

Міністерство освіти та науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
НТУ «Дніпропетровська політехніка»

Електротехнічний факультет  
Кафедра Електропривода

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА до дипломного проекту

**бакалавр**

освітньо-кваліфікаційний рівень

спеціальності:

**Електромеханічні системи автоматизації та  
електропривод**

на тему:

**Модернізація електропривода переміщення козлового  
крану ККС-125-32**

Виконавець

А.О. Діжевський

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
Проекту	доц. О.В. Балахонцев		
розділів:			
1, 2, 3	доц. О.В. Балахонцев		
4	Столбченко О.В.		
5	Тимошенко Л.В.		

<b>Рецензент</b>			
------------------	--	--	--

<b>Нормоконтроль</b>	проф. Казачковський М.М.		
----------------------	--------------------------	--	--

Дніпро  
2018

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри  
*електропривода*

\_\_\_\_\_

Казачковський М.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

## **ЗАВДАННЯ** на дипломний проект

**бакалавр**

\_\_\_\_\_

освітньо-кваліфікаційний рівень

студенту групи

ЕМ-14-2

на тему:

**Модернізація електропривода переміщення козлового крану ККС-125-32**

<i>Розділ</i>	<i>Зміст виконання</i>	<i>Термін виконання</i>
1	Автоматизований електропривод	20.01.18 – 13.02.18
2	Дослідження динаміки електропривода	15.02.18 – 12.03.18
3	Охорона праці	14.03.18 – 9.04.18
4	Техніко-економічне обґрунтування	10.04.18 – 12.05.18

Завдання видав

доц. О.В. Балахонцев

Завдання прийняв до  
виконання

\_\_\_\_\_

А. О. Діжевський

Дата видачі завдання:

20.01.2018

Термін подання дипломного проекту до ЕК

15.06.2018

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 56 стор., 9 рис., 9 табл., 10 джерел, 4 листа графічної частини.

**Об'єкт детальної розробки:** модернізація електропривода переміщення козлового крану ККС-125-32

**Мета роботи:** надбання необхідних навичок по технічному рішенню завдань при проектуванні системи автоматизованого електроприводу козлового крану.

В проекті зроблений аналіз заходів щодо модернізації електропривода переміщення козлового крану, обґрунтована номінальна потужність двигуна. Обрано перетворювач частоти і компоненти силової частини електропривода.

Виконаний розрахунок системи автоматичного регулювання і проведено дослідження динаміки електромеханічної системи.

У проекті представлено обґрунтування вибору гальмівного пристрою.

Розроблені заходи щодо охорони праці на виробництві.

Доведена економічна ефективність впровадження технічних рішень.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 56 стр., 9 рис., 9 табл., 10 ист., 4 листа графической части

**Объект детальной разработки:** модернизация главного электропривода перемещения козлового крана ККС-125-32

**Цель работы:** приобретение необходимых навыков по техническому решению задач при проектировании системы автоматизированного электропривода козлового крана.

В проекте произведен анализ мероприятий по модернизации электропривода перемещения козлового крана, обоснована номинальная мощность двигателя

В проекте произведен анализ по модернизации электропривода подъема мостового крана, обоснована номинальная мощность двигателя. Выбран преобразователь частоты и компоненты силовой части электропривода.

В проекте представлен расчет параметров коммутационной аппаратуры электропривода.

Разработаны мероприятия по охране труда на производстве. Доказана экономическая целесообразность внедрения разработанных технических решений.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ABTRACT

The explanatory note: 56 pages., 9 figures., 9 tables., 10 references, 4 graphical sheets.

**Detailed design of the object:** Modernization of Electric Drive of the Travelling Gear of Gantry Crane KKS-125-35

**Project goal:** To acquire the necessary skills for solving technical problems in the design of automated electric gantry crane.

The project analyzed the modernization of the electric drive for moving the gantry crane, grounded nominal motor power. Selected components of the frequency converter and the power of the drive.

The project shows the calculation of the parameters of the electric switchgear.

Actions on safety in the workplace. We prove the economic feasibility of the developed solutions.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>7</b>
<b>1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>8</b>
1.1 Вимоги до електроприводу кранових механізмів.....	8
1.2 Особливості проєктованого електроприводу.....	9
1.3 Вхідні дані до проєктування .....	13
<b>2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД</b> .....	<b>15</b>
2.1 Вибір типу електроприводу .....	15
2.2. Вибір електродвигуна.....	17
2.3 Вибір редуктора.....	22
2.4 Вибір перетворювача .....	24
2.5 Вибір гальмівного пристрою .....	31
<b>3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ</b> .....	<b>32</b>
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	<b>39</b>
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників .....	39
4.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці .....	40
4.3 Пожежна безпека.....	42
4.4 Заходи щодо надзвичайних ситуацій.....	43
<b>5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</b> .....	<b>45</b>
5.1 Вступ.....	45
5.2 Розрахунок капітальних витрат .....	46
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат .....	50
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	<b>55</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	<b>56</b>

## ВСТУП

Метою дипломного проекту є надбання необхідних навичок по технічному рішенню завдань при проектуванні системи автоматизованого електроприводу.

Об'єктом проектування в цій роботі є привод переміщення козлового крану.

Завданнями цього проекту є:

- розрахунок по діаграмі навантаження необхідної потужності електродвигуна і вибір перетворювача частоти;
- розрахунок математичної моделі рівнянь руху механічної частини мостового крану і перетворювача енергії.
- синтез САК електроприводу;
- створення моделі електроприводу;
- розрахунок техніко-економічної ефективності від застосування розробленої системи.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

# 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Вимоги до електроприводу кранових механізмів

Козлові крани відносяться до кранів мостового типу і по режиму роботи не відрізняються від них.

Особливістю конструкції козлових кранів, що пред'являє вимоги до електроприводу механізмів пересування, є велика навітряна площа і відповідно більша вітрове навантаження, що діє поперек прогонової будови.

Крім того, при великих довжинах прольоту, щоб уникнути поломки металоконструкції, буває необхідно синхронізувати роботу механізмів пересування опор крана.

До спеціальних козловим кранам можна віднести рудноугольні грейферні перевантажувачі, що працюють на теплових електростанціях і металургійних заводах і перевантажують насипні вантажі за допомогою спеціального вантажозахоплювального пристрою - грейфера. Такі крани мають високі робочі швидкості, режим роботи механізмів підйому і пересування візка 6М, велику довжину прольоту. До особливостей грейферного режиму слід віднести необхідність синхронізації швидкостей підйомної і замикає лебідок для рівномірного розподілу навантажень. Механізм пересування таких кранів забезпечує установчий рух.

Крани, призначені для перевантаження контейнерів, також мають деякі відмінності від козлових кранів загального призначення, пов'язані, перш за все з наявністю спеціального вантажозахоплювального органа - спредера.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



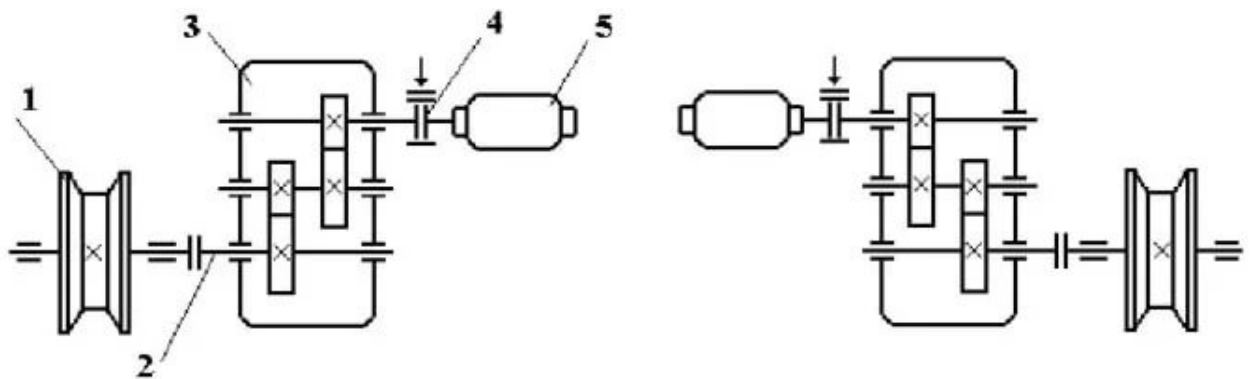


Рис. 1 Кінематична схема механізму переміщення крану з роздільним приводом

1 - Колесо; 2 - Вихідний вал; 3 - Редуктор; 4 - Зубчата муфта с тормозним шківом ; 5 - Ротор

## 1.2 Особливості проектного електроприводу

Електропривод вантажопідйомних кранів має ряд особливостей, що відрізняють його від електроприводів інших загальнопромислових і спеціальних механізмів :

Механічні характеристики електроприводу розташовані в усіх чотирьох квадрантах; бажано забезпечити плавний перехід приводної електричної машини з режиму двигуна в генераторний режим при спуску.

Особливості електроприводу мостових кранів:

- ✓ відносно невисокий діапазон регулювання швидкості (в більшості випадків не вище 10:1 при одинзонному регулюванні швидкості);
- ✓ відсутність високих вимог до жорсткості механічних характеристик;

									ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						9

- ✓ відсутність високих вимог до швидкодії;
- ✓ температура довкілля змінюється від - 40 до +40 °С. В металургійних цехах інтервал зміни температури довкілля складає від - 10 до +50 °С;
- ✓ відносна вологість повітря характеризується середнім рівнем 90% при температурі довкілля +25 °С;
- ✓ осадження пилу з повітря 5 г/м<sup>2</sup> в добу;
- ✓ осадження пари кислот з повітря 500 міліграм/м<sup>2</sup> в добу;
- ✓ механічні дії: вібрації і удари, викликані пересуванням механізмів; характеризуються частотою 1-50 Гц і прискоренням 5 м/с<sup>2</sup>; поодинокі удари , що повторюються, з прискоренням до 30 м/с<sup>2</sup>.
- ✓ часта відсутність кваліфікованого обслуговування;
- ✓ жорсткі вимоги відносно простоти експлуатації і надійності роботи.

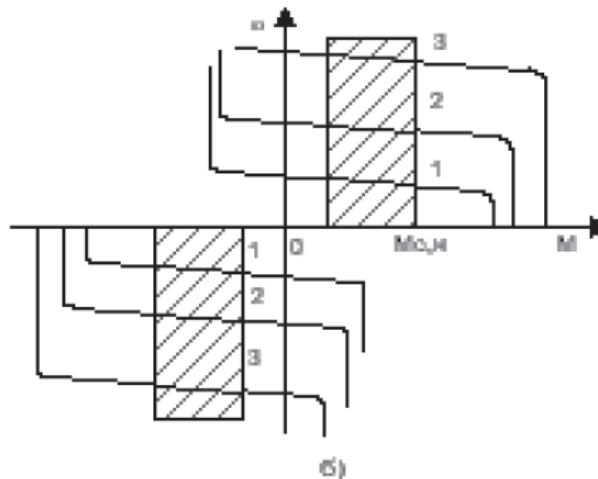


Рис.1.1 Бажані механічні характеристики електропривода механізмів переміщення

Традиційно для кранового електроприводу застосовуються спеціально розроблені серії електродвигунів змінного і постійного струму. За геометрії магнітопроводу, ступеня використання електротехнічних матеріалів, електромеханічним характеристикам і конструктивним виконанням такі електродвигуни істотно відрізняються від двигунів загальнопромислового виконання. Режим роботи електродвигунів в крановому електроприводі характеризується широким зміною навантажень, частими пусками і гальмуваннями, широким діапазоном зміни швидкості нижче і вище номінальної (у електроприводах постійного струму і частотно-регульованих електроприводах). Кранові двигуни розраховані для роботи в повторно-короткочасному режимі, який характеризується тривалістю включення (ПВ) 15, 25, 40 і 60% при тривалості циклу не більше 10 хв. Основним номінальним режимом кранових двигунів змінного струму є  $PВ = 40\%$ . Через високі вимоги до динаміки двигунів в перехідних процесах пуску і гальмування і для зниження витрати енергії при цьому двигуни конструюються таким чином, щоб момент інерції ротора був, по можливості, мінімальним. Зниження моменту інерції досягається шляхом зменшення висоти осі обертання при заданій потужності двигуна. Електродвигуни мають підвищений (у порівнянні з електродвигунами загальнопромислового виконання) запас міцності механічних вузлів і деталей. Кріплення пакета ротора на валу завжди проводиться за допомогою шпонки.

