

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

ДОЦ., К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./

вчене звання і ступінь підпис
” 2026 р.
число місяць рік

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ
ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НА ДІЛЬНИЦІ З РЕМОНТУ
ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ»**

Спеціальність: 141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

Синявський О.Ю.

(ПІБ)

Виконав

Денисенко В.Ю.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

Сорокін Д.С.

(ПІБ)

КИЇВ - 2026

- а) Загальна характеристика підприємства та оцінка рівня експлуатації електрообладнання.
- б) Проектування ділянки діагностування і технічного обслуговування електрообладнання.
- в) Електротехнічна частина проекту.
- г) Спеціальне завдання: «Тепловий режим кабелю».

д) Заходи щодо економії електроенергії при обслуговуванні і ремонті енергетичного обладнання.

е) Охорона праці.

Висновки.

Список використаних джерел.

Додатки

Дата видачі завдання 28.11.2025

Керівник бакалавирської кваліфікаційної роботи Сорокін Д.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання Денисенко В.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

№ ря- дка	Фор- мат	Позначення	Найменування	Кільк. аркушів	Примітка
1	A4	02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005.ПЗ	Пояснювальна записка	70	
2	A4	02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005.ЕО	План освітлювальної мережі ділянки з ремонту електрозварювального обладнання	1	
3	A4	02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005.ЕМ	План силової мережі ділянки з ремонту електрозварювального обладнання	1	
4	A4	02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005.ЕЗ	Принципова схема керування електроприводом	1	

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка				Літ.		Арк.	Аркушів		
Розроб.		Денисенко В.Ю.										4	1	
Перевір.		Сорокін Д.С.							EEE-230016ст					
Н. Контр.		Коробський В.В.												
Затверд.		Окушко О.В.												

ЗМІСТ

ВСТУП	7
ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ СТАНУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	10
1.1 Призначення та архітектурно-просторове планування ділянки	10
1.2 Аналіз існуючого стану інженерних мереж та виявлення недоліків	11
1.3 Обґрунтування напрямків модернізації електрообладнання	12
ОПИС ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ	13
2.1 Організація технологічного процесу на ділянці	13
2.2 Склад та технічні характеристики технологічного обладнання	14
2.3 Вимоги до електропостачання, систем керування та умов середовища	15
2.3.1 Категорії надійності електропостачання споживачів..	15
2.3.2 Класифікація приміщень за умовами середовища та електробезпекою	16
2.3.3 Вимоги до побудови систем керування та захисту електроприводів.. ..	17
2.4 Розрахунок необхідного повітрообміну та вибір вентиляційного обладнання	18
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	20
3.1 Розрахунок електропривода	20
3.1.1 Короткий опис функціональної схеми вентилятора ВО-Ф-5,6	20
3.1.2 Обробка навантажувальної діаграми установки..	21
3.1.3 Виконуємо попередній вибір електродвигуна за частотою обертання та потужністю	22
3.1.4 Розрахунок і побудова механічної характеристики електродвигуна.:	22
3.1.5 Визначення тривалості пуску електродвигуна і побудова його навантажувальної діаграми.	23
3.1.6 Перевірка електродвигуна за тепловим режимом під час пуску.	27
3.1.7 Перевірка вибраного електродвигуна на перевантажувальну здатність.	27
3.1.8 Вибір електродвигуна за електричними модифікаціями.	27
3.2 Розрахунок електроосвітлення	28
3.3 Вибір пристроїв керування та захисту, решти компонентів схеми автоматизації, НКП і систем електропроводки	30
3.3.1 Апарати захисту та комутації електропривода.	30
3.3.2 Освітлювальна мережа.	34
ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ КАБЕЛЯ	37

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1	Аналіз факторів, що впливають на тепловий режим кабелю.....	37
4.2	Дослідження втрат потужності в елементах кабелю	38
4.3	Вплив відстані між фазами на нагрівання кабелю	39
ОХОРОНА ПРАЦІ, ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТА ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....		44
5.1	Дослідження стану умов праці та санітарно-виробничі заходи	44
5.1.1	Нормалізація повітряного середовища та мікроклімату.	44
5.1.2	Створення належних умов виробничого освітлення.....	45
5.1.3	Заходи щодо мінімізації шумового та вібраційного впливу.	46
5.1.4	Ергономічні аспекти та просторове планування робочих місць.....	46
5.2	Заходи щодо забезпечення електробезпеки на території дільниці.....	47
5.2.1	Впровадження новітньої конфігурації захисного заземлення.....	47
5.2.2	Формування комплексу зрівнювання потенціалів.....	48
5.2.3	Автоматизоване захисне знеструмлення.	48
5.2.4	Безпечне конструювання схем управління електроприводами.	48
5.2.5	Організаційні кроки та використання засобів електрозахисту.	49
5.3	Пожежна безпека	49
5.3.1	Класифікація зон дільниці за пожежною небезпекою.....	50
5.3.2	Конструктивні та електротехнічні заходи попередження пожеж.	50
5.3.3	Первинні засоби пожежогасіння.	51
5.3.4	Організаційні заходи пожежної безпеки.....	52
5.4	Заходи з енергозбереження.....	53
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ.....		55
6.1	Мета та завдання техніко-економічного розрахунку.....	55
6.2	Розрахунок капітальних вкладень.....	55
6.3	Розрахунок експлуатаційної економії та терміну окупності проєкту	57
ВИСНОВКИ.....		59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		61
ДОДАТОК		64

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах еволюції індустріального сектору та сервісних служб результативність роботи ремонтних цехів має пряму залежність від рівня безпеки, безвідмовності та енергетичної ефективності наявних інженерних комунікацій. Майстерні, що спеціалізуються на відновленні зварювальної техніки, є об'єктами з особливими умовами виробництва. Їм притаманні різкі перепади струмових навантажень, інтенсивна емісія токсичних газів і зварювального пилу, а також жорсткі критерії щодо безперебійної роботи комутаційних апаратів і захисту робітників.

Переважає більшість існуючих схем електропостачання таких підприємств використовується вже багато років і побудована на морально застарілій пускорегулювальній апаратурі та неефективних освітлювальних приладах. Як наслідок, виникають нераціональні перевитрати електроенергії, дефіцит світла на робочих поверхнях, незадовільний повітрообмін та зростає ймовірність аварій. Отже, оновлення силових і освітлювальних контурів майстерні шляхом інтеграції безвідмовних пристроїв захисту, економічних LED-світильників та автоматики управління витяжкою постає нагальною інженерною проблемою. Її вирішення дозволить раціоналізувати споживання енергії, скоротити фінансові витрати на експлуатацію та сформувати безпечне робоче середовище, що повністю відповідає сучасним стандартам.

Мета дослідження полягає у формуванні сукупності науково підтверджених інженерно-проектних заходів, спрямованих на реконструкцію мереж електропостачання, системи штучного освітлення та електропривода витяжної вентиляції в майстерні з обслуговування зварювальної апаратури. Це необхідно для суттєвого підвищення показників енергоефективності об'єкта, його експлуатаційної безвідмовності та екологічної безпеки.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для досягнення поставленої мети у роботі сформульовано та вирішено такі завдання:

- проаналізувати просторово-архітектурну специфіку підприємства, призначення семи його робочих секторів та ключові етапи технологічного циклу відновлення техніки;
- здійснити світлотехнічні обчислення для всіх приміщень, застосовуючи метод коефіцієнта використання світлового потоку, з метою обґрунтування доцільності переходу на новітні LED-світильники;
- визначити необхідні робочі параметри та розробити проєкт електропривода системи примусової витяжки (на основі осьового агрегату) для гарантування регламентованої швидкості повітрообміну;
- провести розрахунок динаміки пуску, часу розгону та здійснити перевірку температурного стану застосованого асинхронного електродвигуна вентиляційного комплексу;
- аргументовано підібрати перерізи силових кабельних ліній, актуальну комутаційно-захисну апаратуру низької напруги, а також скласти принципову електричну схему управління приводним механізмом;
- розробити перелік інженерних та організаційних рішень щодо дотримання норм охорони праці, санітарно-гігієнічних вимог і протипожежного захисту в межах ділянки;
- виконати економіко-технічну оцінку впроваджених інновацій, підрахувати розмір капіталовкладень та обчислити період повної окупності запропонованого проєкту оновлення.

Об'єкт дослідження - комплекси внутрішнього електропостачання, силове устаткування, мережі робочого освітлення та електричні приводи допоміжних інженерних систем майстерні з ремонту зварювальних апаратів.

Предмет дослідження - розрахункові методики для освітлювальних і вентиляційних комплексів, принципи побудови розподільчих електромереж, критерії підбору пускозахисної техніки, а також індикатори енергетичної та економічної результативності реконструкції робочих просторів.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методи дослідження. Науково-практичні вишукування спираються на базові закони теоретичної електротехніки, застосування методу коефіцієнта використання світлового потоку для оптимізації розміщення світильників, використання графоаналітичного підходу для оцінки динамічних режимів пуску асинхронних машин, а також на методики комплексного інженерного та техніко-економічного аналізу. Усі обчислювальні операції та побудова графічних залежностей здійснювалися з використанням актуального прикладного програмного забезпечення та технічних баз даних провідних компаній-виробників електротехніки.

Практичне значення отриманих результатів зводиться до створення готового до фізичної реалізації інженерного проєкту оновлення комунікацій об'єкта. Запропонований проєкт дає можливість істотно зменшити питому встановлену потужність освітлювальних приладів, побудувати надійний селективний захист мереж від нештатних ситуацій із застосуванням новітньої апаратури, налагодити якісне видалення токсичних речовин вентиляційною системою і, як наслідок, досягти доведеної фінансової вигоди за рахунок мінімізації споживання електроенергії.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1
ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ
СТАНУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1.1 Призначення та архітектурно-просторове планування дільниці

У якості об'єкта для дослідження та подальшого проєктування виступає спеціалізована дільниця, що займається ремонтом електрозварювальної техніки. Головна функція цього підрозділу зводиться до здійснення технічного сервісу, дефектації, а також планового й капітального відновлення інверторних та трансформаторних зварювальних джерел і суміжної керуючої електроніки. Характер діяльності підприємства охоплює широкий спектр виробничих процесів: починаючи від прецизійного паяння електронних мікросхем, закінчуючи механічною металообробкою та фінальними випробуваннями обладнання.

Згідно з архітектурним планом споруди, сумарна площа об'єкта дорівнює 416 м², при цьому висота приміщень стабільно становить 4 м. Внутрішній простір раціонально поділено на сім окремих функціональних секторів, кожен з яких виконує власне виробниче завдання:

1. Коридор (розміри 3×32 м, площа 96 м²) - забезпечує логістичне сполучення між усіма зонами дільниці.
2. Побутова кімната (7×4 м, площа 28 м²) - призначена для відпочинку та санітарно-побутових потреб персоналу.
3. Електрощитова (3×4 м, площа 12 м²) - вузол вводу та розподілу електричної енергії.
4. Склад (10×5 м, площа 50 м²) - зона зберігання ремонтного фонду, запасних частин та готового обладнання.
5. Зона ремонту електроніки (10×6,5 м, площа 65 м²) - приміщення для діагностики та відновлення плат.
6. Зона механічного ремонту (10×10 м, площа 100 м²) - ділянка для відновлення корпусних деталей та механічних вузлів.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Зварювальна зона (10×6,5 м, площа 65 м²) - місце проведення вогневих робіт та тестування відремонтованого зварювального обладнання.

Виробнича логістика передбачає наступний цикл: несправна техніка приймається на склад, проходить етап базової дефектації в електронній або механічній зоні, після чого виконується безпосереднє усунення поломок. Завершується процес перевіркою робочих параметрів апаратів під силовим навантаженням у зоні тестування.

1.2 Аналіз існуючого стану інженерних мереж та виявлення недоліків

Оцінка поточного технічного стану внутрішніх інженерних комунікацій та електричних мереж об'єкта виявила низку критичних проблем, які негативно позначаються на продуктивності підприємства та знижують загальний рівень виробничої безпеки.

По-перше, діюча мережа штучного освітлення побудована з використанням морально застарілих люмінесцентних світильників. Їм притаманна слабка світловіддача, шкідливий для зору коефіцієнт пульсації та надмірне споживання електроенергії. На робочих місцях, де виконуються високоточні операції, такі джерела світла фізично не можуть гарантувати стабільне дотримання санітарної норми без колосальних перевитрат енергоресурсів.

По-друге, гостро стоїть проблема ефективності витяжної вентиляції у ключових виробничих зонах. Виконання монтажних робіт, верстатної металообробки та випробування апаратів неминує призводити до викидів токсичних газів, зварювальних аерозолів і металевих пилю в повітря. Стара система повітрообміну не справляється з повноцінною витяжкою цих забруднень, що є прямим порушенням вимог санітарії та гігієни праці.

По-третє, схема силового живлення та комутаційно-захисна апаратура вимагають докорінної модернізації. Встановлені в розподільних щитках старі магнітні пускачі та автомати не здатні забезпечити необхідну швидкодію і

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

селективність спрацювання у разі виникнення струмів короткого замикання. До того ж, у застарілих електричних проєктах часто допускалися грубі технічні порушення - наприклад, монтаж запобіжників (FU) безпосередньо у трифазне силове коло живлення електродвигуна, тоді як для надійної роботи вони повинні розміщуватися виключно в колі керування.

1.3 Обґрунтування напрямків модернізації електрообладнання

Зважаючи на виявлені недоліки, метою даного проєкту є комплексна модернізація системи електрозабезпечення дільниці. Для підвищення енергоефективності, безпеки та надійності функціонування об'єкта передбачається реалізація наступних технічних рішень:

1. Модернізація системи освітлення: Перехід на сучасні світлодіодні (LED) панелі та світильники.
2. Автоматизація та оновлення вентиляційної установки: Для ефективної витяжної вентиляції найбільш забруднених приміщень дільниці при довготривалій роботі.
3. Оновлення комутаційно-захисної апаратури: Для надійного керування електроприводами та захисту освітлювальних і силових кіл планується застосування сучасного модульного обладнання. У нових принципових схемах апарати захисту кіл керування будуть розташовані технічно грамотно, що забезпечить безпечну експлуатацію обладнання та безперебійність технологічного процесу ремонту.

Таким чином, комплексна модернізація дозволить створити сучасну, енергоефективну та безпечну інфраструктуру дільниці.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОПИС ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

2.1 Організація технологічного процесу на дільниці

Виробничий цикл відновлення електрозварювальної техніки (зокрема трансформаторів, інверторних апаратів, напівавтоматів та випрямлячів) являє собою комплексний багатостадійний процес, який вимагає злагодженої роботи всіх спеціалізованих секторів дільниці. Стандартний алгоритм обслуговування охоплює такі етапи: прийом апаратури, пошук дефектів, демонтаж вузлів, ремонт чи встановлення нових комплектуючих, зворотне складання та фінальне тестування.

Початковим пунктом технологічного маршруту є складське приміщення, куди доставляють пошкоджені пристрої. На цій стадії проводиться базовий візуальний контроль, облік техніки, а також її попереднє очищення від накопиченого індустріального бруду та пилу. Після цього, спираючись на специфіку виявленої несправності, апарати розподіляють по профільних ремонтних ділянках.

Сектор ремонту електроніки призначений для виконання найбільш прецизійних операцій: глибокої дефектації керуючих плат, перевірки силових блоків, паяння мікросхем та калібрування електронних компонентів. Зважаючи на специфіку роботи, це приміщення вимагає ідеальних параметрів штучного освітлення та гарантовано стабільного електроживлення для безперебійного функціонування чутливої вимірювальної апаратури.

У випадках, коли техніка має дефекти зовнішнього корпусу, випрацювані рухомі частини або потребує відновлення обмоток силових трансформаторів, її направляють до зони механічного ремонту. Саме тут реалізується весь спектр токарних, свердлильних та загальнослюсарних робіт.

Останньою і найбільшою за енергоспоживанням стадією є перевірка відновлених пристроїв під дією реальних робочих навантажень, що реалізується в зоні тестування. Оскільки ці випробувальні процеси генерують значну

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кількість теплової енергії, токсичних газів та специфічних аерозолів, виникає гостра потреба в облаштуванні надійної та високопродуктивної системи примусової витяжної вентиляції.

