з ними має велике державне значення і є обов'язком кожного працюючого на підприємстві.

Роботу зі створення пожежобезпечних умов на підприємствах виконують пожежні команди, які мають у своєму розпорядженні необхідними засобами пожежогасіння і приймають безпосередню участь у ліквідації вогню. Для полегшення роботи у цехах підприємства створюються добровільні пожежні дружини з числа робітників і службовців. Вони контролюють дотримання протипожежного режиму, стежать за станом засобів пожежогасіння і в разі виникнення пожежі беруть участь у ліквідації вогню і порятунк людей.

									<b>Арк.</b>
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>					<b>36</b>

Для успішної боротьби з пожежею треба знати її причини. Відомо, що горіння являє собою хімічний процес сполуки речовини з киснем при певній температурі, що виникає зазвичай за рахунок підведення теплоти ззовні. Однак іноді горіння починається при відсутності зовнішнього джерела теплоти і відбувається в результаті хімічних, біологічних та фізичних процесів, відбуваються в самій речовині. Такий процес називається самозаймання, яке може виникнути внаслідок тривалого зберігання горючих речовин, звалених в купу. Крім того, горючі гази, пари і пил (бензин, ацетилен, скипидар, водень, кам'яновугільна пил і ін) в суміші з киснем здатні утворювати вибухові суміші. Для виникнення такого вибуху необхідні певна концентрація парів або газоповітряної суміші і імпульс, здатний нагріти речовину до температури самозаймання (полум'я, удар, стиснення та ін).

Таким чином, для запобігання пожежі необхідно усунути причини горіння, тобто: не користуватися відкритим вогнем в пожежонебезпечних місцях, правильно експлуатувати електрообладнання, не допускаючи його різкого перевантаження, не зберігати горючі речовини в купах тривалий час, не розливати пально-мастильні рідини, а у разі їх протокі негайно проводити прибирання, не допускати утворення вибухових сумішей шляхом пристрої надійної припливно-витяжної вентиляції приміщень. При виникненні вогню приймати термінові заходи щодо зменшення температури в зоні горіння і доступу кисню повітря до неї застосуванням різних засобів пожеготушення.

Пожежна безпека на підприємстві здійснюється проведенням ряду профілактичних заходів, які передбачають:

- 1) усунення можливих причин пожеж - правильне утримання електрообладнання, опалювальних приладів, гартівних баків, заборона куріння, запалювання сірників і користування відкритим вогнем в небезпечних місцях, своєчасне звільнення території і приміщень від сміття та т. д.;
- 2) забезпечення виробничих приміщень засобами пожежогасіння скринькою з піском, пожежними кранами, відрами, бочками з водою, шлангами, лопатами, сокирами, азбестовими або брезентовими покривалами, вогнегасниками та автоматичними засобами пожежогасіння;

									Арк.
									37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- 3) забезпечення успішної евакуації людей і майна з палаючого приміщення - пристрій необхідної кількості виходів і їх раціональне розміщення;
- 4) створення умов для успішного розгортання тактичних дій пожежних команд при гасінні пожежі - пристрій зручних під'їздів до будівель, спеціальних проходів до важкодоступних місць, зовнішніх пожежних драбин:
- 5) забезпечення швидкого сповіщення пожежної команди про виникнення пожежі - встановлення достатньої кількості пожежних сповіщувачів ручного і автоматичного дії і телефонних апаратів внутрішньозаводський зв'язку;
- 6) навчання працівників підприємства правилам пожежної безпеки і користування засобами пожежогасіння-проведення ввідних інструктажів з пожежної безпеки для всіх знову вступників на підприємство, бесід, лекцій, фотовитрин, вивішування на видних місцях запобіжних написів і плакатів.

При виникненні пожежі необхідно терміново викликати пожежну команду по оповіснику або телефоном. На автоматичних телефонних апаратах виклик міської пожежної команди здійснюється набором номера 01.

До прибуття пожежної команди негайно вимкнути вентиляційну систему і приступити до ліквідації осередку вогню усіма наявними засобами, які слід вибирати в залежності від конкретних умов.

