

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Чепіжний А. В.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція системи електрифікації цеху обробки метану в умовах ТОВ «Завод Кобзаренка», смт Липова Долина, Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування електромеханічною гільйотиною».

Виконав:

_____ (підпис)

Бесага Т.О.
(Прізвище, ініціали)

Група:

ЕТЕС 2301ст.-2рн

(Науковий) керівник:

_____ (підпис)

Чепіжний А.В.
(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність **141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

енергетики та електротехнічних систем

_____ **Чепіжний А.В.**

«__» _____ 202__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Бесага Тарас Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Реконструкція системи електрифікації цеху обробки метану в умовах ТОВ «Завод Кобзаренка», смт Липова Долина, Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування електромеханічною гільйотиною,

керівник роботи: Чепіжний Андрій Володимирович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «24» вересня 2024 року № 3257/ос.

2. Строк подання здобувачем роботи: «15» травня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: нормативні документи, технічні паспорти та технічна характеристика обладнання.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1 Аналіз господарської діяльності цеху обробки метану. 2 Технологічна частина. 3 Розрахунок та вибір силового електрообладнання цеху обробки метану. 4 Розрахунок та вибір освітлення цеху обробки метану. 5 Розробка автоматизованої системи керування електромеханічною гільйотиною. 6 Охорона праці. 7 Економічне обґрунтування. Висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Цех обробки метану. Силове обладнання. Цех обробки метану. Установка освітлювальна. Електромеханічна гільйотина. Схема електрична принципова Електромеханічна гільйотина. Схема електрична з'єднань. Техніко-економічні показники. Таблиця

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Семерня О.В., ст. викладач		
Економічне обґрунтування	Шашков С.В., к.е.н., ст. викладач		
Нормоконтроль	Чепіжний А.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання: «04» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Збір інформації про діяльність господарстві	6.09.2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики та	до 13.09.2024 р.	
3.	Складання плану роботи	до 27.09.2024 р.	
4.	Написання вступу	до 04.10.2024 р.	
5.	Підготовка розділу «Розділ 1. Аналіз господарської діяльності цеху»	до 18.10.2024 р.	
6.	Підготовка розділу «Розділ 2. Технологічна частина»	до 01.11.2024 р.	
7.	Підготовка розділу «Розділ 3. Розробка та вибір силового електрообладнання цеху»	до 15.11.2024 р.	
8.	Підготовка розділу «Розділ 4. Розрахунок та вибір освітлення цеху»	до 20.12.2024 р.	
9.	Підготовка розділу «Розділ 5. Розробка автоматизованої системи керування електромеханічною гільйотиною»	до 24.01.2025 р.	
10.	Підготовка розділу «Розділ 6. Охорона праці»	до 21.02.2025 р.	
11.	Підготовка розділу 7. Економічне обґрунтування»	до 14.03.2025 р.	
12.	Написання висновків та пропозицій	до 25.04.2025 р.	
13.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 15.05.2025 р.	
14.	Подання роботи на рецензування	до 23.05.2025 р.	
15.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2025 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Бесага Т.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Чепіжний А.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бесага Т.О. Реконструкція системи електрифікації цеху обробки метану в умовах ТОВ «Завод Кобзаренка», смт Липова Долина, Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування електромеханічною гільйотиною. Суми : СНАУ, 2025 р.

Кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Кваліфікаційна робота присвячена реконструкції системи електрифікації цеху обробки метану ТОВ «Завод Кобзаренка» в смт. Липова Долина, Сумської області, з розробкою автоматизованої системи керування електромеханічною гільйотиною.

У роботі проведено аналіз виробничої діяльності цеху, досліджено енергоспоживання та особливості технологічного процесу обробки метану. Здійснено вибір та розрахунок силового електрообладнання і системи освітлення, що відповідають технічним вимогам і нормативам.

Розроблена автоматизована система керування електромеханічною гільйотиною забезпечує підвищення безпеки, надійності та ефективності роботи обладнання.

Враховано вимоги охорони праці та проведено економічне обґрунтування проекту. Запропоновані заходи сприятимуть модернізації цеху, зниженню витрат та підвищенню продуктивності виробництва.

Ключові слова: реконструкція системи електрифікації, цех обробки метану, автоматизована система керування, електромеханічна гільйотина, електрообладнання, освітлення цеху, енергоспоживання, охорона праці, економічне обґрунтування.

SUMMARY

Besaga T.O. Reconstruction of the electrification system of the methane processing shop in the conditions of LLC «Kobzarenko Plant», the town of Lypova Dolyna, Sumy region with the development of an automated control system for an electromechanical guillotine. Sumy: SNAU, 2025.

Qualification work in the specialty 141 «Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics», educational and professional program «Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics».

The qualification work is devoted to the reconstruction of the electrification system of the methane processing shop of LLC «Kobzarenko Plant» in the town of Lypova Dolyna, Sumy region, with the development of an automated control system for an electromechanical guillotine.

The work analyzes the production activity of the shop, investigates energy consumption and features of the technological process of methane processing. The selection and calculation of power electrical equipment and lighting systems that meet technical requirements and standards are carried out.

The developed automated control system for the electromechanical guillotine ensures increased safety, reliability and efficiency of the equipment.

Occupational safety requirements were taken into account and the economic justification of the project was carried out. The proposed measures will contribute to the modernization of the workshop, reducing costs and increasing production productivity.

Keywords: reconstruction of the electrification system, methane processing workshop, automated control system, electromechanical guillotine, electrical equipment, workshop lighting, energy consumption, occupational safety, economic justification.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЦЕХУ ОБРОБКИ МЕТАНУ.....	9
1.1 Загальна інформація про ТОВ «Завод Кобзаренка».....	9
1.2 Аналіз виробничої діяльності цеху обробки метану.....	10
1.3 Аналіз електроспоживання та основних енергетичних споживачів цеху.....	12
1.4 Висновки до розділу.....	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	15
2.1 Характеристика технологічного процесу обробки метану.....	15
2.2 Паспортні дані технологічного обладнання.....	17
2.3 Технологічні вимоги до електропостачання та електроприводу.....	18
3 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ОБРОБКИ МЕТАНУ.....	20
3.1 Вибір електросилових апаратів для технологічного обладнання.....	20
3.2 Вибір електродвигунів та їх характеристики.....	21
3.3 Перевірочні розрахунки потужності електроприводів.....	22
4 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОСВІТЛЕННЯ ЦЕХУ ОБРОБКИ МЕТАНУ.....	26
4.1 Вимоги до штучного освітлення цеху.....	26
4.2 Вибір системи освітлення.....	27
4.3 Вибір типу освітлення.....	27
4.4 Вибір нормованої освітленості цеху.....	28
4.5 Вибір світильників.....	28
4.6 Розрахунок системи освітлення цеху.....	29
4.7 Вибір провідників системи освітлення.....	33
5 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЮ ГІЛЬЙОТИНОЮ.....	38
5.1. Опис кінематичної схеми електромеханічної гільйотини.....	38
5.2 Розробка принципової електричної схеми.....	39
5.3 Опис режимів роботи принципової електричної схеми.....	40

5.4 Вибір кабелю для живлення гільйотини.....	42
5.5 Вибір автоматичного вимикача.....	43
5.6 Вибір контактора.....	43
5.7 Вибір електротеплового реле.....	44
5.8 Розробка схеми з'єднань.....	44
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	46
7 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	50
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	54

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку промисловості важливого значення набуває ефективне використання енергетичних ресурсів, модернізація електрифікаційних систем та впровадження автоматизованих систем керування технологічним обладнанням.

ТОВ «Завод Кобзаренка», розташований у смт Липова Долина Сумської області, є одним з провідних підприємств регіону з виробництва й обслуговування енергетичного та сільськогосподарського обладнання. З огляду на зростаючі вимоги до енергетичної ефективності та автоматизації виробництва, постає необхідність у реконструкції системи електрифікації цеху обробки метану. У межах цього процесу також передбачається розробка й впровадження автоматизованої системи керування електромеханічною гільйотиною, що дозволить підвищити точність, безпеку та продуктивність технологічних операцій.

Реконструкція електрифікаційної системи передбачає не лише заміну застарілого обладнання, а й оптимізацію енергоспоживання, покращення параметрів електробезпеки та впровадження інтелектуальних засобів керування. Автоматизована система керування гільйотиною, у свою чергу, дозволить забезпечити стабільну роботу механізму з можливістю дистанційного контролю та діагностики, що особливо важливо в умовах сучасного виробництва.

Метою кваліфікаційної роботи є технічне обґрунтування та розробка комплексу заходів щодо модернізації електропостачання зазначеного цеху та створення ефективної системи автоматизованого керування електромеханічною гільйотиною. У процесі реалізації проєкту планується розв'язати низку інженерно-технічних задач, що охоплюють аналіз існуючого стану, проєктування нових рішень, вибір сучасного обладнання, розрахунки з енергоефективності та техніко-економічне обґрунтування запропонованих змін.

1 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЦЕХУ ОБРОБКИ МЕТАНУ

1.1 Загальна інформація про ТОВ «Завод Кобзаренка»

ТОВ «Завод Кобзаренка» – українське підприємство з глибокими виробничими традиціями та динамічним розвитком, розташоване в смт. Липова Долина Сумської області [1]. Історія заводу розпочалася у 1993 році, коли агроном Анатолій Дмитрович Кобзаренко започаткував виготовлення садових візків у власному гаражі. Завдяки наполегливій праці, інженерній майстерності та стратегічному підходу до розвитку, ця ініціатива з часом переросла у потужне машинобудівне підприємство.



Рисунок 1.1 – Основна виробнича база в смт. Липова Долина

На сьогодні ТОВ «Завод Кобзаренка» є провідним вітчизняним виробником причіпної сільськогосподарської техніки, продукція якого затребувана як в Україні, так і за її межами. Завод спеціалізується на проектуванні та серійному випуску широкого спектру машин для аграрного сектору, зокрема:

- понад 20 моделей тракторних причепів різного призначення;
- 4 типи зерновозів та щеповозів з алюмінієвими кузовами;
- 9 варіантів перевантажувальних бункерів;
- понад 20 моделей цистерн для води, рідких добрив та ЗЗР;

- більше 20 видів шнекових механізмів;
- техніка для завантаження й розвантаження вагонів;
- спеціалізовані платформи для транспортування тюків;
- пакувальні комплекси для зернових культур;
- розкидачі мінеральних добрив;
- широкий асортимент навісного обладнання – відвалів, ковшів тощо.

Упродовж 2024 року підприємство реалізувало понад 1850 одиниць техніки великогабаритного типу, що свідчить про стабільно високий попит на його продукцію.