Традиційно, основне застосування в кранових електроприводах знаходять асинхронні двигуни з фазним ротором. Регулювання швидкості і моменту в електроприводах з такими двигунами проводиться включенням в ланцюг ротора пускорегульовальних резисторів. Для отримання знижених (посадочних) швидкостей опускання вантажу застосовується режим противключення або різні спеціальні схеми включення (наприклад - динамічного гальмування самозбудженням).

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Робота асинхронних двигунів в системах частотного регулювання має свої особливості. Перш за все, при частотному керуванні значно знижуються втрати енергії в двигунах в пуско-гальмівних режимах. Це дозволяє переходити на більш високооборотні електроприводи, і при проектуванні двигунів основну увагу приділяти зниженню втрат в обмотках двигуна в номінальному режимі. При проектуванні двигунів для системи частотного регулювання враховується наступне:

1. Основні співвідношення між геометричними розмірами, прийняті для кранових асинхронних двигунів, зберігаються, оскільки визначальним тут є режим роботи, а не система регулювання.

2. У сучасних частотно-регульованих електроприводах з векторним керуванням механічні характеристики формується системою управління перетворювача. Тому при проектуванні електродвигунів, призначених для роботи тільки з перетворювачами частоти, можна не вживати спеціальні заходи для підвищення перевантажувальної здатності і пускового моменту.

3. Оптимальні частоти обертання двигунів в системах приватного регулювання, як уже було сказано, вище, ніж у звичайних системах, і складають 1900 - 1800 об / хв для легкого і середнього режимів роботи і до 1500 - 800 об / хв - для важкого режиму. Однак при проектуванні слід узгоджувати максимальну частоту обертання розроблювального електроприводу і максимальну допустиму частоту обертання редуктора.

4. Двигуни повинні бути працездатні при підвищенні частоти вихідної напруги перетворювача в 1,5 - 2 рази по відношенню до номінальної частоти.

5. З метою зниження втрат обмотка ротора двигуна заливається чистим алюмінієм або виконується мідної, ковзання при цьому - мінімальне. Регулювання вихідної напруги і частоти двигуна дозволяє оптимізувати використання його активних частин і забезпечити роботу двигуна в режимі мінімальних втрат.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

6. Можливе виконання двигунів на нестандартне напруга, відповідне вихідній напрузі перетворювача частоти.

Всі ці заходи, а також оптимальне розмежування зон регулювання, дозволяють при однаковому навантаженні знизити в 1,5 - 1,8 рази потужність двигуна в частотно-регульованому приводі.

### 1.3 Вхідні дані до проектування

Параметр	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Вантажопідйомність	$Q$	кг	12500
Вага крана	$m_{crane}$	кг	41200
Швидкість переміщення крана	$v_{crane}$	м/с	0.8
Діаметр ходового колеса	$D_{wheel}$	м	0.7
Коефіцієнт тертя кочення ходового колеса по рейках	$u$	-	0.0006
Коефіцієнт тертя в підшипниках кочення колеса	$f$	-	0.015
Коефіцієнт, що враховує додаткові опору від тертя реборд ходових коліс об рейку	$k_{add.fr}$	-	1.5
Ухил рейкової колії	$\sin\alpha$	-	0.003
Прискорення вільного падіння	$g$	м/с <sup>2</sup>	9.81

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.18.15.5.ПЗ

Арк.

13

Діаметр цапфи вала ходового колеса	$d_{capfa}$	м	0.1
Коефіцієнт, що враховує умови роботи редуктора	$k_{gear}$	-	2.25
Коефіцієнт перевантаження для робочого стану	$n$	-	1
Коефіцієнт враховує зміну динамічного тиску по висоті	$k_{wind}$	-	1.1
Коефіцієнти аеродинамічної сили (с1 - для прогонових балок; с2 - для вантажів)	$c_1 ; c_2$	-	1.375; 1.2
Динамічний тиск вітру	$q$	Па	125
Питоме вітрове навантаження	$p$	кг/м <sup>2</sup>	189.063
Коефіцієнт сплошности для гратчастих ферм	$K_{con}$	-	0.35
Розрахункова площа конструкції	$A_1$	м <sup>2</sup>	131.619
ККД механізму пересування крана	$\eta_{crane}$	%	70
Розрахункова площа вантажу	$A_2$	м <sup>2</sup>	12

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.18.15.5.ПЗ

Арк.

14

## 2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

### 2.1 Вибір типу електроприводу

Для здійснення автоматичного регулювання передбачаються керовані перетворювачі і регулятори, що дозволяють автоматично під впливом зворотних зв'язків здійснювати регулювання координат електропривода, наприклад моменту, швидкості, потокозчеплення та інше. Найбільш широко використовуються електромашинні і вентильні керовані перетворювачі напруги постійного струму і частоти змінного струму і відповідні системи ЕП: система генератор - двигун (Г-Д); система тиристорний перетворювач - двигун (ТП-Д); система перетворювач частоти - асинхронний двигун (ПЧ-АД). Також швидкість і момент можна змінювати шляхом реостатного регулювання. Вибір раціонального способу регулювання з можливих є важливим завданням, яке вирішується при проектуванні електроприводу.

Всі вище перелічені системи мають ряд переваг і недоліків, аналіз яких при обліку пред'являються технічних вимог і специфіки виробничого механізму дозволяє здійснити правильний вибір системи регулювання.

Так, в даний час продовжує успішно застосовуватися система Г-Д. Її основними перевагами є відсутність викривлення споживаного з мережі струму і відносно невелика споживання реактивної потужності. При застосуванні синхронного двигуна в перетворювальній агрегаті шляхом регулювання струму збудження можна забезпечити роботу електропривода з  $\cos\varphi$  для компенсації реактивної потужності, споживаної іншими установками.

На жаль, системі Г-Д притаманні кілька серйозних недоліків, обумовлених необхідністю триразового електромеханічного перетворення енергії.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Як наслідок - низькі маса габаритні та енергетичні показники, і сприятливі регулювальні можливості досягаються ціною істотних витрат дефіцитної міді, високоякісної сталі і праці. Поряд з цим характерний низький загальний ККД системи.

На сьогоднішній день досить популярною є система ДПТ-ТП. Завдяки своїй швидкодії, відносній простоті та дешевизні. Недоліками цієї системи є значне спотворення форми спожитого з мережі струму та змінюваний в широких межах  $\cos\varphi \approx \cos\alpha$ .

Розглядаючи спосіб реостатного регулювання не можна не відзначити його низьку точність і діапазон регулювання, невисоку плавність, а також маса габаритні показники (наявність резисторів, комутуючих апаратури) і зниження ККД при збільшенні діапазону регулювання. Однак даний спосіб привабливий своєю простотою і невисокими витратами на реалізацію.

З розвитком силової напівпровідникової і мікропроцесорної техніки стало можливим створення пристрою частотного регулювання електроприводом, яке дозволяє точно управляти швидкістю і моментом електродвигуна по заданих параметрах в точній відповідності з характером навантаження. Це у свою чергу, дозволяє здійснювати точне регулювання практично будь-якого процесу в найбільш економічному режимі, без важких перехідних процесів в технологічних системах і електричних мережах.

Частотне регулювання ефективно застосовується на підприємствах енергетики, промисловості і комунального господарства.

Застосування пристроїв плавного регулювання частоти обертання двигунів дає ряд додаткових переваг, а саме:

– плавний пуск і зупинку двигуна виключає шкідливу дію перехідних процесів в технологічному устаткуванні;

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



– пуск двигуна здійснюється при струмах, обмежених на рівні номінального значення, що підвищує довговічність двигуна, знижує вимоги до потужності живлячої мережі і потужності комутуючої апаратури;

– можлива модернізація діючих технологічних агрегатів без заміни основного устаткування і практично без перерв в його роботі.

Системи управління на базі частотних перетворювачів можуть мати будь-які технологічно необхідні функції, реалізація яких можлива як за рахунок вбудованих в перетворювачі програмованих контролерів, так і додаткових контролерів, що функціонують спільно з перетворювачами.

Застосуємо електропривод по системі "Перетворювач частоти - асинхронний двигун". Такий тип є найбільш доцільним для даного механізму.

## 2.2. Вибір електродвигуна

### Визначення опору пересуванню крана

$$F_{mv} = F_{fr} + F_{incline} + F_{wind}$$

Опір тертя при русі крана по прямому рейковому шляху:

$$F_{fr} = k_{add.fr} \cdot (m_{crane} + Q) \cdot \frac{f \cdot d_{capfa} + 2 \cdot u}{D_{wheel}} \cdot g$$

$$F_{fr} = 1.5 \cdot (41200 + 12500) \cdot \frac{0.015 \cdot 0.1 + 2 \cdot 0.0006}{0.7} \cdot 9.81 = 3047.897 \text{ H}$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Складова навантаження від ухилу підкранових колій визначається в межах максимально допустимого ухилу:

$$F_{incline} = (m_{crane} + Q) \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$F_{incline} = (41200 + 12500) \cdot 9.81 \cdot 0.003 = 1580.391 \text{ H}$$

Вітрове навантаження практично на 60 ... 80% визначає потужність приводів механізму пересування крана. Вимоги забезпечення плавного пуску і гальмування механізму пересування при порівняно рідко діючої вітрового навантаження часто змушують ускладнювати як самі приводи, так і їх системи управління.

Вітрове навантаження на кран визначається в робочому стані, при якому забезпечується експлуатація крана з номінальним вантажем.

$$F_{wind} = F_{w.st.crane} \cdot F_{w.st.load}$$

Статична складова вітрового навантаження на елементи конструкції крана:

$$F_{w.st.crane} = K_{con} \cdot A_1 \cdot p$$

$$F_{w.st.crane} = 0.35 \cdot 131.619 \cdot 189.063 = 8709.456 \text{ H}$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Статична складова вітрового навантаження на вантаж:

$$F_{w.st.load} = k_{wind} \cdot A_2 \cdot q \cdot c_2 \cdot n$$

$$F_{w.st.load} = 1.1 \cdot 12 \cdot 125 \cdot 1.2 \cdot 1 = 1980 \text{ H}$$

Опір від вітрового навантаження:

$$F_{wind} = 8709.456 \cdot 1980 = 10689.456 \text{ H}$$

Загальний опір пересуванню крана від статичних навантажень:

$$F_{mv} = 3047.897 + 1580.391 + 10689.456 = 15317.744 \text{ H}$$

Статична потужність двигуна механізму пересування визначається за формулою:

$$P_{static} = \frac{F_{mv} \cdot v_{crane}}{1000 \cdot \eta_{crane}}$$

$$P_{static} = \frac{15317.744 \cdot 0.8}{1000 \cdot 0.7} = 17.506 \text{ кВт}$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Так як привід пересування крана роздільний, знаходимо попередню потужність одного двигуна:

$$P_{static.drive} = \frac{17.506}{2} = 8.753 \text{ кВт}$$

Номінальну потужність одного двигуна механізму пересування повинна дорівнювати або дещо більшою статичної потужності.

