

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

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

_____ доцент **Чепіжний А.В.**

(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гриценку Юрію Володимировичу

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема проєкту: Реконструкція системи електрифікації зварювального цеху ТОВ «Завод Кобзаренка» Роменського району Сумської області з розробкою системи автоматизованого керування вентиляційною установкою

керівник проєкту: Сіренко Юлія Володимирівна, PhD, доцент.

затверджено наказом по університету від «08» лютого 2024 р. № 407-ос.

2. Термін подання здобувачем закінченого проєкту: «20» травня 2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту: матеріали обстеження об'єкту, технічна література, нормативна документація, державні стандарти, посібники, методичні рекомендації до виконання проєкту, інтернет-джерела

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

Вступ.

1. Аналіз виробничої діяльності ТОВ «Завод Кобзаренка».

2. Аналіз систем вентиляції виробничих приміщень.

3. Розрахунок та вибір силового електрообладнання для вентиляційної установки зварювального цеху.

4. Проєктування системи автоматизованого керування установкою вентиляції та кондиціонування повітря.

5. Проєктування силової електропроводки зварювального цеху

6. Розробка системи енергоефективного освітлення зварювального цеху.

7. Охорона праці.

8. Економічне обґрунтування

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень):

1. Зварювальний цех. Схема розташування електрообладнання. Схема електрична розташування.

2. Установа вентиляції та кондиціонування повітря. Схема електрична функціональна.

3. Установа вентиляції та кондиціонування повітря. Схема керування автоматизована. Схема електрична принципова.

4. Установка вентиляції та кондиціонування повітря. Схема електрична підключень.

5. Установка вентиляції та кондиціонування повітря. Шафа керування. Схема електрична монтажна.

6. Зварювальний цех. Установка освітлювальна. Схема електрична розташування.

7. Показники техніко-економічні. Таблиця.

6. Консультанти розділів проєкту (з вказівкою розділів, що відносяться до проєкту):

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
Охорона праці	доцент Василенко О.О.	
Економічне обґрунтування	доцент Барсукова Г.В. ст. викладач Шашков С.В.	
Нормоконтроль	ст. викладач Рибенко І.О.	

КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційного проєкту	Строк виконання етапів кваліфікаційного проєкту	Примітки
1	Збір інформації про діяльність господарства	05.09.2023 р. – 30.09.2023 р.	
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	02.10.2023 р. – 02.12.2023 р.	
3	Складання плану роботи	04.12.2023 р. – 09.12.2023 р.	
4	Написання вступу та розділу 1	11.12.2023 р. – 21.12.2023 р.	
4	Написання розділів 2 та 3. Підготовка листів 1 та 2 графічної частини.	05.02.2024 р. – 02.03.2024 р.	
5	Написання розділів 4, 5 та 6. Підготовка листів 3 та 4 графічної частини.	04.03.2024 р. – 06.04.2024 р.	
6	Написання розділів 7, 8 та 9. Підготовка листів 5 та 6 графічної частини.	08.04.2024 р. – 04.05.2024 р.	
8	Написання висновків	06.05.2024 р. – 11.05.2024 р.	
9	Подання проєкту на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 13.05.2024 р.	
10	Подання проєкту на рецензування	до 20.05.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (Юрій ГРИЦЕНКО)
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційного проєкту

_____ (Юлія СІРЕНКО)
(підпис) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Реконструкція системи електрифікації зварювального цеху ТОВ «Завод Кобзаренка» Роменського району Сумської області з розробкою системи автоматизованого керування вентиляційною установкою. Кваліфікаційний проєкт / Гриценко Юрій Володимирович – Суми.: СНАУ, 2024 р. – 56 с.

В кваліфікаційному проєкті запропоновано варіант реконструкції системи електрифікації зварювального цеху ТОВ «Завод Кобзаренка» Роменського району Сумської області.

Проведено аналіз існуючих технологій здійснення вентиляції у виробничих приміщеннях. Складено паспортні дані технологічного обладнання, яке використовується для здійснення примусової вентиляції у зварювальному цеху. Зроблено перевірочні розрахунки електродвигуна вентилятора системи вентиляції, обрано його тип та потужність. Складено електричну схему розташування силового електрообладнання системи вентиляції цеху.

Основну увагу в роботі було приділено розробці автоматизованої системи керування системою вентиляції зварювального цеху. Складено функціональну, принципову керування, схеми з'єднань та підключень системи керування примусовою вентиляцією зварювального цеху. Проведено розрахунки освітлювальної установки цеху. Розроблено схему електричну розташування системи освітлення зварювального цеху.

Розглянуто питання охорони праці при виконанні технологічних операцій у зварювальному цеху. Проведено економічне обґрунтування запропонованої автоматизованої системи керування системою вентиляції в цеху.

Ключові слова: зварювальний цех, примусова вентиляція, системи вентилявання приміщень, автоматизація, нагрівачі, електропривід вентилятора.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА»	8
1.1. Загальні відомості про ТОВ «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА».....	8
1.2. Виробнича діяльність та продукція заводу	9
1.3. Основні види робіт та призначення зварювального цеху.....	10
1.4. Аналіз існуючого стану системи електрифікації зварювального цеху .	11
1.5 Висновки та пропозиції	12
2. АНАЛІЗ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	13
2.1. Аналіз існуючих систем вентиляції та кондиціонування приміщень та вибір системи для зварювального цеху	13
2.2. Характеристика приміщення зварювального цеху та розташування вентиляційного обладнання	17
2.3. Складання паспортних даних силового електрообладнання системи вентиляції цеху.....	17
2.4. Технологічні вимоги до системи електрифікації та вентиляції зварювального цеху	19
3. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ЦЕХУ.....	20
3.1. Вибір силового електрообладнання для вентиляційної установки зварювального цеху	20
3.2. Перевірочні розрахунки потужності вентиляторів вентиляційної установки	21
3.3. Розрахунок вентиляції зварювального цеху	22
3.4. Розробка схеми розташування обладнання вентиляційної установки зварювального цеху	23
4. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ УСТАНОВКОЮ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.....	24
4.1 Технологічні вимоги до системи вентиляції цеху.....	24
4.2. Визначення параметрів контролю системи вентиляції.....	24
4.3. Розробка та опис функціональної електричної схеми системи вентиляції цеху.....	25