2.2 Склад та технічні характеристики технологічного обладнання

Склад, кількість та технічні параметри силових споживачів електричної енергії є базою для проведення подальших електротехнічних розрахунків, вибору перерізів кабельних ліній та комутаційно-захисної апаратури. Технологічне обладнання дільниці з ремонту електрозварювального обладнання структуроване за функціональними зонами відповідно до специфіки виконуваних операцій.

Зона ремонту електроніки

Ця зона призначена для діагностики, усунення дефектів та відновлення плат керування, силових інверторних модулів, драйверів та імпульсних блоків живлення зварювальних апаратів. Обладнання цієї зони відноситься до категорії високоточних однофазних споживачів, що вимагають високої стабільності напруги живлення. Основне обладнання цієї ділянки включає діагностичні стенди для перевірки електронних плат, промислові паяльні станції з термофенами, а також комплекти лабораторно-вимірювальних приладів (осцилографи, лабораторні блоки живлення).

Зона механічного ремонту

У цій зоні зосереджено сучасне металообробне та вантажопідйомне обладнання, яке забезпечує виконання слюсарних робіт, точної механічної обробки деталей та відновлення корпусів. Для виконання слюсарних і токарних робіт встановлено токарно-гвинторізний верстат, а також настільний фрезерний верстат. Крім того, у зоні експлуатується точильно-шліфувальний верстат.

Зона тестування

Приміщення призначене для проведення випробувань відремонтованої техніки під реальним робочим навантаженням є найбільш енергоємною ділянкою підприємства. Тут розміщені випробувальні стенди з баластними

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реостатами для перевірки зварювальних апаратів під робочим навантаженням. Для забезпечення санітарно-гігієнічних норм та ефективного видалення газів у цій зоні також встановлено електропривод загально обмінної витяжної вентиляції.

Допоміжні та санітарно-побутові споживачі

Забезпечують функціонування інфраструктури дільниці та належні умови праці для персоналу електричний накопичувальний водонагрівач, який забезпечує потреби персоналу в побутовій кімнаті та інші прилади.

2.3 Вимоги до електропостачання, систем керування та умов середовища

Гарантування безперебійного та безпечного функціонування дільниці з відновлення зварювальної апаратури передбачає неухильне виконання нормативних приписів щодо організації електромереж, підбору відповідного ступеня захисту оболонок устаткування та розробки алгоритмів автоматичного керування. Дані критерії жорстко регламентуються актуальними Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) [1], санітарно-гігієнічними правилами та нормами пожежної безпеки. З метою реалізації системного інженерного підходу, всі технічні вимоги до оновлення системи електрозабезпечення об'єкта класифіковано за трьома базовими напрямками.

2.3.1 Категорії надійності електропостачання споживачів. Відповідно до класифікації надійності забезпечення електроенергією, переважна більшість виробничих потужностей дільниці класифікується як споживачі III категорії. Тимчасова відсутність напруги на цих споживачах не створює небезпеки для життя персоналу, не провокує критичних поломок цінного устаткування або масштабного випуску бракованої продукції, а призводить виключно до вимушеної паузи у виконанні ремонтних операцій. Електроживлення споживачів цієї категорії реалізується від єдиного джерела, при цьому максимально дозволена тривалість знеструмлення обмежується часом, який потрібен на

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ліквідацію аварії чи заміну несправного компонента мережі (проте не має перевищувати 24 години).

Виняток становить система пожежної сигналізації та мережа аварійного (евакуаційного) освітлення (зокрема у коридорі та електрощитовій). Згідно з вимогами безпеки, ці системи належать до I категорії надійності. Їх безперебійна робота при модернізації забезпечується наявністю вбудованих акумуляторних батарей у світлодіодних світильниках (наприклад, блоків аварійного живлення) та джерел безперебійного живлення (ДБЖ) для систем сигналізації.

2.3.2 Класифікація приміщень за умовами середовища та електробезпекою. Мікрокліматичні показники та специфіка середовища у функціональних секторах дільниці мають суттєві розбіжності, що безпосередньо зумовлює вибір конструктивного виконання електрообладнання (рівень захисту оболонки IP), а також варіантів розведення кабельних трас.

Приміщення без підвищеної небезпеки (Побутова кімната, Зона ремонту електроніки): Характеризуються стандартними параметрами температури та відносної вологості, за повної відсутності струмопровідного пилоутворення чи агресивних хімічних речовин. У даних локаціях дозволяється монтаж стандартних електроустановочних виробів (штепсельних розеток, вимикачів) та освітлювальних приладів із класом захисту оболонки на рівні IP20 або IP31.

Приміщення з підвищеною небезпекою (Зона механічного ремонту): Під час експлуатації токарно-гвинторізного, фрезерного та заточувального обладнання відбувається виділення дрібної металевої стружки та електропровідного пилу. Усе електрообладнання, що монтується в цьому секторі, повинно мати клас захисту внутрішніх елементів не нижче ніж IP44 (рекомендовано IP54).

Пожежонебезпечні зони (Зона тестування): Оскільки процес післяремонтних випробувань зварювальних апаратів під робочим навантаженням супроводжується значними струмовими показниками, інтенсивним виділенням тепла та розлітанням розпечених часток металу, згідно з нормами ПУЕ даний простір класифікується як пожежонебезпечна зона класу П-Па [1]. Додатковим джерелом ризику є наявність заземлених

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

металоконструкцій випробувальних стендів. До цього сектора висуваються підвищені вимоги: застосування світильників та пускозахисних шаф із класом захисту строго IP54, а також виконання силових та освітлювальних мереж виключно за допомогою вогнестійких кабелів із маркуванням «нг-LS» (які не підтримують горіння при груповому прокладанні та мають низький рівень димово-газовиділення).

2.3.3 Вимоги до побудови систем керування та захисту електроприводів. Ключовим кроком у процесі реконструкції виступає оновлення не тільки силових ліній, але й комплексів ручного та автоматизованого управління електричними приводами .

Специфічною умовою розробки новітніх електричних схем для трифазних асинхронних двигунів є грамотна побудова багатоступеневого апаратного захисту. Дослідження старих проєктів виявило, що плавкі запобіжники (FU) часто монтувалися прямо в силових колах електродвигунів. Згідно з актуальними технічними нормами та критеріями безвідмовності, подібний підхід є категорично забороненим. Спрацювання (перегорання) хоча б однієї фазної вставки провокує небезпечний неповнофазний (двофазний) режим функціонування електромашини. Внаслідок цього відбувається стрімке збільшення струмових навантажень у неушкоджених фазах, надмірне нагрівання статорних обмоток та остаточна поломка двигуна.

Щоб нівелювати цю небезпеку, у розроблюваних схемах захисні пристрої (однополюсні автомати невеликого номіналу чи запобіжники FU) інтегруються винятково у фазний провід кіл управління. Даний інженерний хід забезпечує гарантоване убезпечення керуючих кнопок, котушок магнітних пускачів та елементів сигналізації від струмів короткого замикання безпосередньо в самому ланцюзі керування.

У свою чергу, повноцінний захист силових ліній електродвигуна (від теплових перевантажень тривалого характеру, а також дво- чи трифазних коротких замикань) повинен здійснюватися із застосуванням профільної модульної захисної апаратури.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Розрахунок необхідного повітрообміну та вибір вентиляційного обладнання

Проведення ремонтних, паяльних та зварювальних робіт, а також випробування відновленої техніки під навантаженням неминуче супроводжуються виділенням у повітря робочої зони значної кількості шкідливих речовин: оксидів вуглецю, азоту, озону, специфічних зварювальних аерозолів та дрібнодисперсного металевого пилу. Для підтримання шкідливих речовин на рівні гранично допустимих концентрацій (ГДК) та забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов згідно з чинними нормами (зокрема ДСТУ EN 12464-1:2021 [13]), на ділянці передбачено проєктування системи загальнообмінної примусової витяжної вентиляції.

Основою для аеродинамічних розрахунків є визначення внутрішнього кубатурного об'єму тих приміщень ділянки, де безпосередньо відбуваються технологічні процеси із виділенням шкідливих речовин. Визначається за допомогою формули:

$$V=A \cdot B \cdot H. \quad (2.1)$$

Розрахунок об'ємів робочих зон.

Зона ремонту електроніки: $V_5 = 10 \cdot 6.5 \cdot 4 = 260 \text{ м}^3$.

Зона механічного ремонту: $V_6 = 10 \cdot 10 \cdot 4 = 400 \text{ м}^3$.

Зона тестування: $V_7 = 10 \cdot 6.5 \cdot 4 = 260 \text{ м}^3$.

Знаходимо необхідний повітрообмін. Кратність повітрообміну (k_p) - це санітарний показник, що визначає, скільки разів протягом однієї години повітря в приміщенні повинно повністю замінитися на чисте для забезпечення безпеки праці. Для ремонтних майстерень, ділянок паяння та зварювальних постів, нормативна кратність повітрообміну приймається на рівні $k_p = 5 \text{ год}^{-1}$. Необхідна годинна витрата повітря для кожного приміщення розраховується як добуток об'єму на кратність:

$$L_H = V \cdot k_p. \quad (2.2)$$

Для зони ремонту електроніки: $L_{H5} = 260 \cdot 5 = 1300 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зони механічного ремонту: $L_{H6} = 400 \cdot 5 = 2000 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$.

Для зона тестування: $L_{H7} = 260 \cdot 5 = 1300 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$.

Оскільки на ділянці не передбачено встановлення додаткових витяжних шаф із відокремленими локальними відсмоктувачами (витрата на місцеві відсмоктувачі $L_{\text{міс}} = 0$, уся задача з видалення забрудненого повітря покладається на централізовану загальнообмінну систему. Загальний необхідний повітрообмін є сумою потреб усіх робочих зон ділянки:

$$\sum L = L_{H5} + L_{H6} + L_{H7}. \quad (2.3)$$

$$\sum L = 1300 + 2000 + 1300 = 4600 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Розраховуємо необхідну подачу вентилятора із запасом. У процесі експлуатації вентиляційної системи неминуче виникають аеродинамічні втрати та підсмоктування повітря через нещільності будівельних конструкцій, віконних отворів чи дверних отворів. Тому розрахункову подачу витяжної системи приймають з експлуатаційним запасом у 10 %:

$$L_b = 1.1 \cdot \sum L. \quad (2.4)$$

$$L_b = 1.1 \cdot 4600 = 5060 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

З огляду на потребу у переміщенні великих об'ємів повітря при відносно невеликому аеродинамічному опорі (відсутність довгої розгалуженої мережі повітропроводів), технічно та економічно обґрунтованим є застосування стінного осьового вентилятора. Для встановлення прийнято промисловий осьовий вентилятор типу ВО-Ф-5,6. Даний агрегат має номінальну паспортну об'ємну подачу $6000 \text{ м}^3/\text{год}$ при статичному тиску 0. Оскільки номінальна подача вентилятора перевищує необхідну розрахункову $6000 \geq 5060 \text{ м}^3/\text{год}$, обране обладнання гарантовано та з необхідним запасом забезпечить нормативний повітрообмін на ділянці.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок електропривода

3.1.1 Короткий опис функціональної схеми вентилятора ВО-Ф-5,6.

Вентилятори застосовуються у системах загальнообмінної та технологічної вентиляції виробничих і сільськогосподарських приміщень, а також входять до складу комплектів обладнання «Клімат-45» та «Клімат-47». Квадратний корпус забезпечує зручний монтаж у стінні чи віконні прорізи. Конструкція виготовляється з оцинкованої листової сталі, а лопаті крильчатки - залежно від виконання - з алюмінію або оцинкованої сталі. Робоче колесо захищене металевою сіткою з коміркою 25×25 мм, що запобігає потраплянню сторонніх предметів у робочу зону. У комплект постачання входять жалюзі - гравітаційні або з ручною фіксацією. Технічні характеристики вентилятора ВО-Ф-5,6 представлені в Додатку А, таблиця А.1.



Рис. 3.1 Зовнішній вигляд вентилятора ВО-Ф-5,6

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.2 Обробка навантажувальної діаграми установки. Навантажувальна діаграма робочої машини -це залежність потужності або моменту статичних опорів від часу.

Навантажувальна характеристика електродвигуна - це залежність його потужності, моменту чи струму від часу.

Тривалий режим роботи двигуна передбачає постійне навантаження протягом усього періоду функціонування.

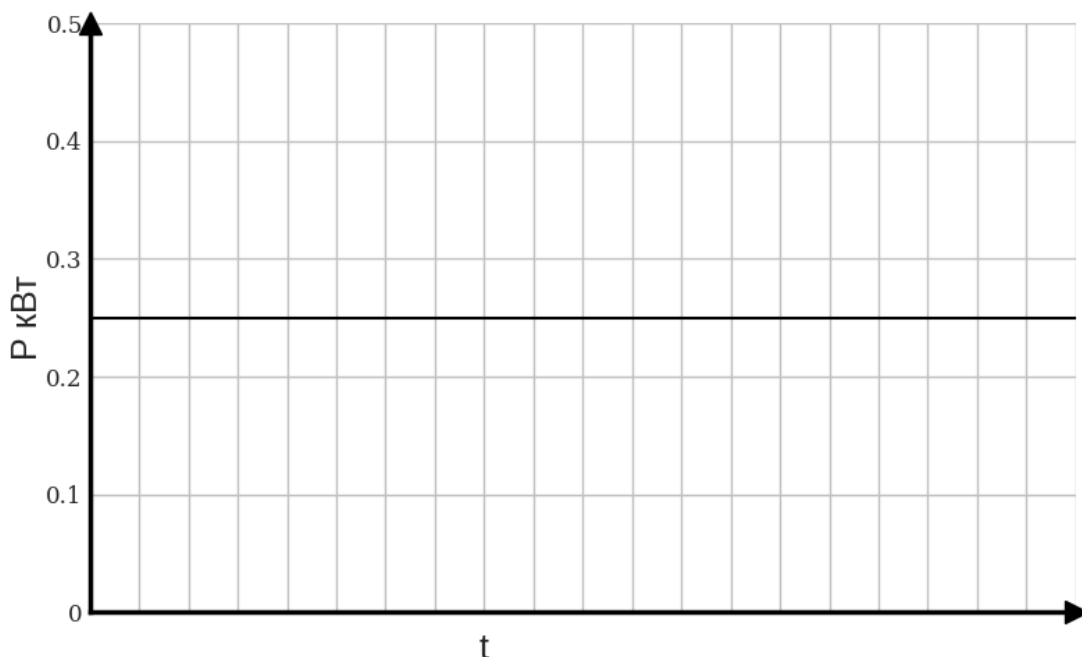


Рис. 3.2 Навантажувальна діаграма вентилятора.

Для визначення потужності електродвигуна використовується відповідна формула:

$$P_{уст} = \frac{K_3 \cdot L_d \cdot P}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_v \cdot \eta_n \cdot \eta_{під}}, \text{ кВт} \quad (3.1)$$

де K_3 - коефіцієнт запасу потужності, $K_3=1,2$;

L_d - дійсна сумарна подача, $L_d = 4600 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$

P - зведений тиск для стінного осьового вентилятора, $P = 10,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$

η_v - максимальний ККД вентилятора, $\eta_v = 0.67$

η_n - ККД прямої передачі, $\eta_n = 1$

$\eta_{під}$ - ККД підшипників, $\eta_{під} = 0.99$

$$P_{уст} = \frac{1.2 \cdot 4600 \cdot 10,6}{3600 \cdot 102 \cdot 0.67 \cdot 1 \cdot 0.99} = 0,24 \text{ кВт}$$

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.3 Виконуємо попередній вибір електродвигуна за частотою обертання та потужністю. На основі навантажувальної діаграми визначається режим роботи двигуна - тривалий режим зі змінним навантаженням (S1).