Приймаємо:

$$P_{static.drive} = 9 \text{ кВт}$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо крановий асинхронний двигун з короткозамкненим ротором МТКФ 211-6 з такими параметрами:

Параметр	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Номінальна потужність	$P_{drive}$	кВт	9
Номінальна швидкість	$n_{drive}$	об/мин	840
Номінальний струм статора	$I_r$	А	24
Активний опір фази статора	$R_1$	Ом	0.755
Активний опір фази ротора	$R_2$	Ом	1.62
Індуктивний опір фази статора	$X_1$	Ом	1.05
Індуктивний опір фази ротора	$X_2$	Ом	1.02
Момент інерції	J	кг · м <sup>2</sup>	0.44
КПД	$\eta_{drive}$	%	79
Коефіцієнт потужності	cosφ	-	0.81
Максимальний момент	$M_{max}$	Н · м	215
Номінальна напруга	$U_r$	V	380
Кількість пар полюсів	2p	-	3

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.18.15.5.ПЗ

Арк.

21

## 2.2. Вибір редуктора

У механізмах пересування кранів використовуються циліндричні горизонтальні двоступінчасті редуктори типів Ц2, Ц2В, Ц2Н, циліндричні вертикальні тріступінчасті кранові редуктори типів ВК, ВКУ та черв'ячні одноступінчасті універсальні редуктори типу Ч.

Вибір редуктора проводиться в залежності від кінематичної схеми приводу по передавальному числу, очікувану потужність або допустимому обертальному моменту на тихохідному валу і частоті обертання швидкохідного вала.

Частота обертання ходового колеса:

$$n_{wheel} = \frac{60 \cdot v_{crane}}{3.14 \cdot D_{wheel}}$$

$$n_{wheel} = \frac{60 \cdot 0.8}{3.14 \cdot 0.7} = 21.838 \text{ об/мин}$$

Необхідну передавальне число приводу:

$$u_{calc} = \frac{n_{drive}}{n_{wheel}}$$

$$u_{calc} = \frac{840}{21.838} = 38.465$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Розрахункова потужність редуктора:

$$P_{gear.calc} = P_{drive} \cdot k_{gear}$$

$$P_{gear.calc} = 9 \cdot 2.25 = 20.25 \text{ кВт}$$

Момент, що обертає на тихохідному валу редуктора:

$$u_{calc} = 9550 \cdot \frac{P_{gear.calc}}{n_{wheel}}$$

$$u_{calc} = 9550 \cdot \frac{20.25}{21.838} = 8855.536 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Виходячи з розрахункових даних вибираємо редуктор типу СКУ-610М з такими параметрами:

Параметр	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Номінальне передаточне число	$u_{gear}$	-	40
Потужність		кВт	25
Номінальний крутний момент на тихохідному валу		Н·м	9000

## 2.2. Вибір перетворювача

Максимальний споживаний струм двигуна:

$$I_{max} = \frac{M_{max} \cdot 3.14 \cdot n_{drive}}{30 \cdot \sqrt{3} \cdot U_r \cdot \cos\varphi \cdot \eta_{drive}}$$

$$I_{max} = \frac{215 \cdot 3.14 \cdot 840}{30 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.81 \cdot 0.79} = 44.882 \text{ A}$$

Оскільки  $I_{max} = 150\% \cdot I_r$  номінальний струм ПЧ повинен бути не менше:

$$I_r = \frac{I_{max}}{1.5} = 29.921 \text{ A}$$

Так як в даному приводі використовуються два двигуни, керовані одним перетворювачем, тоді номінальний струм ПЧ повинен бути не менше:

$$I_r = 2 \cdot 29.921 = 59.842 \text{ A}$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



За номінальним струмом вибираємо перетворювач частоти **Schneider Electric ATV71E5D30N4** з такими параметрами:

Параметр	Значение	Ед. изм.
Потужність	30	кВт
Повна потужність	43.4	кВт
Номінальний струм	66	А
Номінальна частота комутації	4	кГц

З урахуванням вимоги ТЗ повна потужність перетворювача повинна перевищувати потужність двигуна на 20%.

Тоді за формулою:

$$P_{conv} \geq 1.2 \cdot 2 \cdot P_{drive} = 1.2 \cdot 2 \cdot 9 = 21.6$$

$$43.4 \geq 21.6$$

Умова дотримується.

Перетворювачі частоти Altivar 71 / ATV71 призначені для двигунів потужністю від 0,37 до 630 кВт з чотирма типами мережевого живлення:

- однофазне, 200 - 240 В, от 0,37 до 5,5 кВт

- трифазне, 200 - 240 В, от 0,37 до 75 кВт;
- трифазне, 380 - 480 В, от 0,75 до 500 кВт;
- трифазне, 500 - 690 В, от 1,5 до 630 кВт.

Дана серія перетворювачів частоти дозволяє управляти за допомогою алгоритму векторного керування потоком (CVF) асинхронними двигунами в розімкнутій і замкнутій системи регулювання швидкості і синхронними двигунами з синусоїдальною Е.Д.С. в розімкнутій системі.

При мережевому живленні а 200 - 240В і а 380 - 480В пропонується функціональна гамма частотних перетворювачів, що дозволяє управляти синхронними двигунами з синусоїдальною Е.Д.С. в замкнутій системі регулювання швидкості.

Переваги:

Потужність до 630 кВт, виняткові робочі характеристики, розширені функціональні можливості. Відкритість для всіх комунікаційних мереж, додатків, користувачів ATV 71 надає оригінальні рішення, що відповідають будь-яким індивідуальним вимогам.

Застосування:

Серія перетворювачів частоти Altivar 71 відповідає найсуворішим вимогам застосувань завдяки використанню різноманітних законів управління двигуном і численним функціональними можливостями.

Вона адаптована для вирішення найбільш складних завдань електроприводу:

- момент і підвищена точність при роботі на дуже низькій швидкості і поліпшені динамічні характеристики з алгоритмами векторного управління потоком в розімкнутій або замкнутій системі приводу;
- розширений діапазон вихідної частоти для високошвидкісних двигунів;

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- паралельне включення двигунів і спеціальні приводи з використанням скалярного закону управління;
- точність підтримки швидкості і енергозбереження для разомкнутого приводу з синхронним двигуном;
- плавне, безударне управління незбалансованими механізмами за допомогою системи адаптації потужності (Energy Adaptation System - ENA).

З розширенням гами електроживлення до ~ 690В багатofункціональність перетворювача Altivar 71 збільшує продуктивність і гнучкість використання машин для численних застосувань.

- Підйомно-транспортне обладнання
- Вантажно-розвантажувальні операції
- Фасувальне-пакувальне обладнання
- Текстильні машини
- Деревообробні машини
- Технологічне обладнання

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

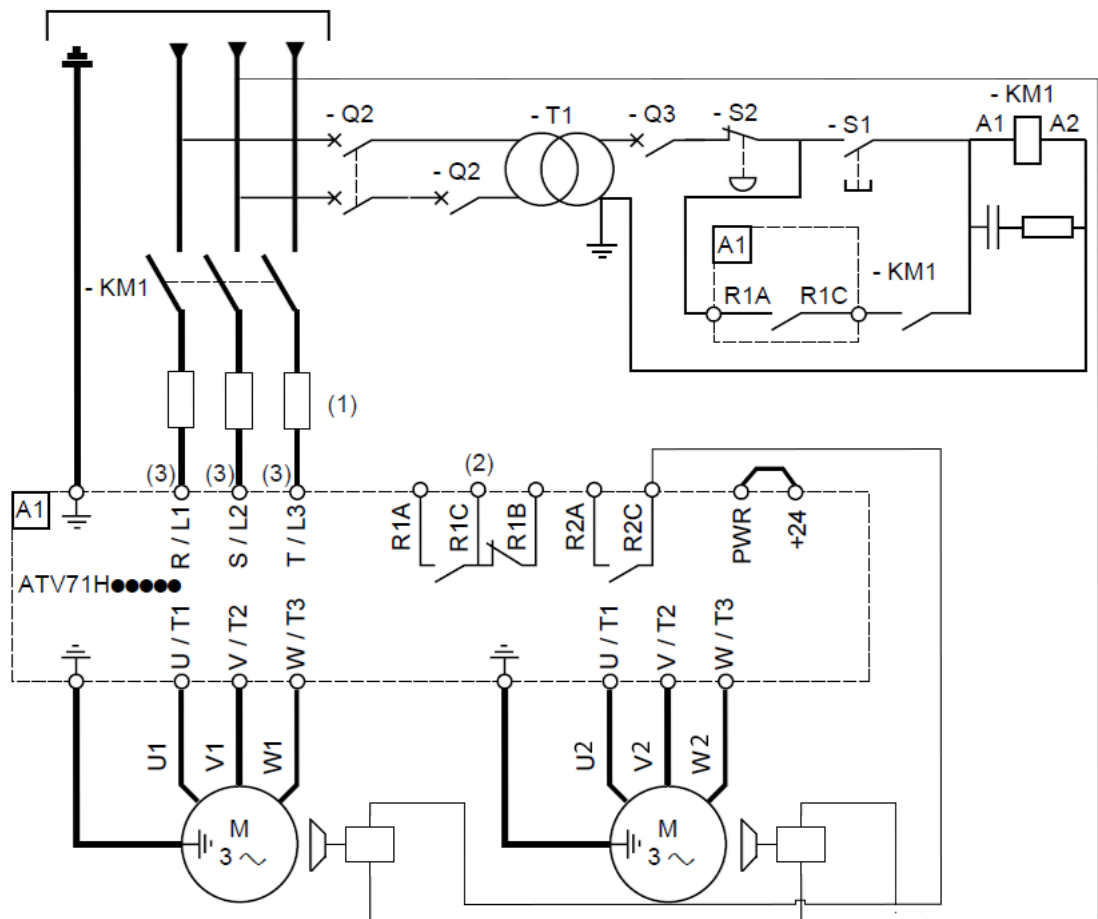


Рис. 2.1 Функціональна схема підключення перетворювача частоти до двигунів.

Обраний перетворювач реалізує векторний закон регулювання. Суть векторного регулювання полягає в незалежному управлінні двома складовими струму статора, орієнтованими по осях  $d$ ,  $q$  ротора. Складова по осі  $d$  являється потокостворюючою, по осі  $q$  - моментостворюючою. Характеристики векторного асинхронного електроприводу, таким чином, по точності і швидкодії наближаються до характеристик двозонного електроприводу постійного струму.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Функціональна схема електроприводу з векторним управлінням показана на рис. 2.2.