4.4. Розробка та опис принципової електричної схеми керування системою вентиляції та кондиціонування повітря цеху	27
4.5. Розробка та опис компонувальної монтажної схеми шафи керування .	29
4.6. Розробка та опис схеми підключень вентиляційної установки	29
4.7. Вибір основних засобів автоматизації системи вентиляції	30
4.7.1. Вибір контролера.....	30
4.7.2. Вибір датчиків	31
4.7.3. Вибір виконавчих механізмів	33
4.8. Складання переліку матеріалів та обладнання для системи керування вентиляцією	34
5. ПРОЕКТУВАННЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОПРОВОДКИ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ЦЕХУ.....	35
5.1. Розробка схеми живлення системи електрифікації цеху	35
5.2. Вибір кабелів для підключення обладнання	35
5.3. Вибір автоматичних вимикачів для системи електрифікації зварювального цеху	37
5.4. Вибір магнітних пускачів для комутації електричних кіл	39
5.5. Складання переліку електрообладнання та матеріалів для системи електрифікації зварювального цеху	41
6. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ЦЕХУ.....	42
6.1. Система та види освітлення у зварювальному цеху	42
6.2. Нормована освітленість приміщення цеху.....	42
6.3. Вибір енергоефективних джерел світла	42
6.4. Схема розташування світильників у зварювальному цеху.....	43
6.5. Розрахунок системи освітлення.....	44
6.6. Складання переліку матеріалів та обладнання для системи освітлення цеху.....	47
7. ОХОРОНА ПРАЦІ	48
8. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	51
ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	55

ВСТУП

Одним із найважливіших факторів збільшення продуктивності праці на промислових об'єктах виробництва продукції є автоматизація. Основними умовами прискореного розвитку автоматизації є вдосконалення технічних пристроїв автоматизації. До таких засобів відносяться всі апарати, які входять до систем керування та застосовуються для отримання, передачі, зберігання та перетворення інформації, а також для виконання керуючого та регулюючого впливу на технологічні об'єкти керування.

Розвиток технологічних пристроїв автоматичного керування є складними процесами, в основі яких, з одного боку, лежить інтерес автоматизованого виробництва споживачів, а з іншого – економічні можливості господарств.

Об'єктивними причинами широкого застосування систем вентиляції та кондиціонування повітря у виробничих приміщеннях є: розвиток нових виробництв різних галузей народного господарства, які в обов'язковому порядку потребують підтримання певного та постійного стану параметрів повітряного середовища та вологості повітря; підвищеними вимогами до умов праці та збільшення продуктивності; будівництвом закритого типу приміщень, де тривалий час перебуває значна кількість людей.

Збільшення продуктивності праці, виготовлення якісної продукції та виробів, покращення умов виконання робіт та відпочинку працюючого персоналу забезпечує система вентиляції та кондиціонування повітря, які призначені для створення необхідного мікроклімату та якості повітря у виробничих приміщеннях.

Даний дипломний проект присвячений вирішенню питання автоматизації системи створення та підтримки параметрів мікроклімату зварювального цеху ТОВ «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА» Роменського району Сумської області.

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА»

1.1. Загальні відомості про ТОВ «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА»

Товариство з обмеженою відповідальністю «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА» - передове підприємство з виробництва сільськогосподарської техніки та запчастин до неї. Виробничі потужності підприємства розташовуються в м. Ромни та селищі Липова долина Роменського району Сумської області [1].

Свою історію підприємство починає у 1993 році, коли було засновано підприємство під назвою «Флігель», яке було українсько-німецьким товариством. У 2008 році воно було перейменоване на «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА».

У 2004 році компанія почала розширювати свою присутність у місті Липова Долина, яке розташоване в Сумській області. Цей процес включав у себе перетворення колишніх радянських сховищ для зберігання зернових у сучасні виробничі цехи з підйомним устаткуванням. У зв'язку з ростом популярності на причіпні техніку та механізми, товариство розпочала масштабний проект будівництва нових виробничих потужностей на площі понад 15 тисяч квадратних метрів, що виконувався до включно до 2016 року.



Рис. 1.1. Виробничі території заводу в селищі Липова Долина

У 2007 році підприємство розпочало проведення досліджень та розробку причіпної техніки, що відзначилося початком нового етапу в інноваціях.

У 2017 році підприємство взяло стратегічний курс на розширення, придбавши завод, що спеціалізується на виготовленні вагончиків побутового призначення. Цей придбання породило початок фазової реконструкції виробничих приміщень та будівництва нових виробничих потужностей. Крім того, до 2019 року компанія успішно відтворила 6 тисяч квадратних метрів виробничих площ у м. Ромни, на території із загальною площею більше 10 гектарів.



Рис. 1.2. Виробничі території заводу в м. Ромни

У 2020 році завдяки підтримці європейської програми, розпочався виробничий цех у місті Клещув, Польща, площею 5 000 квадратних метрів, що охоплює повний цикл виробництва.

У 2023 році компанія значно розширила свою виробничу присутність в Польщі, збільшивши площі виробничих потужностей до 9 тисяч квадратних метрів, а також впровадила у виробництво інноваційну систему порошкового фарбування техніки. Цей розширений проект також включав у себе оволодіння ще додатковими 4,5 гектарів земельних ділянок.

Також було організовано зручний та комфортний транспорт для перевезення співробітників з прилеглих сіл і міст на територію заводу.

1.2. Виробнича діяльність та продукція заводу

«ЗАВОД КОБЗАРЕНКА» має на своєму розпорядженні дві виробничі ділянки у селищі Липова Долина та ще дві ділянки у місті Ромни, а також власну територію заводу в Польщі. На цих територіях розташовані виробничі цехи підприємства, а також складські та допоміжні приміщення.

У місті Ромни реалізовано виробництво вагончиків на колесах побутового призначення.

Польський підрозділ заводу під назвою «Kobzarenko Sp. z.o.o.» займається виготовленням техніки і виступає як сервісний центр із запуску, технічного обслуговування та налагодження техніки в країнах Європи та самій Польщі.