Крім власного виробництва, завод виступає офіційним представником низки відомих європейських брендів на ринку України, зокрема:

- Olimac Drago (Італія) – жнивarki;
- McHale (Ірландія) – прес-підбирачі;
- Eschlböck Viber (Австрія) – подрібнювачі деревини.

На 1 квітня 2025 року на підприємстві працює 815 осіб, більшість із яких – це кваліфіковані спеціалісти з багаторічним досвідом у галузі машинобудування. З них 153 працівники проходять службу в Збройних силах України, однак їхні робочі місця збережено відповідно до чинного законодавства. Середній рівень заробітної плати на заводі перевищує 17 500 гривень, що є конкурентним показником серед підприємств регіону.

Для забезпечення комфортних умов праці та належної логістики персоналу організовано регулярне перевезення працівників із сусідніх населених пунктів до виробничих потужностей заводу. Такий підхід сприяє зміцненню трудового колективу та формуванню соціально відповідального іміджу підприємства.

1.2 Аналіз виробничої діяльності цеху обробки метану

Цех обробки метану на території ТОВ «Завод Кобзаренка» виконує важливу функцію в ланцюгу технологічних процесів підприємства, пов'язаних із використанням природного газу як сировини та енергоресурсу. Основним

завданням цеху є приймання, очищення, осушення, регулювання тиску, а також підготовка метану до подальшого використання у виробничих процесах або його транспортування.

Метан, як один з основних компонентів природного газу, потребує ретельної обробки для забезпечення відповідності його параметрів технічним та безпековим вимогам. У цеху організовано систему технологічного контролю, яка охоплює:

- механічну та хімічну очистку газу від домішок;
- контроль вологості та температури газу;
- регулювання тиску та витрати;
- моніторинг наявності шкідливих сполук.

Устаткування, що експлуатується в цеху, включає компресорні установки, фільтри, осушувачі, запірно-регулювальну арматуру, системи автоматизованого контролю та сигналізації. Частина обладнання морально та фізично застаріла, що знижує енергоефективність та підвищує ризики виникнення аварійних ситуацій. У зв'язку з цим на підприємстві виникла необхідність модернізації електротехнічної інфраструктури цеху, зокрема реконструкції системи електрифікації, яка забезпечує живлення технологічного обладнання.

Важливо зазначити, що одним із ключових напрямів удосконалення діяльності цеху є впровадження автоматизованих систем керування технологічними процесами. Особливої уваги заслуговує система керування електромеханічною гільйотиною – пристроєм, який застосовується для механічного розділення металевих або пластикових елементів у процесі виробництва або підготовки технічного обладнання до експлуатації. На сьогодні цей механізм працює в напівавтоматичному режимі, що не дозволяє повною мірою забезпечити необхідну точність і продуктивність.

Таким чином, проведений аналіз виробничої діяльності цеху обробки метану дозволяє зробити висновок про доцільність і своєчасність реконструкції його електрифікаційної системи, а також розробки сучасної автоматизованої

системи керування технологічним обладнанням. Зокрема, впровадження інтелектуальної системи керування електромеханічною гільйотиною дозволить не лише покращити технічні характеристики процесу різання, але й забезпечити підвищення загального рівня безпеки та енергоефективності.

1.3 Аналіз електроспоживання та основних енергетичних споживачів цеху

Цех обробки метану на території ТОВ «Завод Кобзаренка» є одним із найбільш енергоємних структурних підрозділів підприємства. Його стабільна робота забезпечується від трансформаторної підстанції потужністю 2×400 кВА, яка під'єднана до загальнозаводської мережі напругою 10/0,4 кВ. Основними споживачами електроенергії є компресорна станція, системи очищення та осушення газу, вибухозахищена вентиляція, контрольно-вимірювальні прилади, а також електромеханічне обладнання, зокрема гільйотина.

Компресорна станція укомплектована сучасними гвинтовими компресорами Atlas Copco GA75 потужністю 75 кВт з частотними перетворювачами. Ці агрегати працюють у циклічному або безперервному режимі залежно від технологічного навантаження. Осушування газу здійснюється за допомогою установки Donaldson RAS 1600, а попередня фільтрація виконується через систему Domnick Hunter OIL-X EV. Система вентиляції та аспірації використовує вибухозахищені радіальні вентилятори ВР 280-46 №6,3, кожен з яких має електродвигун на 5,5 кВт. Гільйотина марки НЗ124 обладнана асинхронним електродвигуном 4АО112М4 потужністю 3 кВт, який працює через кнопковий пост керування з контакторною апаратурою.

Освітлення в цеху реалізоване на базі світильників ЖСП-02-250 з лампами високого тиску (типу ДНаТ, потужністю 250 Вт). Загальна встановлена потужність системи освітлення перевищує 12 кВт. Частина світильників застаріла і не дозволяє гнучко регулювати освітлення відповідно до зон і часу доби.

Електропостачання обладнання здійснюється через кабельні лінії, переважно змонтовані понад 15 років тому. Основна частина силових мереж виконана алюмінієвим кабелем типу АВВГ 4×35, що вже має ознаки зношування – зокрема, тріщини та потертості на зовнішній оболонці. Лінії освітлення прокладено проводом АПВ 2,5 мм² без належного захисту від механічних пошкоджень. Розподільчі щити типу ЩО-90 не забезпечують сучасного рівня пожежо- та електробезпеки, мають слабку вентиляцію та не відповідають вимогам щодо наявності шин заземлення нового стандарту.

Пускозахисна апаратура, встановлена в цеху, також значною мірою застаріла. У живильних ланцюгах і досі використовуються контактори типу ПМЕ-211, КМЕ-2250 і ПАЕ-311, що не мають вбудованого теплового захисту і характеризуються значним зношенням контактної групи. У щитах живлення збереглися автоматичні вимикачі серії АП-50Б радянського виробництва, які не забезпечують миттєвого вимкнення при коротких замиканнях. На окремих ділянках застосовуються плавкі вставки типу ППН-33, що ускладнюють оперативне відновлення роботи після аварії.

На сьогодні середньомісячне електроспоживання цеху становить близько 185 тис. кВт·год. Найбільші навантаження припадають на денні зміни, коли основне технологічне обладнання працює на повну потужність. Крім того, низький коефіцієнт потужності (в середньому близько 0,78) свідчить про нераціональне використання енергії. Втрата енергії посилюється через значний опір окислених контактів на з'єднаннях алюмінієвих кабелів. У цеху відсутні прилади автоматичного енергообліку та моніторингу навантажень – дані знімаються вручну з аналогових приладів, що ускладнює аналіз та планування витрат.

Проведений аналіз дозволяє дійти висновку, що система електропостачання цеху обробки метану потребує повної модернізації. Заміна зношених алюмінієвих кабелів на мідні негорючі марки типу ВВГнг-LS, модернізація щитового обладнання, встановлення автоматичних вимикачів сучасного зразка (Schneider Electric, ABB, Eaton), а також інтеграція засобів

дистанційного моніторингу дозволять забезпечити стабільну, безпечну та енергоефективну експлуатацію електрообладнання.

1.4 Висновки до розділу

У результаті аналізу господарської діяльності та технічного стану цеху обробки метану ТОВ «Завод Кобзаренка» встановлено, що наявна система електропостачання та енергоспоживання не відповідає сучасним вимогам щодо надійності, енергоефективності та безпеки. Значна частина електромереж, апаратури та обладнання фізично і морально застаріла. Використання алюмінієвих кабелів із пошкодженою ізоляцією, контакторів і автоматичних вимикачів радянського зразка, а також відсутність автоматизованого обліку споживання електроенергії створюють ризики виникнення аварійних ситуацій і знижують ефективність роботи цеху.

Основні технологічні споживачі – компресорне, осушувальне, вентиляційне обладнання та гільютина – працюють у режимі частих пусків і зупинок, що особливо критично при наявності застарілих пускозахисних пристроїв. Енергетичні втрати внаслідок низького коефіцієнта потужності, недостатнього контролю навантажень і ручного режиму зняття показників лише посилюють потребу в комплексній модернізації електричної системи цеху.

З метою підвищення надійності, безпеки та енергоефективності електроспоживання цеху обробки метану у дипломному проекті буде виконано:

- технологічну частину, де буде обґрунтовано доцільність модернізації обладнання, з урахуванням енергоспоживання, навантажень і режимів роботи;
- розрахунок і вибір силового електрообладнання, включаючи сучасні автоматичні вимикачі, пуско-регулюючу апаратуру, кабельні лінії та розподільчі пристрої;
- розрахунок та проектування системи освітлення цеху, із застосуванням енергоефективних світильників та створенням зонального освітлення із можливістю керування;

- розробку автоматизованої системи керування електромеханічною гільйотиною, складання схеми з'єднань шафи керування;

- комплекс заходів з охорони праці, з урахуванням вибухонебезпечного середовища та електробезпеки при роботі з високовольтним і низьковольтним обладнанням;

- економічне обґрунтування проєкту, де буде доведено ефективність реконструкції на основі зниження витрат на електроенергію, скорочення простоїв обладнання та підвищення продуктивності праці.

Запропоновані заходи дадуть змогу забезпечити стабільну роботу цеху, зменшити втрати електроенергії, підвищити рівень автоматизації та безпеки, а також адаптувати виробництво до вимог сучасного технологічного середовища.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика технологічного процесу обробки метану

Цех обробки метану на ТОВ «Завод Кобзаренка» виконує функції з приймання, очищення, осушення, компримування та підготовки метану до використання як енергоносія або сировини для технологічних потреб. З огляду на потенційну вибухонебезпеку природного газу, всі етапи процесу відбуваються у суворій відповідності до норм ДСТУ, правил вибухозахищеності та вимог до електробезпеки.

Технологічний цикл (рис. 2.1.) починається з надходження метану через вхідну магістраль, де встановлені фільтри грубої очистки. Далі газ надходить у вузол осушення, в якому використовується адсорбційна установка з фільтраційно-осушувальним модулем Donaldson RAS 1600. Осушений газ потім подається до компресорної станції, де встановлені два гвинтові компресори Atlas Copco GA75 потужністю по 75 кВт, які працюють у змінному або паралельному режимі залежно від навантаження.