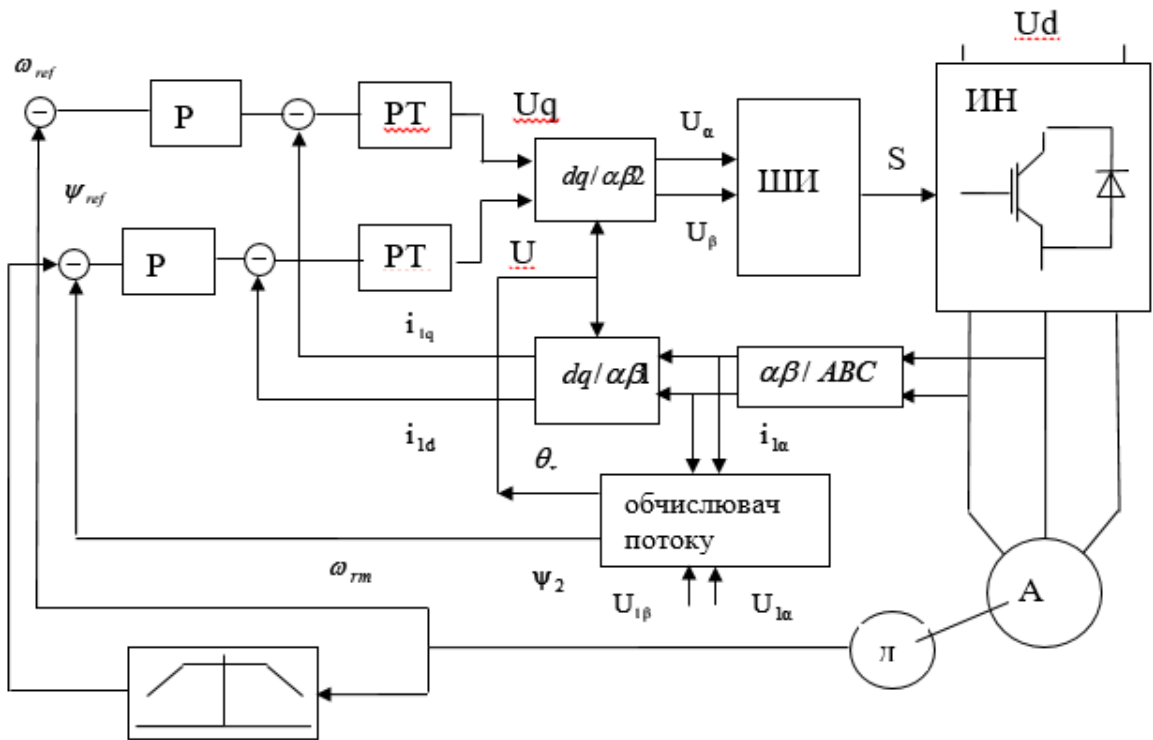


Рис. 2.2. Функціональна схема електроприводу, реалізуюча векторне керування.

Векторне управління вимагає перетворення координат. Напряга статора описується в осях  $\alpha, \beta$ , роторні величини - в осях  $d, q$ .

Регулювальники потокозчеплення, швидкості, складових струмів по осях  $d, q$  розраховуються виходячи з симетричного критерію оптимізації відповідно до передавальної функції об'єкту управління (асинхронний двигун) по цих осях.



## 2.4 Вибір гальмівного пристрою

Перетворювач частоти без застосування додаткового гальмівного пристрою забезпечує гальмівний момент, рівний 30% від номінального (гальмування постійним струмом, гальмування магнітним потоком).

Для забезпечення режиму гальмування з підвищеним гальмівним моментом (механізми з великим моментом інерції, технологічні процеси, які вимагають від обладнання високої динаміки і швидкого гальмування, приводи, при роботі яких можливий перехід двигуна в генераторний режим) використовуються додаткові гальмівні пристрої - гальмівні переривники та гальмівні резистори.

Додаткове гальмівний пристрій складається з вбудованого гальмівного переривника і зовнішнього гальмівного резистора.

Гальмівні резистори діляться на дві категорії: призначені для легкого режиму роботи (light duty - LD) і для важкого режиму роботи (heavy duty - HD). Гальмівний резистор для легкого режиму роботи забезпечує момент гальмування, рівний номінальному протягом 5 секунд при гальмуванні від номінальної швидкості до нуля.

Гальмівний резистор для важкого режиму роботи забезпечує момент гальмування, рівний номінальному при номінальній швидкості протягом 3 секунд плюс протягом 7 секунд при гальмуванні від номінальної швидкості до нуля. В обох випадках робочий цикл - не частіше 1 разу на 2 хв. На невеликі потужності резистори виготовляються з алюмінієвого профілю. Резистори на великі потужності виготовляються зі сталевих пластин, при цьому вони завжди забезпечені термісторами. Всі HD резистори мають вбудований тепловий ключ - температура розчеплення 220 ° C.

Для перетворювача частоти **Schneider Electric ATV71E5D30N4**, згідно каталогу, необхідно вибрати гальмівний пристрій типу **VW3A7715**.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

### 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Розрахунок параметрів САР і моделювання проводимо у відносних одиницях.

Параметри ланок, використовувані в моделі :

Базовий опір:

$$Z_b = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot I_r} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 30} = 7.313 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі статора:

$$R_{1b} = R_1 \cdot Z_b = 0.755 \cdot 7.313 = 5.521 \text{ Ом}$$

$$X_{1b} = X_1 \cdot Z_b = 1.05 \cdot 7.313 = 7.679 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі ротора:

$$R_{2b} = R_2 \cdot Z_b = 1.62 \cdot 7.313 = 11.847 \text{ Ом}$$

$$X_{2b} = X_2 \cdot Z_b = 1.02 \cdot 7.313 = 7.459 \text{ Ом}$$



Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму:

$$k_t = \frac{U_b}{2 \cdot I_r} = \frac{10}{60} = 0.167$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_c = \frac{U_b}{w_{drive}} = \frac{10}{87.92} = 0.114$$

Коефіцієнт електромагнітного зв'язку ротора:

$$k_2 = \frac{L_m}{L_2} = \frac{0.187}{0.211} = 0.887$$

Постійна часу ротора:

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2} = \frac{0.211}{1.62} = 0.13 \text{ c}$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Номінальне потокозчеплення:

$$\psi_r = \frac{I_r}{I_r \cdot 1.5 \cdot \sqrt{2} \cdot k_2 \cdot 2p} = \frac{30}{30 \cdot 1.5 \cdot \sqrt{2} \cdot 0.887 \cdot 3} = 0.089$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по потокозчепленню:

$$k_\psi = \frac{U_b}{\psi_r} = \frac{10}{0.089} = 112.922$$

Передаточна функція регулятора швидкості :

$$W_{sc} = \frac{J \cdot k_\psi \cdot k_t \cdot (8 \cdot T_\psi \cdot p + 1)}{48 \cdot T_\mu^2 \cdot k_c \cdot k_2 \cdot p_n}$$

Тоді пропорційна частина РШ :

$$W_{sc\Pi}(p) = \frac{J \cdot k_\psi \cdot k_t}{6 \cdot T_\mu^1 \cdot k_c \cdot k_2 \cdot p_n} = \frac{0.44 \cdot 112.922 \cdot 0.167}{6 \cdot 0.001 \cdot 0.114 \cdot 0.887 \cdot 6} = 2279.524$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Інтегральна частина:

$$W_{sc}И(p) = \frac{J \cdot k_{\psi} \cdot k_t}{48 \cdot T_{\mu}^2 \cdot k_c \cdot k_2 \cdot p_n}$$

$$W_{sc}И(p) = \frac{0.44 \cdot 112.922 \cdot 0.167}{48 \cdot 0.000001 \cdot 0.114 \cdot 0.887 \cdot 6} = 284940,46$$

Передаточна функція регулятора потокозчеплення

$$W_{p\psi}(p) = \frac{k_t \cdot (T_2 \cdot p + 1)}{4 \cdot T_{\mu}^1 \cdot k_{\psi} \cdot L_m \cdot p_n}$$

Пропорційна частина регулятора потокозчеплення

$$W_{p\psi}П(p) = \frac{k_t \cdot T_2}{4 \cdot T_{\mu}^1 \cdot k_{\psi} \cdot L_m} = \frac{0.167 \cdot 0.13}{4 \cdot 0.001 \cdot 112.922 \cdot 0.187} = 0.257$$

Інтегральна частина регулятора потокозчеплення

$$W_{p\psi}И(p) = \frac{k_t \cdot (T_2 \cdot p + 1)}{4 \cdot T_{\mu}^1 \cdot k_{\psi} \cdot L_m} = \frac{0.026 \cdot (0.13 + 1)}{4 \cdot 0.001 \cdot 112.922 \cdot 0.187} = 0.515$$

Розрахункові параметри САР використовуються для програмування перетворювача частоти.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