Для гасіння електроустановок і легкозаймистих рідин застосовують заповнений рідкою вуглекислотою під тиском 70 ат. Виходячи через розтруб, вуглекислота розширюється і перетворюється в «вуглекислотний сніг» і газоподібну вуглекислоту. При наведенні на палаючий об'єкт, потік вуглекислоти, маючи температуру близько -80, охолоджує речовини в зоні горіння і відтісняє кисень повітря. Для приведення вогнегасника в дію досить відкрити вентиль 1. До недоліків таких вогнегасників слід віднести малий термін їх дії - 25-50 сек.

									Арк.
									38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Для попередження можливості виникнення пожежі кожен працівник підприємства зобов'язаний суворо дотримуватися правил пожежної безпеки.

1. Не палити і застосовувати відкритий вогонь у місцях, де це заборонено (деревообделочном цеху, на складах, у місцях, де проводяться фарбувальні та газозварювальні роботи, в гаражі та інших пожежонебезпечних ділянках).

2. У цехах, де дозволено куріння, не кидати недопалки і сірники біля верстатів, у проходах та поблизу горючих предметів. Для цієї мети користуватися спеціальними скриньками.

3. Не користуватися несправними електроустановками і приладами. Для їх виправлення викликати електрика.

4. Не проливати паливно-мастильні матеріали при змащуванні обладнання, а в разі протікання - негайно проводити прибирання.

5. Не зберігати промаслений спецодяг поблизу опалювальних і нагрівальних приладів. Спецодяг повинен зберігатися у роздягальні.

6. Не захаращувати робоче місце відходами та пально-мастильними матеріалами, а своєчасно видаляти їх у спеціально відведений пожежобезпечне місце.

7. Не захаращувати проходи і доступи до протипожежного інвентарю: до пожежних кранів, огнетушителям та іншим первинним засобам пожежогасіння.

Знати розташування засобів пожежогасіння в цеху та навчитися ними користуватися.

9. У випадку спалаху розлитого бензину або газу, гасіння виконувати пінним вогнегасником, піском або азбестовим покриттям

10. Постійно пам'ятати, що пожежу легше попередити або ліквідувати ще до її початку.

										Арк.
										39
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>						

Заходи щодо забезпечення безпеки людей повинні призначатися в залежності від пожежонебезпечних властивостей і кількостей речовин і матеріалів відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 і ГОСТ 12.1.044-89.

Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) у приміщенні:

А (вибухопожежонебезпечна) - Горючі гази, легкозаймісті рідини з температурою спалаху не більше 28 ° С в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, у разі спалахування яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

Речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним в такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.

Б (вибухопожежонебезпечна) - Горючі пил або волокна, легкозаймісті рідини з температурою спалаху більше 28 ° С, горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, у разі спалахування яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

В1 - В4 (пожежонебезпечні) - Горючі і важкогорючі рідини, тверді горючі і важкогорючі речовини і матеріали (в тому числі пил та волокна), речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним тільки горіти за умови, що приміщення, в яких вони є в наявності або обертаються, не належать до категорій А або Б.

Г - негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор і полум'я; горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо

Д - Негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

З вище перерахованих факторів, цех відноситься до категорії "Д" (Згідно НПБ 105-03).

									Арк.
									40
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>					



## Глава 5. Техніко-економічне обґрунтування

### 5.1 Вступ

Корисним та універсальним засобом обробки деталей у промисловості є фрезерні верстати. Фрезерні верстати дозволяють обробляти різноманітні матеріали, у тому числі метали та деревину. Фрезерні верстати зустрічаються як на великих так і малих підприємствах різних гілок промисловості, використовуються у навчанні та навіть є на МКС (Міжнародна космічна станція). Верстати є одними з найважливіших видів апаратури у промисловості.

Найбільш сучасними є автоматизовані верстати з ЧПК (числовим програмним керуванням). Фрезерні верстати дають змогу виробити високої ступені тяжкості.

Технічне обладнання верстат постійно модернізується. Використання підприємством сучасних технологій дозволяє підвищити ефективність праці та понизити витрати на їх обслуговування, внаслідок чого зростає дохід та підприємство має змогу розширюватись.