На сьогодні «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА» став лідером у виробництві причепів для тракторів в Україні. Цей завод виготовляє широкий асортимент продукції, до якої належать:

- 20 різновидів причепів для тракторів;
- 4 типи причепів для автомобілів, що виготовляються із алюмінію;
- 9 типів бункерів для перевантаження сипучих матеріалів;
- 20 моделей цистерн для перевезення води, рідин та засобів захистів рослинності від шкідників та бур'янів;
- 20 різновидів шнеків;
- обладнання для завантаження/розвантаження залізнодорожних вагонів;
- пристосування для перевезення солом'яних тюків;
- обладнання для упаковки зернових;
- розкидачі мінеральних добрив;
- навісне обладнання різного призначення, ковші та відвали.

Протягом 2022 року було продано понад 1800 одиниць великогабаритних зразків техніки. Це включає 545 бункерів-накопичувачів для перевантаження сипучих матеріалів, 420 машин для упаковки зернових, 190 причепів різного роду, а також іншу сільськогосподарську продукцію.

1.3. Основні види робіт та призначення зварювального цеху

Зварювальний цех на підприємстві, що спеціалізується на виробництві сільськогосподарської техніки, відіграє незамінну роль у всьому виробничому циклі. Його головне призначення полягає у здійсненні зварювальних операцій, які необхідні для з'єднання металевих компонентів і деталей сільськогосподарських машин.

В цьому цеху проводяться різноманітні види зварювальних робіт, включаючи дугове зварювання, газово-кисневе зварювання, аргонне зварювання та інші технології. Відправною точкою для виробництва є якісна підготовка матеріалів, їх обробка та складання відповідно до технічних креслень і специфікацій.

Даний цех відіграє ключову роль у створенні конструкцій і механізмів для сільськогосподарських машин, таких як рами, облицювання, шасі, причепи та інші компоненти.

Важливою складовою роботи цеху є дотримання високих стандартів якості і безпеки, що гарантує надійність і довговічність вироблених деталей і обладнання. Завдяки роботі зварювального цеху забезпечується ефективне функціонування всього виробничого процесу і виготовлення сільськогосподарської техніки відповідно до потреб ринку та вимог замовників..

1.4. Аналіз існуючого стану системи електрифікації зварювального цеху

Електричне живлення зварювального цеху здійснюється від головного розподільчого щита 0,4 кВ виробничого приміщення. Головна магістральна ділянка виконана алюмінієвим кабелем типу АВВГ (4x10), який прокладений відкрито по основам виробничих приміщень. Кріплення до огорожень здійснено за допомогою скоб.

Основними споживачами електричної енергії в цеху є різного роду зварювальні апарати, які вмикаються в мережу за допомогою гнучких шнурів із гумовою ізоляцією.

Система вентиляції в приміщенні цеху комбінована – природня та штучна за витяжною схемою. Штучна витяжна вентиляція реалізована за допомогою одного витяжного вентилятора типу ВЦ-14 із електроприводом потужністю 0,37 кВт. В цілому, система не задовольняє встановленим вимогам до якості вентиляції та кондиціонування виробничих приміщень, оскільки була спроектована ще у 2004 році після реконструкції приміщення зерноскладу у зварювальний цех. З моменту створення цеху кількість зварювальних апаратів та кількість зварювальних робіт значно збільшилося, що тягне за собою більшу концентрацію викидів газів, що виділяються в процесі зварювання деталей та конструкцій.

Значна частина електропроводки на сьогодні знаходиться в незадовільному стані, оскільки експлуатується вже протягом 20 років (з моменту створення цеху в 2004 році). Наявні значна кількість пошкоджень та забруднень ізоляції магістральних та групових ліній. Електричні навантаження значно зросли, тому перерізи провідників не відповідають розрахунковим, що призводить дуже часто до перегріву електропроводки та виходу її з ладу.

1.5 Висновки та пропозиції

Проведений аналіз існуючого стану системи електрифікації зварювального цеху показує, що вона є морально та технічно застарілою. Реконструкція системи електрифікації та освітлення зварювального цеху стала критичною необхідністю.

Враховуючи вищесказане, відновлення та модернізація системи вентиляції, зокрема, розробка схеми її автоматизованого керування, є критично важливим для забезпечення безпечних та здорових умов праці в зварювальному цеху.

2. АНАЛІЗ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

2.1. Аналіз існуючих систем вентиляції та кондиціонування приміщень та вибір системи для зварювального цеху

Системи вентиляції виробничих приміщень відіграють критичну роль у забезпеченні здорових та безпечних умов для працівників, а також в підтриманні оптимальних умов для процесів виробництва.

Системи вентиляції виробничих приміщень можуть бути реалізовані за двома основними способами створення тиску для переміщення повітря: природним та штучним [2].

Природна вентиляція (рис. 2.1) ґрунтується на використанні природних факторів, таких як вітер, теплові рухи або гравітація, для забезпечення обміну повітря в приміщенні. Вона може бути забезпечена через відкриті вікна, двері, а також через спеціально розроблені отвори або вентиляційні канали.

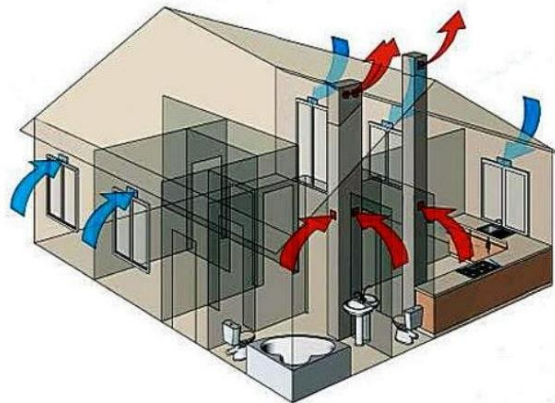


Рис. 2.1. Система природної вентиляції приміщень

Перевагами природної вентиляції є відсутність необхідності в електроенергії для її роботи та низькі витрати на утримання. Однак, недоліками можуть бути невелика ефективність в умовах слабого вітру або низької

температури, а також обмежена можливість контролю за напрямком і швидкістю потоку повітря.

Штучна вентиляція, з іншого боку, використовує спеціально встановлені вентиляційні системи, що працюють на основі вентиляторів та інших механізмів для створення потоків повітря. Вона дозволяє забезпечити більший контроль за обсягом, швидкістю та напрямком повітряного потоку, що є її головною перевагою. Однак, недоліками штучної вентиляції є високі енергетичні витрати та залежність від електроенергії, а також можливість виникнення проблем з утриманням та обслуговуванням систем [2].