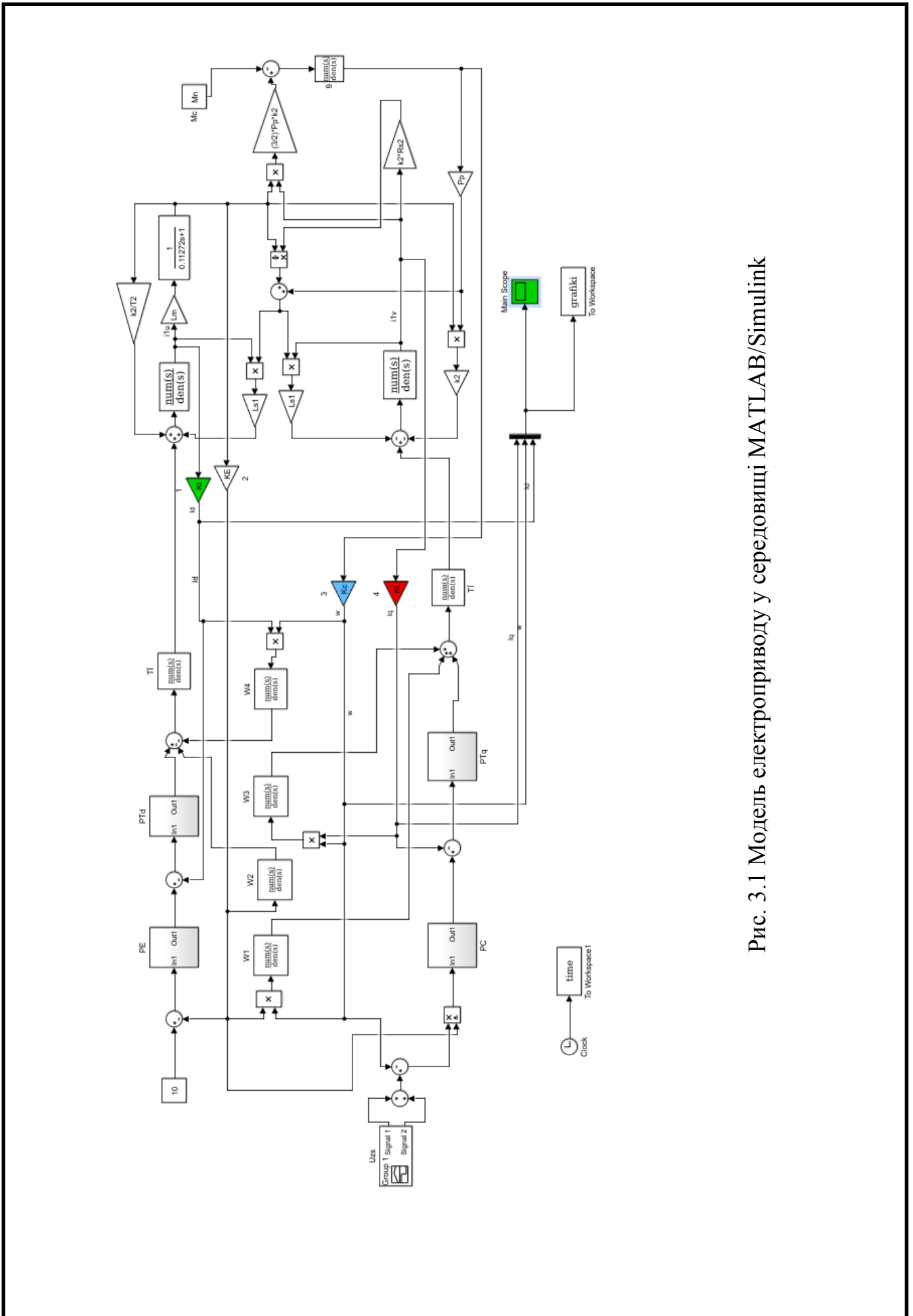


Рис. 3.1 Модель електроприводу у середовищі MATLAB/Simulink

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

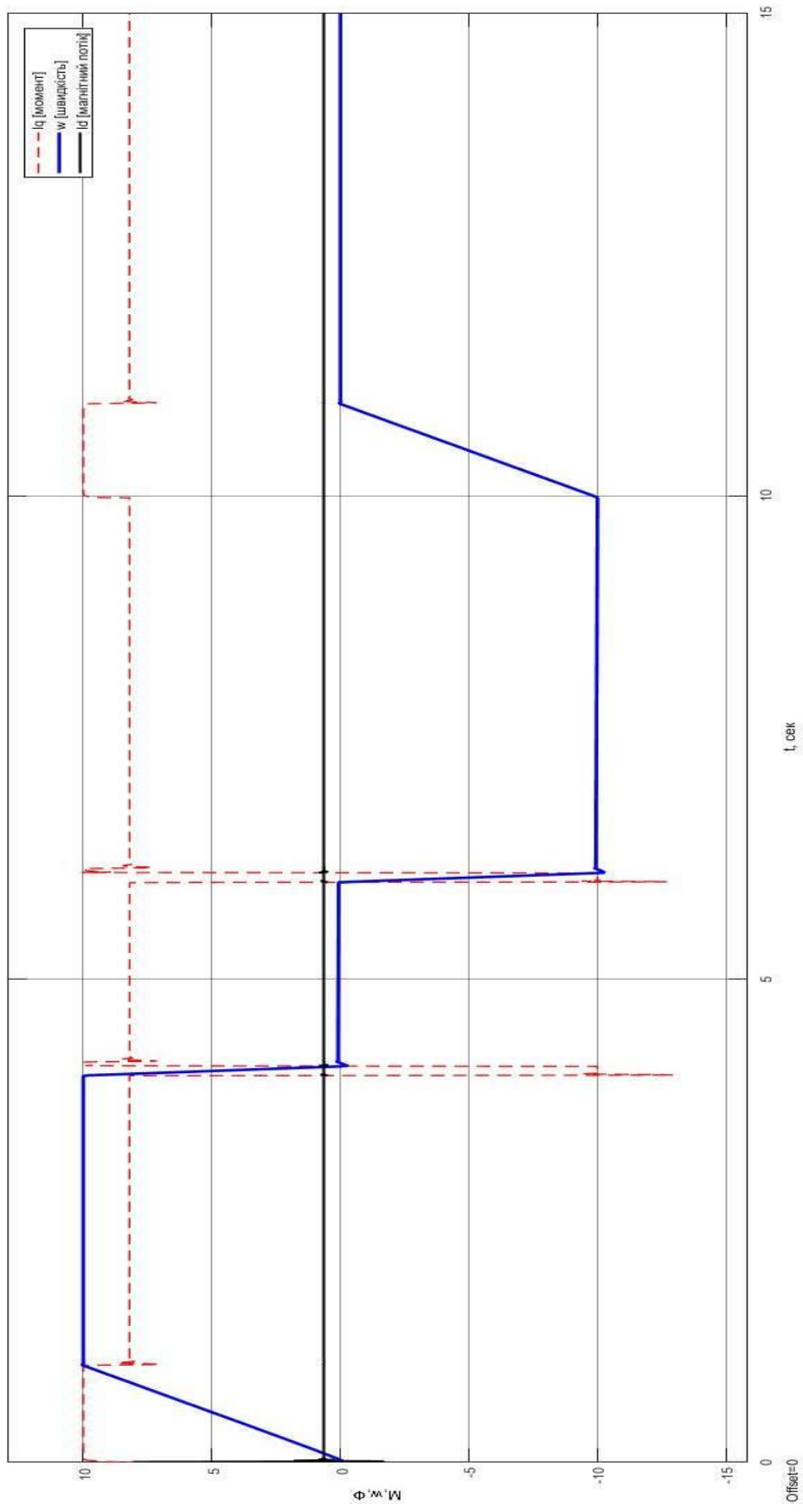


Рис. 3.2 Графіки перехідних процесів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.18.15.5.ПЗ

Арк.

37

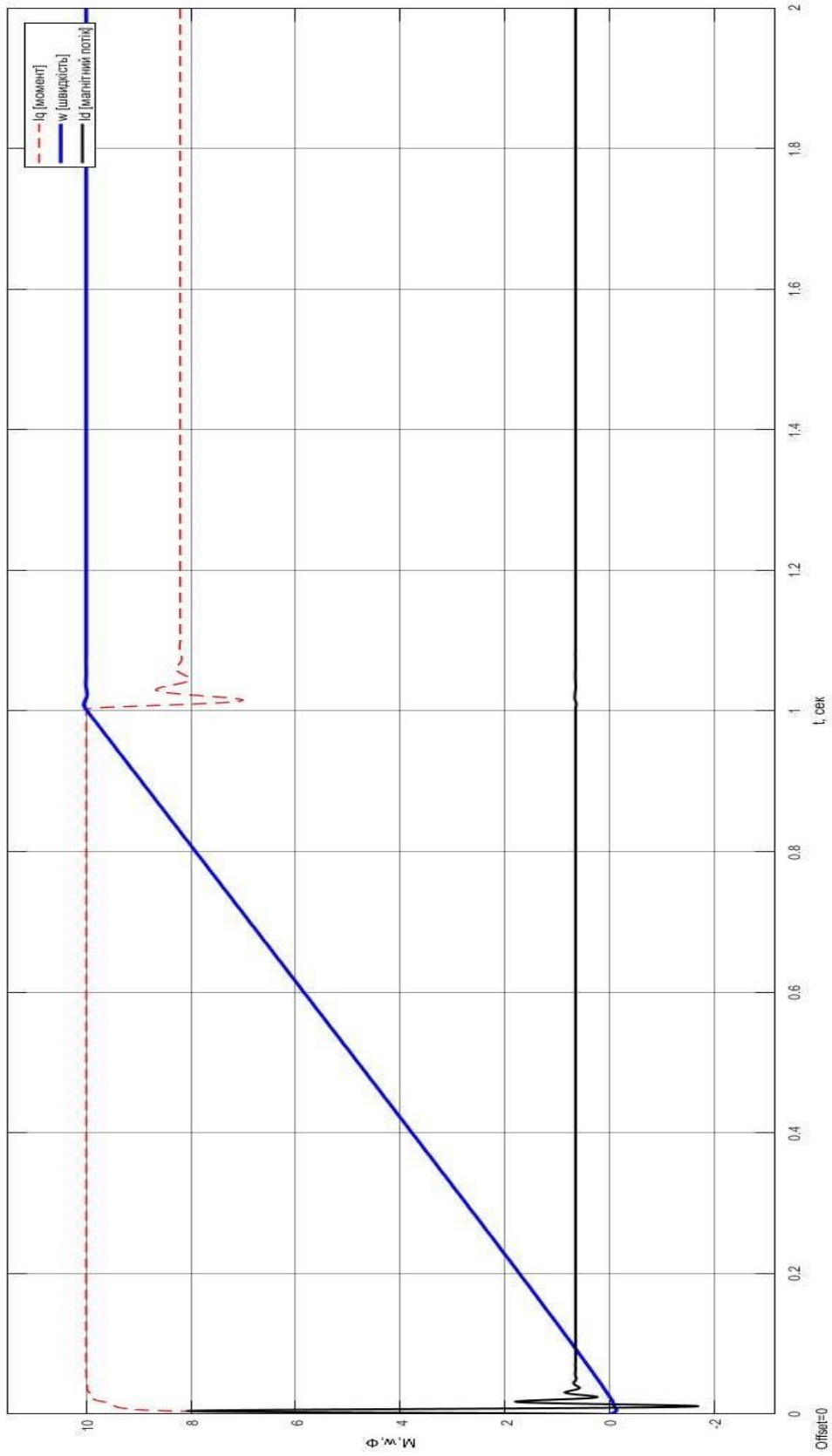


Рис. 3.3 Графіки перехідних процесів при пуску двигуна

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

У розділі дипломного проекту розглянуті питання охорони праці, пов'язані з роботою козлового крану, а саме з безпекою роботи машиніста, та персоналу, який знаходиться у робочій зоні дії крану.

### 4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників

При роботі крану на машиніста та допоміжній персонал можуть впливати небезпечні (що викликають травми) та шкідливі (що викликають захворювання та отруєння) виробничі чинники.

До небезпечних фізичних чинників відносяться: рухомі машини і механізми; незахищені рухливі елементи виробничого устаткування, різні підйомно-транспортні пристрої і вантажі, що переміщуються. Ці чинники призводять до травмування людей, які знаходяться у зоні дії крану.

В процесі роботи крану може статися: обрив канату, схід крану з рейки, угон крану при сильному вітрі, що може привести до травматичних наслідків.

Основним небезпечним фактором є підвищена напруга в електричних ланцюгах комутаційної апаратури, замикання яких може відбутися через тіло машиніста чи іншого персоналу, який знаходиться у робочій зоні дії крану. Попадання під напругу може статися при обриві дроту, порушенні ізоляції, оголення дротів і пуску регулювальної апаратури, відсутності огорожень від струмопровідних шинопроводів.

Перебуваючи в кабіні управління, машиніст піддається впливу шуму і вібрацій. Шум виникає при роботі електродвигунів і механізмів крана, ударах на стиках рейок кранової колії. Вібрації при роботі мостового крана виникають як у вертикальній, так і в горизонтальній площинах. Вертикальні коливання кранового моста мають діапазон частоти - 1,5-8, 0 Гц. Горизонтальні

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

коливання, які передаються кабіні управління в результаті розгойдування вантажу, - діапазон частот 0,2-1,0 Гц. Враховуючи, що резонансна частота коливань органів людського тіла знаходиться в діапазоні частот 1 -15 Гц, машиніст піддається вертикальним коливанням найбільш несприятливого спектру.

Під впливом вібрації у персоналу набуваються професійні захворювання, а механізми швидше виходять з ладу.

Також до небезпечних чинників відноситься недостатня освітленість, що може призвести до травм та порушення зору персоналу.