Номінальну потужність двигуна для такого режиму встановлюють з урахуванням допустимого нагрівання під час тривалої роботи зі змінним навантаженням:

$$P_{\text{дв.ном}} \geq P_{\text{дв.розр.}} \quad (3.2)$$

$$0,25 \geq 0,24.$$

де $P_{\text{дв.розр.}}$ - розрахункова потужність двигуна, визначається за допомогою формули:

$$P_{\text{дв.розр}} = \frac{K_{\text{зап}} P_{\text{м}}}{\eta_{\text{пер}}} = \frac{1,2 \cdot 0,2}{1} = 0,24 \text{ кВт} \quad (3.3)$$

де $K_{\text{зап.}}$ - коефіцієнт запасу;

$\eta_{\text{пер}}$ - ККД механічного передавання пристрою.

За частотою обертання двигун вибирають, враховуючи рекомендації, наведені вище.

За визначеними значеннями струму з каталогу попередньо вибираю електродвигун.

Був підібраний електродвигун АИРП80-06У2 із паспортними даними які вказані в Додатку А, таблиця А.2.

3.1.4 Розрахунок і побудова механічної характеристики електродвигуна. Побудову механічної характеристики двигуна виконують за п'ятьма характерними точками:

$$1) s=0 \quad M=0 \text{ Нм}$$

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,6 \text{ с}^{-1}$$

$$2) s_{\text{Н}} = \frac{\omega_{\text{с}} - \omega_{\text{Н}}}{\omega_{\text{с}}} = \frac{n_{\text{с}} - n_{\text{Н}}}{n_{\text{с}}} = \frac{1000 - 900}{1000} = 0,1$$

$$M_{\text{Н}} = 9550 \frac{P_{\text{Н}}}{n_{\text{Н}}} = 9550 \cdot \frac{0,25}{900} = 2,7 \text{ Нм}$$

$$3) s_{\text{К}} = \frac{s_{\text{Н}} + \sqrt{s_{\text{Н}} \frac{\mu_{\text{К}} - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{s_{\text{Н}} \frac{\mu_{\text{К}} - 1}{\mu_1 - 1}}} = \frac{0,1 + \sqrt{0,1 \frac{2,2 - 1}{1,25 - 1}}}{1 + \sqrt{0,085 \frac{2,2 - 1}{1,25 - 1}}} = 0,5 \quad \mu_1 = \frac{\mu_{\text{К}}}{\mu_{\text{П}}} = \frac{2,2}{1,6} = 1,05$$

$$M_{\text{К}} = \mu_{\text{К}} \cdot M_{\text{Н}} = 2,2 \cdot 2,7 = 6 \text{ Нм}$$

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$4) s_{\min} \quad M_{\min} = \mu_{\min} \cdot M_H = 1,4 \cdot 2,7 = 3,8 \text{ Нм}$$

$$5) s_{\Pi} = 1 \quad M_{\text{пуск}} = \mu_{\text{пуск}} \cdot M_H = 2 \cdot 3,86 = 7,72 \text{ Нм}$$

Побудова механічної характеристики електродвигуна здійснюється з урахуванням допустимих відхилень моменту:

$$1) s = 0 \quad M' = 0 \text{ Нм}$$

$$2) s_H = 0,1 \quad M'_H = M_H = 2,7 \text{ Нм}$$

$$3) s_K = 0,5 \quad M'_K = 0,9M_K = 0,9 \cdot 6 = 5,4 \text{ Нм}$$

$$4) s_{\min} \quad M'_{\min} = 0,8M_{\min} = 0,8 \cdot 3,82 = 3,04 \text{ Нм}$$

$$5) s_{\text{пуск}} = 1 \quad M'_{\text{пуск}} = 0,85M_{\text{пуск}} = 0,85 \cdot 4,32 = 3,67 \text{ Нм}$$

Механічна характеристика формується з врахуванням меж допустимих змін напруги:

$$1) s = 0 \quad M'' = 0$$

$$2) s_H = 0,1 \quad M''_H = 0,95^2 M'_H = 0,95^2 \cdot 2,7 = 2,4 \text{ Нм}$$

$$3) s_K = 0,5 \quad M''_K = 0,95^2 M'_K = 0,95^2 \cdot 5,4 = 4,86 \text{ Нм}$$

$$4) s_{\min} = 0,8 \quad M''_{\min} = 0,95^2 M'_{\min} = 0,95^2 \cdot 3,04 = 2,7 \text{ Нм}$$

$$5) s_{\text{пуск}} = 1 \quad M''_{\text{пуск}} = 0,95^2 M'_{\text{пуск}} = 0,95^2 \cdot 3,67 = 3,3 \text{ Нм}$$

За вихідну приймаємо механічну характеристику двигуна, яка враховує можливі відхилення моменту за припустимих коливань напруги яка зображена на рис. 3.3

3.1.5 Визначення тривалості пуску електродвигуна і побудова його навантажувальної діаграми. За допомогою графоаналітичного методу можна визначити час пуску електродвигуна. Для цього будують механічні характеристики як самого двигуна, так і робочої машини. Розраховуємо кутову швидкість щоб побудувати механічні характеристики електродвигуна за ковзанням. Результати заносимо в таблицю 3.3.

$$1) s = 0 ; \quad \omega_0 = 104,6 \text{ с}^{-1} ; \quad M_d'' = 0 \text{ Нм}$$

$$2) s_H = 0,1 \quad \omega_H = 94,2 \text{ с}^{-1} ; \quad M_H'' = 2,4 \text{ Нм}$$

$$3) s_K = 0,5 \quad \omega_K = 52,3 \text{ с}^{-1} ; \quad M_K'' = 4,86 \text{ Нм}$$

$$4) s_{\min} \quad \omega_{\min} \text{ с}^{-1} ; \quad M''_{\min} \text{ Нм}$$

$$5) s_{\text{пуск}} = 1 \quad \omega_{\text{пуск}} = 0 \text{ с}^{-1} ; \quad M_{\text{пуск}}'' = 3,3 \text{ Нм}$$

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Дані обчислення механічних характеристик двигуна

		1	2	3	4	5
$\omega=f(M)$	ω , рад/с	104,6	94,2	52,3	20,9	0
	M , Н·м	0	2,7	6	3,8	4,32
$\omega=f(M')$	ω , рад/с	104,6	94,2	52,3	20,9	0
	M' , Н·м	0	2,7	5,4	3,04	3,67
$\omega=f(M'')$	ω , рад/с	104,6	94,2	52,3	20,9	0
	M'' , Н·м	0	2,4	4,86	2,7	3,3

Механічна характеристика робочої машини - це залежність величини моменту статичних опорів, які виникають під час її функціонування, від кутової швидкості приводного вала.

Зведену до вала двигуна механічну характеристику робочої машини $M_c=f(\omega)$ розраховують за рівнянням:

$$M_c = \frac{n_{m.n}}{n_n \cdot \eta_{\text{пер}}} \left[M_{m.o.} + (M_{m.n.} - M_{m.o.}) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^x \right], \quad (3.4)$$

де $n_{m.n.}$ - номінальна частота обертання робочого органа машини, об/хв;

n_n - номінальна частота обертання електродвигуна, об/хв;

$M_{m.o.}$ - початковий момент статичних опорів робочої машини, Нм;

$M_{m.n.}$ - момент опору машини, що відповідає номінальній кутовій швидкості електродвигуна ω_n , Нм;

ω - кутова швидкість електро-двигуна при моменті M_c , с⁻¹;

x - показник степеня, що характеризує зміну моменту статичних опорів робочої машини при зміні швидкості;

$\eta_{\text{пер}}$ - ККД передачі від двигуна до робочої машини.

Вихідні дані для розрахунку механічної характеристики робочої машини отримують шляхом детального аналізу кінематичної схеми приводу та технологічного процесу, який ця машина забезпечує.

Знайдені величини механічної характеристики установки зводять у табл. 3.4 і згідно з ними на рис.3.3. зображують графік $\omega=f(M_c)$.

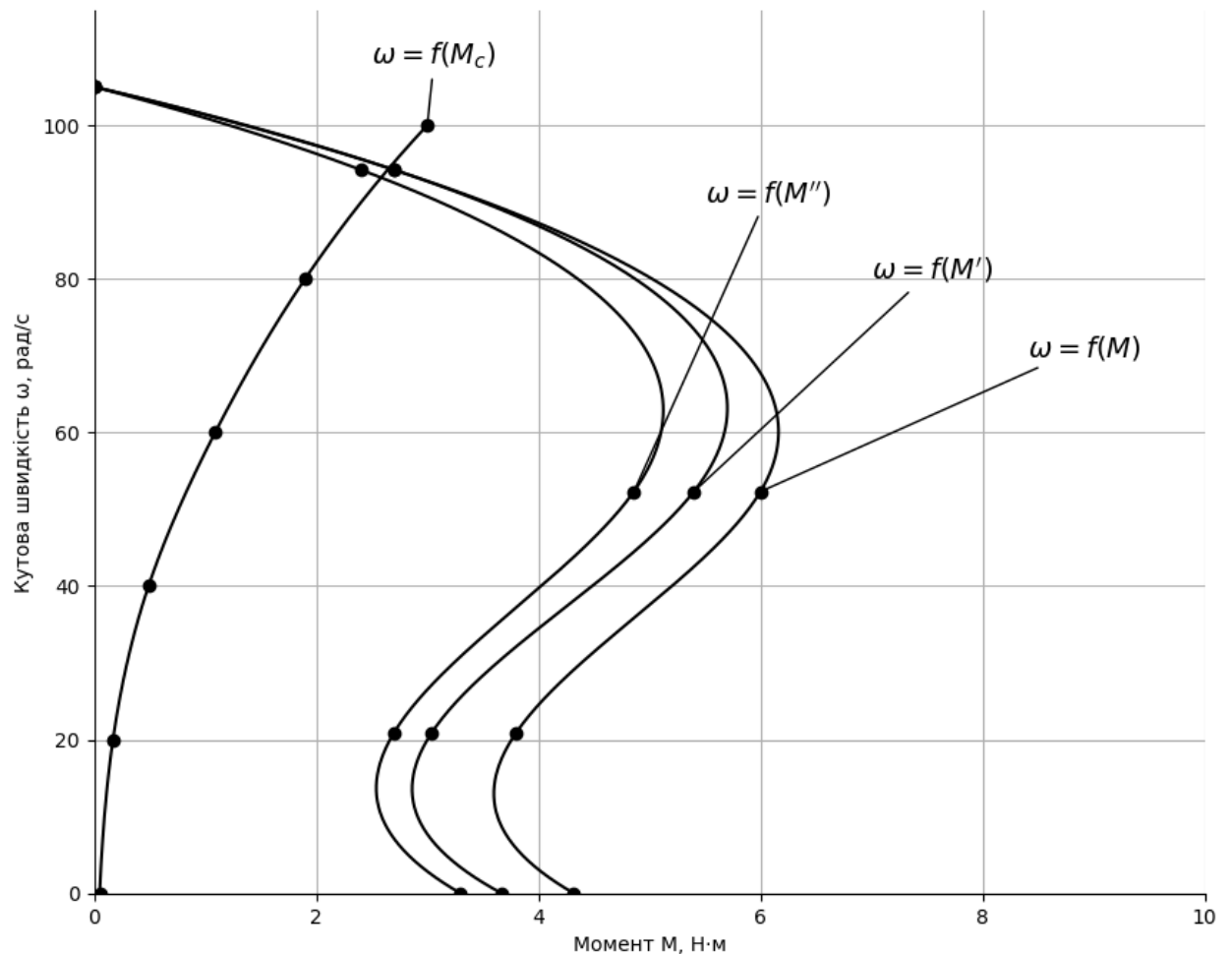


Рис. 3.3 Графік механічної і динамічних характеристик

Таблиця 3.4

Результати розрахунку зведеного моменту статичних опорів робочої машини.

ω, c^{-1}	0	20	40	60	80	100
$M_c, H \cdot m$	0,05	0,17	0,49	1,09	1,9	3,0

Для визначення часу пуску двигуна графічно знаходять різницю $M_{дин} = M''_д - M_c$ і будують графік динамічного моменту $\omega = f(M_{дин})$.

Графік залежності $\omega = f(M_{дин})$ поділяють на ділянки за інтервалами швидкості $\Delta\omega$ для кожної з яких визначають середнє значення динамічного

моменту $M_{\text{дин.ср.}}$. Інтервали $\Delta\omega$ обирають так, щоб забезпечити необхідну точність розрахунків.

Зведений момент інерції електропривода та робочої машини, приведений до вала двигуна, визначають за формулою:

$$j_{\text{зв}} = j_{\text{рот}} + \frac{j_{\text{м}}}{i^2}. \quad (3.4)$$

де $j_{\text{рот}}$ - момент інерції ротора двигуна, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $j_{\text{м}}$ - момент інерції обертових частин робочої машини, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $i = \frac{n_{\text{н}}}{n_{\text{м.н.}}}$ - передаточне число механічної передачі.

$$j_{\text{зв}} = 0,0047 + \frac{0,012}{1} = 0,0167.$$

Час пуску на кожній ділянці графіка знаходять за виразом:

$$\Delta t_i = \frac{j \cdot \Delta\omega_i}{M_{\text{дин.ср.}i}}. \quad (3.5)$$

Повний час пуску визначають як суму всіх інтервалів:

$$t_{\text{п}} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i. \quad (3.6)$$

Результати що отримали заносимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5

Визначення часу запуску комплексу „електродвигун - виконавчий механізм”

№ділянки	Δw	$M_{\text{дин}}$	Δt_i	$t_{\text{п}}$
1	10	3	0,057	0,057
2	10	1,75	0,097	0,154
3	10	1,8	0,094	0,248
4	10	3	0,057	0,305
5	10	3,14	0,054	0,350
6	10	2,75	0,062	0,421
7	10	1	0,017	0,591
8	8	0,75	0,181	0,772

Графік зміни кутової швидкості в часі $\omega = f(t)$ будують у другому квадранті. Для цього послідовно відкладають значення приросту часу і відповідні значення кутової швидкості.

$$t_{\text{пуск}} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i c \quad (3.7)$$

Для побудови кривої перехідного процесу $\omega = f(t)$ на осі абсцис послідовно відкладаємо прирости часу Δt_i і визначаємо відповідно кутову швидкість.

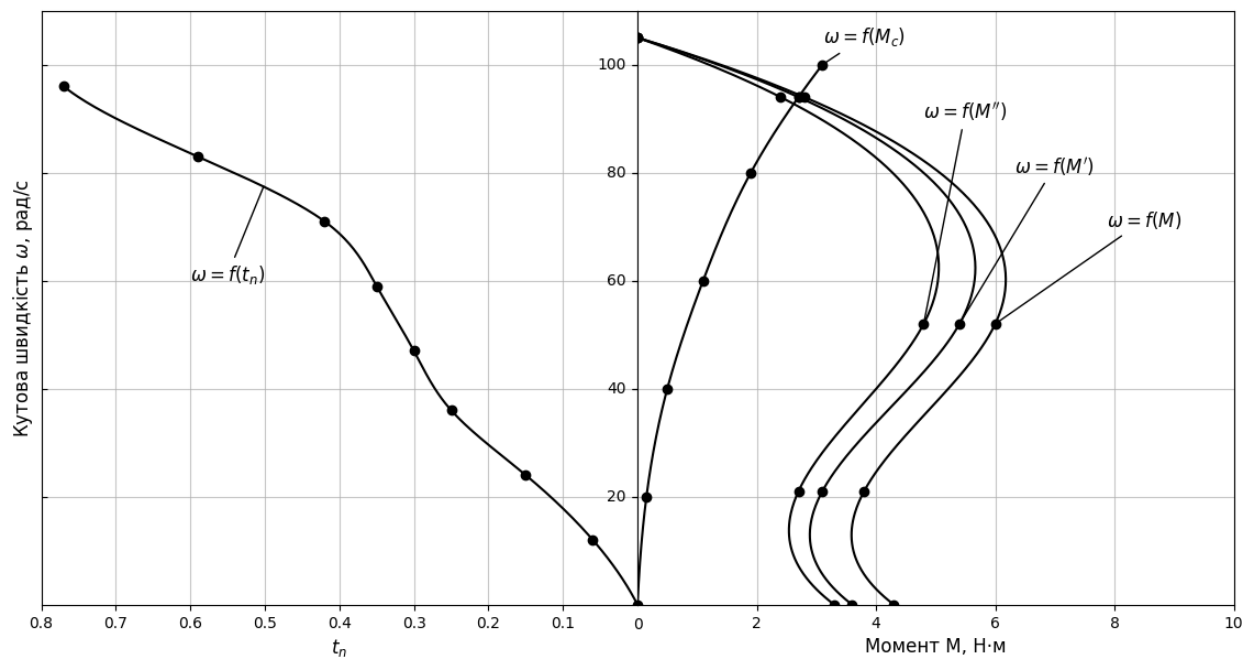


Рис. 3.4 Діаграма графоаналітичного розрахунку пуску привода

3.1.6 Перевірка електродвигуна за тепловим режимом під час пуску.