Враховуючи унікальні особливості кожного варіанту, вибір між природною та штучною вентиляцією залежить від конкретних умов приміщення, вимог до якості повітря та доступних ресурсів.

Системи вентиляції виробничих приміщень можуть бути різними за призначенням, включаючи припливні, витяжні та припливно-витяжні.

Припливна система вентиляції працює на принципі подачі свіжого повітря в приміщення. Основною її перевагою є можливість забезпечити достатнє надходження свіжого повітря, що важливо для забезпечення здорових та комфортних умов для працівників. Однак, недоліками припливної системи можуть бути викиди тепла чи холоду, які можуть призвести до неефективного використання енергії, а також недостатня ефективність у видаленні шкідливих речовин [3].

Витяжна система вентиляції, навпаки, видаляє використане повітря з приміщення, сприяючи видаленню забруднень та зайвої вологості. Головною перевагою є можливість видалення шкідливих речовин та підтримання комфортних умов. Проте, недоліками витяжної системи можуть бути нестача свіжого повітря та потенційний ризик погіршення якості повітря у випадку недостатньої обміну.

Припливно-витяжна система вентиляції комбінує переваги обох типів, забезпечуючи як подачу свіжого повітря, так і видалення використаного (рис. 2.3) [2, 3].

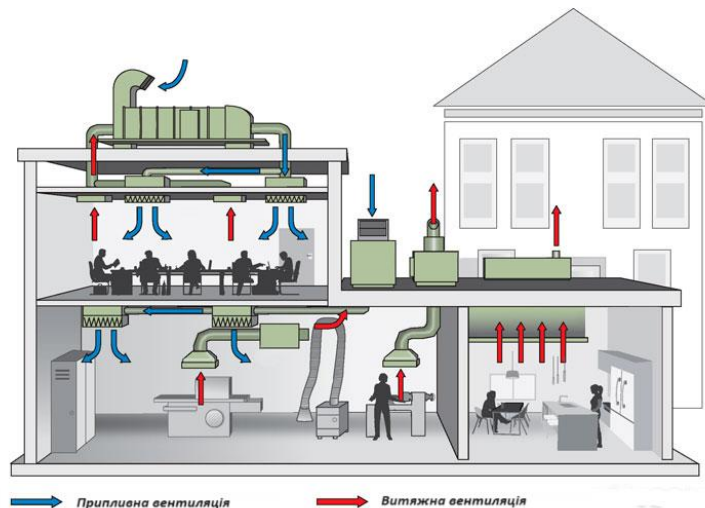


Рис. 2.3. Система припливно-витяжної вентиляції приміщень

Дана система дозволяє досягти більш ефективного обміну повітря в приміщенні. Однак, ці системи можуть бути складнішими у встановленні та експлуатації, а також вимагати більшого обсягу інженерних робіт.

Системи вентиляції виробничих приміщень також можна поділити за зоною обслуговування на місцеві та загальнообмінні. Місцеві системи вентиляції забезпечують видалення шкідливих речовин або запахів з конкретного місця роботи.

Загальнообмінні системи вентиляції, навпаки, призначені для забезпечення обміну повітря в усьому приміщенні. Вони забезпечують постійний потік свіжого повітря та видалення відпрацьованого повітря. Перевагами цих систем є забезпечення високої якості повітря для всіх працівників у приміщенні та можливість регулювання температури та вологості [3].

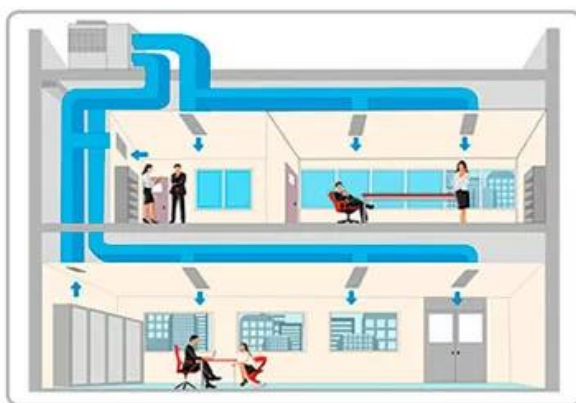


Рис. 2.5. Загальнообмінна система вентиляції виробничого приміщення

Однак, недоліками загальнообмінних систем можуть бути високі витрати енергії на опалення або кондиціонування повітря та складність в управлінні системою для забезпечення оптимальних умов для всіх робочих зон.

Системи вентиляції виробничих приміщень можуть бути зроблені за різними конструкціями - каналні та безканалні (рис. 2.6). Канальна система включає в себе мережу каналів, які розташовані у стелях або підлогах будівлі, через які циркулює повітря. Її основні типи включають приточну, витяжну та повітряну змішану системи. Канальна система вентиляції має перевагу в тому, що вона може ефективно керувати розподілом повітря та забезпечувати однакові умови для всіх зон приміщення. Однак вона може вимагати значних витрат на монтаж та обслуговування, а також займати значний простір у будівлі [3].



Рис. 2.6. Системи вентиляції виробничих приміщень за різними конструкціями

З іншого боку, безканална система вентиляції не потребує великої мережі каналів. Зазвичай вона використовує пристрої, такі як вентилятори, вентиляційні отвори або системи подачі повітря безпосередньо у приміщення. Це може бути простіше у встановленні та зазвичай менш витратним. Однак така система може бути менш ефективною у розподілі повітря та утриманні однакових умов по всій площі приміщення. Також, вона може створювати більше шуму та потребувати більшого керування, щоб забезпечити оптимальні умови.

На основі проведеного детального аналізу для зварювального цеху приймаємо припливно-витяжну каналну систему вентиляції та кондиціонування з водяним теплообмінником для підігріву повітря, виконану за загальнообмінною схемою. Запропонована система дозволить забезпечити встановлені санітарні норми щодо мікроклімату виробничих приміщень.

2.2. Характеристика приміщення зварювального цеху та розташування вентиляційного обладнання

Приміщення зварювального цеху є частиною загального виробничого приміщення заводу для виготовлення техніки сільськогосподарського призначення та має розміри: довжина – 8 метрів, ширина – 7 метрів та висота – 4 метри. Згідно ПУЕ приміщення зварювального цеху характеризується як сухе, але з підвищеним рівнем небезпеки щодо ураження електричним струмом [4].