#### **4.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці**

З метою попередження обслуговуючого персоналу, що знаходиться в безпосередній близькості від працюючого крану, при його пересуванні включається автоматично звуковий сигнал. Також звуковий сигнал включається при пересуванні вантажного візка.

Небезпека, що виникає при знаходженні людей на проїзній будові крану, виключається за допомогою автоматичного блокування дверей під час роботи крану.

З метою безпеки доступу до механізмів, запобіжним пристроєм, електроустаткуванню передбачені майданчики, сходи, обгороджування по конструкції.

Для унеможливлення попадання людини в зону роботи механізмів, усі висувні частини механізмів і електроустаткування міцно закріплені і закриті обгороджуваннями.

Для унеможливлення угону крану при сильному вітрі, на крані встановлюється протиугінний пристрій, буфера чи обмежувачі пересування.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



Захват примусової дії з ручним приводом і постійним зусиллям гальмування встановлюється в кінцевій балці і складається з двох важелів, шарнірно пов'язаних з сержками. Їх верхні кінці, виконані у вигляді двосторонніх вилок, взаємодіють з цапфами гайок. Останні мають праву і ліву різьбу і можуть переміщатися по гвинту при обертанні його через зірочку ланцюгом. Для виключення можливості пуску крана при включених протиугінних захопленнях на кожному з них змонтований кінцевий вимикач, який розмикає електричний ланцюг механізму пересування до моменту повного відходу губок важелів від головки рейки. Наявність ручного ланцюгового приводу дозволяє включення захоплення виробляти дистанційно. Також на крані встановлюються прилади, що включають попереджувальний звуковий сигнал і сигнальну лампу при швидкості вітру 20 м/с і більше.

Для виключення обриву каната, при підйомі вантажу, вага якого перевищує номінальну вантажопідйомність більш ніж на 10%, передбачений обмежувач вантажопідйомності, що автоматично відключає механізм підйому при перевищенні номінальної вантажопідйомності, а також при збільшенні навантаження на вантажні канати вище за допустиме, для виключення натягу і обриву каната при підйомі вантажу на неприпустиму висоту передбачений обмежувач висоти підйому.

Для уникнення сходу крану з рейок, у кінці шляху передбачені кінцеві вимикачі механізму пересування крану, які встановлені таким чином, що привід відключається дещо раніше, ніж відбувається контакт коліс крану з обмежувальним пристроєм. Ця відстань дорівнює половині гальмівного шляху крану.

Для зниження рівня загальної вібрації встановлюють амортизуючі прокладки в місцях кріплення кабіни до основної металоконструкції крану. Також можна встановити віброізолюючі сидіння.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Для унеможливлення попадання людини під напругу при огляді і техобслуговуванні крану рубильник має бути відключений.

У крані передбачено захисне заземлення, що є умисним з'єднанням із землею металевих частин устаткування, що знаходяться під напругою в звичайних умовах, але які можуть виявитися під ним в результаті порушення електроізоляції установки. Захист головних електричних ланцюгів крану здійснюється захисними пристроями з використанням автоматичних включень з високою комутаційною захисною здатністю.

Шини та інші неізольовані струмопровідні частини огорожені. Також встановлені сигнальні лампи, які вказують на наявність напруги на струмопровідних частинах.

Щодо освітленості, то виробничі будівлі проектують з природним освітленням по нормах освітленості. Штучне освітлення буває двох типів: робоче і аварійне. При використанні електроосвітлення в цеху при роботі мостового крану незалежно від кольору фону і контрастності об'єкту з фоном приймається освітленість, рівна 14 лк (робоче) і 0,5 лк (аварійне).

#### **4.3 Пожежна безпека**

Небезпечними чинниками пожежі, що впливають на людей, є: відкритий вогонь, іскри, підвищена температура довкілля, предметів, токсичні продукти горіння, дим, знижена концентрація кисню.

Для мостового крану, для забезпечення пожежної безпеки використовуються наступні заходи: уся апаратура управління розміщена в герметичному контейнері, електродвигуни усіх механізмів мають ступінь захисту від зовнішнього середовища.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

При цьому робоча  $t^\circ$  обмоток шляхом створення запасу по струму 10 % складає менше  $140^\circ\text{C}$  ( $t^\circ$  поверхні менше  $100^\circ\text{C}$ ).

Електроприводи кранів мають глибоке регулювання швидкостей. У зв'язку з цим навантаження гальм мінімальне, температура гальмівних колодок в робочому режимі не перевищує допустиму, резистори вибрані із стандартних блоків з розрахунком, щоб температура поверхні активних частин не перевищувала  $185^\circ\text{C}$ .

В цілях забезпечення пожежної безпеки, в кабіні передбачений вуглекислотний вогнегасник (ВУ-2), який використовується в цілях гасіння електропроводки і електроустаткування.

До роботи на мостовому крані допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли курс навчання та мають посвідчення машиніста мостового крану, які пройшли інструктаж з техніки безпеки та змінний інструктаж, отримали доступ до виконання змінного завдання від керівника робіт (начальника зміни).

#### 4.4 Заходи щодо надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації (НС) на підприємстві, походження яких пов'язане з виробничо-господарською діяльністю людини на об'єктах техносфери відносять до техногенного виду НС. Як правило, техногенні НС виникають внаслідок аварій, що супроводжуються мимовільним виходом у навколишній простір речовини і (або) енергії. Одним з основних способів захисту є своєчасний і швидкий вивіз або вивід людей з небезпечної зони, тобто евакуація. Вид евакуації визначається видом, характером і умовами НС.

У числі заходів щодо захисту персоналу підприємства зазначаються дії по евакуації працюючої зміни, як у випадку загрози, так і при виникненні НС. Виходячи з прогнозованої можливості виникнення аварій, катастрофи або стихійного лиха, які можуть спричинити за собою людські жертви, завдати

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

шкоди здоров'ю людей, порушити умови їх життєдіяльності, намічаються наступні заходи і тимчасові параметри з евакуації:

- Визначається вид евакуації (планомірна або екстрена);
- Проводиться розрахунок робітників і службовців, необхідних для проведення евакуації;
- Встановлюються заходи щодо безаварійної зупинки виробництва;
- Намічаються схеми руху евакуйованих із зони НС до пунктів тимчасового розміщення;
- З урахуванням аналізу та оцінки ситуації керівник об'єктової комісії з НС може прийняти одне з рішень:
- Провести евакуацію всередині об'єкта;
- Вивести персонал за межі об'єкта;

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## 5. Техніко-економічне обґрунтування

### 5.1 Вступ

Основним завданням техніко-економічного обґрунтування є доведення економічної доцільності використання тиристорного перетворювача для управління електричним двигуном привода переміщення козлового крану ККС 12.5.

Проектним рішенням запропоновано модернізувати систему електропривода на більш сучасну, використовуючи тиристорний перетворювач. Це технічне рішення сприятиме зниженню витрат на обслуговування електродвигуна, підвищить надійність роботи системи у цілому, відповідно зменшиться споживання електроенергії приводом переміщення злитків.

Застосування електродвигуна керованого за допомогою тиристорного перетворювача не тільки покращить швидкодію та точність роботи двигуна, що в свою чергу позитивно вплине на конкурентноспроможність продукції, а й поліпшить техніко-економічні показники.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

## 5.2 Розрахунок капітальних витрат

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

Капітальні вкладення реалізації проекту включають в себе:

- затрати на приобретение оборудования;
- затрати на монтаж и наладку оборудования;

Подсчёт затрат осуществляется на основе цен, приведённых в прайслистах производителей оборудования и других справочных материалов.

Для визначення проектних капіталовкладень використовується формула:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^k C_i) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{пр}} \quad (5.1)$$

де -  $K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^k C_i)$  - вартість придбання електрообладнання або сумарна вартість комплектуючих елементів, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

$k$  — кількість необхідних комплектуючих;

$Z_{\text{тзс}}$  — транспортно-заготовчі і складські витрати;

$Z_{\text{м}}$  — витрати на монтажні роботи;

$Z_{\text{н}}$  — витрати на налаштування;

$Z_{\text{пр}}$  — інші одноразові вкладення грошових коштів.

## Витрати на придбання обладнання

Ціни на комплектуючі елементи взяті з офіційних сайтів виробників або сертифікованих виробником дилерів.

Таблиця 5.1 Зведення капітальних витрат, грн

№	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн.	Постачальник
Проектний варіант					
1	Електро-двигун МТКФ211-6	2	15800	31600	ООО "ЕНЕРГО-ПРИВОД" м.Київ
2	Тиристорний перетворювач Schneider Electric ATV71E5D30N4	1	121924	121924	ООО "Е-Трейд Інвест Груп" м. Київ
3	Редуктор ВКУ-610М	2	26900	53800	Інтернет магазин "Redmash"
4	Гальмівний резистор Schneider Electric VW3A7715	1	87476	87476	Дистриб'ютор Schneider Electric
	Всього				294801 грн.

## Витрати на монтаж та налагодження

Витрати на монтаж знаходяться за формулою:

$$Z_m = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_{\text{доплат}} \cdot K_{\text{соц.вл.}} \cdot K_{\text{пр}} \quad (5.2)$$

Таблиця 5.2 Витрати на монтаж ( $Z_M$ )

Найменування витрат	Позначення	Значення
Кількість працівників IV разряду, чол.	$Ч_i$	4
Часова ставка монтажника IV разряду, грн.	$a_i$	39,3
Час виконання робіт, г	$t_i$	8
Коефіцієнт що враховує розмір доплат	$K_{\text{доплат}}$	1,69
Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи	$K_{\text{соц.вл.}}$	1,22
Коефіцієнт що враховує інші витрати	$K_{\text{пр}}$	1,07

$$Z_M = \sum(4 \cdot 39,3 \cdot 8) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 2774 \text{ грн.} \quad (5.3)$$

Таблиця 5.3 Витрати на налагодження ( $Z_H$ )

Найменування витрат	Позначення	Значення
Кількість працівників IV разряду, чол.	$Ч_i$	2
Часова ставка монтажника VI разряду, грн.	$a_i$	41,8
Час виконання робіт, г	$t_i$	8
Коефіцієнт що враховує розмір доплат	$K_{\text{доплат}}$	1,69
Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи	$K_{\text{соц.вл.}}$	1,22
Коефіцієнт що враховує інші витрати	$K_{\text{пр}}$	1,07

$$Z_H = \sum(2 \cdot 41,8 \cdot 8) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 1475 \text{ грн.} \quad (5.4)$$



Таблиця 5.4 Витрати на демонтаж ( $Z_d$ )

Найменування витрат	Позначення	Значення
Кількість працівників IV разряду, чол.	$\text{Ч}_i$	4
Часова ставка монтажника VI разряду, грн.	$a_i$	39,3
Час виконання робіт, г	$t_i$	5
Коефіцієнт що враховує розмір доплат	$K_{\text{доплат}}$	1,69
Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи	$K_{\text{соц.вл.}}$	1,22
Коефіцієнт що враховує інші витрати	$K_{\text{пр}}$	1,07

$$Z_d = \sum(4 \cdot 39.3 \cdot 6) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 2080 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

Транспортно-заготівельні і складські витрати розраховуємо згідно цін кур'єрської фірми «DeGruз». Доставка зі складу в Києві до Дніпра складає:

Тиристорний перетворювач – 840 грн.

Електродвигуни МТКF211-6 – 1620 грн.