Проводиться за умовою:

$$\tau_{\text{доп}} \geq \tau_{\text{пуск}}. \quad (3.8)$$

де: $\tau_{\text{доп}}$ - максимально допустиме перевищення температури двигуна;

$\tau_{\text{пуск}}$ - фактичне перевищення температури двигуна під час пуску.

Для двигунів серії АИРП $\tau_{\text{доп}} = 80^\circ\text{C}$

$$\tau_{\text{пуск}} = V_t t_{\text{пуск}} = 8,0 \cdot 0,6 = 4,8^\circ\text{C}$$

$$80^\circ\text{C} > 4,6^\circ\text{C}.$$

Умова перевірки виконується.

3.1.7 Перевірка вибраного електродвигуна на перевантажувальну здатність. Оскільки двигун працює в тривалому режимі з постійним навантаженням, перевірку на перевантажувальну здатність виконувати немає потреби.

3.1.8 Вибір електродвигуна за електричними модифікаціями. Асинхронні двигуни типу АИРП призначені для приводу витяжних вентиляторів серії ВО, що входять до складу кліматичного обладнання «Клімат-Лідер». Літера

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

«П» у позначенні типу двигуна означає закрите продувне виконання (охолодження здійснюється за рахунок робочого вентилятора).

Двигун допускає підключення до змінного струму, має ступінь захисту IP54, конструктивне виконання IM30S1, кліматичне виконання та розміщення У2. Ізоляція належить до класу нагрівостійкості F.

Схема з'єднання обмоток - «зірка» з виведеною нульовою точкою, яка підключається до трифазного регулятора напруги. Приєднання нульового проводу безпосередньо до нульової точки статорної обмотки не допускається, оскільки це може спричинити додаткове нагрівання двигуна.

Номінальний режим роботи двигуна - S1 (тривалий).

3.2 Розрахунок електроосвітлення

Розрахунок освітлення приміщень виконується за методом коефіцієнту використання світлового потоку.

Визначення кількості світильників.

Кількість світильників визначають з умови найвигіднішої відносної відстані між ними за відомими параметрами приміщення:

Довжина А - 10 м; Ширина В - 6,5 м ; Висота Н - 4 м.

$A=10$ м; $B=6,5$ м; $H=4$ м; $E=300$; $h_v = 0,2$; $h_p = 0,8$; $\lambda=0,8$; $K=1.15$; ККД = 69%

Визначаємо кількості та розміщення світильників. Для правильного рівномірного розміщення світильників необхідно визначити висоту їх підвісу. Висота підвісу світильника над робочою поверхнею (H_p) розраховується за формулою:

$$H_p = H - h_v - h_p = 4 - 0,2 - 0,8 = 3 \text{ м.}$$

Відстань між центрами світильників потрібно розраховувати за допомогою формули:

$$L = H_p \cdot \lambda = 3 \cdot 0,8 = 2,4 \text{ м.}$$

Розраховуємо необхідну кількість світильників для рівномірного покриття:

Кількість світильників по довжині приміщення

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_A = \frac{A}{L} = \frac{10}{2,4} = 4 \text{ шт.}$$

Кількість світильників по ширині приміщення

$$N_B = B/L = \frac{6,5}{2,4} = 3 \text{ шт.}$$

Загальна кількість світильників у приміщенні

$$N_{\Sigma} = N_A \cdot N_B = 4 \cdot 3 = 12 \text{ шт.}$$

Визначення розрахункового світлового потоку та вибір світильника

Щоб забезпечити нормовану освітленість 300 лк, знайдемо необхідний світловий потік однієї лампи (Φ_p) за основною формулою методу:

$$\Phi_p = \frac{K_z \cdot Z \cdot E_k \cdot S}{\text{ККД} \cdot N_{\Sigma}} \quad (3.9)$$

$$\Phi_p = \frac{1.15 \cdot 1.15 \cdot 300 \cdot 65}{0.69 \cdot 8} = 3594 \text{ лм.}$$

На основі отриманого значення до встановлення приймаємо сучасний енергоефективний світлодіодний світильник марки VIDEX LED з такими характеристиками:

Потужність лампи ($P_{\text{л}}$): 36 Вт.

Світловий потік лампи ($\Phi_{\text{л}}$): 3850 лм.

Колірна температура: 5000 К.

Перевірка фактичної освітленості та енергетичних показників. Оскільки світловий потік обраного світильника (3850 лм) відрізняється від розрахункового (3594 лм), необхідно перевірити фактичну освітленість ($E_{\text{ф}}$), яка буде створена в приміщенні:

$$E_{\text{ф}} = E_{\text{н}} \frac{\Phi_{\text{л}}}{\Phi_p} = 300 \cdot \frac{3850}{3594} = 321,4 \text{ Лк.}$$

Перевіримо відхилення дійсної освітленості від нормованої (ΔE). Згідно з нормами, відхилення допускається в межах від -10% до +20%.

$$\Delta E = \frac{E_{\text{ф}} - E_{\text{н}}}{E_{\text{н}}} \cdot 100\% = \frac{321,4 - 300}{300} \cdot 100\% = +7,1 \text{ \%}.$$

Відхилення становить +7,1%, що лежить у допустимих межах. Вибір світильників зроблено правильно.

Енергетичні показники освітлювальної установки: Загальна встановлена потужність освітлення зона тестування (P_{Σ}):

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\Sigma} = P_A \cdot N_{\Sigma} = 8 \cdot 36 = 288 \text{ Вт.}$$

Питома потужність освітлення ($P_{\text{пит}}$)

$$P_{\text{пит}} = \frac{P_{\Sigma}}{S} = \frac{288}{50} = 5,8 \text{ Вт/м}^2.$$

Розрахунки інших приміщень заносимо їхні значення в таблицю 3 яка знаходиться в додатку А

3.3 Вибір пристроїв керування та захисту, решти компонентів схеми автоматизації, НКП і систем електропроводки

3.3.1 Апарати захисту та комутації електропривода. Автомати захисту підбирають відповідно до таких вимог:

1) за показником номінальної напруги пристрою, що має бути не меншою за номінальну напругу в мережі:

$$U_{\text{на}} \geq U_{\text{мережі}} \quad (3.10)$$

$$380 \text{ В} \geq 380 \text{ В.}$$

2) за значенням номінального струму - таким чином, щоб номінальна сила струму автоматичного вимикача була не нижчою за номінальний струм підключеного двигуна:

$$I_{\text{на}} \geq I_{\text{н.дв}} \quad (3.11)$$

$$6 \text{ А} \geq 1 \text{ А.}$$

- 3) визначають необхідну кратність відсічки $K_{\text{відс}}$;
- 4) за конструкційними особливостями: числом полюсів, типом та кількістю роз'єднувачів максимального струму, наявністю допоміжних контактів та додаткових роз'єднувачів, типом механізму привода, а також можливістю налаштування струму спрацювання теплових роз'єднувачів;
- 5) за варіантом кліматичного виконання та категорією розміщення.;
- 6) за рівнем захищеності від впливу зовнішніх факторів;

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо автоматичний вимикач серії Schneider Electric Acti9 iC60N 3P 6A C.



Рис. 3.6 Schneider Electric Acti9 iC60N 3P 6A C.

Обраний апарат тестують на відсутність спрацювання під час запуску двигуна згідно з умовою:

$$I_{\text{відс}} = K_{\text{відс}} \cdot I_{\text{н.розч.}} \geq K_z \cdot K_{\text{ру}} \cdot K_{\text{рпс}} \cdot K_I \cdot I_{\text{н.дв}}, \quad (3.12)$$

$$30 \text{ A} \geq 11,55 \text{ A.}$$

де $I_{\text{відс}}$ - сила струму відсічки електромагнітного роз'єднувача, А; K_z - коефіцієнт запасу, $K_z = 1,1$; $K_{\text{ру}}$ - показник, що враховує відхилення уставки теплового роз'єднувача, $K_{\text{ру}}=1,25$; $K_{\text{рпс}}$ - коефіцієнт можливого відхилення пускового струму від його паспортного значення, $K_{\text{рпс}}=1,2$; K_I - кратність пускового струму; $I_{\text{н.дв.}}$ - номінальний струм двигуна..

Магнітні пускачі підбирають за наведеними критеріями:

1) за номінальною напругою приладу, яка не може бути нижчою за номінальну напругу мережі:

$$U_{\text{п.ном.}} \geq U_{\text{м.}} \quad (3.13)$$

$$380 \text{ В} \geq 380 \text{ В.}$$

2) за номінальним робочим струмом - так, щоб цей показник для пускача був не меншим за номінальний струм двигуна:

$$I_{\text{п.ном.р.}} \geq I_{\text{дв.ном}} \quad (3.14)$$

$$9 \text{ А} \geq 1 \text{ А.}$$

3) за призначенням - реверсивні чи неревверсивні, для запуску двигунів із перемиканням з «зірки» на «трикутник», з вбудованим захистом (теплове реле, позисторний захист) або без нього;

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 4) за рівнем захищеності від навколишнього середовища
- 5) за типом та кількістю контактів у допоміжному колі
- б) за варіантом кліматичного виконання та категорією розміщення;
- 7) за типом струму та напругою втягувальної котушки. При цьому номінальна напруга котушки має відповідати напрузі в колі керування пускатчем:

$$U_{\text{кот.ном.}} = U_{\text{кер.}} \quad (3.15)$$

$$380 \text{ В} = 380 \text{ В.}$$

Вибираєм магнітний пускач серії Schneider Electric контактор 3Р, 9А, НО+НЗ, 380В 50Гц,



Рис. 3.7 Schneider Electric контактор 3Р, 9А, НО+НЗ, 380В 50Гц.

Вибір струмового електротеплового реле слід виконувати в такій послідовності:

1. За типом реле (за типом магнітного пускача, для якого воно розроблене)
2. За номінальним струмом реле:

$$I_{\text{ном.т.р.}} \geq I_{\text{н.дв.}} \quad (3.16)$$

де $I_{\text{ном.т.р.}}$ - номінальний струм електротеплового реле, А;

$I_{\text{н.дв.}}$ - номінальний струм керованого електродвигуна, А.

3. За номінальним струмом двигуна:

$$I_{\text{рег.макс.т.р.}} \geq I_{\text{н.дв.}} \geq I_{\text{рег.мін.т.р.}} \quad (3.17)$$

де $I_{\text{рег.макс.т.р.}}$ та $I_{\text{рег.мін.т.р.}}$ - відповідно максимальне і мінімальне значення діапазону регулювання струму не спрацювання електротеплового реле, А.

4. За кліматичним виконанням і категорією розміщення.

Обираємо електротеплове реле згідно співвідношень:

$$I_{\text{ном.т.р.}} \geq I_{\text{н.дв.}} \quad (3.18)$$

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{рег.макс.т.р.}} \geq I_{\text{н.дв.}} \geq I_{\text{рег.мін.т.р.}} \quad (3.19)$$

Обираємо електротеплове реле Shneider Electric TeSys LR3D06

, що задовольняє умови:

$$1,6 \geq 1 \text{ A}$$

$$1,6 \geq 1 \geq 1 \text{ A.}$$



Рис.3.8 Електротеплове реле Shneider Electric TeSys LR3D06.

Керуючі кнопки та кнопкові пости підбирають за напругою, струмом, числом і типом контактів, конструкційним виконанням та класом захисту від зовнішнього середовища.

Світлові індикатори підбирають згідно з напругою, габаритами та кольором фільтра.

Силові пускачі, захисні автомати, реле керування, кнопки та світлову арматуру підбираємо за номенклатурою виробника Moeller (відповідно до потужності споживачів).

Тип провідникової продукції та метод її монтажу визначають з урахуванням умов середовища та експлуатаційних вимог. Площу перетину провідника визначають за умовою:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{макс.роб.}} \quad (3.20)$$

де $I_{\text{доп}}$ - тривало допустимий струм проводу, А; $I_{\text{тр.роб.}}$ -тривалий робочий струм, А. При живленні одного двигуна за тривалий робочий приймають номінальний струм двигуна.

Вибираємо кабель для підключення двигуна вентилятора ВВГнг-LS 5x1,5
 $I_{\text{ном}}=19\text{A};$

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3.2 Освітлювальна мережа. Згідно даним вказаним в розділі 3.2. підбираємо апарати захисту.

Траса групової освітлювальної мережі визначається розташуванням світильників. При прокладанні траси враховуються такі вимоги та особливості:

- максимальне скорочення довжини;
- архітектурно-будівельні особливості приміщення;
- зручність подальшої експлуатації обладнання.

Кожна групова лінія повинна бути захищена запобіжниками або автоматичними вимикачами. Загальне навантаження освітлювальної установки бажано рівномірно розподілити між фазами мережі живлення.

Кількість груп буде залежати від загальної кількості світильників в будівлі і характеру робіт, що виконуються в приміщеннях. Загальна кількість груп по можливості повинна бути кратна до 3. Виходячи з цих вимог все освітлення в приміщеннях розбиваємо на 3 групи.

1 група: електрощитова, зона механічного ремонту.

18 світильників для 3,6 приміщення, $P_{гр1}=60+576=636$ Вт

2 група: коридор, зона ремонту електроніки.

25 світильників для 1,5 приміщення, $P_{гр2}=520+240=760$ Вт.

3 група: побутова кімната, зона тестування, склад.

26 світильників для 2,4,7 приміщення, $P_{гр3}=216+288+240=744$ Вт.

Проводи електричних мереж залежно від їх типу, способу прокладання і умов роботи розраховані на приміщення певних тривалих допустимих струмів навантаження.

Протікання по проводах струмів, що перевищують допустимі величини, викликає її надмірне нагрівання, яке веде до прискореного старіння ізоляції, виходу проводки з ладу, аварійного режиму. Такими ненормальними струмами є струми короткого замикання і струми перевантажень. Для будівель і приміщень, у яких необхідно створити особливо надійну і безпечну роботу освітлювальних проводок або де відсутній кваліфікований персонал, крім захисту від струмів короткого замикання необхідний захист і від струмів перевантажень.

Розрахунок і вибір перерізів проводів і кабелів освітлювальної мережі

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Вибір перерізу жил проводів і кабелів освітлювальної мережі здійснюють за двома умовами:

-за умовою нагріву тривало допустимим струмом провода або кабеля

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{гр.}} \quad (3.21)$$

-за умовою відповідності прийнятого перерізу провода або кабеля апарату захисту-

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{з}} I_{\text{з}} \quad (3.22)$$

де $I_{\text{доп}}$ тривало допустимий струм для даного перерізу, $I_{\text{гр.}}$ - розрахунковий струм групи, $I_{\text{з}}$

$I_{\text{з}}$ - струм апарату захисту для даної групи, $K_{\text{з}}$

$K_{\text{з}}$ - коефіцієнт, який враховує вид та тип захисту.

Для нашого випадку $K_{\text{з}} = 1$

Для прикладу проводимо розрахунок по визначенню перерізу жил кабеля для трьох груп:

$$I_{\text{гр1}} = \frac{636}{220} = 2,89 \text{ A}$$

$$I_{\text{гр2}} = \frac{760}{220} = 3,45 \text{ A}$$

$$I_{\text{гр3}} = \frac{744}{220} = 3,38 \text{ A}$$

$$I_{\text{згг.}} = 2,89 + 3,45 + 3,38 = 9,72 \text{ A.}$$

Для підключення кожної групи вибираємо кабель ВВГнг-LS 3х1,5.

$$I_{\text{гр.}} \leq I_{\text{доп.}} \quad (3.23)$$

$$I_{\text{гр.1}} = 2,89 \text{ A} \leq 19 \text{ A}$$

$$I_{\text{гр.2}} = 3,45 \text{ A} \leq 19 \text{ A}$$

$$I_{\text{гр.3}} = 3,38 \text{ A} \leq 19 \text{ A.}$$

Для захисту від короткого замикання освітлювальних мереж використовують автоматичні вимикачі.