У дипломному проекті запропонована модернізація електропривода головного руху фрезерного верстату з чпк, за рахунок використання двозонної системи автоматичного керування. Це дозволяє підвищити швидкість обробки деталей та продуктивність верстата, істотно скоротити витрати на електроенергію, через те, що потужність двигуна використовуються на повну, тим самим зменшуючи електроспоживання та відповідно витрати на електроенергію та експлуатацію в цілому.

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 5.2 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні вкладення - це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів та нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Для визначення проектних капіталовкладень використовується формула:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} \left( \sum_{i=1}^k C_i \right) + V_{\text{тзс}} + V_{\text{м}} + V_{\text{н}} + V_{\text{пр}}$$

де  $K_{\text{об}} \left( \sum_{i=1}^k C_i \right)$  – вартість придбання електрообладнання (засобів

автоматизації, програмного забезпечення і т.д.) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів  $i$ -го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;  $k$  - кількість необхідних комплектуючих;

$V_{\text{тзс}}$  - транспортно-заготівельні і складські витрати;

$V_{\text{м}}$  - витрати на монтажні роботи;

$V_{\text{н}}$  - витрати на налагоджувальні роботи;

$V_{\text{пр}}$  - інші одноразові вкладення грошових коштів.

									Арк.
									42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 5.1

## Зведення капітальних витрат

№	Назва технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
1.	Двигун постійного струму 2ПФ132ЛГ	1	62188	62188
2.	Електропривод ЭПУ 1-2-3447Д	1	23589	23589
Всього				85777

Ціни отримано за прайс-листом УПК Фарватер, ООО (двигун), та ЧП Фірма «Инверта» (електропривод).

**Витрати на монтаж обладнання**

Кількість робітників (Ч) - 2;

Часова тарифна ставка електромонтажника 5 розряду (а) – 14 грн./год;

Час виконання робіт (t) - 5 години;

Коефіцієнт що враховує розмір доплат (К<sub>д</sub>) - 1,1;

Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи (К<sub>сз</sub>) - 1,22;

						Арк.
						43
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>		

Коефіцієнт що враховує інші витрати ( $K_{інш}$ ) - 1,1;

Згідно зі ст. 6 Закону України «Про оплату праці на 2018 рік» мінімальний оклад працівника першого розряду складає 1768 грн станом на 01.01.18.

У нашому випадку монтаж виконує наладчик 5-ого розряду, а отже його тарифна заробітна плата з урахуванням тарифного коефіцієнту розряду (1,36) буде 2404 грн.

Знаходимо годинну тарифну ставку:  $2404/168 = 14$  грн./год:

$$B_m = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_d \cdot K_{сз} \cdot K_{інш} = (2 \cdot 14 \cdot 5) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 207 \text{ грн.}$$

#### **Витрати на наладку обладнання**

Кількість працівників – 1;

Часова ставка наладчика 6 розряду - 15 грн./год;

Час виконання робіт - 3 години;

Коефіцієнт що враховує розмір доплат - 1,1;

Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи - 1,22;

Коефіцієнт що враховує інші витрати - 1,1;

$$B_n = (1 \cdot 15 \cdot 3) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 66 \text{ грн.}$$

									<b>Арк.</b>
									<b>44</b>
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>					

### Витрати на демонтаж обладнання:

Кількість працівників – 2;

Часова ставка наладчика 4 розряду - 13 грн./год;

Час виконання робіт - 3 години;

Коефіцієнт що враховує розмір доплат - 1,1;

Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи - 1,22;

Коефіцієнт що враховує інші витрати - 1.1;

$$B_d = (2 \cdot 13 \cdot 3) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 115 \text{ грн.}$$

### Транспортно-заготівельні і складські витрати

Транспортно-заготівельні і складські витрати розраховуємо згідно цін кур'єрської компанії Нова Пошта.

Доставка зі складу у Дніпрі на будь-яку адресу у межах міста для двигуна складає 718,00 грн.

Доставка електроприводу з міста Павлоград у місто Дніпро складає 213,00 грн.