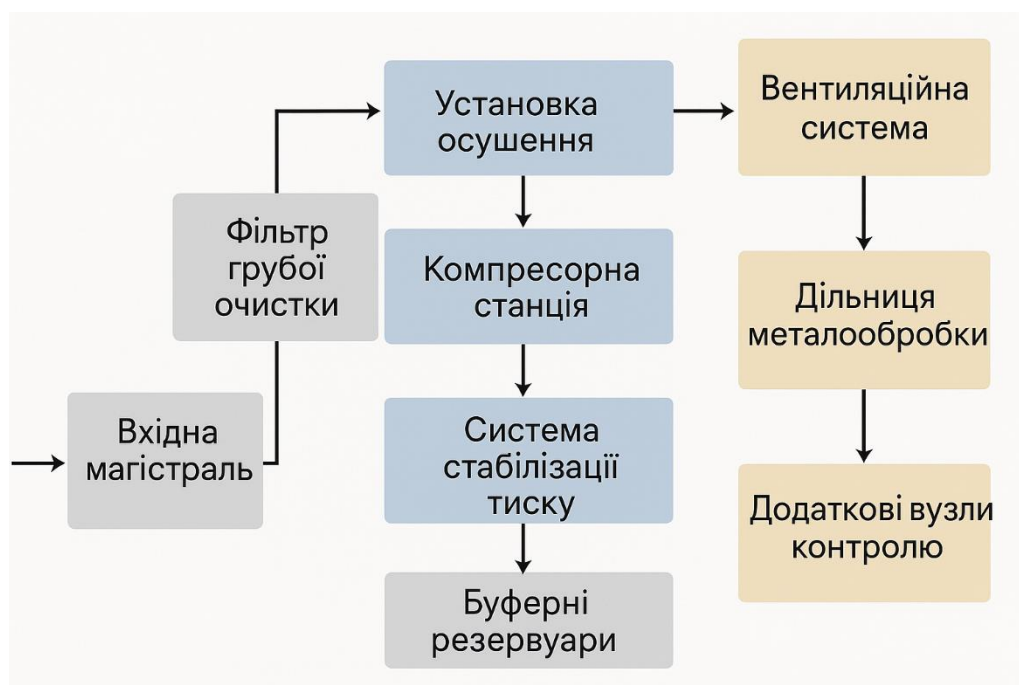


Рисунок 2.1 – Технологічний цикл обробки метану

Наступним етапом є стабілізація тиску та подача метану у буферні резервуари, з яких він направляється на потреби технологічних ліній або зберігається для подальшого транспортування. У разі необхідності, газ може бути спрямований на додаткову очистку або на факельну установку для згоряння надлишків.

Забезпечення безпеки технологічного процесу реалізується через систему вибухозахищеної вентиляції на базі вентиляторів ВР 280-46 з двигунами 5,5 кВт та контрольно-вимірювальні прилади, інтегровані у систему моніторингу параметрів тиску, температури та вологості. Дані параметри безперервно передаються на пульт оператора.

Окрему роль у технологічному процесі відіграє дільниця металообробки, де проводиться розкрій і підготовка сталевих елементів конструкцій, що працюють під тиском. Для цього використовується електромеханічна гільйотина типу Н3121 з потужністю електродвигуна 7,5 кВт, яку планується оснастити сучасною автоматизованою системою керування.

Вся технологічна система вимагає високого ступеня надійності електропостачання та безперебійного функціонування критичних механізмів. Втрата живлення або нестабільна напруга можуть призвести не лише до аварійної зупинки компресорів, але й до витoku метану, що становить серйозну загрозу для персоналу та обладнання. Тому в межах проєкту передбачається повна реконструкція електропостачання з оновленням силового та керуючого електрообладнання, а також розробка системи автоматизації для окремих технологічних вузлів.

2.2 Паспортні дані технологічного обладнання

До основного технологічного обладнання цеху обробки метану відноситься:

- фільтр грубої очистки газу Domnick Hunter OIL-X EV;
- адсорбційна установка осушення Donaldson RAS 1600;
- компресорна станція Atlas Copco GA75;

- система стабілізації тиску та буферні резервуари;
- вентиляційна система з вентиляторами ВР 280-46;
- електромеханічна гільйотина — модель НА(НК)3214.

Паспортні дані технологічних машин наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Паспортні дані технологічних цеху обробки метану

Найменування обладнання	Модель	Потужність, кВт	Опис/ Призначення
Фільтр грубої очистки газу	Domnick Hunter OIL-X EV	-	Видалення механічних домішок на вході
Адсорбційна установка осушення	Donaldson RAS 1600	-	Осушення метану, видалення вологи
Гвинтовий компресор	Atlas Copco GA75	75	Підвищення тиску газу, компримування
Система стабілізації тиску	-	-	Підтримка робочого тиску, буферні резервуари
Вентилятор	ВР 280-46	5,5	Вентиляція цеху, забезпечення циркуляції повітря
Електромеханічна гільйотина	НА(НК)3214	3,0	Різання металевих конструкцій

2.3 Технологічні вимоги до електропостачання та електроприводу

Технологічні процеси, що реалізуються у цеху обробки метану, потребують стабільного та надійного електропостачання, яке має відповідати ряду основних вимог, продиктованих умовами безперервного виробництва, наявністю вибухонебезпечного середовища та високою відповідальністю технологічного обладнання.

Насамперед, система електропостачання повинна забезпечувати безперебійну роботу всіх основних споживачів, включаючи компресорні установки, системи вентиляції, обладнання для осушення газу, а також механізми обслуговування, зокрема електромеханічну гільйотину, підйомні та транспортні засоби. Особливо важливо виключити коливання напруги та короткочасні знеструмлення, які можуть спричинити аварійне вимкнення обладнання та порушення технологічного процесу.

У зв'язку з цим, електропостачання повинно бути реалізоване через надійні силові лінії з відповідним перерізом провідників та якісним захисним обладнанням, що забезпечує захист від коротких замикань, перевантажень і витоків струму. Розподільчі щити мають відповідати чинним нормам електробезпеки, бути укомплектованими автоматичними вимикачами, а апаратура управління – із чітко вираженими зонами відповідальності.

До електроприводів пред'являються вимоги щодо відповідності потужності приводу робочому навантаженню, забезпечення механічної міцності, стійкості до циклічних вмикань/вимикань, а також достатнього ресурсу роботи. Усі електродвигуни повинні бути заземлені відповідно до правил безпеки та працювати в допустимому температурному режимі. В окремих зонах допускається лише використання обладнання у вибухозахищеному виконанні, відповідно до класифікації приміщення.

Також обов'язковою є організація правильного обліку електроенергії та її розподілу між технологічними групами навантаження для подальшого контролю витрат і аналізу ефективності роботи обладнання. На пульті управління цехом мають бути виведені засоби індикації, контролю та аварійного відключення у разі виникнення позаштатної ситуації.

Таким чином, технологічні вимоги до електропостачання цеху обробки метану зводяться до забезпечення високого рівня надійності, безпеки, захищеності від аварійних режимів, а також відповідності усіх елементів електричної мережі чинним нормативним документам, стандартам і правилам у галузі електроенергетики.

3 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ОБРОБКИ МЕТАНУ

3.1 Вибір електросилових апаратів для технологічного обладнання

Силове електрообладнання цеху обробки метану повинно відповідати конкретним технічним параметрам, що забезпечують його надійну та безпечну роботу в умовах промислового виробництва з використанням вибухонебезпечних середовищ. Основними характеристиками є номінальна напруга, яка в даному випадку становить 380 В змінного струму, трифазна, з частотою 50 Гц, що відповідає стандартам електропостачання в Україні. Допустимі робочі струми обладнання мають бути розраховані з урахуванням максимально можливих навантажень у цеху, щоб забезпечити стабільну роботу електричних двигунів та інших споживачів електроенергії.

Важливою вимогою є ступінь захисту корпусів електрообладнання від проникнення пилу та вологи, який повинен відповідати не нижче рівня IP54, що гарантує надійний захист від пилу і бризок води. У разі встановлення обладнання у приміщеннях з підвищеною вологістю або прямою дією атмосферних опадів необхідно застосовувати апаратуру з вищими ступенями захисту – IP65 та вище.

Оскільки цех обробки метану відноситься до вибухонебезпечних зон, все силове обладнання повинно мати сертифікати відповідності вимогам вибухозахищеності. Це означає, що електроприлади та розподільні щити мають бути виконані у вибухозахищеному виконанні за відповідними типами захисту (наприклад, «d» – вибухобезпечне виконання корпусу, «e» – підвищена безпека, або «р» – тиск захисту). Вибір конкретного виду вибухозахисту залежить від категорії приміщення та класу вибухонебезпечної зони, які визначаються згідно з нормативними документами.

Окрім цього, силове обладнання має бути здатним працювати в діапазоні температур від мінус 20 °С до плюс 40 °С, враховуючи кліматичні умови Сумської області. Вимоги до електромагнітної сумісності (ЕМС) забезпечують

захист від зовнішніх і внутрішніх електромагнітних завад, що може впливати на роботу систем автоматизації.

Усі перераховані параметри є ключовими для забезпечення безперебійної та безпечної експлуатації силового електрообладнання в умовах реконструкції цеху обробки метану, а також для інтеграції з автоматизованою системою керування електромеханічною гільйотиною.

3.2 Вибір електродвигунів та їх характеристики

Для забезпечення ефективної роботи технологічного обладнання цеху обробки метану важливим етапом є правильний вибір електродвигунів, які забезпечують необхідну потужність та надійність роботи кожного агрегату. Аналіз паспортних даних основного обладнання, що експлуатується у цеху, наведено в таблиці 2.1.

Зокрема, гвинтовий компресор Atlas Copco GA75, який виконує функцію підвищення тиску газу, оснащується електродвигуном потужністю 75 кВт. Вибір двигуна для цього обладнання базується на вимогах до високої продуктивності та стабільності роботи при тривалому навантаженні. Для компресора доцільно використовувати асинхронний електродвигун із короткозамкненим ротором, який забезпечує достатній пусковий момент і високу надійність при експлуатації.

Вентилятор ВР 280-46, призначений для вентиляції цеху та забезпечення циркуляції повітря, оснащується двигуном потужністю 5,5 кВт. В даному випадку вибирається електродвигун із ступенем захисту не нижче IP54, що дозволяє експлуатувати його в умовах підвищеної вологості та пилу.

Для керування роботою електромеханічної гільйотини НА(НК)3214, що використовується для різання металевих конструкцій, застосовується електродвигун потужністю 3,0 кВт. Також важливим є вибір двигуна із вибухозахищеним виконанням через специфіку виробничого середовища [2-5].