Ввідний автоматичний вимикач для освітлення Acti9 iC60N 3P 10A C

Для всіх трьох груп обираємо автоматичний вимикач Acti9 iC60N 1P 6A C.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Керування групами світильників здійснюється з щита, який розташований в електрощитовій. Керування світильниками, які живляться від однієї групи, але знаходяться в різних приміщеннях здійснюється за допомогою індивідуального вимикача, що знаходяться в цих же приміщеннях.

Перелік вибраного електрообладнання наведено в додатку А, табл.А.4.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ КАБЕЛЯ

4.1 Аналіз факторів, що впливають на тепловий режим кабелю

Тепловий режим кабельної лінії є одним із ключових чинників, що визначають безперебійність та тривалість її експлуатації. Під час проходження електричного струму крізь струмопровідні жили виникають втрати енергії, які трансформуються в тепло. Внаслідок цього температура кабелю зростає, а перевищення гранично допустимих значень може призвести до передчасного старіння ізоляційного матеріалу та скорочення терміну служби лінії.

На інтенсивність нагрівання кабелю безпосередньо впливають такі чинники: величина струму навантаження, конструктивні особливості кабелю, спосіб його монтажу, температура навколишнього середовища, показники теплопровідності ізоляції та ґрунту, а також взаємний тепловий вплив сусідніх фаз.

Для проведення цього дослідження розглядається трифазна кабельна лінія підземного прокладання. Схематичне розташування кабелів представлено на рис. 4.1.

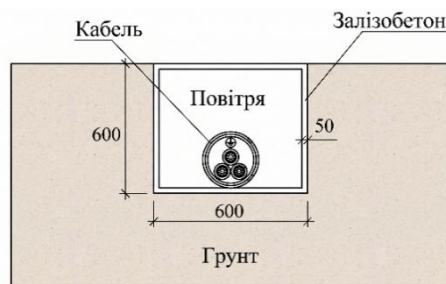


Рис.4.1 - Схема прокладання кабелю

Конструктивне виконання кабелю має визначальний вплив на характер процесів теплопередачі та величину гранично допустимого струмового навантаження. До базових елементів структури кабелю належать: струмопровідна жила, ізоляційний шар, екран і зовнішня захисна оболонка.

Будову досліджуваного кабелю наведено на рис.Б.1 та рис.Б.2 в додатку Б

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Дослідження втрат потужності в елементах кабелю

Для оцінки теплового стану та енергоефективності кабельних ліній проведено дослідження втрат потужності в кабелях АПвП та АСГТ за струму навантаження 134 А та довжини 1 км. Сумарні втрати в структурі кабелю розглядаються комплексно і складаються з втрат у струмопровідній жилі, діелектричних втрат в ізоляції та втрат у металевих оболонках. Порівняльний аналіз дозволяє оцінити вплив матеріалу ізоляції (зшитого поліетилену та паперово-просоченої) та конфігурації прокладання у площині чи трикутником на загальну енергоефективність мережі.

Формула сумарних втрат потужності в кабелі:

$$P_{\text{сум}} = P_{\text{жс}} + P_{\text{об}} + P_{\text{о}}. \quad (4.1)$$

де: $P_{\text{жс}}$ - втрати в провіднику (жилі) кабелю,

$P_{\text{об}}$ - втрати в оболонці,

$P_{\text{о}}$ - діелектричні втрати.

Втрати потужності в струмопровідній жилі визначаються за законом Джоуля-Ленца:

$$P_{\text{жс}} = I^2 R_{\text{жс}}. \quad (4.2)$$

де: I - діюче значення струму в мережі (А) ,

$R_{\text{жс}}$ - активний опір жили кабелю.

Розрахунок опору жили постійному струму здійснюється за формулою:

$$R_{\text{жс}} = \rho \frac{l}{S}. \quad (4.3)$$

де: ρ - питомий електричний опір матеріалу жили (Ом· мм²/м) ,

l - довжина лінії (км) ,

S - переріз кабелю (мм²).

Формула питомих діелектричних втрат в ізоляційному шарі:

$$P_{\text{о}} = U^2 2\pi f C \tan \delta. \quad (4.4)$$

де: U - напруга мережі ,

f - частота струму ,

C - ємність кабелю ,

$\tan \delta$ - тангенс кута діелектричних втрат ізоляції.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формула ємності одножильного кабелю:

$$C = \frac{2\epsilon\epsilon_0}{\ln\left(\frac{D/2}{r}\right)} \quad (4.5)$$

де: ϵ_0 - діелектрична стала ($\Phi/\text{м}$),

ϵ - діелектрична проникність матеріалу ізоляції ,

D - діаметр кабелю (мм) ,

r - радіус жили кабелю.

Результати розрахунків наведені в таблиці.

Таблиця 4.1

Сумарні втрати потужності в кабелях

Тип кабелю	Розташування	Втрати в жилах, Вт	Діелектричні втрати, Вт	Втрати в оболонці, Вт	Загальні втрати, Вт
АСГТ	В площині	9445	57,022	3,027	9505,049
АСГТ	Трикутником	9445	57,022	0,189	9502,211
АПвП	В площині	9445	11,064	8,14	9464,204
АПвП	Трикутником	9445	11,064	0,811	9456,875

Аналіз отриманих результатів показує, що мінімальний рівень втрат притаманний кабелю АПвП за умови його прокладання «трикутником». Це обґрунтовано застосуванням ізоляції зі зшитого поліетилену, яка вирізняється значно меншими діелектричними втратами порівняно з паперово-просоченою ізоляцією кабелю АСГТ.

4.3 Вплив відстані між фазами на нагрівання кабелю

Під час функціонування кабельної лінії в її металевих оболонках виникають струми, зумовлені явищем електромагнітної індукції. Значення цих струмів безпосередньо визначається міжфазною відстанню та обраним способом монтажу кабелів.

Формула втрат потужності в металевих оболонках:

$$P_{об} = I_{об}^2 R_{об}. \quad (4.6)$$

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: $I_{об}$ - струм, що протікає в ланцюзі оболонок (А) ,

$R_{об}$ - активний опір металеві оболонки (Ом/м).

Формула електрорушійної сили (ЕРС), яка наводиться в контурі металевих оболонок (на одиницю довжини):

$$E=2\pi fMI$$

де: f - частота мережі (Гц) ,

I - струм у жилі кабелю ,

M - коефіцієнт взаємної індукції петлі (Гн/м).

Формула повного струму в ланцюзі оболонок:

$$I_{об} = \frac{E}{2\sqrt{R_{об}^2 + x_{об}^2}} = \frac{2\pi fMI}{\sqrt{R_{об}^2 + (2\pi f)^2 M^2}}. \quad (4.7)$$

де: $x_{об}$ - реактивний (індуктивний) опір оболонки, який розраховується як

$$x_{об} = \frac{2\pi fM}{2}. \quad (4.8)$$

Вирази для розрахунку коефіцієнта взаємної індукції M залежно від геометрії розміщення фаз:

- При розташуванні трьох кабелів в одній горизонтальній площині:

$$M = 0.4 \ln \left(\frac{a}{R} \right) \cdot 10^{-7}. \quad (4.9)$$

- При розташуванні кабелів трикутником (у вершинах рівностороннього трикутника):

$$M = 0.2 \ln \left(\frac{a}{R} \right) \cdot 10^{-7}. \quad (4.10)$$

де: a - відстань між осями сусідніх кабелів (м) ,

R - зовнішній радіус кабелю.

Результати обчислення втрат в оболонках зведені в таблиці.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втрати в оболонках при різних відстанях між кабелями

Кабель	D	D + D/2	D + D
АСГТ (площина)	0,757	1,901	3,027
АСГТ (трикутник)	0,189	0,475	0,757
АПвП (площина)	3,242	8,14	12,952
АПвП (трикутник)	0,811	2,037	3,242

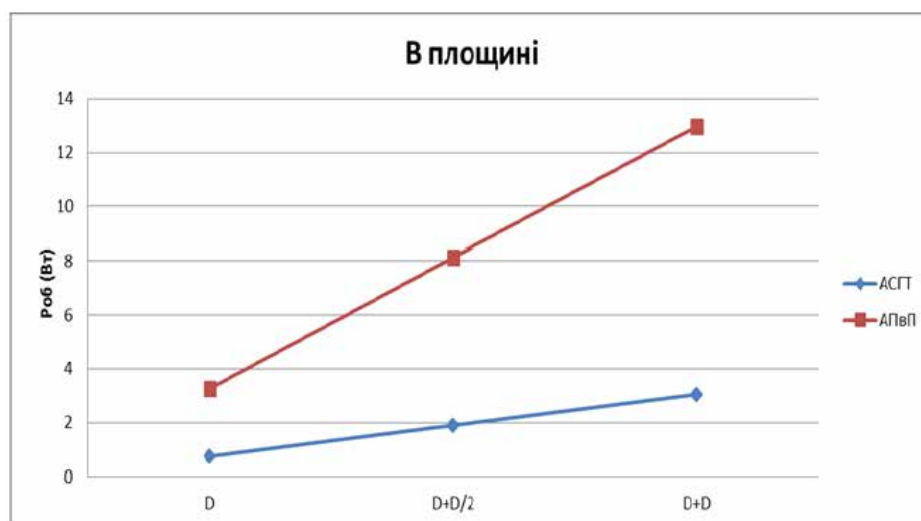


Рис 4.2 - Залежність втрат в оболонці від відстані між фазами (в площині)

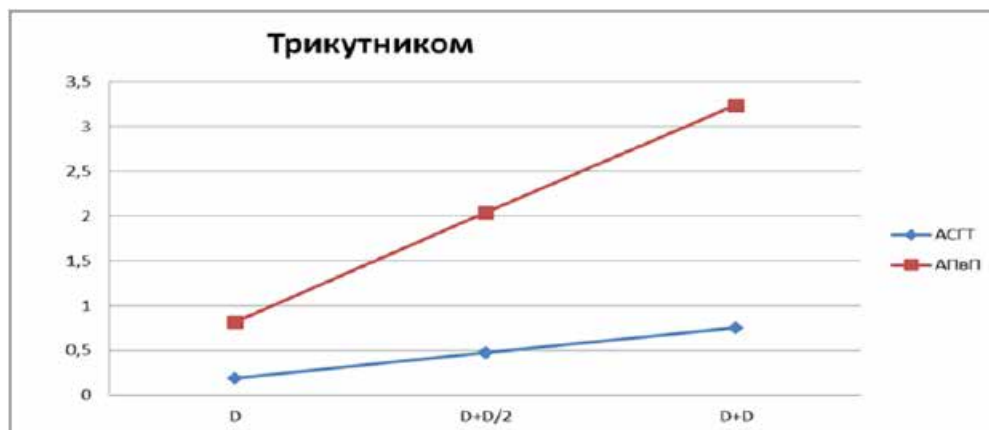


Рис.4.3 - Залежність втрат в оболонці від відстані між фазами (в площині)

Графічні залежності свідчать про те, що зі збільшенням міжфазної відстані втрати в оболонках кабелів зростають. При цьому за умови прокладання «трикутником» ці втрати у кілька разів менші, ніж при розміщенні фаз в одній горизонтальній площині. Такий результат беззаперечно вказує на більш

сприятливий та ефективний тепловий режим функціонування кабельної лінії саме при трикутному розташуванні жил.

4.4 Аналіз температурного режиму кабельної лінії

Температурний режим кабелю визначається балансом між інтенсивністю тепловиділення та швидкістю відведення тепла в навколишній простір. У цьому дослідженні представлено результати моделювання температурного поля кабельної лінії та розподілу теплового потоку в її перерізі. За густини струму

$3 \cdot 10^6$ А/м² максимальна температура перевищує 100 °С, що є критичним і недопустимим для умов тривалої експлуатації. З метою комплексної оцінки теплового стану лінії було розраховано просторовий розподіл

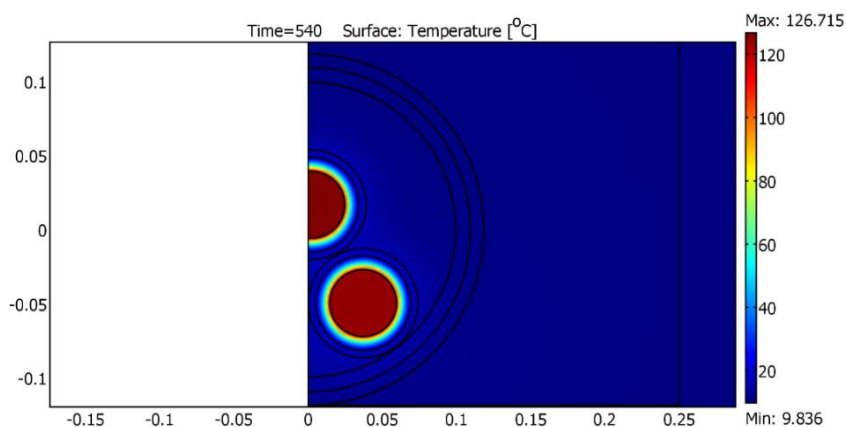


Рис.4.4 - Розподіл температури у перерізі кабелю

Аналіз отриманого температурного поля показує, що зона екстремального нагріву зосереджена безпосередньо в області струмопровідної жили. У міру віддалення від центру кабелю фіксується поступове зниження температури, що зумовлено дисипацією тепла крізь ізоляційні шари до навколишнього середовища.

Особливо несприятливий вплив на тепловий режим лінії чинить прокладання кабелів у захисних трубах. Повітряні прошарки, що утворюються всередині труб, мають низький коефіцієнт теплопровідності, що суттєво погіршує умови теплообміну між конструктивними елементами кабелю та масивом ґрунту. Внаслідок цього температура жил зростає майже вдвічі навіть за незначного

збільшення тепловиділення. Для детальнішого вивчення особливостей процесів теплопередачі було визначено характер розподілу теплового потоку в перерізі кабелю. Отримані графічні залежності наведено на рис. 4.5.

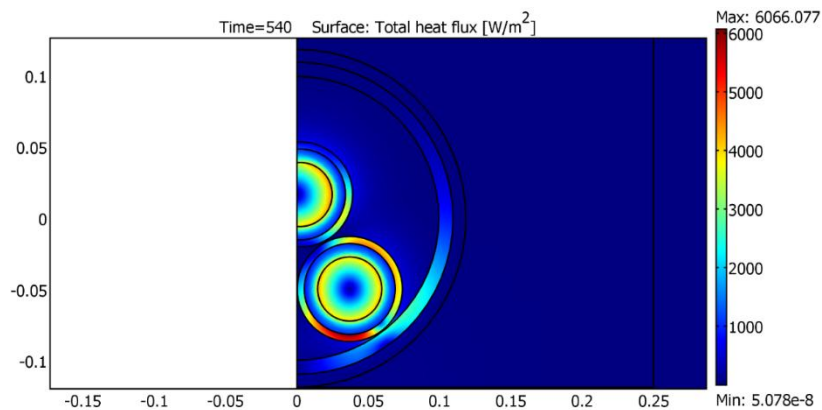


Рис.4.5 Загальний тепловий потік

Сформований розподіл теплового потоку повністю підтверджує вектор поширення теплової енергії - від найбільш нагрітих внутрішніх елементів кабелю до його зовнішніх покриттів та довкілля. Найвищі значення щільності теплового потоку зафіксовані поблизу струмопровідних жил, оскільки саме вони виступають головними джерелами теплогенерації в системі.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ, ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТА ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

5.1 Дослідження стану умов праці та санітарно-виробничі заходи

Майстерня з відновлення та випробування зварювальної апаратури належить до об'єктів зі специфічними умовами виробництва, оскільки робочі операції тут супроводжуються генеруванням цілої низки шкідливих та небезпечних чинників. Відповідно до стандартів, персонал підрозділу (слюсарі, радіомеханіки, електромонтери) піддається впливу хімічних та фізичних загроз. До них належать: надмірна концентрація пилу і токсичних газів у повітряному просторі, нестача освітлення, понаднормові показники шумового і вібраційного навантаження, а також теплове опромінення від стендів під час проведення випробувань.