Таким чином транспортно-заготівельні і складські витрати складають:

$$B_{\text{тзс}} = 718 + 213 = 931 \text{ грн.}$$

У свою чергу загальні витрати складатимуть:

$$K_{\text{пр}} = 85777 + 931 + 207 + 66 + 115 = 87096 \text{ грн.}$$

									Арк.
									45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

### 5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період, виражений у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат електротехнічного обладнання відносяться:

- Амортизаційні відрахування ( $C_a$ );
- Заробітна плата обслуговуючого персоналу ( $C_z$ );
- Відрахування на соціальні заходи від заробітної плати ( $C_c$ );
- Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання ( $C_T$ );
- Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування ( $C_e$ ); - Інші експлуатаційні витрати ( $C_{інш}$ ).

Річні експлуатаційні виплати визначаються за формулою:

$$C = C_a + C_z + C_c + C_T + C_e + C_{інш}.$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань Амортизаційна вартість основних фондів:

$$\Phi_a = \Phi_{п} - Л = 87096 - 0 = 87096 \text{ грн.}$$

де  $\Phi_{п}$  - початкова (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

									Арк.
									46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Л - розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів. Якщо визначити очікувану ліквідаційну вартість об'єкта основних засобів складно, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється вважати її рівною нулю.

Норма амортизації  $N_a$  при прямолінійному методі постійна протягом всього амортизаційного періоду і визначається за формулою:

$$N_a = \frac{\Phi_{\Pi} - Л}{\Phi_{\Pi} \cdot T_k} * 100\% = \frac{87096 - 0}{87096 \cdot 5} \cdot 100\% = 20\%$$

де  $T_k$  - строк корисного використання (амортизаційний період).

Електрообладнання відноситься до 4 групи основних засобів з мінімальним терміном корисного використання  $T_k = 5$  років.

Таблиця 5.2

Найменування	Капітальні затрати, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
Проектний варіант	87096	20	17419

#### Розрахунок 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.





Технічна зупинка на обслуговування становить приблизно 1 год. в зміну тобто 245 годин.

Загальний час обслуговування  $T_{\text{обсл}} = 48 + 245 = 293$  год.

Загальний час роботи обладнання становить:

$$T_p = 1960 - 293 = 1667 \text{ год.}$$

Загальні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт:

$$C_T = 15 \cdot 1,2 \cdot 3 \cdot 10 + \frac{200 \cdot 6}{300} \cdot 1667 = 7208 \text{ грн.}$$

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:

$$C_e = W_p \cdot C_e, \text{ грн,}$$

де  $W_p$  - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт год;

$C_e$  - тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн / кВт год.

Ціна електроенергії для I класу споживачів станом на січень 2018 року складає 1,68 грн/кВт·год.

Річний фонд робочого часу об'єкта проектування 1667 год.

Кількість спожитої електроенергії за рік об'єкта проектування:

$$W_p = P_{\text{нсп}} \cdot T_p = 4,058 \cdot 1667 = 6764.7 \text{ кВт} \cdot \text{год,}$$

де  $P_{\text{нсп}}$  – номінальна споживана потужність двигуна.

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року складає:

									Арк.
									49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$C_e = 6764.7 \cdot 1,68 = 11334 \text{ грн.}$$