Редуктор ВКУ-610М – 830 грн.

Гальмівний резистор Schneider Electric VW3A7715 – 875 грн.

Демонтоване обладнання було частково реалізовано за ціною:

$$Ц_d = 31840 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{пр}} = 294801 + 2774 + 1475 + 2080 - 31840 = 269290 \text{ грн.}$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

### 5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

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

До основних експлуатаційних витрат відносяться:

- амортизаційні відрахування ( $C_a$ );
- заробітна плата обслуговуючого персоналу ( $C_з$ );
- відрахування на соціальні заходи від заробітної плати ( $C_c$ );
- Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання ( $C_T$ );
- вартість витрат на електроенергію ( $C_э$ );
- інші експлуатаційні витрати ( $C_{пр}$ ).

Таким чином, річні експлуатаційні виплати складають:

$$C = C_a + C_з + C_c + C_m + C_э + C_{пр}$$

$$C = 53858 + 5260 + 68218 = 127336 \text{ грн} \quad (5.7)$$

### 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 струму з рекуперацією.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Амортизаційна вартість основних фондів:

$$O_a = O_{\Pi} - L = 247521 - 0 = 247521 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

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

$L$  - 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.

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

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

$$H_a = \frac{O_{\Pi} - L}{O_{\Pi} \cdot T_k} \cdot 100\% = \frac{247521 - 0}{247521 \cdot 5} \cdot 100\% = 20\% \quad (5.9)$$

Таблиця 5.5 Розрахунок амортизаційних відчислень

Найменування	Капітальні витрати, грн	Норма амортизації, %	Сумма амортизації, грн.
Проектний варіант	269290	20	53858

### Розрахунок річних витрат на експлуатацію та обслуговування

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:

$$P_{т.р.} = \sum_{i=1}^n (R \cdot t \cdot m \cdot R_{\Sigma} + \frac{S \cdot \Pi}{T} \cdot T_{\phi}) \quad (5.10)$$

де R - годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн;

t - трудомісткість одного ремонту (для малого приймаємо 1,2 год / од.);

m - кількість ремонтів в рік;

$R_{\Sigma}$  - сумарна категорія складності ремонту (приймаємо 10);

S - вартість однотипних замінних елементів, грн;

$\Pi$  - кількість однотипних замінних елементів, грн;

T - середній термін служби деталей одного типу, год;

$T_{\phi}$  - число годин роботи обладнання в рік, год.

Номінальний річний фонд робочого часу електрообладнання становить:

$$T_{н} = T_{р} \cdot K_{зм} \cdot t_{зм} = 240 \cdot 1 \cdot 8 = 1920 \text{ год.} \quad (5.11)$$

де  $K_{зм}$  - кількість робочих змін;

(240 робочих днів, зміна 8:00, робота в 1 зміну)

Час на проведення ремонтних попереджувальних робіт :

$$T_{п.рем.} = 6 \cdot 8 = 48 \text{ год.} \quad (5.12)$$

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

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Загальний час обслуговування

$$T_{\text{обсл}} = 48 + 240 = 288 \text{ год.} \quad (5.13)$$

Загальний час роботи обладнання становить:

$$T_p = 1920 - 288 = 1632 \text{ год.} \quad (5.14)$$

Загальні витрати на експлуатацію і ремонт складають:

$$Z_{\text{т.р.}} = 24,59 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 10 + \frac{250 \cdot 6}{600} \cdot 1632 = 5260 \text{ грн.} \quad (5.15)$$

### 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 за формулою:

$$C_e = W_p \cdot C_e \quad (5.16)$$

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 1.04.2018 складає 1.79 грн / кВт · год.

[<http://oblenergo.cv.ua/rates-for-enterprises.php?cid=3515&page=1>]

Річний фонд робочого часу об'єкта проектування 1657 год.

Кількість спожитої електроенергії за рік об'єкта проектування:

$$W_p = P_{\text{п}} \cdot T_p = 23 \cdot 1657 = 38111 \text{ кВт} \cdot \text{час.} \quad (5.17)$$

де:  $P_{\text{п}}$  – споживана потужність з урахуванням втрат.

$$P_{\text{п}} = 2 \cdot \frac{P_{\text{drive}}}{\eta_{\text{drive}}} = 2 \cdot \frac{9}{0.79} = 23 \text{ кВт}$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

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

$$C_e = 38111 \cdot 1,79 = 68218 \text{ грн}$$

### **Висновки**

У даному розділі були визначені проектні капітальні витрати на впровадження розробленого технологічного рішення які складають 269290 грн. Річні експлуатаційні витрати складають 127336 грн.

Встановлення нового обладнання дозволило скороти витрати на електроенергію за рахунок зменшення втрат та раціонального використання електроенергії. Досягнуто це за рахунок сучасних технологій управління електродвигуном за допомогою тиристорного перетворювача.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## ВИСНОВКИ

У дипломному проекті було розраховано автоматизований електропривод, а саме: обрано відповідний вимогам двигун та перетворювач частоти.

У проекті була розрахована система автоматичного керування. На базі цих розрахунків створена модель електропривода, з якої зняті характеристики перехідних процесів.

У відповідному розділі розглянуті питання щодо охорони праці, прийняті рішення щодо усунення небезпечних факторів.

У розділі економіки шляхом розрахунків встановлена доцільність обраної техніки.

Аналізуючи все вищезазначене можна сказати, що в дипломі була доведена доцільність використання розглянутої системи автоматичного керування.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Расчеты грузоподъемных и транспортных машин. Иванченко Ф. К., Бондарев В. С., Колесник Н. П., Барабанов В. Я. 1978 г.
2. Вешевский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М.: Энергия, 1977. – 432 с.
3. Зырянова, А. Б. Расчеты механизмов кранов для лесных грузов, учебное пособие А. Б. Зырянова, Е. Г. Кучумов, Е. Н. Корепанова. Урал. гос. лесотехн. ун-т. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. - 120 с.: ил.
4. Колб А.А., Колб А.А. Теорія електроприводу: Навч. посібник. Д.: НГУ. – 2006.
5. ATV71 Руководство по установке 55-630 кВт V3
6. Техническая коллекция Schneider Electric. Выпуск № 12. Проектирование электроприводов крановых механизмов.
7. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки: навч. посібник / В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін; за ред. В.І. Голінька. Д.: Національний гірничий університет, 2011. - 235 с.
8. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з нормативної дисципліни «Теорія електропривода» для студентів напрямку 0922 “Електромеханіка” / Упорядник А. А. Колб - Днепропетровск: НГУ, 2010. – 35 с.
9. Методические указания к выполнению экономической части дипломной работы для студентов направления подготовки 6.050702 «Электромеханика» / Составители: Л.В. Тимошенко, И.В. Шереметьева – Днепропетровск: НГУ, 2015. – 15 с.
10. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины / Иванов-Смоленский А.В. В 2 т. – М.: МЭИ. – 2006. – Т.2. – 543 с

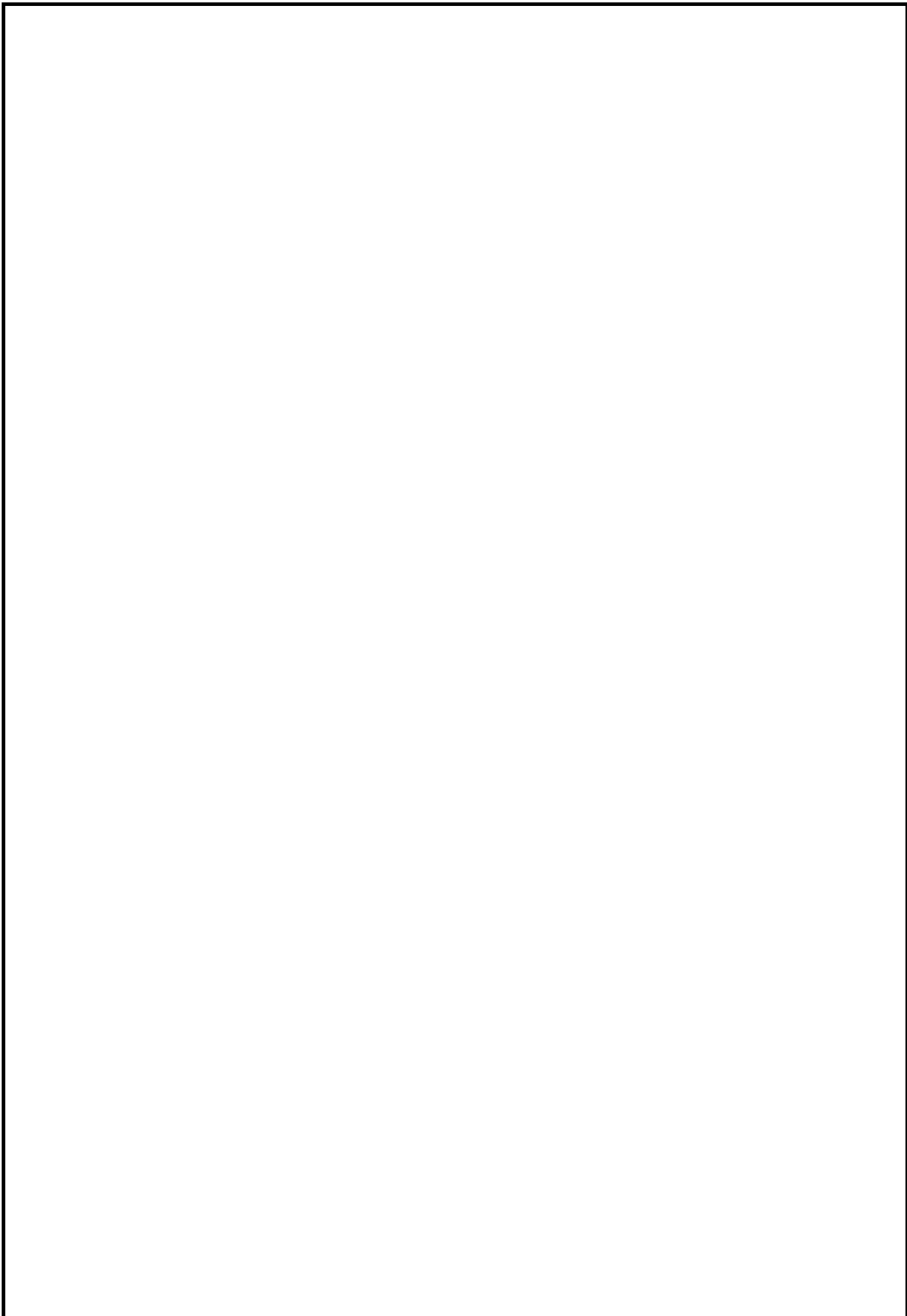
					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56