З метою формування безпечного та ергономічного робочого середовища, захисту здоров'я робітників і зростання ефективності їхньої праці, у проєкті розроблено комплекс санітарно-гігієнічних рішень. Ці кроки цілком задовольняють вимоги чинних Державних санітарних норм (ДСНіП 3.3.6.042-99), а також державних будівельних норм (ДБН) [11, 12].

5.1.1 Нормалізація повітряного середовища та мікроклімату. Найвищий рівень емісії забруднюючих речовин у повітря фіксується на ділянці тестування у момент реєстрації вольтамперних параметрів зварювальної техніки під робочим струмом, і крім того - в зоні слюсарно-механічних робіт під час обробки металу. Під час підтримання контрольної зварювальної дуги генеруються токсичні газові суміші та специфічні аерозолі, до складу яких входять мікроскопічні частки важких металів.

Щоб знизити концентрацію цих небезпечних домішок до показників, менших за гранично допустимі концентрації (ГДК), та ефективно вивести їх із

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будівлі, для майстерні було спроектовано і застосовано потужну систему примусового загальнообмінного вентилявання.

Вентиляційний комплекс, побудований на основі стінового осьового агрегату ВО-Ф-5,6, генерує фактичну продуктивність понад 5000 м³/год. Такий об'єм із достатнім резервом задовольняє регламентовані вимоги об'єкта щодо швидкості оновлення повітря.

Окрім видалення токсичних випарів, активна циркуляція повітря допомагає відводити зайву теплову енергію, що виділяється масивними баластними реостатами у ході затяжних тестових процедур. Це дозволяє стабілізувати температурний фон на робочих місцях у рамках санітарних стандартів (від 18 до 22 °С у зимовий сезон, та в діапазоні 22-25 °С у літній).

5.1.2 Створення належних умов виробничого освітлення. Специфіка технологічних процесів у майстерні пов'язана з високим навантаженням на зоровий апарат. Найбільшою мірою це стосується ділянки відновлення електроніки, на якій здійснюються високоточні роботи з монтажу мікросхем та розпізнавання дрібних символів на радіодеталях.

З метою формування ідеальних світлових умов, що повністю задовольняють нормативи ДБН В.2.5-28:2018 [11], у рамках проєкту розроблено новітню систему штучного освітлення:

У кожному функціональному секторі змонтовано економічні LED-світильники лінійного типу (від бренду VIDEX) та потужні прожектори (марки Євросвітло), що мають спектр випромінювання на рівні 4200-5000 К. Цей світловий діапазон візуально відповідає природному денному освітленню, гарантуючи якісну передачу кольорів (індекс CRI перевищує 80). Це є критично важливим для безпомилкового розпізнавання кольірних кодів на резисторах і кабелях.

На основі проведених світлотехнічних обчислень, показники освітленості безпосередньо в робочих площинах (на поверхнях токарних і фрезерних верстатів, паяльних столах та випробувальних стендах) приведено у повну відповідність до нормативних вимог.

Ключовим аспектом виробничої гігієни стало використання надійних світлодіодних драйверів, що на 100% нівелюють мерехтіння світла (так званий

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стробоскопічний ефект). Ліквідація таких пульсацій має вирішальне значення для ділянки слюсарно-механічних робіт, адже стробоскопічний вплив здатен викликати хибне зорове сприйняття, ніби обертові деталі токарного обладнання чи фрезерувального устаткування є нерухомими. Це становить пряму небезпеку отримання серйозних травм на виробництві.

5.1.3 Заходи щодо мінімізації шумового та вібраційного впливу.

Головними генераторами акустичного шуму та механічних коливань у приміщеннях виступають верстатний парк, електрифікований ручний інструмент і приводний двигун витяжної системи. З метою зменшення їхнього шкідливого впливу на органи слуху та нервовий стан персоналу розроблено наступний комплекс рішень:

Металообробні комплекси монтуються з використанням спеціалізованих антивібраційних опор. Вони ефективно поглинають динамічні навантаження, унеможливаючи поширення коливальних хвиль на будівельні конструкції підлоги.

Приводний асинхронний агрегат вентиляційної установки оснащений високоякісними підшипниками кочення та має ідеально збалансований роторний механізм. Така конструкція дозволяє звести до мінімуму як механічний, так і аеродинамічний гул у процесі тривалої безперервної експлуатації.

Щоб забезпечити працівникам можливість відновлення сил у тихому середовищі, вільному від токсичних газів, проєктом виділено відокремлене побутове приміщення. Воно укомплектоване санітарним вузлом із раковиною та електричним накопичувальним бойлером, що дозволяє повною мірою виконувати норми особистої гігієни після завершення робочої зміни.

5.1.4 Ергономічні аспекти та просторове планування робочих місць.

Архітектурно-просторова конфігурація об'єкта (із сумарною площею 416 м²) надає змогу виділити для кожного робітника регламентовану санітарними нормами робочу зону (розміром щонайменше 4,5 м² на особу). Наявність широкого транзитного коридору (приміщення 1, що займає 96 м²) робить процес переміщення масивних зварювальних агрегатів між складом і ремонтними

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

секторами (із застосуванням вантажних візків або електричної талі) максимально безпечним та цілком виключає ймовірність травмування робітників. Усі маршрути внутрішнього пересування постійно підтримуються у незахаращеному стані, що повною мірою задовольняє нормативні приписи щодо оперативного та безпечного виведення персоналу з будівлі при настанні надзвичайних чи аварійних обставин.

5.2 Заходи щодо забезпечення електробезпеки на території ділянки

Особливості виробничих процесів у майстерні з відновлення та випробування зварювальних агрегатів зумовлюють безперервну взаємодію працівників із металевими оболонками техніки та електрифікованим ручним інструментом. Ситуація додатково ускладнюється наявністю в повітрі електропровідних пилових часток та локальними підвищеннями температурних показників. Спираючись на актуальні вимоги Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) [1], сектор механічної обробки та ремонту віднесено до категорії приміщень із підвищеним рівнем небезпеки. Водночас ділянка тестування (на якій реалізуються перевірки зварювальних апаратів під дією робочих струмів) кваліфікується як простір з особливою небезпекою щодо ймовірності ураження електрострумом.

На виконання регламентів Закону України «Про охорону праці» разом із положеннями ДСТУ EN 61140:2022, у проєктній документації з модернізації на 2026 рік розроблено та затверджено суворий перелік техніко-організаційних рішень.

5.2.1 Впровадження новітньої конфігурації захисного заземлення. Згідно з нормативами ДСТУ HD 60364-4-41:2022[28], які регламентують безпечну експлуатацію низьковольтних електроустановок, збереження застарілої схеми TN-C під час реконструкції є категорично забороненим. У розробленому проєкті закладено розділення суміщеного PEN-провідника безпосередньо у ввідно-розподільному пристрої на два незалежні: нульовий робочий (N) та захисний (PE). До лінії PE неодмінно підключаються всі металеві

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

елементи, що не проводять струм у нормальному режимі: захисні кожухи токарного агрегату Bernardo та фрезерного обладнання JET, опорні станини випробувальних стендів, сталева оболонка розподільчої шафи Schneider Electric Spacial CRN, а також металева основа електродвигуна АИРП80-06У2, що приводить у рух витяжну вентиляцію.

5.2.2 Формування комплексу зрівнювання потенціалів. Спираючись на приписи глави 1.7 ПУЕ [1], з метою недопущення генерації загрозливої різниці потенціалів, на об'єкті створюється основна система зрівнювання потенціалів (ОСЗП). Будь-які металоконструкції будівлі (магістралі водопостачання, сталеві вентиляційні канали, будівельний каркас) надійно комутуються з головною заземлювальною шиною (ГЗШ), що змонтована у приміщенні електроцитувої. Враховуючи підвищену небезпеку зони тестування, для неї додатково розроблено та облаштовано додаткову систему зрівнювання потенціалів (ДСЗП).

5.2.3 Автоматизоване захисне знеструмлення. Як вимагає стандарт ДСТУ ІЕС 60364-4-41:2017, ключовим інженерним механізмом захисту у випадку замикання фази на корпус виступає гарантоване та над швидке автоматичне відключення аварійного сегмента електромережі. Дане завдання реалізується завдяки інтеграції безвідмовних автоматичних вимикачів лінійки Schneider Electric Acti9 iC60N. Експлуатаційні характеристики цих автоматів у комплексі з повним опором петлі «фаза-нуль» розраховані так, аби струм однофазного замикання провокував миттєву реакцію електромагнітного розчеплювача пристрою. Це гарантує зняття напруги з лінії за часовий проміжок, що не перевищує нормативні 0,4 секунди для електромереж 220/380 В.

5.2.4 Безпечне конструювання схем управління електроприводами. Під час розробки принципових електричних схем для верстатного парку та системи витяжної вентиляції було неухильно дотримано критеріїв експлуатаційної надійності та безпеки апаратних засобів захисту. Монтаж плавких запобіжників (FU) прямо в силовий трифазний ланцюг живлення електродвигунів категорично не допускається, адже спрацювання навіть однієї вставки неминуче провокує виникнення аварійного не повнофазного режиму. Для надійного функціонування захисна апаратура ланцюгів управління

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(автоматичні вимикачі низького номіналу або запобіжники) інтегрується виключно у фазний провідник кола керування котушками магнітних пускатів. Водночас безпосередній захист силового кола реалізується за рахунок використання триполюсних автоматичних вимикачів лінійки Schneider Electric Acti9, які функціонують у комплексі з тепловими реле серії TeSys LR3D06.

5.2.5 Організаційні кроки та використання засобів електрозахисту. На виконання актуальних нормативних приписів НПАОП 40.1-1.21-98 [32] та НПАОП 28.52-1.31-13 [31], на підлозі біля металообробних верстатів, випробувальних установок і розподільних щитків обов'язково укладаються попередньо випробувані діелектричні гумові килимки. Кожен робітник повною мірою забезпечується індивідуальними діелектричними рукавицями та ручним монтажним інструментом із надійним ізоляційним покриттям руків'я. Право на самостійне ведення робіт отримують винятково ті співробітники, які успішно завершили спеціалізоване навчання, прослухали інструктажі з питань охорони праці та здобули кваліфікаційну групу з електробезпеки щонайменше III (для штатних радіомеханіків та електромонтерів) і не нижче IV (для інженерно-технічного персоналу, що здійснює керівництво роботами).

5.3 Пожежна безпека

Гарантування протипожежного захисту в межах майстерні з відновлення зварювальної техніки виступає одним із пріоритетних напрямків під час розробки проєкту реконструкції. Особливості виробничих операцій, що протікають у зоні тестування та секторі механічної обробки, нерозривно пов'язані з проходженням струмів великих номіналів, інтенсивним генеруванням теплової енергії внаслідок навантаження зварювальних джерел на баластні реостати, імовірним виникненням іскор, а також постійною присутністю дисперсної металевої стружки та пилу.

З метою максимального зниження ймовірності загоряння та на виконання регламентів Кодексу цивільного захисту України [26] спільно з нормами НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»[26], на об'єкті впроваджується всебічний комплекс технічних та організаційно-профілактичних

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

рішень.

5.3.1 Класифікація зон ділянки за пожежною небезпекою. Спираючись на положення глави 7.4 чинних Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) [1], робочі сектори підприємства поділяються за критерієм пожежонебезпеки таким чином:

Зона тестування, а також зона механічного ремонту підпадають під категорію пожежонебезпечних середовищ класу П-Па [1]. У цих просторах у процесі експлуатації фрезерного і токарного устаткування, як і під час перевірки зварювальних агрегатів, відбувається постійна емісія та осідання твердих електропровідних пилових фракцій. Додатково, функціонування випробувальних реостатів генерує значне локальне тепловиділення, яке за умови відхилення від штатного режиму роботи здатне перетворитися на осередок займання.

Приміщення електрощитової, складські площі, транзитний коридор та санітарно-побутова кімната розглядаються як зони зі стандартним середовищем. Проте, зважаючи на високу концентрацію електричних комунікацій, монтаж кабельно-провідникової продукції та розведення мереж у цих локаціях вимагає беззаперечного дотримання суворих протипожежних норм.

5.3.2 Конструктивні та електротехнічні заходи попередження пожеж. Головними чинниками займань в електричних установках на виробничих об'єктах виступають струми короткого замикання, довготривалі теплові перевантаження струмопровідних жил та утворення значних перехідних опорів у контактних з'єднаннях. З метою їхньої ліквідації у рамках проєкту реконструкції розроблено та впроваджено наступний комплекс технічних засобів:

Застосування пожежобезпечної кабельно-провідникової продукції. Для облаштування силових ліній та мереж освітлення на об'єкті використовуються винятково мідні кабелі модифікації ВВГнг-LS. Маркування «нг» свідчить про те, що діелектрична ізоляція та зовнішня оболонка виконані з полімерів, які не підтримують процес горіння під час групового прокладання у лотках чи кабель-каналах. Своєю чергою, аббревіатура «LS» (Low Smoke) вказує на мінімальне

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продукування токсичних димових газів у випадку аварійного тління. Цей параметр відіграє вирішальну роль для гарантування безпечної евакуації працівників через транзитний коридор.

Апаратне убезпечення ліній від струмових перевантажень. Щоб унеможливити термічний перегрів кабельних трас через надструми, у головному розподільному щиті змонтовано високоякісні автоматичні вимикачі лінійки Schneider Electric Acti9 iC60N. Ці пристрої відзначаються підвищеною здатністю до комутації (на рівні 6 кА) та прецизійними параметрами спрацювання електромагнітних і теплових розчеплювачів (характеристика відключення «С»). Номінали автоматів розраховані суворо відповідно до струмових навантажень верстатного парку, випробувальних стендів та освітлювальних контурів. Це забезпечує екстрене зняття напруги з пошкодженого сегмента мережі ще до того, як ізоляція досягне температури спалаху.

Використання захисних оболонок (клас IP). Вся комутаційна апаратура, що відповідає за управління вентиляційним агрегатом та захист верстатів, розміщена в межах герметичного металевого боксу Schneider Electric Spacial CRN, який має ступінь захисту IP54. Подібне конструктивне рішення на 100% блокує проникнення струмопровідного та пожежонебезпечного пилу на контактні групи магнітних пускачів серії TeSys і клемні колодки, тим самим унеможливорюючи утворення електричної дуги за межами шафи.

Протипожежні властивості освітлювальних приладів. Демонтаж старих люмінесцентних джерел і встановлення новітніх світлодіодних LED-світильників (VIDEX) разом із прожекторами (Євросвітло), що володіють рівнем захисту IP54/IP65, кардинально зменшили пожежну загрозу від мережі штучного освітлення. Робоча температура зовнішніх поверхонь LED-обладнання є доволі низькою (не перевищує 50-60 °C). Для порівняння, застарілі газорозрядні лампи та їхні пускорегулювальні апарати (дроселі) були здатні розігріватися до 120 °C, що створювало реальний ризик займання накопиченого на них пилу.

5.3.3 Первинні засоби пожежогасіння. Для реалізації приписів НАПБ А.01.001-2014 [29] майстерня оснащується пожежним щитом і базовим інвентарем для ліквідації займань. Зважаючи на те, що боротьба з вогнем в

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

електромережах під напругою потребує застосування виключно діелектричних вогнегасних сумішей, використання води чи пінних розчинів є категорично недопустимим.

Для нейтралізації осередків займання на початкових фазах розвитку передбачено:

Вуглекислотні засоби пожежогасіння марок ОУ-5 (ВВК-3,5): їх монтують локально в приміщенні електрощитової, а також у секторі тестування поблизу діагностичних стендів. Даний тип вогнегасників демонструє найвищу результативність при ліквідації пожеж в установках напругою до 1 кВ, адже діоксид вуглецю різко знижує температуру в зоні горіння і витісняє кисневе середовище. При цьому повністю унеможлиблюється пошкодження чутливих електронних плат та цінного вимірювального обладнання.