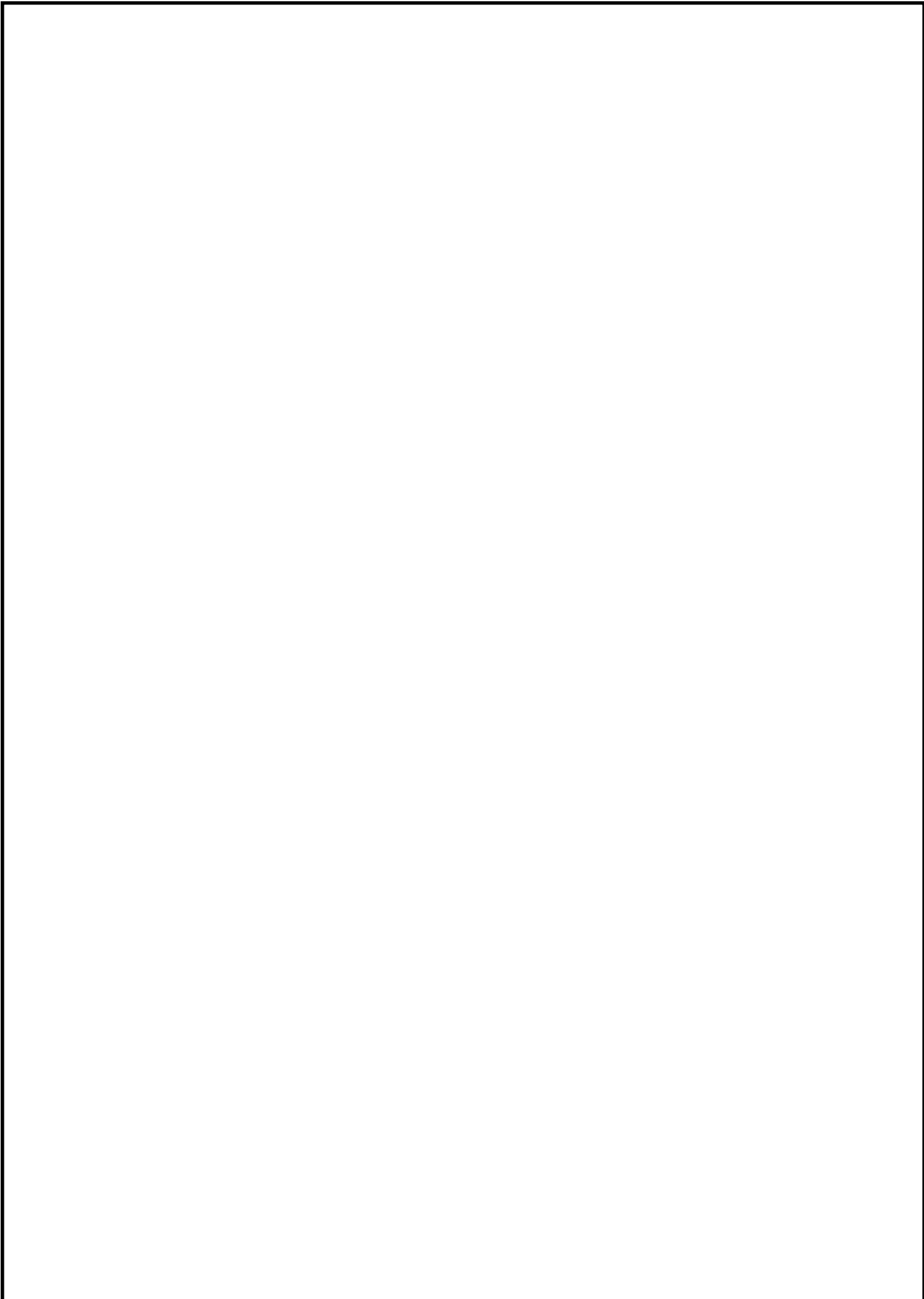
Таким чином вартість річних експлуатаційних виплат складає