Таблиця 3.1. – Вибір електродвигунів та їх характеристики

№ з/п	Тип машини	P, кВт	Тип ЕД	Марка ЕД	U, В	f, Гц	IP	Клас ізоляції	Особливості та призначення
1	Гвинтовий компресор Atlas Copco GA75	75	Асинхронний, короткозамкнений ротор	Siemens 1LE1504-2DB0 IE4	380	50	IP54	F	Висока потужність, тривала робота, надійність
2	Вентилятор ВР 280-46	5,5	Асинхронний, короткозамкнений ротор	Siemens 1LE1002-1CC32-2AA4-Z D22	380	50	IP54	F	Вентиляція, захист від пилу і вологи
3	Електромеханічна гільйотина НА(НК)3214	3,0	Асинхронний / вибухозахищений двигун	Siemens 1LA7106-2AA10 (вибухозахищений)	380	50	IP65	F	Автоматизоване керування, вибухозахищене виконання

3.3 Перевірочні розрахунки потужності електроприводів

Перевірочний розрахунок потужності електроприводу виконаємо для електромеханічної гільйотини.

Для забезпечення ефективної та надійної роботи електромеханічної гільйотини необхідно виконати перевірочний розрахунок потужності її електроприводу. Розрахунок виконується з урахуванням основних механічних характеристик навантаження – сили різання, ходу ножа, частоти різання тощо.

У конструкції електромеханічної гільйотини НА(НК)3214 застосовуються пневматичні ножиці, що приводяться в дію через механічну передачу з редуктором та маховиком. Наявність маховика дозволяє накопичувати енергію протягом усього циклу між різаними, що суттєво знижує необхідну встановлену потужність електродвигуна.

Зусилля різання визначається за формулою [3]:

$$F = k \cdot s \cdot b, \quad (3.1)$$

де F – зусилля різання, Н;

k – питома зусилля різання, Н/мм² (для сталі приймаємо $k = 450 \text{ Н} / \text{мм}^2$);

s – товщина листа, мм (приймаємо 2,5 мм);

b – довжина різку, мм (приймаємо 1600 мм).

$$F = 450 \cdot 2,5 \cdot 1600 = 1800 \text{ кН.}$$

Розраховуємо роботу на один різ:

$$A = F \cdot L, \quad (3.2)$$

де L – хід ножа, м (приймаємо 0,1 м).

$$A = 1800 \cdot 0,1 = 180 \text{ кДж.}$$

Середня потужність електродвигуна за час циклу (10 с), з урахуванням коефіцієнта накопичення енергії маховиком [3, 7]:

$$P_{розр} = \frac{A}{K_m \cdot t_{цикл} \cdot \eta}, \quad (3.3)$$

де K_m – коефіцієнт накопичення енергії в маховику, (приймаємо 8);

$t_{цикл}$ – тривалість циклу, с (приймаємо 10 с);

η – ККД апарату.

$$P_{розр} = \frac{180}{8 \cdot 10 \cdot 0,85} = 2,65 \text{ кВт.}$$

Комплектний електродвигун повинен задовольняти умові:

$$P_{н.ДВ} \geq K_з \cdot P_{розр}, \quad (3.4)$$

де $K_з$ – коефіцієнт запасу ($K_з = 1,1 \dots 1,2$, приймаємо $K_з = 1,1$).

Перевіряємо виконання умови для комплектного електродвигуна потужністю 3 кВт:

$$3 \text{ кВт} > 1,1 \cdot 2,65 = 2,91 \text{ кВт}.$$

Умова (3.4) повністю виконується, отже комплектний електродвигун обрано вірно.

Перевіряємо комплектний електродвигун за умовою обертового моменту:

$$M_{ДВ} \geq M_{гільйотини}. \quad (3.5)$$

Момент на валу двигуна:

$$M_1 = \frac{P \cdot 9550}{n_1}; \quad (3.6)$$

$$M_1 = \frac{3 \cdot 9550}{1500} = 19,1 \text{ Нм}.$$

Момент після редуктора:

$$M_2 = M_1 \cdot i \cdot \eta_p, \quad (3.7)$$

де i – передаточне число редуктора електромеханічної гільйотини (приймаємо $i=120$);

η_p – ККД редуктора (приймаємо 0,85).

$$M_2 = 19,1 \cdot 120 \cdot 0,85 = 1948,2 \text{ Нм}.$$

Момент зрушення гільйотини:

$$M_{\text{гільоти́ни}} = \frac{F}{i \cdot \eta_p}; \quad (3.8)$$

$$M_{\text{гільоти́ни}} = \frac{180000}{120 \cdot 0,85} = 1765 \text{ Нм.}$$

1948,2 Нм > 1765 Нм, отже обраний ЕД задовольняє пусковому моменту.

4 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОСВІТЛЕННЯ ЦЕХУ ОБРОБКИ МЕТАНУ

4.1 Вимоги до штучного освітлення цеху

У цеху обробки метану, який є виробничим приміщенням з підвищеними вимогами до безпеки через можливу наявність вибухонебезпечної атмосфери, штучне освітлення має відповідати особливим нормативним вимогам. Насамперед, освітлення повинне забезпечувати достатній рівень освітленості, що відповідає характеру технологічних операцій, і, відповідно до норм ДСТУ EN 12464-1, варіюється в межах від 200 до 500 люкс для цехів середнього рівня точності виконання робіт [8-10].

Світильники і електрообладнання повинні бути вибухозахищеними, що гарантує безпечну експлуатацію у зонах з можливим утворенням метану і сумішей з повітрям. Важливим є рівномірний розподіл світла по робочій зоні, що дозволяє уникнути різких контрастів, тіней і тим самим зменшити втомлюваність очей операторів, що позитивно впливає на продуктивність праці. Окрім того, освітлювальні прилади мають бути сконструйовані так, щоб уникати засліплення та відблисків, для чого застосовуються спеціальні розсіювачі і захисні елементи.

Особливу увагу приділяють енергетичній ефективності освітлення, використовуючи сучасні світлодіодні лампи, які відзначаються тривалим терміном служби та низькими експлуатаційними витратами. Системи освітлення мають також мати можливість автоматичного регулювання інтенсивності, що дає змогу оптимізувати споживання електроенергії залежно від часу доби та технологічних потреб виробництва.

Всі ці вимоги підкріплюються нормами охорони праці і пожежної безпеки, які особливо суворо регламентують організацію робочих місць у вибухонебезпечних зонах, що є ключовим для забезпечення безпечних і комфортних умов праці персоналу цеху.

4.2 Вибір системи освітлення

Цех обробки метану складається з одного основного приміщення з розмірами 8х9 метрів, тому для забезпечення необхідного рівня освітлення доцільно застосувати загально-рівномірну систему освітлення. Такий тип системи дозволяє рівномірно розподілити світло по всій площі цеху, забезпечуючи комфортні умови для виконання технологічних операцій і підвищуючи безпеку праці.

Загально-рівномірне освітлення є оптимальним для виробничих приміщень із середніми вимогами до точності виконання робіт, що відповідає умовам обробки метану [11, 12].

4.3 Вибір типу освітлення

У системі освітлення передбачаються два основні режими: робоче і аварійне освітлення. Робоче освітлення створює необхідний рівень світлового потоку для нормального функціонування виробництва під час стандартного режиму роботи цеху. Для цього використовуються вибухозахищені світильники з ефективними світлодіодними джерелами світла, які забезпечують достатню яскравість і довговічність.

Аварійне освітлення покликане підтримувати безпечні умови у разі відключення основного електроживлення, дозволяючи працівникам оперативно евакуюватись та запобігати аварійним ситуаціям. Для аварійного освітлення застосовуються автономні світильники з резервним живленням, що відповідають стандартам вибухозахисту та забезпечують мінімальний рівень освітленості в критичних зонах цеху.

Таким чином, обрана загально-рівномірна система з двома режимами освітлення – робочим і аварійним – забезпечує надійність, безпеку та ефективність роботи цеху обробки метану.

4.4 Вибір нормованої освітленості цеху

Для цеху обробки метану нормована освітленість визначається з урахуванням характеру виконуваних технологічних операцій, вимог безпеки та нормативних документів. Відповідно до ДСТУ EN 12464-1 та інших профільних стандартів для виробничих приміщень середнього рівня точності робіт рекомендований рівень освітленості складає 200 люкс. Цей показник забезпечує достатній візуальний комфорт для працівників, мінімізує ризики виникнення помилок при виконанні операцій і сприяє підвищенню продуктивності праці. Водночас, освітленість 300 лк відповідає вимогам безпеки для вибухонебезпечних зон, якщо застосовується відповідне вибухозахищене освітлювальне обладнання.

Обраний рівень освітленості 300 лк є оптимальним балансом між якістю освітлення, енергоефективністю та витратами на експлуатацію системи освітлення цеху.

4.5 Вибір світильників

Для освітлення цеху обробки метану було обрано світлодіодні світильники серії «INDUSTRY», які відповідають вимогам вибухозахищеності та забезпечують необхідний рівень освітленості. Ця серія світильників розроблена спеціально для промислових умов експлуатації, має підвищену міцність корпусу, високу енергоефективність та довгий термін служби.

Світильники «INDUSTRY» (рис. 4.1) мають клас захисту не нижче IP65, що гарантує захист від пилу та водяних потоків, а також відповідають вимогам вибухозахисту за стандартами для зон із потенційною наявністю вибухонебезпечних газових сумішей, таких як метан. Завдяки світлодіодним джерелам світла ці світильники забезпечують високу світлову віддачу при мінімальному споживанні електроенергії, що дозволяє знизити експлуатаційні витрати.



Рисунок 4.1 – Світлодіодний світильник серії «INDUSTRY»

Обрані світильники мають оптимальну світлову потужність, що дозволяє досягти нормованої освітленості 300 лк у робочих зонах цеху при мінімальній кількості приладів. Крім того, серія «INDUSTRY» підтримує можливість підключення до систем аварійного освітлення, що підвищує загальний рівень безпеки виробництва.

Світлодіодні світильники серії «INDUSTRY» є оптимальним вибором для забезпечення надійного, безпечного і енергоефективного освітлення цеху обробки метану.

4.6 Розрахунок системи освітлення цеху

Розрахунок системи штучного освітлення цеху обробки метану проведено методом використання світлового потоку, що дозволяє визначити необхідну кількість світильників для досягнення нормованої освітленості на робочій поверхні. План приміщення з розміщенням світильників наведено на рис. 4.2.