Порошкові вогнегасні пристрої типу ОП-5 (ВП-5): розташовуються на території слюсарно-механічного ремонту та у складському приміщенні. Вони відзначаються своєю універсальністю, що дає змогу ефективно нейтралізувати горіння як твердих речовин, так і кабельно-провідникової продукції.

Увесь наявний протипожежний інвентар зобов'язаний систематично проходити регламентне технічне обслуговування та супроводжуватися сертифікатами якості. Монтаж вогнегасників здійснюється на добре помітних і вільних для доступу ділянках, при цьому висота кріплення не повинна перевищувати 1,5 метра від поверхні підлоги.

5.3.4 Організаційні заходи пожежної безпеки. Інженерні рішення підкріплюються неухильним дотриманням правил протипожежного режиму в межах об'єкта. Наказом керівництва призначається співробітник, який несе відповідальність за стан пожежної безпеки (як правило, це керівник підрозділу чи старший майстер). У загальнодоступних зонах коридору та робочих приміщеннях розміщуються офіційно затверджені схеми евакуації персоналу при загорянні, регламенти поведінки робітників в умовах надзвичайних ситуацій, а також відповідні сигнальні знаки безпеки, що відповідають стандарту ДСТУ EN ISO 7010:2022 [30].

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен працівник майстерні, перш ніж бути допущеним до безпосереднього виконання відновлювальних процедур чи тестових перевірок у зоні тестування, зобов'язаний прослухати вступний інструктаж із протипожежної безпеки. В процесі подальшої експлуатації періодичність повторних інструктажів становить не менше одного разу на рік, що обов'язково фіксується у спеціальному реєстраційному журналі.

5.4 Заходи з енергозбереження

Оптимізація споживання паливно-енергетичного комплексу виступає ключовим вектором удосконалення нинішнього промислового сектору. Спираючись на вимоги Закону України «Про енергозбереження», проєктна документація щодо глибокої реконструкції майстерні з відновлення зварювальної апаратури ґрунтується на застосуванні інноваційних технічних рішень. Вони орієнтовані на кардинальне скорочення питомого споживання електроенергії, максимізацію енергоефективності всіх інженерних мереж та зведення до мінімуму нераціональних втрат потужності.

Позитивний економічний та енергозберігаючий результат у розробленому проєкті реалізується через наступні ключові напрямки:

Реалізація енергоощадної освітлювальної мережі. Абсолютне виведення з експлуатації класичних газорозрядних (люмінесцентних) джерел світла, оснащених електромагнітною пускорегулювальною апаратурою, та інтеграція сучасних світлодіодних (LED) рішень гарантує вагомий економічний ефект у ході реконструкції:

Сумарна встановлена потужність освітлювального комплексу скоротилася з початкових 5,8 кВт до показника 2,1 кВт.

Лінійні LED-світильники (VIDEX) разом із прожекторами (Євросвітло) характеризуються показником світлової віддачі, що перевищує 100 лм/Вт. Це дає змогу досягти регламентованих значень освітленості на робочих поверхнях за умови мізерного споживання енергоресурсів.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Новітні світлодіодні драйвери відзначаються високим значенням коефіцієнта потужності ($\cos\varphi$ 0,95), що майже повністю нівелює продукування реактивної частки струму в межах освітлювального контуру майстерні.

Оптимальний підбір приводного електродвигуна для вентиляційної системи. Одним із ключових факторів нераціональних витрат електричної енергії в промисловості виступає експлуатація асинхронних електромашин із неповним навантаженням. У розроблюваному проєкті потужність привода для осьового вентиляційного агрегату ВО-Ф-5,6 підібрана з максимальною прецизійністю: для забезпечення розрахункової механічної потужності на валу в 0,24 кВт прийнято до встановлення електродвигун марки АИРП80-06У2 із номіналом 0,25 кВт. Коефіцієнт завантаження електромашини сягає $K_z = 0,96$. Завдяки цьому двигун функціонуватиме у своєму номінальному стані, генеруючи паспортні (найвищі з можливих) показники коефіцієнта корисної дії ($\eta = 66\%$) та коефіцієнта потужності ($\cos\varphi = 0,76$), тим самим унеможливаючи появу зайвої реактивної потужності в мережі.

Застосування новітньої комутаційної техніки та мінімізація мережевих втрат. Зменшення енерговитрат у колах управління: Закладені в проєктну документацію контактори та магнітні пускачі лінійки Schneider Electric TeSys D сконструйовані на базі вдосконалених електромагнітних систем. Живлення їхніх керуючих котушок потребує суттєво менших обсягів електроенергії (насамперед у стані утримання замкнених контактів), якщо порівнювати з апаратами попередніх поколінь.

Скорочення теплових втрат у кабельних лініях: У результаті комплексної модернізації освітлення та впровадження енергоощадного верстатного обладнання й приводів, сумарні струмові навантаження в розподільчих мережах фіксуються на раціональному, мінімально необхідному рівні. Беручи до уваги, що втрати потужності на нагрівання кабелів мають прямо пропорційну залежність від квадрата струму ($\Delta P = I^2 \cdot R$), усунення струмових перевантажень кардинально скорочує витрати активної енергії на паразитний нагрів мідних провідників марки ВВГнг-LS.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ

6.1 Мета та завдання техніко-економічного розрахунку

Кожен технічний проєкт, який стосується оновлення або повної реконструкції електричних мереж на виробничих підприємствах, вимагає глибокого фінансового аналізу. Основне призначення цієї частини роботи полягає у доведенні економічної вигоди від демонтажу зношеної комутаційної апаратури, старих електрощитів, кабельних трас і неекономних освітлювальних приладів із подальшим встановленням передових аналогів.

До ключових етапів проведення економічної оцінки належать:

Обчислення загального обсягу інвестицій, необхідних для придбання сучасної електротехнічної бази (зокрема, захисних автоматів, магнітних контакторів, теплових реле, сталевих корпусів розподільних пристроїв, світлодіодних панелей), а також кабелів і проводів.

Калькуляція фінансових витрат на виконання електромонтажу та подальше пусконаладження системи.

Аналіз щорічного грошового збереження, яке виникає завдяки використанню енергоефективних рішень (передусім за рахунок зменшення обсягів спожитої електрики оновленим комплексом освітлення).

Встановлення розрахункового періоду повної окупності вкладених у модернізацію коштів..

6.2 Розрахунок капітальних вкладень

Сумарні капіталовкладення (K_{Σ}) формуються з прямих фінансових витрат на придбання електротехнічної номенклатури й матеріалів ($K_{\text{обл}}$), а також коштів, необхідних для виконання кваліфікованих монтажних робіт ($K_{\text{монтаж}}$). Підбір захисно-комутаційних пристроїв і сталевих корпусів здійснювався з орієнтацією

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на виробі авторитетного європейського виробника Schneider Electric (лінійки Acti9, TeSys, Spacial CRN). Це забезпечує максимальну експлуатаційну безвідмовність та високий клас захисту від промислового пилю. З метою убезпечення ланцюгів управління інтегровано плавкі запобіжники торгової марки E.NEXT. Контур штучного освітлення базується на сучасних світлодіодних приладах від компаній VIDEX та Євросвітло. Прокладання силових магістралей і ліній освітлення передбачає використання мідної кабельної продукції ВВГнг-LS (від заводу «Гал-Кат»), яка характеризується стійкістю до поширення полум'я. Спираючись на результати моніторингу поточних ринкових пропозицій щодо електрообладнання, було сформовано підсумкову калькуляцію, наведену в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

**Зведена кошторисна вартість обладнання та матеріалів
для модернізації ділянки**

Найменування обладнання та матеріалів	Ціна за од., грн	К-ть	Сума, грн
Розподільчий щит, захисна апаратура та елементи керування			
Металева шафа з монтажною платою	5 425,05	1 шт.	5 425,05
Автоматичний вимикач 3Р 25А С	1 335,36	1 шт.	1 335,36
Автоматичний вимикач 3Р 10А С	1 352,21	2 шт.	2 704,42
Автоматичний вимикач 3Р 6А С	1 529,42	1 шт.	1 529,42
Автоматичний вимикач 1Р 6А С	420,58	3 шт.	1261,74
Контактор електромагнітний 3Р, 9А, 380V	1 556,37	1 шт.	1 556,37
Теплове реле перевантаження 1-1,6А	2 043,98	1 шт.	2 043,98
Тримач запобіжника 2Р 32А	633,28	1 шт.	633,28
Плавка вставка запобіжника 10×38 мм 2 А	11,93	2 шт.	23,86
Кнопка комплектна металева подвійна	877,6	1 шт.	877,6
Світлодіодний індикатор (червоний)	34,41	1 шт.	34,41

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Світлодіодний індикатор (зелений)	38,23	1 шт.	38,23
Освітлювальне обладнання			
Світильник LED лінійний IP65 36Вт 4200К	419	20 шт.	8 380,00
Прожектор світлодіодний IP65 30Вт 6400К	269	9 шт.	2 421,00
Кабельно-провідникова продукція			
Кабель ВВГнг-LS 3х1.5 мм ²	65,05	250 м	16 262,50
Кабель ВВГнг-LS 5х1.5 мм ²	103,63	50 м	5 181,50
Загальна вартість (K _{обл}):			86863,14

Таким чином, безпосередні фінансові вкладення у придбання компонентної бази, металевого електроцита та кабельно-провідникової продукції дорівнюють $K_{обл} = 86863,14$ грн.

Вартість виконання робіт із демонтажу, прокладання мереж та фінального пусконаладження ($K_{монтаж}$), спираючись на нормативні вказівки щодо переоснащення промислових електроустановок, закладається в розмірі 20% від сумарної ціни закупленої техніки:

$$K_{монтаж} = K_{обл} \cdot 0.2 = 86863,14 \cdot 0,2 = 17372,63 \text{ грн.}$$

Повні капітальні інвестиції у проєкт модернізації складатимуть:

$$K_{\Sigma} = K_{обл} + K_{монтаж} = 86863,14 + 17372,63 = 104235,77 \text{ грн.}$$

6.3 Розрахунок експлуатаційної економії та терміну окупності проєкту

Головним фактором фінансової вигоди в цьому проєкті виступає радикальне скорочення грошових витрат на оплату електроенергії. Це досягається завдяки комплексному переходу від традиційних люмінесцентних ламп до сучасних LED-світильників, що додатково ліквідує паразитні теплові втрати в застарілих пускорегулювальних апаратах (дроселях) та зношених провідниках. Крім того, монтаж сучасного пило та волого захищеного розподільного боксу (зі ступенем захисту IP66) дозволяє суттєво зменшити

експлуатаційні видатки на профілактичне чищення й відновлення контактних груп комутаційної апаратури, які раніше постійно забруднювалися виробничим пилом.

Спираючись на попередні технічні розрахунки, сумарна споживана потужність початкової освітлювальної мережі дорівнювала $P_{\text{ст}} = 5,8$ кВт. Натомість після впровадження інноваційних рішень встановлена потужність нового LED-контурі фіксується на рівні $P_{\text{нов}} = 2,1$ кВт.

Визначимо різницю потужності (зекономлену активну потужність):

$$\Delta P = P_{\text{ст}} - P_{\text{нов}} = 5,8 - 2,1 = 3,7 \text{ кВт.}$$

Для розрахунку річної економії електроенергії (ΔW) необхідно врахувати фонд робочого часу системи освітлення. При роботі ділянки в одну зміну (8 годин) протягом 250 робочих днів на рік, загальний час роботи штучного освітлення ($T_{\text{роб}}$) становить приблизно 2000 годин на рік.

$$\Delta W = \Delta P \cdot T_{\text{роб}} = 3,7 \cdot 2000 = 7450 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Для підприємств комерційного та промислового сектору середній тариф на електроенергію (з урахуванням складових на передачу та розподіл струму станом на розрахунковий період) приймаємо на рівні $C_{\text{ел}} = 8,50$ грн/кВт·год.

Тоді безпосередня річна економія коштів (E_p) від зниження електроспоживання становитиме:

$$E_p = \Delta W \cdot C_{\text{ел}} = 7450 \cdot 8,5 = 63325 \text{ грн/рік.}$$

Ключовим показником економічної ефективності є простий термін окупності капітальних вкладень ($T_{\text{ок}}$), який розраховується як відношення сумарних капітальних інвестицій до очікуваної річної економії коштів:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\Sigma}}{E_p} = \frac{104235,77}{63325} = 1,65 \text{ року.}$$

Розрахунковий термін окупності проєкту становить 1,65 року (близько 1 років і 8 місяців). Оскільки отриманий показник є значно меншим за стандартний нормативний термін окупності для проєктів з енергозбереження в промисловості (який зазвичай становить 3-5 років), проєкт модернізації інженерних мереж ремонтної ділянки є технічно досконалим, економічно доцільним і повністю рекомендованим до практичної реалізації.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було вирішено актуальне інженерне завдання щодо комплексної модернізації системи електрозабезпечення, штучного освітлення та електроприводу витяжної вентиляції для ділянки з ремонту електрозварювального обладнання. На основі проведених теоретичних досліджень та проєктно-розрахункових робіт можна зробити наступні висновки:

Оптимізація системи освітлення: Проведено світлотехнічний розрахунок функціональних зон ділянки за методом коефіцієнта використання світлового потоку. Повна відмова від застарілих газорозрядних джерел світла та перехід на сучасні LED-світильники й прожектори (VIDEX, Євросвітло) дозволили кардинально знизити встановлену потужність освітлювальної мережі з 5,8 кВт до 2,1 кВт. При цьому гарантовано досягнуто нормативного рівня освітленості робочих поверхонь без стробоскопічного ефекту, що критично важливо для безпечної експлуатації верстатного парку.

Модернізація вентиляційного комплексу: Розроблено та розраховано систему електроприводу загальнообмінної витяжної вентиляції на базі осьового вентилятора ВО-Ф-5,6 та асинхронного двигуна АИРП80-06У2. Аналіз динаміки пускових режимів та перевірка теплового стану електромашини підтвердили високу надійність обраного рішення. Продуктивність установки понад 5000 м³/год з достатнім запасом перевищує нормативну потребу ділянки у повітрообміні, забезпечуючи ефективне видалення зварювальних аерозолів та надлишкового тепла.

Підвищення надійності та безпеки схем керування: Спроектовано сучасну розподільчу мережу з використанням високоякісної комутаційної та пускозахисної апаратури Schneider Electric (серії Acti9 та TeSys). Важливим інженерним досягненням стала правильна архітектура захисту: силові кола захищені триполюсними автоматичними вимикачами з тепловими реле, тоді як плавкі запобіжники (FU) інтегровані виключно в коло керування. Це принципове рішення повністю ліквідує ризик виникнення аварійного неповнофазного

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

режиму роботи електродвигунів. Уся апаратура надійно скомпонована в герметичній металевій шафі Spacial CRN (зі ступенем захисту IP66).

Дотримання теплових режимів та норм безпеки: На основі аналізу умов охолодження обґрунтовано вибір мідних кабелів марки ВВГнг-LS, які не поширюють горіння та відрізняються низьким рівнем димовиділення. Запропоновано вичерпний комплекс заходів з електро- та пожежної безпеки, серед яких: перехід на систему заземлення TN-C-S / TN-S, облаштування систем зрівнювання потенціалів та оснащення ділянки відповідними первинними засобами пожежогасіння (вуглекислотними та порошковими вогнегасниками).

Економічна доцільність: Проведений техніко-економічний аналіз безапеляційно доводить рентабельність проєкту. Сумарні капітальні витрати на закупівлю сучасної елементної бази, кабельної продукції та виконання монтажних робіт становлять 104235,77 грн. Завдяки впровадженню енергоощадних технологій річна економія коштів підприємства на електроенергії складе 63325 грн. Розрахунковий термін окупності інвестицій становить лише 2,16 року.