$$C = C_a + C_T + C_e = 17419 + 7208 + 11334 = 35961 \text{ грн.}$$

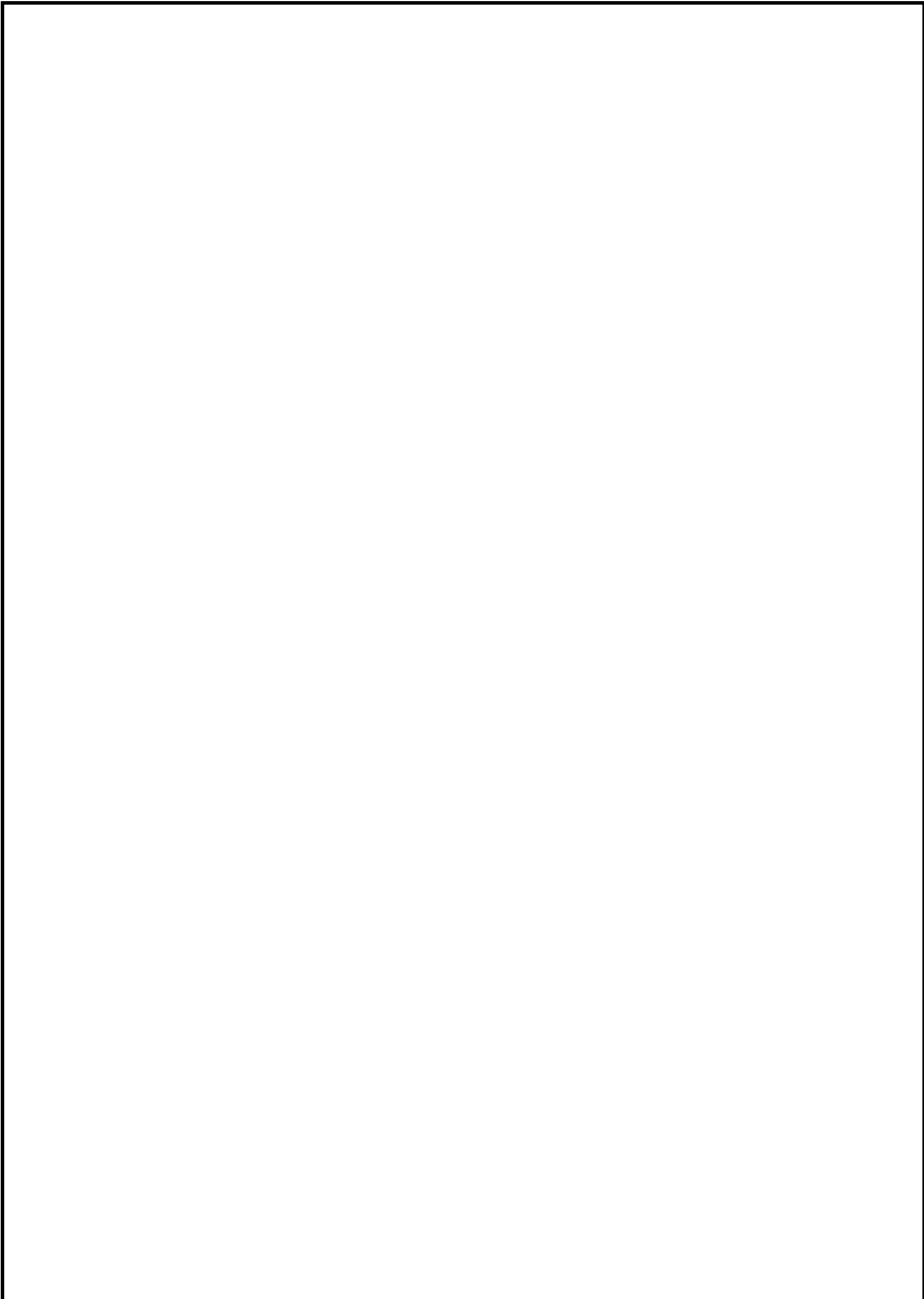
#### 5.4 Висновки

У даному розділі була визначена загальна вартість капітальних витрат на впровадження розробленого технологічного рішення яка складає 87096 грн. Визначена сума витрат на експлуатацію та обслуговування нового обладнання, що склала 35961 грн.