Для проведення обчислень приймається відповідне значення висоти будівлі цеху [9]:

$$H_{розр} = H - H_{зв} - H_{рп}, \quad (4.1)$$

де H – висота будівлі цеху, м;

H_{36} – відстань від стельової поверхні до точки кріплення світлодіодного освітлювального приладу, приймається до розрахунку $H_{36} = 0,2 \text{ м}$;

H_{pn} – прийнята висота розташування виробничих поверхонь у центральному приміщенні цеху, приймається до розрахунку $H_{pn} = 0 \text{ м}$.

$$H_{розр} = 4 - 0,2 - 0 = 3,8 \text{ м}.$$

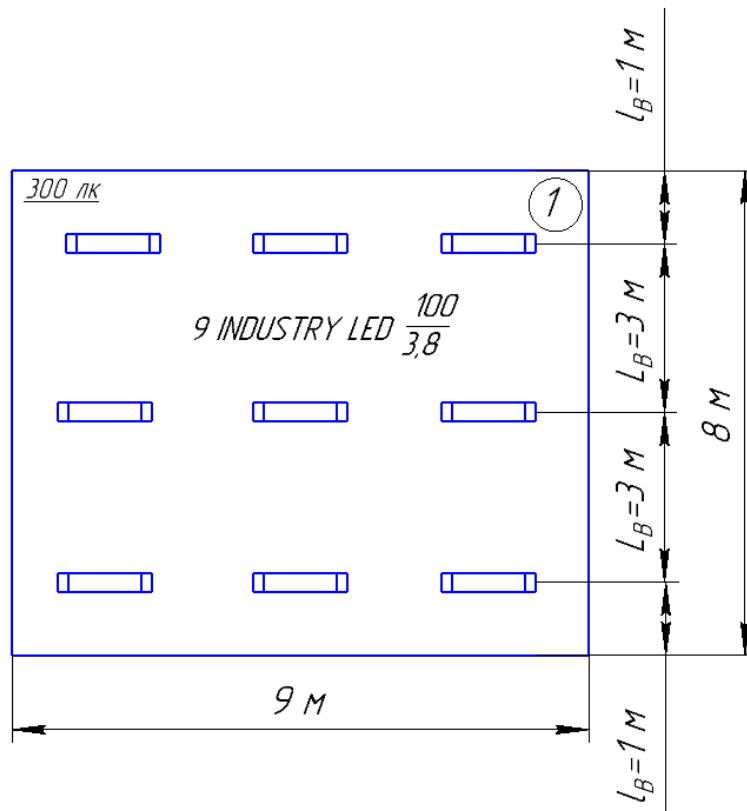


Рисунок 4.2 – План системи освітлення цеху

Щоб продовжити розрахунки, слід установити рекомендовану оптимальну відстань між рядами світильників з урахуванням як світлотехнічних, так і економічних критеріїв. Для кривої сили світла косинусного типу ці параметри мають такі значення: [9]:

$$\lambda_c = 0,4 \dots 0,7; \lambda_e = 0,6 \dots 0,9.$$

Оптимальна відстань між паралельними рядами освітлювальних приладів у головному приміщенні цеху визначається як рекомендоване значення [9]:

$$L_e = \lambda_{ce} \cdot H_{розр}; \quad (4.2)$$

$$L_B = (0,4 \dots 0,9) \cdot 3,8 = 1,52 \dots 3,42 \text{ м}, \text{ приймаємо } L_e = 3 \text{ м}.$$

Щоб визначити проміжки від рядів освітлювачів до стін, використовуємо наступне співвідношення [9]:

$$l_B = (0,3 \dots 0,5) \cdot L_B; \quad (4.3)$$

$$l_B = (0,3 \dots 0,5) \cdot 3 = 0,9 \dots 1,5 \text{ м}, \text{ приймаємо } l_B = 1 \text{ м}.$$

Для обчислення кількості світлодіодних освітлювачів у рядовому розміщенні застосовується така формула [9]:

$$N_A = \frac{A - 2l_B}{L_B} + 1; \quad (4.4)$$

$$N_A = \frac{9 - 2 \cdot 1}{3} + 1 = 3,3 \text{ шт}, \text{ приймаємо } 3 \text{ шт}.$$

Кількість паралельних ліній LED-світильників у головному залі цеху обчислюється за допомогою наступного виразу [9]:

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1; \quad (4.5)$$

$$N_B = \frac{8 - 2 \cdot 1}{3} + 1 = 3 \text{ ряди}$$

Загальна кількість освітлювальних приладів, передбачена для основної зони виробничого приміщення [9]:

$$N = N_A \cdot N_B; \quad (4.6)$$

$$N = 3 \cdot 3 = 9 \text{ шт.}$$

Індекс приміщення цеху [9]:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_{\text{розр}} (A + B)}; \quad (4.7)$$

$$i = \frac{9 \cdot 8}{3,8 \cdot (9 + 8)} = 1,11$$

Проектне значення інтенсивності світла, яке мають видавати освітлювальні елементи [9]:

$$\Phi_{\text{св}} = \frac{E_n \cdot k_3 \cdot Z \cdot S}{N \cdot \eta}, \quad (4.8)$$

де S – площа цеху, м^2 .

k_3 – коефіцієнт запасу, $k_3 = 1,1$ [9];

Z – коефіцієнт нерівномірності розподілу освітлення, $Z = 1,1$ [9].

$$\Phi_{\text{св.розр}} = \frac{300 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 72}{0,27 \cdot 8} = 10755 \text{ лм.}$$

Світловий потік LED-світильника «INDUSTRY» 100 Вт становить 11000 лм.

Визначаємо різницю між стандартними і розрахунковими показниками світлових потоків світильників:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{св.ст}} - \Phi_{\text{св.розр}}}{\Phi_{\text{св.ст}}} \cdot 100\%; \quad (4.9)$$

$$\Delta\Phi = \frac{11000 - 10755}{11000} \cdot 100\% = 2,22\%$$

Обчислене відхилення знаходиться у допустимому діапазоні, що становить від +20% до -10% [9].

Встановлена потужність освітлення для головного виробничого приміщення цеху становить:

$$P_{вст} = P_{св} \cdot N; \quad (4.10)$$

$$P_{вст} = 100 \cdot 9 = 900 \text{ Вт}$$

Величина питомої електричної потужності для цеху:

$$P_{num} = \frac{P_{вст}}{S}; \quad (4.11)$$

$$P_{num} = \frac{900}{72} = 12,5 \text{ Вт} / \text{м}^2.$$

Відповідно до норм [8, 9], для аварійного освітлення основного виробничого приміщення цеху кількість світильників становить 5% від загальної їх чисельності. Таким чином, приймаємо один світильник, який слід встановити поруч із виходом із цеху. Входи освітлюємо прожекторами потужністю 30 Вт.

4.7 Вибір провідників системи освітлення

Освітлювальне навантаження розділяємо рівномірно на 3 групи по кожній фазі. Аварійне освітлення проектуємо окремою групою.

Обчислюємо значення струмів у групових ділянках за допомогою наведеної формули [7]:

$$I_{ep} = \frac{P_{ep}}{U_n \cdot \cos \varphi}; \quad (4.12)$$

$$I_{ep1} = \frac{230}{220 \cdot 0,98} = 1,1 \text{ A}$$

$$I_{ep2} = \frac{300}{220 \cdot 0,98} = 1,4 \text{ A}$$

$$I_{ep3} = \frac{300}{220 \cdot 0,98} = 1,4 \text{ A}$$

$$I_{ep4} = \frac{100}{220 \cdot 0,98} = 0,46 \text{ A}$$

Величина струмів на магістральному відрізку освітлювальної системи:

$$I_{A1-A2} = \frac{P_{розр}}{3U_n \cdot \cos \varphi}; \quad (4.13)$$

$$I_{A1-A2} = \frac{930}{3 \cdot 220 \cdot 0,98} = 1,43 \text{ A}$$

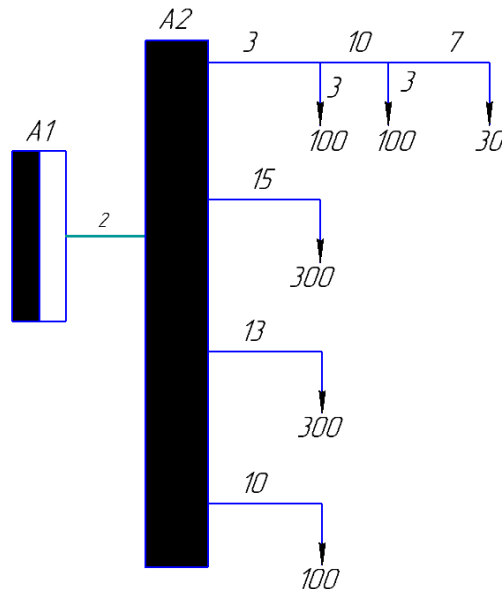


Рисунок 4.3 – Проектна схема системи освітлення виробничого приміщення

Значення моменту навантаження освітлення на магістральному відрізку від A1 до A2 [7]:

$$M_{A1-A2} = P_{\text{вст } A1-A2} \cdot \ell_{A1-A2} \quad (4.14)$$

де $P_{\text{вст } A1-A2}$ – сумарне значення активної потужності освітлювальної мережі цеху;

ℓ_{A1-A2} – протяжність магістрального сегмента мережі, м.

$$M_{A1-A2} = 0,93 \cdot 2 = 1,86 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Величини моментів навантаження на ділянках групової мережі [9]:

$$m_i = P_i \cdot \ell_i, \quad (4.15)$$

де P_i – електрична потужність окремого групового кола освітлення виробничого приміщення, кВт;

$$m_1 = 6 \cdot 0,1 + 16 \cdot 0,1 + 20 \cdot 0,03 = 2,8 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_2 = 15 \cdot 0,3 = 4,5 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_3 = 13 \cdot 0,3 = 3,9 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_4 = 10 \cdot 0,1 = 1 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Проводимо підбір розрахункового перерізу провідника магістрального сегмента мережі:

$$S_{A1-A2} = \frac{M_{A1-A2} + \alpha_{2-4} \cdot (m_1 + m_2 + m_3 + m_4)}{C_4 \cdot \Delta U_{\text{дон}}}, \quad (4.16)$$

де $\alpha = 1,85$ [7];

C_4 – емпіричний показник, що розраховується на підставі матеріалу, кількості проводів та робочої напруги мережі, $C_4 = 72$; $C_2 = 12$ [7];

$\Delta U_{\text{дон}}$ – показник граничної втрати напруги у мережі освітлення, %;
 $\Delta U_{\text{дон}} = 2,5\%$ [7].

$$S_{A1-A2} = \frac{1,86 + 1,85 \cdot (2,8 + 4,5 + 3,9 + 1)}{72 \cdot 2,5} = 0,135 \text{ мм}^2$$

В якості проводу для магістрального сегмента мережі застосовуємо кабель ВВГнг зі стандартним перерізом 1,5 мм².