Запропонований комплекс проєктних рішень відповідає чинним державним будівельним нормам, правилам улаштування електроустановок (ПУЕ) [1] та вимогам охорони праці. Проєкт є технічно правильним, економічно вигідним та рекомендованим до практичного впровадження з метою оптимізації енергоспоживання і створення безпечних умов праці на виробництві.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Чинне видання зі змінами та доповненнями. Київ : Міненерго України, 2024. 764 с.
2. ДСТУ EN 61439-1:2021. Апаратура комутаційна та апаратура керування низьковольтна. Частина 1. Загальні правила (EN 61439-1:2021, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 142 с.
3. Рамш В. Ю., Олійник В. М. Сучасні тенденції модернізації систем електропостачання промислових підприємств. Енергетика і автоматика. 2024. № 2. С. 45-56.
4. Офіційний каталог електротехнічного обладнання Schneider Electric в Україні (редакція 2026 року). URL: (<https://www.se.com/ua/uk/>) (дата звернення: 24.05.2026).
5. Низьковольтне обладнання та захисна апаратура ТОВ «E.NEXT-Україна» : каталог 2025/2026. URL: (<https://enext.ua/>) (дата звернення: 24.05.2026).
6. ДСТУ EN 60947-2:2021. Низьковольтна комутаційна апаратура. Частина 2. Автоматичні вимикачі (EN 60947-2:2017/A1:2020, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 195 с.
7. ДСТУ HD 60364-5-52:2022. Електричні установки низьковольтні. Частина 5-52. Вибір і монтаж електрообладнання. Електропроводки. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 110 с.
8. ДСТУ EN 60204-1:2019. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 98 с.
9. Ковальов В. О. Розрахунок та оптимізація електричних навантажень ремонтних цехів : методичні вказівки. Київ : НТУУ «КПІ», 2023. 84 с.
10. Кабельно-провідникова продукція ТОВ «Гал-Кат» : асортимент на 2026 рік. URL: (<https://www.google.com/search?q=https://gal-kat.com/>) (дата звернення: 24.05.2026).
11. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення (зі Зміною № 1 від 2022 р.). Київ : Мінрегіон України, 2022. 145 с.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування (зі Змінами № 1, 2 від 2023 р.). Київ : Мінрегіон України, 2023. 148 с.
13. ДСТУ EN 12464-1:2021. Світло і освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Робочі місця в приміщенні (EN 12464-1:2021, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 82 с.
14. Мельник О. І. Оптимізація електроприводів вентиляційних систем на базі асинхронних двигунів. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2025. Вип. 252. С. 112-120.
15. Каталог сучасного світлодіодного освітлення ТМ VIDEX. URL: (<https://videx.ua/>) (дата звернення: 24.05.2026).
16. ДСТУ ІЕС 60287-1-1:2022. Кабелі електричні. Обчислення номінальної сили струму. Частина 1-1. Рівняння номінальної сили струму. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 42 с.
17. ДСТУ EN 50565-1:2021. Електричні кабелі. Настанови щодо використання кабелів. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 34 с.
18. Лисенко В. М. Математичне моделювання теплових режимів силових кабельних ліній. Технічна електродинаміка. 2023. № 4. С. 67-74.
19. Петренко Ю. М., Сидоренко О. В. Аналіз температурних полів у провідниках зі зшитого поліетилену. Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології. 2024. № 1. С. 33-41.
20. Бойко В. С. Теоретичні основи електротехніки : підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 468 с.
21. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010 № 2755-VI (редакція від 01.01.2026). URL: (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>) (дата звернення: 24.05.2026).
22. Закон України «Про енергетичну ефективність» від 21.10.2021 № 1818-IX (редакція від 2025 р.). URL: (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20>) (дата звернення: 24.05.2026).

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Постанова НКРЕКП про встановлення тарифів на послуги з розподілу електричної енергії на 2026 рік. Офіційний вебпортал НКРЕКП. URL: (<https://www.nerc.gov.ua/>) (дата звернення: 24.05.2026).

24. Праховник А. В. Інноваційний енергоменеджмент на промислових підприємствах. Економіка та держава. 2024. № 5. С. 15-21.

25. Круш П. В. Економічне обґрунтування інженерних та енергоощадних рішень : методичні рекомендації до виконання розрахунків. Київ : КПП, 2023. 112 с.

26. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI (редакція станом на 2026 рік). URL: (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>) (дата звернення: 24.05.2026).

27. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII (редакція станом на 2026 рік). URL: (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>) (дата звернення: 24.05.2026).

28. ДСТУ EN 61140:2022. Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 52 с.

29. Правила пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014) зі змінами згідно з наказом МВС від 2024 року. Київ : МВС України, 2024. 172 с.

30. ДСТУ EN ISO 7010:2022. Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 68 с.

31. НПАОП 28.52-1.31-13. Правила охорони праці під час зварювання металів. Затверджено наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 14.12.2012 № 1425. Київ, 2013.

32. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці України від 09.01.1998 № 4. Київ, 1998.

					02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Таблиця А.1

Технічні характеристики вентилятора ВО-Ф-5,6

Параметри	ВО-Ф-5,6
Діаметр робочого колеса, мм	560
Об'ємна подача, м ³ /год, при статичному тиску 0	6000
Максимальний ККД вентилятора, %	67
Частота обертання робочого колеса, об/хв	940
Діапазон регулювання частоти обертання	1:6
Тип електродвигуна	АИРП80-06У2
Потужність електродвигуна, кВт	0,25
Питома енергоємність, кВт·год/тис.м ³	0,048
Маса, кг	46
Довжина, мм	650
Ширина, мм	750
Висота, мм	750

Технічна характеристика двигуна АИРП80-06У2

Технічна характеристика двигуна АИРП80-06У2	Одиниці
Номінальна потужність, кВт	0,25
Номінальні оберти, об/хв	900
Номінальний струм, А	1,0
ККД %	0,66
Cos φ	0,76
Кратність пускового моменту	1,6
Кратність мінімального моменту	1,4
Кратність максимального моменту	2,2
Кратність пускового струму	4
Момент інерції, кг·м ²	0,0017
Маса, кг	9

Світлотехнічна відомість

Номер	1	2	3	4	5	6	7
Назва приміщення	Коридор	Побутова кімната	Електрощитова	Склад	Зона ремонту електроніки	Зона механічного ремонту	Зона тестування
Довжина	32	4	4	5	6,5	10	6,5
Ширина	3	7	3	10	10	10	10
Висота	4	4	4	4	4	4	4
Площа	96	28	12	50	65	100	65
Нормована освітленість	300	300	200	300	300	300	300
Умови середовища	нормальне	нормальне	нормальне	нормальне	нормальне	заплене	нормальне
Коефіцієнт запасу	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Світильники	Кількість	13	6	2	8	12	16
	Потужність	40	36	30	36	20	36
	Тип	VIDEX 40W 5000K	WL2-36 36 Вт 4200 К	30 Вт 6400 К EV. 30-504	VIDEX 36W 5000K	VIDEX BNWL04 20W 5000K	VIDEX 36W 5000K
Загальна потужність		520	216	60	288	240	576
Питома потужність		5,4	7,7	5	5,8	3,7	5,8

Таблиця А.4

Перелік обладнання.

Найменування	Кіль- кість	Примітки
Автоматичний вимикач Schneider Electric Acti9 iC60N 3P 25A C, A9F79325	1	$I_{розч.н} = 25A$
Пускач електромагнітний Schneider Electric 3P, 9A, HO+H3, 380B 50Гц, LC1D09Q7	1	$U_k = 380 B$
Електротеплове реле Shneider Electric TeSys LR3D06	1	$I_n = 1-1,6A$
Двигун АИРП80-06У2	1	$I_{н,дв} = 1A$
Автоматичний вимикач Schneider Electric Acti9 iC60N 3P 6A C, A9F79306	1	$I_{розч.н} = 6A$
Автоматичний вимикач Schneider Electric Acti9 iC60N 3P 10A C, A9F79310	1	$I_{розч.н} = 10A$
Автоматичний вимикач Schneider Electric Acti9 iC60N 1P 6A C, A9F79106	3	$I_{розч.н} = 6A$
Кнопка комплектна металева подвійна, XB4BL73415	1	$U_n = 380 B$
Світлодіодний індикатор AD22-22DS TAKEL (зелений), 505010з	1	$U_n = 380 B$
Світлодіодний індикатор AD22-22DS TAKEL (червоний), 505010к	1	$U_n = 380 B$
Утримувач запобіжників 2P 32A запобіжники 10x38мм, DF102	1	$I_n = 32A$
Плавка вставка запобіжника e.fuse.1038.2, 10×38 мм, E.NEXT, i0610011	1	$I_n = 2A$
Навісна шафа Schneider Electric SPACIAL ШАФА CRN B600XШ400XГ250+М ПЛАТА, NSYCRN64250P	1	IP- 66

ДОДАТОК Б

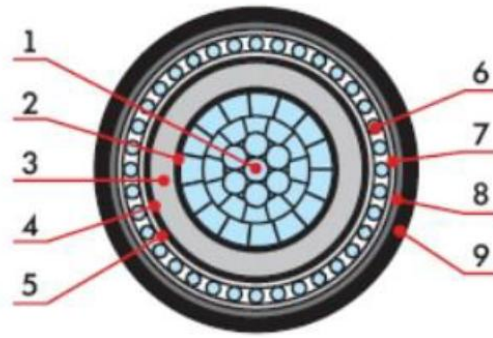


Рис.Б.1. Конструкція одножильного кабелю АПВП на напругу 10-35 кВ:

- 1 - струмопровідна жила ;
- 2 - екструдований напівпровідниковий шар із зшитого поліетилену;
- 3 - ізоляція;
- 4 - екструдований напівпровідниковий шар із зшитого поліетилену;
- 5 - екран по ізоляції;
- 6 - екран з мідних дротів, поверх яких накладена мідна стрічка;
- 7 - розділовий шар з кабельного паперу або прогумованої тканини;
- 8 - алюмополімерна стрічка;
- 9 - оболонка - поліетилен підвищеної твердості.

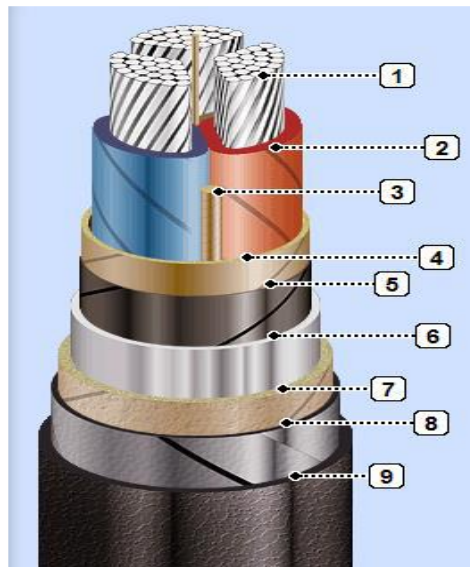


Рис Б.2 Кабель типу АСБ 3х120-10

- 1. Алюмінієва багатодротяна ущільнена струмопровідна жила;
- 2. Паперова просочена ізоляція;
- 3. Жгут з кабельного паперу;

4. Поясна ізоляція;
5. Екран з електропровідного паперу;
6. Свинцева оболонка;
7. Подушка під броню;
8. Броня з двох сталевих стрічок;
9. Зовнішній покрив.



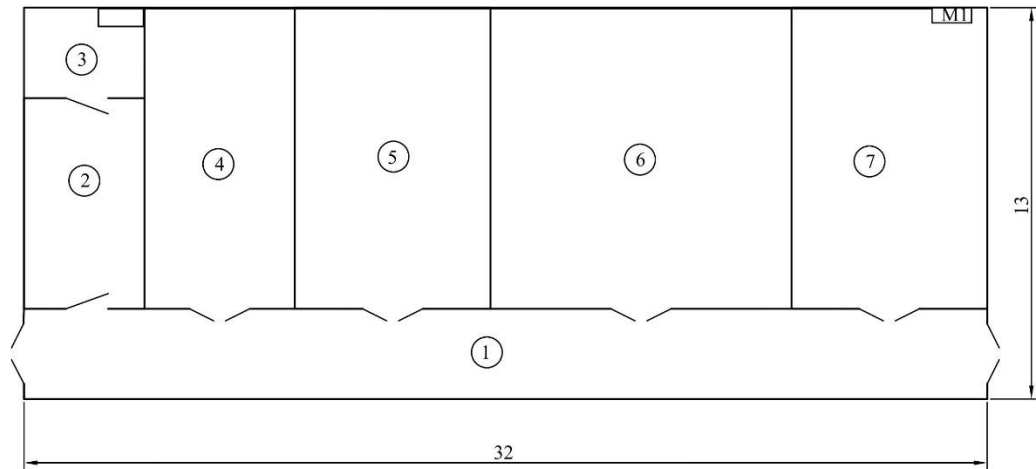
Експлікація приміщень

№ п/п	Назва приміщення	Розміри			Умови середовища	Примітка, Е лк
		А, м	В, м	Н, м		
1	Коридор	3	32	4	нормальне	300
2	Побутова кімната	7	4	4	нормальне	300
3	Електрощитова	3	4	4	нормальне	200
4	Склад	10	5	4	нормальне	300
5	Зона ремонту електроніки	10	6.5	4	нормальне	300
6	Зона механічного ремонту	10	10	4	запилينه	300
7	Зона тестування	10	6.5	4	нормальне	300

Специфікація освітлювального електрообладнання

Позиція	Назва і технічні характеристики обладнання та матеріалів	Тип, марка	Кількість	Примітка
1	Щит освітлення	Schneider Electric CRN, NSYCRN64250P	1	
2	Світильник	VIDEX 40W 5000K	13	
3	Світильник	WL2-36 36 Вт 4200 К	6	
4	Світильник	30 Вт 6400 К EV-30-504	2	
5	Світильник	VIDEX 36W 5000K	24	
6	Світильник	VIDEX BNWL04 20W	24	
7	Кабель	ВВГнг-LS 5×2.5 мм²	15	
8	Кабель	ВВГнг-LS 3×1.5 мм²	250	
9	Автоматичний вимикач	Schneider Electric Acti9 iC60N 3P 25A C	1	
10	Автоматичний вимикач	Schneider Electric Acti9 iC60N 1P 6A C	3	

						02.02-КР.2607“С”2025.10.30.005EO					
						План освітлювальної мережі дільниці з ремонту електрозварювального обладнання	Літ.			Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата								1:200
Розроб.	Денисенко В.Ю.										
Перевір.	Сорокін Д.С.										
							Арк.		1	Аркушів	1
Н. контр.	Коробський В.В.										
Затверд.	Окушко О.В.										



Розрахунково-монтажна таблиця силової електропроводки

[illegible]

Експлікація приміщень

№ п/п	Назва приміщення	Розміри			Умови середовища	Примітка
		А, м	В, м	Н, м		
1	Коридор	3	32	4	нормальне	
2	Побутова кімната	7	4	4	нормальне	
3	Електрощитова	3	4	4	нормальне	
4	Склад	10	5	4	нормальне	
5	Зона ремонту електроніки	10	6.5	4	нормальне	
6	Зона механічного ремонту	10	10	4	запилينه	
7	Зона тестування	10	6.5	4	нормальне	

Специфікацію електрообладнання та матеріалів

Поз.	Назва	Тип, марка	Кількість	Технічні характеристики обладнання та матеріалів
1	Шафа металева	NSYCRN64250P	1	IP66
2	Автоматичний вимикач ввідний	Acti9 iC60N	1	3P 25A C
3	Автоматичний вимикач лінійний	Acti9 iC60N	1	3P 6A C
4	Магнітний контактор	LC1D09Q7	1	
5	Електротеплове реле	TeSys LR3D06	1	1-1,6A
6	Кнопка комплектна металева подвійна	XB4BL73415	1	
7	Кабель	ВВГнг-LS 5×2,5	15	
8	Кабель	ВВГнг-LS 5×1,5	50	
9	Вентилятор	ВО-Ф-5,6	1	Електродвигун АИРП80-06У2

						02.02-KP.2607“С”2025.10.30.005ЕМ						
						План силовой сети дільниці з ремонту електрозварювального обладнання	Літ.			Маса	Масштаб	
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата								1:200	
Розроб.	Денисенко В.Ю.											
Перевір.	Сорокін Д.С.											
							Арк. 1		Аркушів 1			
Н. контр.	Коробський В.В.											
Затверд.	Окушко О.В.											