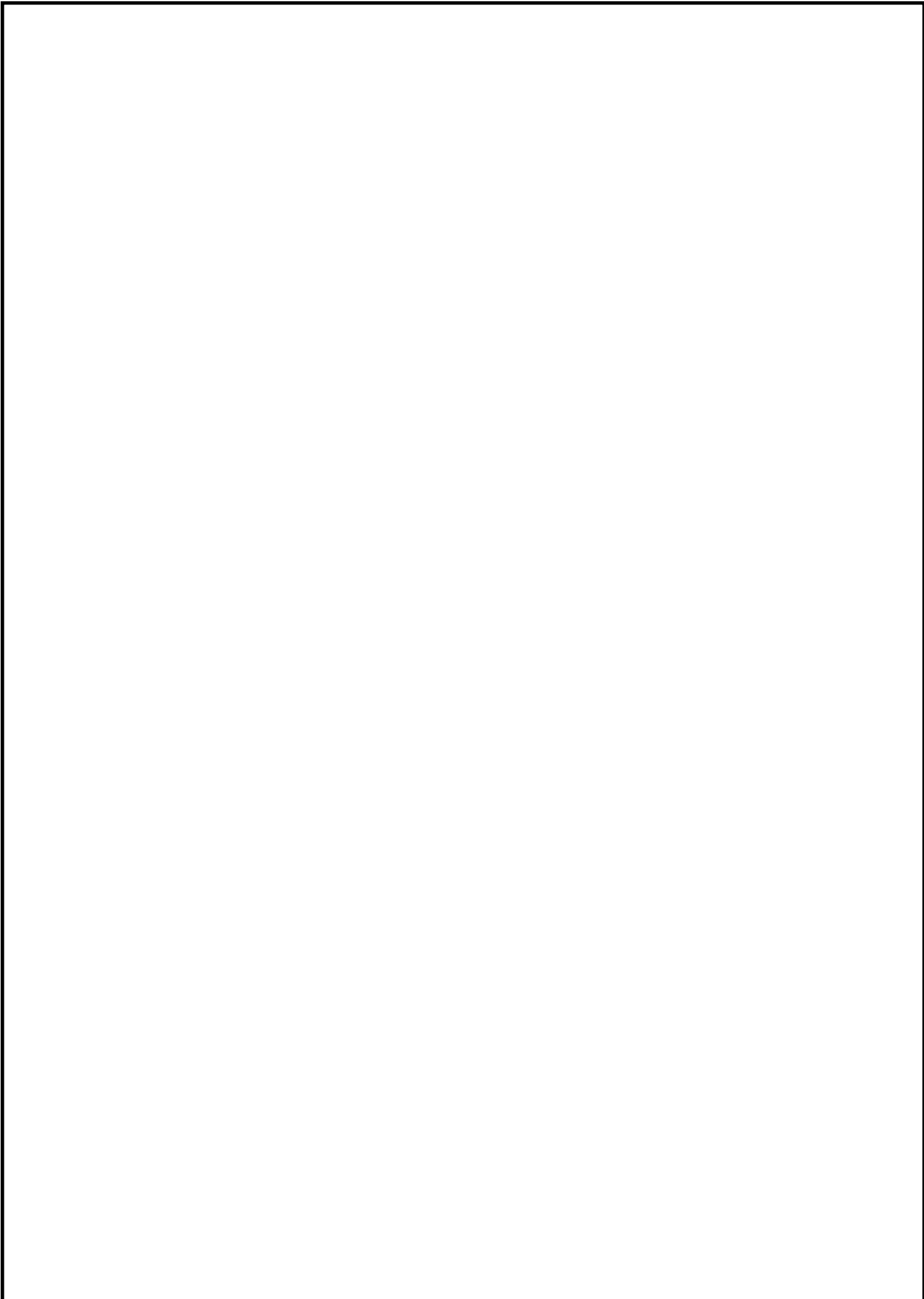
									<b>Арк.</b>
									<b>50</b>
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>					