Розрахункова величина падіння напруги на магістральній частині мережі [7]:

$$\Delta U_{A1-A2} = \frac{M_{A1-A2}}{C_4 \cdot S_{A1-A2\text{ст}}}; \quad (4.17)$$

$$\Delta U_{A1-A2} = \frac{1,86}{72 \cdot 1,5} = 0,017\%.$$

Розрахунок необхідного перерізу провідників у групових ділянках [7]:

$$S_i = \frac{m_i}{C_2 \cdot (\Delta U_{\text{дон}} - \Delta U_{A1-A2})}; \quad (4.18)$$

$$S_1 = \frac{2,8}{12 \cdot (2,5 - 0,017)} = 0,1 \text{ мм}^2$$

$$S_2 = \frac{4,5}{12 \cdot (2,5 - 0,017)} = 0,15 \text{ мм}^2$$

$$S_3 = \frac{3,9}{12 \cdot (2,5 - 0,017)} = 0,13 \text{ мм}^2$$

$$S_3 = \frac{1}{12 \cdot (2,5 - 0,017)} = 0,03 \text{ мм}^2$$

Живлення групових ліній (всього чотири) виконується кабелем ВВГнг з перерізом 3x1,5 мм².

Розрахунок падіння напруги для групового відрізка освітлювальної системи [7]:

$$\Delta U_i = \frac{m_i}{C_2 \cdot S_{\text{іст}}}; \quad (4.19)$$

$$\Delta U_1 = \frac{2,8}{12 \cdot 1,5} = 0,155\%; \quad \Delta U_2 = \frac{4,5}{12 \cdot 1,5} = 0,25\%;$$

$$\Delta U_3 = \frac{3,9}{12 \cdot 1,5} = 0,21\%; \quad \Delta U_3 = \frac{1}{12 \cdot 1,5} = 0,05\%$$

Проводимо перевірку обраних кабелів освітлювальної мережі цеху за тривалодопустимими струмами [7]:

- магістраль: кабель ВВГнг (5x1,5) з $I_{\text{тр.дон}} = 16 \text{ A}$:

$$16 \text{ A} > 1,43 \text{ A};$$

- групи: кабель ВВГнг (3x1,5) з $I_{\text{тр.дон}} = 19 \text{ A}$:

$$19 \text{ A} > 1,1 \text{ A}; \quad 19 \text{ A} > 1,4 \text{ A}; \quad 19 \text{ A} > 1,4 \text{ A}; \quad 19 \text{ A} > 0,46 \text{ A}$$

За результатами перевірки можна стверджувати, що всі обрані кабелі відповідають нормам тривалодопустимого струму.

5 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЮ ГІЛЬЙОТИНОЮ

5.1. Опис кінематичної схеми електромеханічної гільйотини

Кінематична схема електромеханічної гільйотини наведена на рис. 5.1.

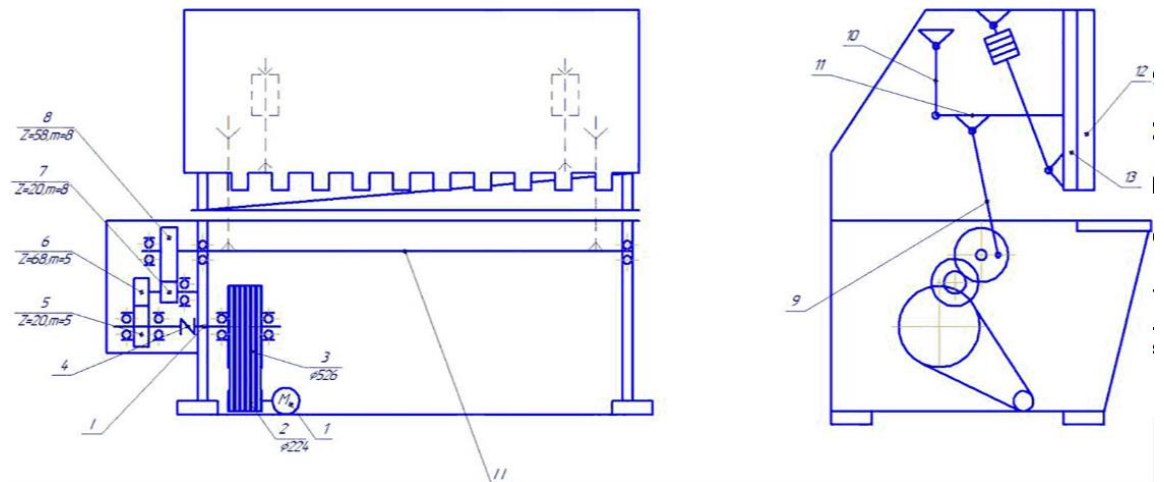


Рисунок 5.1 – Кінематична схема електромеханічної гільйотини НА(НК)3214

Основний механізм приводу ножиць моделі НА3214 включає електродвигун 1 (M1), на валу якого закріплено шків 2. Цей шків з'єднаний за допомогою клинопасової передачі з маховиком 3. Через муфту-гальмо 4 обертання від маховика передається до редуктора. Сам маховик розміщено на осі 1. На протилежному боці цієї осі розташована шестірня 5.

Шестірня 5 зчеплена з зубчастим колесом 6, яке знаходиться на тому ж валу, що й шестірня 7. Далі шестірня 7 обертає зубчасте колесо 8, з'єднане з другим ексцентриковим валом II. На цьому валу встановлено шатуни 9, які через систему важелів 10 і 11 передають рух до притискної балки 12 та ножової балки 13.

Ножева балка переміщується в напрямних притискної балки. Система з важелів 10, 11, притискної балки 12 і ножової балки 13 формує окрему вузлову частину – ріжучий механізм, який закріплений до станини на ексцентрикових осях 14.

Педаля управління електроприводом під'єднується до шафи через роз'ємне з'єднання. Вона виноситься в зручне для оператора положення біля ножиць.

Вмикання основного електродвигуна та активація обладнання здійснюється через центральну панель управління.

Контроль роботи здійснюється завдяки кінцевим вимикачам, які активуються в процесі переміщення елементів механізму. Це забезпечує необхідну логіку вмикання електричних компонентів і, відповідно, діюча послідовність запуску виконавчих пристроїв та ріжучих вузлів ножиць.

5.3 Опис режимів роботи принципової електричної схеми

Запропонована система автоматизованого керування електромеханічною гільйотиною передбачає роботу обладнання в кількох функціональних режимах.

Режим регулювання. Пересування ріжучих елементів здійснюється поштовховими командами від кнопочового пристрою. При цьому основний електродвигун відключено, а обертання ексцентрикового вала забезпечується вручну або за допомогою спеціалізованих інструментів.

У цьому режимі виконується операція: механічне повертання – включення муфти за допомогою кнопки при обертанні маховика.

Для виконання операції необхідно перемикачі SA1 і SA2 перевести у положення «Одиночний хід» та «Товчковий режим» відповідно, після чого ввімкнути електродвигун M1.

При натисканні кнопки SB3 подається живлення на пускач KM2 та вмикається електромагніт YA1. Ножева балка починає рух. Рух здійснюється тільки при натиснутій кнопці SB3, а після її відпускання – рух припиняється (це і є «штовховий» режим).

Одиночний цикл. Активується як через натискання кнопки, так і за допомогою ножної педалі. Після виконання одного ходу ріжуча балка повертається у початкову позицію. Рух забезпечується тільки під час натискання органів управління.

Перемикачі встановлюються у такі положення: SA1 – у положення «Педаль» або «Одиночний хід». Відповідно загоряється сигнальна лампа HL3 («Пуск від педалі») або HL2 («Пуск від кнопки»); SA2 – у положення «Робота».

При натисканні на педаль SB5 (або кнопку SB3) замикається ланцюг, подається живлення на пускач KM2, який своїм контактом запитує електромагніти пневмомуфти YA1. При цьому спрацьовує кінцевий вимикач ВПК, на ролик якого натискає кулачок – він фіксує положення ножової балки у верхній мертвій точці.

Ножева балка здійснює робочий хід. Після повернення у вихідне положення робоча зона ВПК перекривається, контакт розмикається, пускач KM2 знеструмлюється, і відповідно вимикається електромагніт пневмомуфти – усі механізми ножиць зупиняються.

Щоб виконати наступний різ, потрібно знову натиснути педаль SB5 або кнопку SB3.

Неперервна робота. Ріжучий механізм працює циклічно, здійснюючи постійні переміщення вгору-вниз, поки команда на зупинку не буде задана відповідною кнопкою.

Виконати всі операції для запуску електродвигуна головного приводу та ввімкнути його. Перемикач SA2 встановити у положення «Увімкнено». Перемикач SA1 перевести у положення «Безперервні ходи».

Загоряється сигнальна лампа HL4 – режим «Безперервний хід». Для запуску ножиць у цьому режимі потрібно натиснути та відпустити кнопку SB3. Після цього пускач KM2 запитується і фіксується в режимі самоблокування.

Пускач KM2, як описано вище (див. розділ «Налагодження»), вмикає пневмомуфту. Ножиці починають здійснювати безперервні ходи до того моменту, поки кнопкою SB4 не буде розірвано ланцюг живлення KM2.

Якщо розмикання KM1 (пускач головного приводу) відбулося не у вихідному положенні ножової балки, то KM2 не відключиться, і балка продовжить рух до виходу в верхню мертву точку.

Це забезпечується тим, що КМ2 буде живитись, доки ножова балка не повернеться у вихідне положення.

Коли це станеться, кінцевий вимикач ВПК розімкне ланцюг живлення пускача КМ2, муфта вимкнеться, і ножиці зупиняться.

З'єднання електромеханічної гільйотини з електромережею виконується за допомогою автоматичного вимикача QF1, який також дозволяє від'єднати установку.

Екстрене вимкнення реалізовано через кнопку «Загальна зупинка», яка встановлена на панелі керування та на лівому боці гільйотини.

Електричною схемою передбачені наступні захисти та блокування:

- автоматичне вимикання електроприводу та всієї електричної частини забезпечується пристроєм QF1 та комплектом запобіжників FU1, FU2, FU3 (див. електричну схему);

- захист від перевантажень головного електродвигуна виконується за допомогою теплового реле РТ1;

- функція нульового захисту реалізована через блокувальний контакт пускового реле КМ1.

- контактна група пускача КМ1 запобігає ввімкненню муфти ріжучого механізму у разі, якщо електропривід не знаходиться в робочому стані (відсутнє живлення на електродвигуні).

5.4 Вибір кабелю для живлення гільйотини

Підбір кабельної продукції для живлення гільйотинного обладнання здійснюється з урахуванням вимог до тривалодопустимого навантаження струмом [12]:

$$I_{TP.IIP} \geq I_{розр.}, \quad (5.1)$$

Величину струму, що споживається електроприводом гільйотини, обчислюємо за допомогою наступного виразу [5]:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H}, \quad (5.2)$$

$$I_{M1} = \frac{3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,81 \cdot 0,89} = 6,33 \text{ A}$$

Для забезпечення живлення гільйотинного пристрою вибираємо до монтажу кабель ВВГнг-LS з перетином $4 \times 1,5 \text{ мм}^2$ [12]. Відповідно до умови (5.1):

$$I_{TP.PP} = 16 \text{ A} > I_{M1} = 6,33 \text{ A}.$$

Кабель обрано вірно.