Схема розташування вентиляційного обладнання зварювального цеху показана на листі графічної частини проекту КП.06.3.005.06.Е7.

2.3. Складання паспортних даних силового електрообладнання системи вентиляції цеху

Основним силовим електрообладнанням в обраній системі припливної вентиляції зварювального цеху є насос для циркуляції теплоносія нагрівача та вентилятор для нагнітання повітря в приміщення (рис. 2.7.). У витяжній частині системи основними елементами є витяжні вентилятори [3].



Рис. 2.7. Основні елементи та обладнання припливної системи вентиляції

В якості вентиляторів припливно-витяжної установки приймаємо до установки осьові вентилятори типу ВЕНТС ОВ 4Е 250 (рис. 2.8.) [5].



Рис. 2.8. Вентилятор серії ВЕНТС ОВ 4Е 250

В якості циркуляційного насосу для теплообмінника приймаємо до монтажу насос серії Grundfos UP 20-15 N 230B 150мм (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Циркуляційний насос типу Grundfos UP 20-15

2.4. Технологічні вимоги до системи електрифікації та вентиляції зварювального цеху

На основі розглянутої вище технології здійснення вентиляції зварювального цеху, технологічні вимоги до системи електрифікації наступні:

- всі електротехнічні системи повинні відповідати стандартам безпеки і надійності, що встановлені для промислових установок;
- використання автоматичних вимикачів, засувок, розрядників тощо для забезпечення безпеки працюючого персоналу;
- використання енергоефективних пристроїв та технологій для зменшення споживання електроенергії;
- впровадження систем енергозбереження, таких як LED-освітлення або автоматичне вимкнення світла у зонах, де немає діяльності;
- система електрифікації повинна бути гнучкою та здатною до розширення для врахування майбутніх потреб цеху;
- впровадження системи автоматизованого моніторингу та керування вентиляційною установкою для оптимізації витрат та забезпечення оптимальної продуктивності.

3. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ЦЕХУ

3.1. Вибір силового електрообладнання для вентиляційної установки зварювального цеху

При виборі силового електрообладнання для вентиляційної установки зварювального цеху важливо враховувати різноманітні фактори, що включають систему напруг, ступінь захисту від навколишнього середовища, кліматичне виконання та інші технічні аспекти. Наприклад, система напруг повинна бути вибрана з урахуванням ефективності та безпеки роботи установки, а це може залежати від специфіки потреб та можливостей зварювального цеху.

Ступінь захисту від навколишнього середовища також має велике значення, оскільки умови роботи у зварювальному цеху можуть бути досить важкими – вологість, пил, висока температура. Отже, важливо обрати обладнання з високим ступенем захисту, щоб забезпечити його надійність та тривалу роботу в умовах зварювального цеху. Також важливим аспектом є кліматичне виконання обладнання, оскільки воно повинне працювати ефективно в умовах, характерних для конкретного регіону, де знаходиться зварювальний цех. Загалом, вибір силового електрообладнання для вентиляційної установки зварювального цеху вимагає комплексного підходу та ретельного аналізу умов роботи та вимог до обладнання, щоб забезпечити оптимальну ефективність та безпеку виробничих процесів.

На основі вищесказаного, обираємо для вентиляційної системи зварювального цеху силові електричні апарати на номінальне значення робочої напруги 220/380 В змінного струму. Через можливу високу запиленість повітря в приміщенні зварювального цеху ступінь захисту машин та апаратів від навколишнього середовища повинна бути не нижче IP44. Також приймаємо до

установки апарати кліматичного виконання типу У та категорією розміщення – 3 [7, 8].

3.2. Перевірочні розрахунки потужності вентиляторів вентиляційної установки

Серія вентиляторів, які використовуються для в системі вентиляції та кондиціонування повітря у зварювальному цеху – ВЕНТС ОВ 4Е 250. Згідно паспортних характеристик (таблиця 2.1.): діаметр вентилятора становить 260 мм, частота обертання крильчатки – 1380 об/хв, максимальний створюваний робочий тиск – 10 Па, а продуктивність по повітрю – 800 м³/год [5]. Слід зазначити, що привідний електродвигун є комплектною вбудованою частиною вентилятора. Тому проводимо перевірочний розрахунок потужності з урахуванням характеристик вентилятора.

Поведемо визначення необхідної потужності привідного електродвигуна вентилятора вентиляційної установки за формулою [8]:

$$P_{розр} = k_3 \frac{QH}{\eta_s \eta_n} \cdot 10^{-3}, \quad (3.1)$$

де Q – продуктивність вентилятора по повітрю, м³/год;

H – максимальні значення робочих тисків обраного для вентиляційної установки вентилятора, Па;

k_3 – коефіцієнт врахування запасу потужності для приводу вентилятора, $k_3 = 1,1$ [8];

η_s, η_n – ККД вентилятора, а також передачі від електродвигуна до вентилятора, $\eta_s = 0,9$, $\eta_n = 1$;

Відповідно. потужність привідного електродвигуна для приводу крильчатки вентилятора вентиляційної установки повинна відповідати умові [8]:

$$P_{\text{дв.вент}} > P_{\text{розр}} \quad (3.2)$$

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$120 \text{ Вт} > 18 \text{ Вт}$$

Оскільки умова (3.2) забезпечується, робимо висновок, що комплектний електродвигун відповідає технічним характеристикам вентилятора.

Так як електродвигун вентилятора запускається та працює практично на холостому ході, то перевірку за умовами пуску не проводимо [8].

3.3. Розрахунок вентиляції зварювального цеху

Завданням витяжного вентилятора для приміщення є ефективно видалення забрудненого повітря з нормативною частотою оновлення, що означає, що за одиницю часу повітря в приміщенні повинно кілька разів оновлюватися. Для досягнення цієї мети використовується витяжний вентилятор з визначеною витратою повітря, вимірюваною у м³/год [2].

Розрахунок вентиляції зварювального цеху будемо проводити по витраті повітря за кратністю повітрообміну за виразом [2].

$$L_{\text{розр}} = S \cdot h \cdot k_{\text{кр}}, \quad (3.3)$$

де S – площа приміщення зварювального цеху, м²;

h – висота приміщення зварювального цеху, м;

$k_{\text{кр}}$ – кратність повітрообміну згідно санітарних вимог нормативних документів, приймаємо $k_{\text{кр}} = 3,5$ [2].