						<b>Арк.</b>
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>		<b>51</b>



						<b>Арк.</b>
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>		<b>52</b>

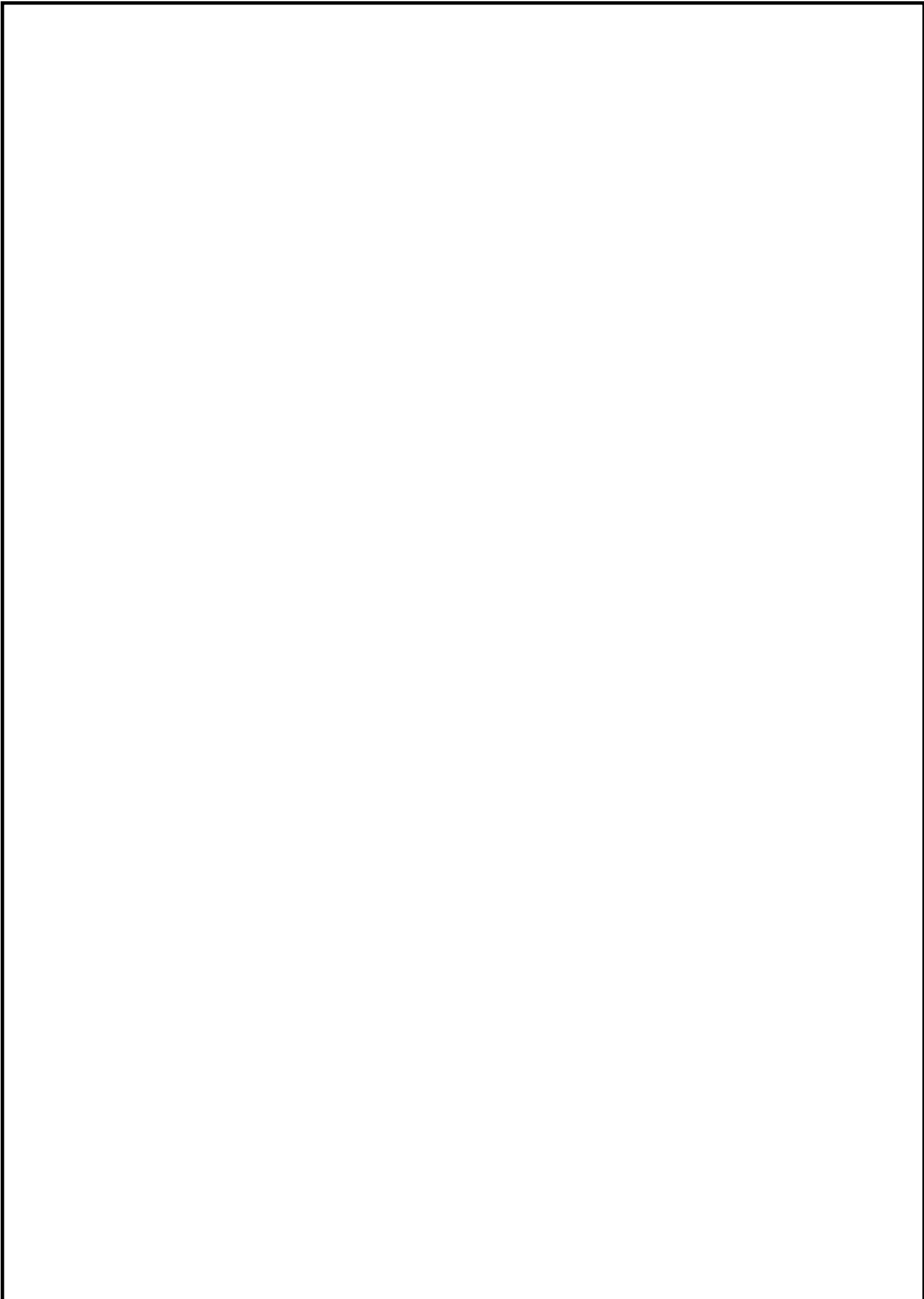


						<b>Арк.</b>
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>		<b>53</b>

## Список літератури

1. Казачковський М.М. «Розрахунок електроприводів верстатів з числовим програмним керуванням: Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування для студентів спеціальності 7.05070204 Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2013. – 50 с.
2. Казачковський М.М. «Автоматизований електропривод промислових установок у машинобудуванні і металургії. Електропривод металорізальних верстатів і роботів», методичні вказівки для студентів спеціальності 7.092208, Дніпро, 1996 – 43 с.
3. Офіційний сайт компанії Нова Пошта: [www.novaposhta.ua](http://www.novaposhta.ua)
4. Віштак І. В., Кобилянський Є. О.. «Розроблення заходів безпеки при різанні металу», матеріали XLV Науково-технічної конференції ВНТУ, Вінниця, 23-24 березня 2016 – 4 с.
5. Грингауз Ф. И. Слесарь-жестящик по промышленной вентиляции / Ф. И. Грингауз. – 3-е изд., перераб. и доп. – М., Госстройиздат, 1959. – 264 с.
6. Безопасность жизнедеятельности / под ред. Н. А. Белова. – М. : Знание, 2000. – 364 с.
7. Безопасность труда в промышленности. Справочник. / К. Н. Ткачук и др. – К. : Техніка, 1982. – 231 с.
8. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / Укладачі: Л.В. Тимошенко, І.В. Шереметьєва - Дніпропетровськ: НГУ, 2015. - 15 с.
9. Колб Ант.А., Колб А.А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп.–Д., Національний гірничий університет, 2010.

									Арк.
									54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



						<b>Арк.</b>
						<b>55</b>
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>		