5.5 Вибір автоматичного вимикача

Під час вибору захисних пристроїв було ретельно проаналізовано основні фактори, які визначають їх надійну та ефективну роботу [6]:

$$U_{ном} = U_{мережі}, \quad (5.3)$$

$$I_{ном.ав} \geq I_{розрах}, \quad (5.4)$$

$$I_{відс.} \geq I_{пуск}, \quad (5.5)$$

$$I_{пуск} = \sum I_{ном} + \Delta I, \quad (5.6)$$

$$I_{відс.} = k \cdot \sum I_{ном}, \quad (5.7)$$

За наведеними умовами обираємо для установки автоматичний вимикач ЕТІМАТ 10 3р С 10А (10 кА) з наступними характеристиками: триполюсний, з комбінованим розчіплювачем, $I_{H.AB} = 10 \text{ A}$; $U_{H.AB} = 380 \text{ В}$; $I_{EM.POЗ} = 100 \text{ A}$.

5.6 Вибір контактора

При підборі магнітного пускача було детально проаналізовано основні параметри, які впливають на його надійну та якісну роботу:

$$U_{ном} \geq U_{двигуна}; \quad (5.8)$$

$$I_{ном} \geq I_p; \quad (5.9)$$

$$U_{кот.кер} \geq U_{мережі}. \quad (5.10)$$

За наведеними умовами обираємо для установки магнітний пускач ЕТІ СЕМ 09.01 230V AC з наступними характеристиками: триполюсний, з одним нормально розімкнутим дод. контактом, $I_{н.мп} = 9 \text{ A}$; $U_{н.мп} = 380 \text{ B}$; $U_{кот.кер} = 24 \text{ B}$.

5.7 Вибір електротеплового реле

Для захисту електромеханічної гільйотини, обладнаної контактором ЕТІ СЕМ 09.01 з напругою 230 В змінного струму, вибір електротеплового реле має базуватися на струмі електродвигуна, який становить 6,33 А. Електротеплове реле повинно забезпечувати надійний захист від перевантажень, тому його уставка за струмом має відповідати номінальному струму двигуна або бути дещо вище, щоб уникнути передчасних відключень під час пуску.

При цьому реле має бути сумісним із контактором ЕТІ СЕМ 09.01 та відповідати технічним вимогам системи керування гільйотиною, забезпечуючи своєчасне розмикання кола у разі перевантаження і тим самим захищаючи двигун від пошкоджень.

Обраний захисний пристрій повинен враховувати тип навантаження та характер роботи електродвигуна для ефективного функціонування в автоматизованій системі керування.

Таким чином, для захисту електродвигуна електромеханічної гільйотини обираємо реле ЕТІ РЕ 27D-8,0 (5,6-8А).

5.8 Розробка схеми з'єднань

Для розробки схеми з'єднань системи електрифікації цеху обробки метану з автоматизованою системою керування електромеханічною

гільйотиною враховано всі основні елементи обладнання, що будуть взаємодіяти між собою.

Схема з'єднань є важливим елементом документації, який дозволяє чітко відобразити електричні зв'язки між усіма складовими системи. Вона забезпечує правильний монтаж та пусконаладження обладнання, оскільки монтажникам надає точні інструкції щодо підключення кожного елемента. Крім того, наявність схеми підвищує рівень безпеки експлуатації, оскільки в ній видно, як організовані захисні пристрої, що допомагає уникнути аварійних ситуацій. Схема також спрощує обслуговування та ремонт, дозволяючи технічному персоналу швидко визначати місце несправності. Важливою перевагою є те, що правильно розроблена схема сприяє інтеграції автоматизованої системи керування електромеханічною гільйотиною, що забезпечує точність та надійність роботи устаткування.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація роботи з охорони праці при роботі з електромеханічною гільйотиною. Організація роботи з охорони праці при роботі з електромеханічною гільйотиною є ключовим елементом забезпечення безпечних умов праці та попередження виробничого травматизму. Основою цієї роботи є комплексна система управління охороною праці, що включає планування, фінансування та контроль за виконанням заходів безпеки. Планування охоронних заходів здійснюється з урахуванням специфіки роботи обладнання, потенційних ризиків і передбачає розробку графіків проведення інструктажів, технічного обслуговування та перевірок обладнання. Фінансування заходів з охорони праці має бути передбачене в бюджеті підприємства, що гарантує своєчасне придбання необхідних засобів індивідуального захисту, спецодягу, а також проведення навчань і атестацій працівників.

Колективний договір містить спеціальний розділ, присвячений охороні праці, в якому регламентуються права та обов'язки працівників і роботодавця щодо створення безпечних умов праці. Цей розділ включає положення про забезпечення безпеки праці, порядок проведення навчань, інструктажів, а також відповідальність сторін за дотримання норм безпеки. Важливо, що колективний договір стимулює участь працівників у контролі за охороною праці, що сприяє формуванню культури безпеки на підприємстві.

Організація навчання з охорони праці має системний характер і базується на наявності затверджених програм навчання, що відповідають специфіці роботи з електромеханічною гільйотиною. Навчальні програми включають теоретичні та практичні заняття, зокрема інструктажі з охорони праці, які реєструються у відповідних журналах. Крім того, проводяться атестації працівників для підтвердження їх компетентності та знань правил безпеки, результати яких оформлюються протоколами. Така система навчання забезпечує не лише первинне освоєння безпечних методів роботи, але й регулярне оновлення знань, що важливо в умовах змін виробничих процесів.

Забезпечення працівників спецодягом і засобами індивідуального захисту є обов'язковою складовою безпеки при роботі з електромеханічною гільйотиною. Підприємство має організувати своєчасну видачу засобів захисту, що відповідають вимогам нормативних документів і забезпечують ефективний захист від механічних, електричних та інших потенційних небезпек. Водночас важливе значення має санітарно-побутове забезпечення, яке створює комфортні умови для працівників і сприяє їхній продуктивності та збереженню здоров'я.

Відповідальність за охорону праці на підприємстві покладається на конкретних посадових осіб, які мають чітко визначені обов'язки в цій сфері. Керівники структурних підрозділів відповідають за організацію безпечних умов праці у своїх підрозділах, контроль за дотриманням нормативів та проведення навчань. Працівники, у свою чергу, зобов'язані дотримуватися встановлених правил і оперативно інформувати про виявлені порушення або аварійні ситуації. Такий розподіл відповідальності сприяє ефективному управлінню охороною праці і створює умови для запобігання нещасним випадкам на виробництві [20, 21, 22].

Небезпечні та шкідливі фактори при роботі з електромеханічною гільйотиною. При роботі з електромеханічною гільйотиною працівники можуть стикатися з різноманітними небезпечними та шкідливими факторами, які потенційно загрожують їхньому здоров'ю та життю. Найпершим і найбільш очевидним є механічна небезпека, пов'язана з рухомими частинами гільйотини – різальним ножом та механізмом подачі матеріалу. Існує високий ризик отримання травм різного ступеня тяжкості, зокрема порізів, роздавлювань або ампутацій кінцівок у випадку неналежного поводження з обладнанням або порушення правил безпеки.

Електричний фактор також є суттєвим джерелом небезпеки. Оскільки гільйотина працює на електромеханічному приводі, можливі ураження електричним струмом через несправність обладнання, пошкодження ізоляції або порушення технології ремонту й експлуатації. Невідповідне заземлення або контакти з оголеними дротами підвищують ризик електротравмування.

Крім того, у процесі роботи можуть виникати шум і вібрація, які належать до шкідливих факторів виробничого середовища. Тривалий вплив високого рівня шуму здатен призводити до порушень слуху, а вібрація – до уражень опорно-рухового апарату, що знижує працездатність і викликає професійні захворювання.

Також до шкідливих факторів можна віднести пил і дрібнодисперсні частинки металу, які утворюються при різанні матеріалів. Вдихання таких частинок може спричинити захворювання органів дихання і алергічні реакції.

Наявність гострих кромek, металевих стружок і загострених елементів обладнання створює додаткові ризики травмування під час обслуговування і ремонту гільйотини. Недотримання правил безпеки при проведенні цих робіт може призвести до серйозних ушкоджень.

Таким чином, повноцінна оцінка та контроль небезпечних і шкідливих факторів при роботі з електромеханічною гільйотиною є необхідною умовою для організації безпечного виробничого процесу і запобігання нещасним випадкам.

Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці при роботі з електромеханічною гільйотиною. Для створення безпечних і здорових умов праці при роботі з електромеханічною гільйотиною необхідно впровадити комплекс заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків та захист працівників. Перш за все, слід забезпечити правильне проектування робочого місця з урахуванням ергономіки, щоб знизити фізичне навантаження та запобігти травмам, пов'язаним із незручним положенням тіла або повторюваними рухами.

Важливо обладнати гільйотину захисними огороженнями, які виключають можливість випадкового контакту з рухомими частинами, а також встановити аварійні кнопки з легким доступом для негайної зупинки механізму у разі небезпеки.

Регулярне технічне обслуговування та своєчасна діагностика стану електромеханічного обладнання допоможуть попередити несправності, що можуть спричинити аварійні ситуації або електротравми. Важливо дотримуватися інструкцій з експлуатації та ремонту, а також забезпечити якісне

заземлення і захист електричних ланцюгів. Для зниження впливу шуму та вібрації доцільно впроваджувати відповідні технічні засоби, наприклад, шумоізоляцію робочих місць, а також використовувати віброізолюючі платформи.

Організація системи навчання і регулярних інструктажів з охорони праці має бути обов'язковою. Працівники повинні чітко розуміти потенційні небезпеки, знати порядок дій у надзвичайних ситуаціях і володіти навичками безпечного користування обладнанням. Забезпечення спеціальним захисним одягом, рукавицями, окулярами та іншими засобами індивідуального захисту допоможе мінімізувати ризики механічних ушкоджень, потрапляння пилу або іскор у очі.

Крім технічних і організаційних заходів, важливим аспектом є контроль за дотриманням вимог охорони праці на всіх рівнях управління. Необхідно встановити чіткі вимоги до відповідальності керівників і працівників, впровадити регулярні аудити безпеки та стимулювати культуру безпеки серед персоналу. Такі комплексні заходи сприятимуть збереженню здоров'я працівників і підвищенню ефективності виробничого процесу.