Розрахункове значення повітрообміну в зварювальному цеху становить 784 м³/год. Номінальне значення витрати повітря обраних вентиляторів серії

ВЕНТС ОВ 4Е 250 становить 800 м³/год, отже вони повністю задовільнять кратності повітрообміну приміщення. На основі проведених розрахунків приймаємо два таких вентилятора: один для припливної системи, а інший для витяжної.

3.4. Розробка схеми розташування обладнання вентиляційної установки зварювального цеху

При розробці схеми розташування обладнання вентиляційної установки для зварювального цеху необхідно враховувати кілька важливих аспектів. Це може включати розміщення вентиляційних вентиляторів у стратегічних точках для оптимального розподілу повітря [2, 3].

Далі, важливо врахувати місце розташування зварювального обладнання та інших джерел забруднення повітря, щоб забезпечити ефективне видалення шкідливих випарів та газів. Це може вимагати розміщення вентиляційних вентиляторів біля джерел забруднення або використання системи місцевого витяжного повітря.

Нарешті, важливо врахувати логістику обслуговування та обслуговування вентиляційної установки. Також слід попередньо обдумати можливість розширення або модернізації системи в майбутньому [7, 8].

Загалом, при розробці схеми розташування обладнання вентиляційної установки для зварювального цеху важливо брати до уваги не лише ефективність вентиляції, але і безпеку працівників, легкість обслуговування та можливість майбутнього розширення.

Схема електрична розташування силового електрообладнання, повітропроводів та засобів автоматизації системи вентиляції та кондиціонування повітря зварювального цеху, розроблена на основі вище наведених вимог, представлена на листі графічної частини проекту КП.06.3.005.06.Е7.

4. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ УСТАНОВКОЮ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

4.1 Технологічні вимоги до системи вентиляції цеху

На основі прийнятої технології вентиляції та кондиціонування зварювального цеху наступні вимоги [9]:

- забезпечення достатнього об'єму повітря для виведення шкідливих випарів та газів, що утворюються під час зварювальних робіт;
- використання ефективних систем фільтрації для забезпечення чистого повітря у цеху та запобігання потраплянню шкідливих частинок у навколишнє середовище;
- застосування засобів шумозахисту для зменшення рівня шуму, що виникає від роботи вентиляційної установки;
- розробка автоматизованої системи керування, яка забезпечить оптимальну ефективність вентиляції в залежності від умов роботи цеху та рівня забруднення повітря.

4.2. Визначення параметрів контролю системи вентиляції

При автоматизації процесу регулювання в межах кожного контуру можливі різні рішення схем. Вибір схеми автоматизації пов'язаний з аналізом короткочасних добових змін режимів роботи системи вентиляції та кондиціонування. Він визначається динамічними властивостями системи та вимогами щодо точності регулювання, швидкодії та інших показників.

Для систем вентиляції та кондиціонування різного призначення дані вимоги варіюються у досить широких межах. Наприклад, для комфортного кондиціонування допустимі коливання $t_{\text{пов}}$ до ± 1 (1,5) °С, $\varphi_{\text{пов}}$ до $\pm 10\%$, для технологічного кондиціонування - $t_{\text{пов}}$ до 0,5 (1)°С, $\varphi_{\text{пов}}$ до $\pm 5\%$, для спеціальних

систем - $t_{пов}$ до $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{пов}$ до $\pm 2\%$. Регулювання припливних вентиляційних систем зазвичай здійснюється тільки в зимовий час, регулювання систем кондиціонування – протягом усього періоду експлуатації.

За своїми динамічними властивостями системи кондиціонування та приміщення, що їх обслуговують, відносяться до об'єктів з розділеними параметрами, нестационарні процеси в яких описуються диференціальними рівняннями в часткових похідних. Аналітичне розв'язання таких рівнянь вкрай важке, тому для інженерних розрахунків користуються спрощеними залежностями, цілком справедливими лише для об'єктів із зосередженими параметрами. Елементи систем кондиціонування повітря розглядаються як інерційні об'єкти, що працюють із запізненням.

Аналіз добових змін розрахункових режимів роботи систем кондиціонування з урахуванням нестационарності процесів, що відбуваються в них, дозволяє визначити теплові навантаження, що діють на системи та характер їх зміни. Такий аналіз виконується за різними методиками, заснованими на окремих рішеннях вихідної системи диференціальних рівнянь.

Засоби автоматизації повинні відповідати потрібній точності підтримки параметрів. Пристрої автоматики можуть забезпечити будь-який ступінь точності підтримки параметрів, але марно домагатися точного регулювання, якщо цього не вимагає функціональне призначення обслуговуваних приміщень або якщо сама система кондиціонування не здатна в деякій мірі реагувати на сигнали регуляторів. Ні з практичних, ні з економічних міркувань не слід вибирати пристрої автоматики, що забезпечують більш точне регулювання, ніж це потрібно, і обтяжувати систему спеціальним складним обладнанням. Системи кондиціонування повітря експлуатуються протягом багатьох років, тому найкращою буде проста надійна система автоматики, що дає необхідний ефект.

4.3. Розробка та опис функціональної електричної схеми системи вентиляції цеху

Функціональна електрична схема системи вентиляції та кондиціонування повітря зварювально цеху показана на листі графічної частини проекту КП.06.3.005.02.Е2. На функціональній схемі показаний принцип автоматизованого керування припливною та витяжною вентиляцією.

Під час роботи системи зовнішнє повітря проникає через повітрозабірні решітки, потім проходить через відкритий повітряний клапан перед тим, як увійти в припливну установку. Далі воно проходить через шумоглушник, щоб потрапити у секцію очисного фільтра. Після цього очищене повітря направляється у секцію нагріву, де в зимовий період його підігрівають до температури 22 °С.

Після проходження крізь камеру охолодження, влітку повітря охолоджується. Потім воно проникає в секцію вентилятора, де створюється потік, і через шумоглушник направляється по повітроводах у зварювальний цех.