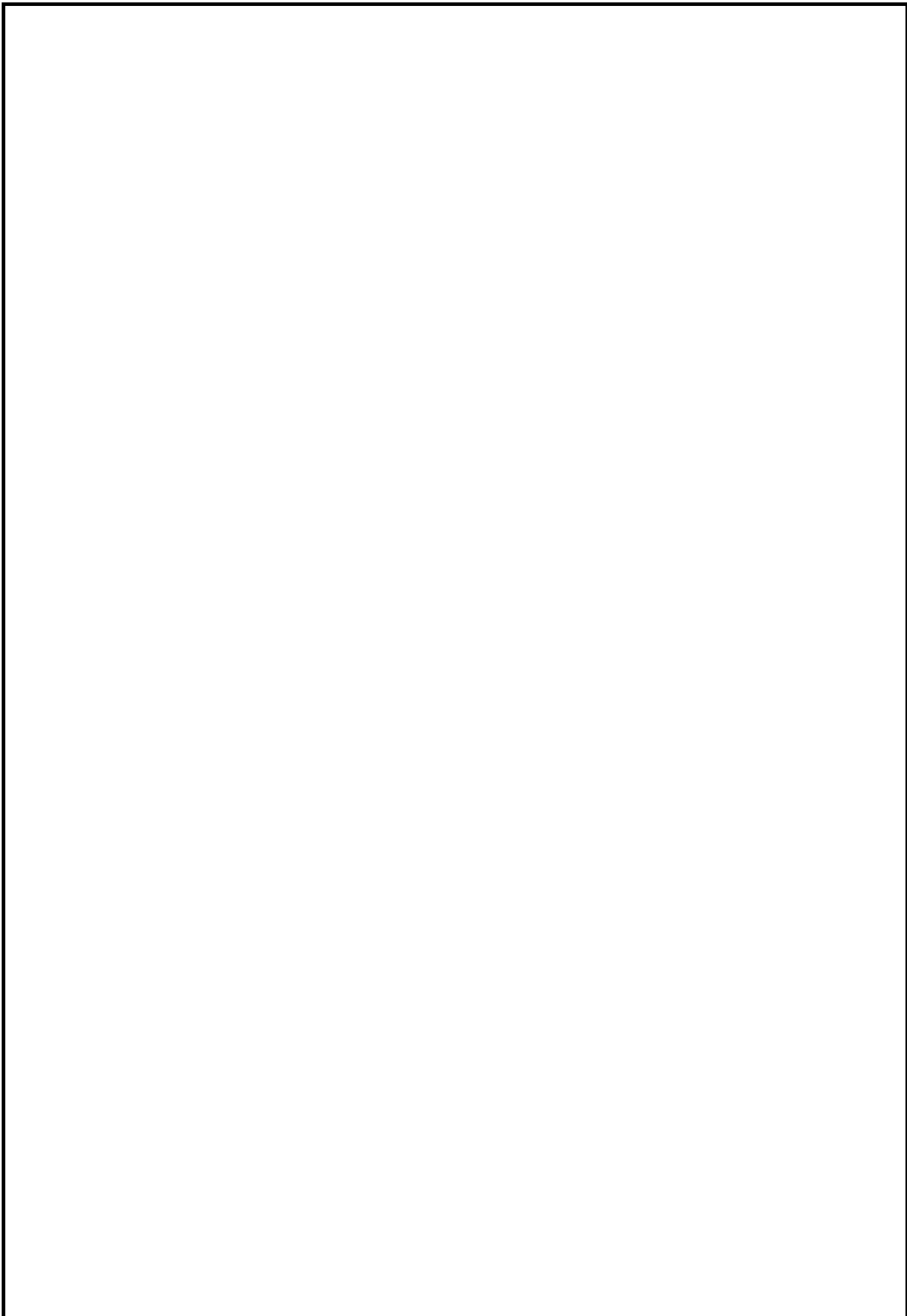
**Интернет посилання:**

1. <http://www.altivar.com.ua/altivar-71.html>
2. <http://www.vmtelnix.ru/catalog/kran-kozlovoy-kkt/10-12-tonn/>
3. <http://mirznani.com/a/220594-4/proektirovanie-kozlovogo-krana-4>
4. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B7%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9\\_%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%BD](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B7%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%BD)
5. [http://budmash.if.ua/production/production\\_01](http://budmash.if.ua/production/production_01)

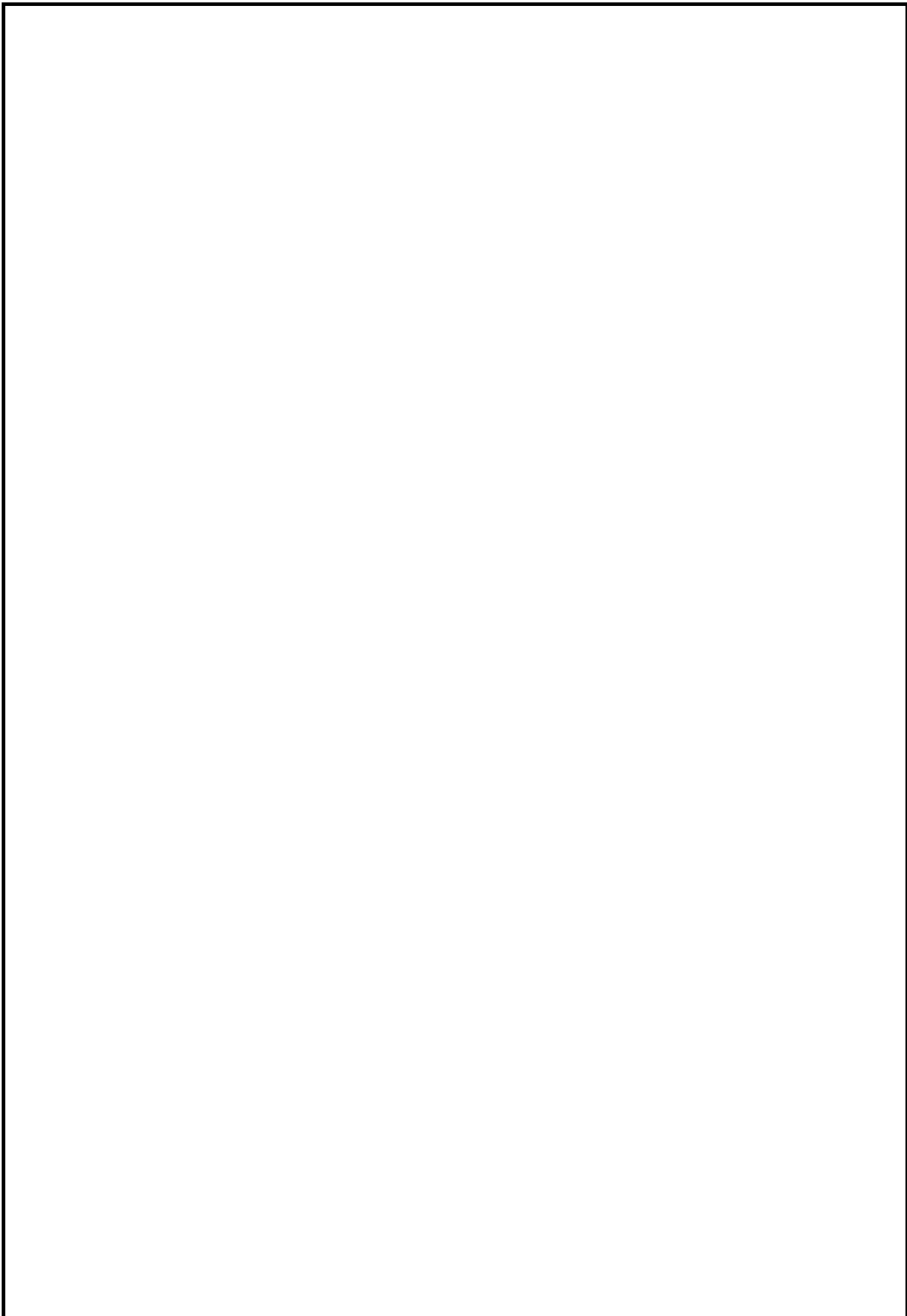
					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57



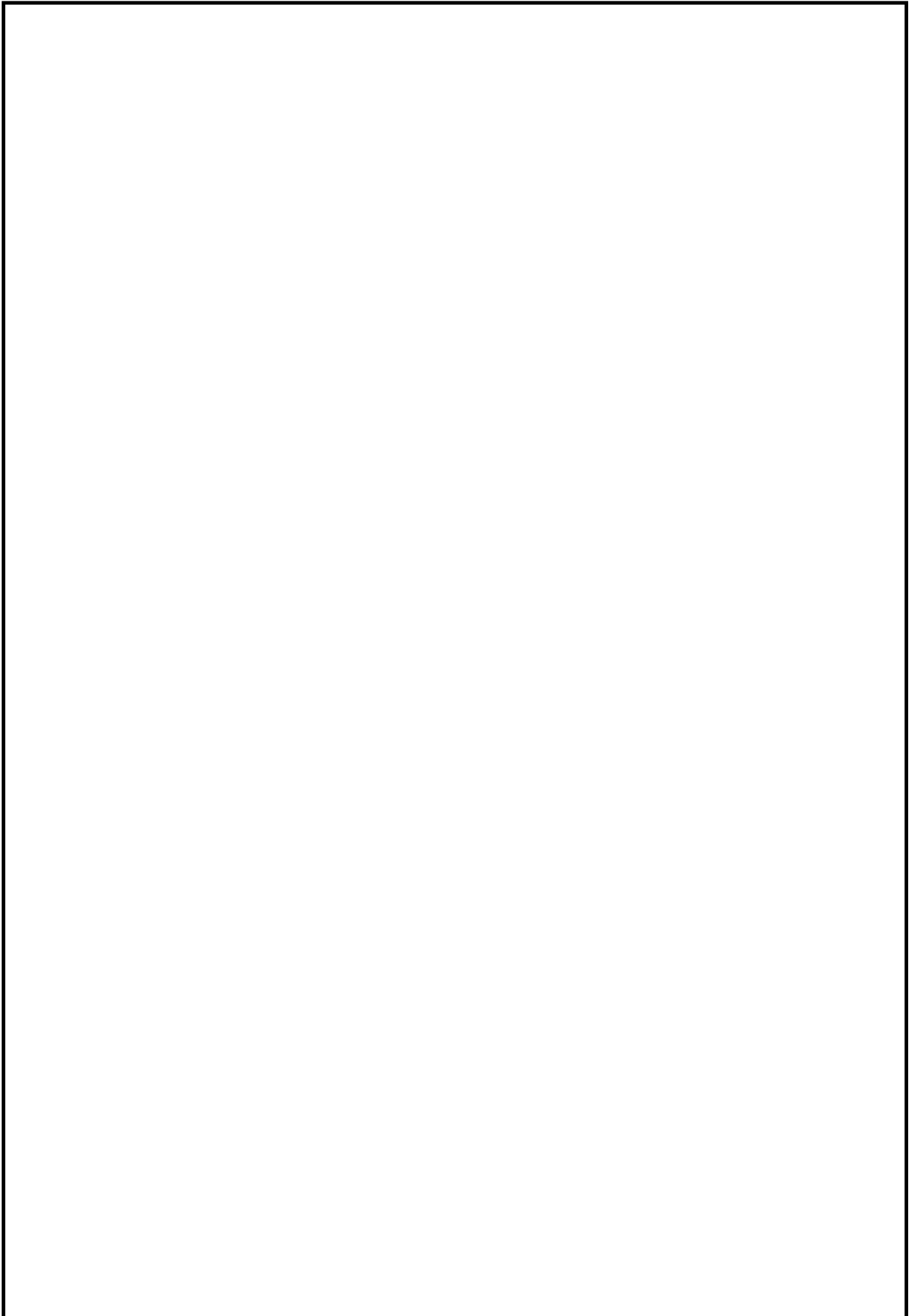
					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58



					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59



					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60



					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61