Висновки. Робота з електромеханічною гільйотиною вимагає ретельної організації охорони праці через наявність численних небезпечних і шкідливих факторів, що можуть загрожувати здоров'ю працівників; для забезпечення безпеки необхідно впроваджувати системний підхід, який охоплює планування та фінансування заходів, проведення навчань і інструктажів, своєчасне технічне обслуговування обладнання, а також забезпечення засобами індивідуального захисту; відповідальність за дотримання норм безпеки має бути чітко визначена на всіх рівнях управління, що сприяє формуванню культури безпеки і підвищенню ефективності виробництва.

7 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Реконструкція системи електрифікації цеху обробки метану на підприємстві ТОВ «Завод Кобзаренка», розташованому у смт. Липова Долина Сумської області, є актуальним та необхідним заходом для підвищення ефективності виробничих процесів і забезпечення стабільності енергопостачання.

В сучасних умовах розвитку промисловості та підвищення вимог до енергоефективності, модернізація існуючих електротехнічних систем дозволяє значно знизити витрати на електроенергію, підвищити надійність роботи обладнання та покращити безпеку виробництва.

Особливу увагу у цьому проєкті приділено розробці автоматизованої системи керування електромеханічною гільйотиною, що забезпечить точність, оперативність та зручність в управлінні технологічними процесами, знизить вплив людського фактору та підвищить загальний рівень автоматизації цеху.

Враховуючи специфіку обробки метану та необхідність суворого контролю параметрів виробництва, впровадження сучасних технологій автоматизації і реконструкція системи електропостачання сприятиме не лише підвищенню продуктивності підприємства, а й зменшенню виробничих втрат та підвищенню екологічної безпеки.

Економічне обґрунтування даної реконструкції базується на аналізі поточних витрат, оцінці потенційної економії ресурсів, а також на прогнозах зростання ефективності виробничого циклу, що в кінцевому результаті призведе до підвищення конкурентоспроможності ТОВ «Завод Кобзаренка» на ринку [23].

Таблиця 7.1 – Капіталовкладення в систему

Найменування	К-ть, шт.,м.	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4
Електродвигун Siemens 1LA7106-2AA10 (вибухозахищений)	1	85 000	85 000
Світильники «INDUSTRY» 100 Вт	9	1 200	10 800

1	2	3	4
Прожектор світлодіодний 30 Вт	1	460	460
Кабель ВВГнг (5x1,5)	5	40	200
Кабель ВВГнг (3x1,5)	60	25	1 500
Кабель ВВГнг (4x1,5)	45	30	1 350
Автоматичний вимикач ЕТІМАТ 10 3р С 10А (10 кА)	2	739	1 478
Автоматичний вимикач ЕТІМАТ 6 1р С 6А (6кА), ЕТІ	4	191	764
Контактор ЕТІ СЕМ 09.01 24V AC	3	1 000	3 000
Теплове реле ЕТІ RE 27D-8,0 (5,6-8А).	1	800	800
Реле електромеханічне проміжне ЕRM4-24АС 4р, ЕТІ	1	500	500
Трансформатор 380/24В	1	1 200	1 200
Кінцевий вимикач ЕТІ 004661499 LBS-PS11	1	400	400
Світлосигнальна апаратура ЕСЛІ-024С-G 24V AC/DC	8	250	2 000
Кнопка ЕТІ 004773179 CS 25 10 PNLK	4	300	1 200
Монтажні роботи	-	-	30 000
Разом:			140652

Річний обсяг заощадженої електричної енергії [23]:

$$E_{\text{економія}} = E - \frac{\eta}{100}, \quad (7.1)$$

де $k = 5\%$.

$$E_{\text{економія}} = 185000 \cdot \frac{5}{100} = 9250 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Річний обсяг зекономлених фінансових витрат [23]:

$$C_{\text{економія}} = E_{\text{економія}} \cdot Ц, \quad (7.2)$$

$$C_{\text{економія}} = 9250 \cdot 6 = 55500 \text{ грн.}$$

Період повернення вкладених коштів:

$$T = \frac{K}{C_{\text{економія}}}, \quad (7.3)$$

$$T = \frac{140652}{55500} \approx 2,5 \text{ років.}$$

Таблиця 7.2 – Узагальнена таблиця порівняльних економічних показників для існуючого та запропонованого рішень

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант
Обсяг електроенергії, що використовується протягом календарного року, кВт·год	185000	175750
Вартість одного кіловат-години електроенергії, встановлена постачальником на момент розрахунку, грн/кВт·год	6,00	6,00
Сукупна сума коштів, витрачених на оплату електроенергії протягом одного року відповідно до річного споживання та діючого тарифу, грн	1110000	1054500
Річний обсяг заощадженої електричної енергії, кВт·год	–	9250
Річний обсяг зекономлених фінансових витрат, грн	–	55500
Капіталовкладення, грн	–	140652
Період повернення вкладених коштів, років	–	2,5

Висновки. У результаті реалізації запропонованих заходів прогнозується зниження річного використання електроенергії на 5%, що дасть змогу заощаджувати близько 55 500 грн щороку. При інвестиціях у розмірі 140 652 грн період окупності складе приблизно 2,5 роки.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проекту було проведено комплексний аналіз господарської діяльності цеху обробки метану ТОВ «Завод Кобзаренка», що дозволило визначити основні виробничі процеси, енергоспоживання та технічний стан існуючого електрообладнання.

На основі технологічної характеристики процесу обробки метану та паспортних даних обладнання були сформульовані технічні вимоги до електропостачання і електроприводів цеху, що є основою для подальшого вибору силового обладнання.

Здійснено розрахунок та обґрунтування вибору електросилових апаратів, електродвигунів та інших елементів електрообладнання, що забезпечують надійну та ефективну роботу технологічного процесу. Особлива увага приділена перевірочним розрахункам потужності електроприводів з урахуванням режимів роботи та запасів потужності.

Розроблено проект системи штучного освітлення цеху, що відповідає нормативним вимогам щодо рівня освітленості, енергоефективності та безпеки. Обрано тип освітлювальних приладів та виконано детальний розрахунок системи освітлення.

Ключовим результатом роботи стала розробка автоматизованої системи керування електромеханічною гільйотиною, що включає кінематичну та електричну схеми, опис режимів роботи, а також вибір основних електричних апаратів (кабель, автоматичний вимикач, контактор, електротеплове реле). Запропонована система забезпечує підвищення рівня безпеки, надійності та зручності експлуатації обладнання.

У результаті реалізації запропонованих заходів прогнозується зниження річного використання електроенергії на 5%, що дасть змогу заощаджувати близько 55 500 грн щороку. При інвестиціях у розмірі 140 652 грн період окупності складе приблизно 2,5 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kobzarenko, O. Офіційний сайт компанії «Kobzarenko». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kobzarenko.com.ua/ua> (дата звернення: 27.04.2025).
2. ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017).
3. Каталог електродвигунів АИР. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://xn--80aqy.com.ua/katalog_elektrodvigateleri_air/.
4. Дипломне проектування зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Методичні рекомендації. Частина 2 «Проектування внутрішньої силової розподільчої мережі. Вибір та перевірка пуско-захисної апаратури» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» / С.О. Квітка, М.В. Постнікова. – Мелітополь: ТДАТУ, 2018. – 76 с.
5. Ковальчук, В.І., & Петров, О.М. Автоматизація керування металорізальними верстатами з ЧПУ // Вісник машинобудування. – 2021. – Вип. 2. – С. 45–53.
6. Іваненко, С.В. Використання ПЛК у системах автоматичного управління металообробними верстатами // Автоматизація та управління. – 2020. – № 3. – С. 27–33.
7. Гончаренко, М.П. Сучасні методи автоматизації токарних верстатів // Технічні науки. – 2019. – Т. 27, № 4. – С. 112–118.
8. Лисенко, О.В., & Шевченко, В.М. Розробка системи автоматичного контролю стану металорізального верстата // Інженерні технології. – 2022. – Вип. 1. – С. 60–66.
9. Soori, M., Karimi Ghaleh Jough, F., Dastres, R., & Arezoo, B. (2024). Robotical Automation in CNC Machine Tools: A Review. *Advances in Manufacturing*, 12(4), 434–448. DOI: 10.2478/ama-2024-0048

10. Koren, Y. (2006). Control of Machine Tools. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 128(4), 1035–1043. DOI: 10.1115/1.2335417

11. Vorburger, T.V., Yee, K.W., Scace, B.R., & Rudder, F.F. (1992). A Strategy for the Quality Control of Automated Machine Tools. NISTIR 4773. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/IR/nistir4773.pdf>

12. Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 р. (Редакція станом на 20.01.2018).

13. Василенко О.О., Хворост Т.В, Семерня О.В., Кіндя О.П. (2021). Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в випускних роботах студентами спеціальностей 208 «Агроінженерія» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузь знань 14 «Електрична інженерія», 275 «Транспортні технології» галузь знань 27 «Транспорт» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Суми: СНАУ, 14.

14. Електротехнічні матеріали та вироби. Навчальний посібник. Тимофєєв Ігор Олександрович. Лань, 2021, 268 с.

15. О.Ю. Юрченко, Г.В. Барсукова, А.В. Чепіжний, Г.А. Тимошенко // Монтаж електрообладнання і систем керування. Монтаж щитів керування електричними двигунами // Навчально-методичний посібник для здобувачів освіти 2, 1 с.т. курсів спеціальності: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» інженерно-технологічного факультету денної та заочної форми навчання, СВО «бакалавр». – Суми: СНАУ, 2023. – 144 с.

16. Козирський В.В. Основи електропостачання [Текст] : підручник / В.В. Козирський, С.М. Волошин. – Київ : Компринт, 2021. – 497 с.

17. Електричні мережі та системи: Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С.П. Шевчук, О.В. Мейта. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.– 167с.

18. Давиденко Л.В. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум [Текст]: навчальний посібник / Л.В. Давиденко, Н.В. Коменда, В.А. Давиденко, М.М. Євсюк – Луцьк : ВІП ЛНТУ, 2022.– 244 с.

19. Hamed Haggi James M. Fenton. Techno-Economic Assessment of Net-Zero Energy Buildings: Financial Projections and Incentives for Achieving Energy Decarbonization Goals. December 2024. DOI:10.48550/arXiv.2412.00874.

20. Humayun, M., Alsaqer, M. S., & Jhanjhi, N. (2022). Energy optimization for smart cities using iot. *Applied Artificial Intelligence*, 36(1), 2037255.

21. Ullah, Z., Naeem, M., Coronato, A., Ribino, P., & De Pietro, G. (2023). Blockchain applications in sustainable smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 97, 104697.