Температура припливного повітря контролюється за допомогою датчика (16а), дані з якого передаються до контролера в щиті управління, який відповідає за регулювання запірно-регулюючих клапанів (8а, 11а).

У системі передбачено контроль засмічення фільтра. Коли перепад тиску до і після фільтра перевищить 10Па датчик (4а) замкне свої контакти і цей сигнал увімкне світлову сигналізацію і якщо протягом 72 годин фільтр не почистить або не замінить, зупинить систему.

При отриманні сигналу від датчика температури зовнішнього повітря (1а), відбувається перемикання між зимовим та літнім режимами роботи. Залежно від обраного режиму, температура теплоагенту або підвищується або зменшується.

Вода з системи опалення пройде через балансувальний клапан та фільтр перед тим, як потрапити до теплообмінника. Там вона віддасть частину тепла і повернеться назад у систему опалення. Циркуляційний насос забезпечує перемішування припливної води зі зворотною, яка потрапляє у припливний трубопровід залежно від положення регулюючого клапана. Регулюючий клапан

контролює потік зворотної води до теплообмінника в залежності від температури повітря або температури зворотної води, що вимірюється за допомогою накладного датчика температури. Накладний термостат забезпечує захист теплообмінника від замерзання теплоносія. У випадку, якщо температура води опуститься нижче 0°C, це може призвести до замерзання теплоносія, що спричинить розрив трубок теплообмінника, що, в свою чергу, може вимагати дорогого ремонту або заміни.

У літньому режимі роботи для регулювання подачею холодоносія застосовується вузол управління подачею повітря в охолоджувачі. Вузол керування витратою повітря в охолоджувачах ВК2 .

Вода, яка проходить через холодильну машину, спочатку пройде балансувальний клапан та фільтр, після чого потрапить у секцію охолодження, де охолоджується, а потім повертається у систему опалення. Циркуляційний насос забезпечує змішування припливної води зі зворотною водою, яка подається у припливний трубопровід в залежності від положення регулюючого клапана. Регулюючий клапан контролює кількість зворотної води, яка надходить до теплообмінника, в залежності від температури припливного повітря.

4.4. Розробка та опис принципової електричної схеми керування системою вентиляції та кондиціонування повітря цеху

Схема електрична принципова автоматизованого керування системою вентиляції та кондиціонування повітря зварювального цеху представлена на аркуші КП.06.3.005.03.Е3. графічної частини проекту. На схемі представлені всі електричні компоненти та всі апарати, які виконують контроль встановлених електричних процесів у виробі. Вона також включає всі електричні з'єднання між цими компонентами, а також показано електричні елементи, що є частиною вхідних та вихідних електричних колах [7].

Система має два режими роботи зимовий та літній. У зимовий період роботи системи повітря перед подачею в приміщення цеху, підігрівається, а в літній – охолоджується. Тепло- та холодоносієм в системі є вода. Перемикання відбувається автоматично або вручну. Автоматичний перехід відбувається за датчиком температури зовнішнього повітря з гістерезисом. Перехід із зимового на літній за середньої температури повітря 12°C, а із літнього на зимовий – за середньої температури 8°C. Вручну за допомогою перемикачів (SA1, SA2). Розглянемо окремо ці режими.

Режим роботи в зимовий період року.

Черговий режим. У черговому режимі повітряні клапани закриті, вентилятори припливної та витяжної установки вимкнені, на щиті лампи «МЕРЕЖА» (HL1), «ЗИМОВИЙ РЕЖИМ» (HL5), «ПОВІТРЯНИЙ КЛАПАН ЗАКРИТИЙ» (HL4) та «СТОП» (HL3) знаходяться у включеному стані. Циркуляційний насос у вузлі регулювання подачею теплоносія працює, регулювання здійснюється за температурою зворотної води.

Режим вентиляції. При подачі напруги на двигун вентилятора одночасно подається сигнал на відкриття повітряного клапана і протягом 10 секунд повинен надійти сигнал про відкриття клапана та вимкнеться лампа «ПОВІТРЯНИЙ КЛАПАН ЗАКРИТИЙ».

У режимі вентиляції регулювання виконується в залежності від температури вхідного повітря. Якщо температура перевищує задане значення, контролер автоматично переключається на регулювання з метою запобігання перегріву води, яка повертається до системи опалення. Контроль перевищення температури зворотної води активується з певною затримкою після увімкнення вентилятора.

Режим роботи в літній період.

Черговий режим. У черговому режимі повітряні клапани закриті, вентилятори припливної та витяжної установки вимкнені, на щиті лампи «МЕРЕЖА» (HL1), «ПОВІТРЯНИЙ КЛАПАН ЗАКРИТИЙ» (HL4) та «СТОП»

(HL3) знаходяться у включеному стані. Циркуляційний насос працює. Регулювання не здійснюється.

Режим вентиляції. При подачі напруги на двигун вентилятора одночасно подається сигнал на відкриття повітряного клапана і протягом 10 секунд повинен надійти сигнал про відкриття клапана та вимкнеться лампа «ПОВІТРЯНИЙ КЛАПАН ЗАКРИТ» (HL4). У режимі вентиляції регулювання здійснюється за температурою припливного повітря.

4.5. Розробка та опис компоувальної монтажної схеми шафи керування

Схема компоувальна монтажна шафи керування системою вентиляції та кондиціонування повітря зварювального цеху представлена на аркуші КП.06.3.005.05.E4 графічної частини проекту.

У відповідності до поставленої задачі розроблена система вентиляції та кондиціонування включає в себе елементну базу, яка встановлена в щиті керування та кінцеві пристрої управління та збору інформації, що знаходяться безпосередньо на самій установці припливно-витяжної вентиляції.

Щит відповідає міжнародному стандарту захисту IP65. Для швидкої заміни вузлів використовуються напрямні DIN-рейки, на які монтується обладнання, таке як автоматичні вимикачі та контролери.

Електричні з'єднання реалізується за допомогою проводів та клемників.

Щит кріпиться на вертикальну стіну.

4.6. Розробка та опис схеми підключень вентиляційної установки

Схема електрична підключень шафи керування системою вентиляції та кондиціонування повітря зварювального цеху представлена на аркуші КП.06.3.005.04.E5 графічної частини проекту.

На схемі з'єднань зображені всі пристрої та елементи, що входять до схеми автоматизації процесу вентилявання та кондиціонування повітря, а також основні електричні з'єднання між вказаними пристроями. Також показано з'єднання всіх датчиків, виконавчих механізмів, двигунів, кабелів до щита управління, а також передачі цих сигналів на мікроконтролер.

Дискретні датчики та виконавчі механізми приєднуються до щита контрольним кабелем КВВГ, а аналогові датчики підключаються екранованим кабелем МКЕШ. При підключенні до щита керування екрани кабелів з'єднуються між собою на шині заземлення.

Щити керування та агрегати систем мають бути заземлені відповідно до вимог ПУЕ [4]. Усі підключені кабелі та дроти мають бути промарковані згідно розробленої схеми.

4.7. Вибір основних засобів автоматизації системи вентиляції

У даному проекті використовується велика кількість різноманітних датчиків, приводів, контролерів та іншого обладнання для систем автоматизації. Однак особлива увага приділяється програмованому контролеру LOGO фірми Siemens, оскільки він є основою всієї системи автоматики [10].

4.7.1. Вибір контролера

Модулі LOGO! – це невеликі, але повнофункціональні пристрої, що мають універсальне застосування. Вони призначені для створення базових систем автоматизації з обробкою логічної інформації. Зовнішній вигляд контролера наведено на рисунку 4.3.



Рис. 4.3. Зовнішній вигляд контролера серії LOGO фірми Siemens

Режим роботи модулів визначається програмою, яка складається з вбудованих функцій. Програмування модулів LOGO!Basic може виконуватися без використання додаткового програмного забезпечення, просто з їхньої клавіатури. Вартісні показники модулів настільки низькі, що їх застосування може бути економічно доцільним, навіть у випадку заміни пристроїв, які включають до свого складу 2 багатфункціональних реле часу або 2 таймери та 3-4 проміжні реле.

Усі вбудовані входи модулів призначені для отримання дискретних сигналів і працюють при напрузі живлення, що відповідає живленню самого модуля. У деяких моделях 2 з 8 входів мають універсальне призначення, тобто можуть приймати як дискретні, так і аналогові сигнали в діапазоні від 0 до 10 В.

4.7.2. Вибір датчиків

В якості первинного вимірювального перетворювача температури обираємо до установки датчик типу QAC2010. Зовнішні датчики призначені для вимірювання зовнішньої температури та рівня сонячної радіації, впливу вітру та температури. Зовнішній вигляд датчика наведено рисунку 4.4 [10].



Рис. 4.4. Зовнішній вигляд датчика типу QAC2010

В якості датчика-реле перепаду тиску повітря в повітропроводах приймаємо до установки датчик типу QBM81.5. Даний датчик використовується для контролю перепаду тиску, а також для контролю за зниженим та підвищеним тиском у системах вентиляції та кондиціонування повітря. Зовнішній вигляд датчика наведено на рисунку 4.5. Діапазон виміру 10 ... 500 Па. Виробник фірма «Siemens» [10].



Рис. 4.5. Зовнішній вигляд датчика типу QBM81.5

Термостат здійснює контроль захисту від замерзання за температурою води у зворотному трубопроводі, забезпечений перекидним однополюсним мікроперемикачем. Встановлена гранична температура відображається у віконці на корпусі термостата. При досягненні температури уставки при зниженні температури (функція захисту) перекидний контакт виробить сигнал і передасть його в щит управління. Діапазон виміру 5...65°C. Виробник фірма «Siemens» [10]. Зовнішній вигляд датчика наведено на рисунку 4.6.



Рис. 4.6. Зовнішній вигляд накладного термостату типу RAK-TW.5000

Для вимірювання температури теплоносія в трубопроводі обираємо первинний вимірювальний перетворювач температури типу QAC 21. Накладний датчик температури призначений для вимірювання температури у трубопроводі. Вимірювання температури в трубопроводі проводиться для контролю або обмеження температури потоку, обмеження температури зворотного трубопроводу води, контролю гарячої води. Зовнішній вигляд датчика наведено на рисунку 4.7.



Рис. 4.7. Зовнішній вигляд накладного термостату типу RAK-TW.5000

4.7.3. Вибір виконавчих механізмів

В якості приводу повітряного клапана обираємо апарат типу GMA126.1E. Зовнішній вигляд електроприводу наведено на рисунку 4.8.

Електропривод повітряного клапана із вбудованою пружиною повернення призначений для відкриття та закриття клапана. Повітряний клапан перекриває надходження повітря до приміщення і з нього через повітроводи системи

вентиляції. Двох позиційний привід має кут повороту 90° . Він має вбудовані додаткові контакти, налаштовані спрацьовування на кутах $5^\circ \dots 90^\circ$. Виробник фірма «Siemens».



Рис. 4.8. Зовнішній вигляд приводу GMA126.1E

4.8. Складання переліку матеріалів та обладнання для системи керування вентиляцією

Повний перелік матеріалів та обраного обладнання для реалізації схеми автоматизованого керування системою вентиляції та кондиціонування повітря у приміщенні зварювального цеху наведено в розділі економічного обґрунтування в таблиці 9.1 при визначенні капіталовкладень в систему реконструкції.

5. ПРОЕКТУВАННЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОПРОВОДКИ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ЦЕХУ

5.1. Розробка схеми живлення системи електрифікації цеху

Забезпечення електроенергією приміщення зварювального цеху здійснюємо від силової розподільчої шафи 0,4 кВ (А1) виробничого приміщення. Електричну внутрішню мережу 0,38 кВ виконуємо за п'ятипровідною системою (система заземлення TN-C-S)

Від силової розподільчої шафи 0,4 кВ (А1) отримують живлення шафа керування системою вентиляції та кондиціонування зварювального цеху (А2) та шафа керування електроосвітленням цеху (А3). Для підключення засобів автоматизації та обладнання системи вентиляції обираємо контрольні кабелі КВВГ, для підключення датчиків – екранований провід серії МКЕШ. Для живлення системи освітлення приймаємо кабель типу ВВГ.

Прокладку проводів та кабелів здійснюємо в металевому рукаві встановленого діаметру по стінам та стелі зварювального цеху.

5.2. Вибір кабелів для підключення обладнання

Для вибору кабелів для підключення обладнання зварювального цеху розрахунки номінальних струмів споживачів проведемо за наступними виразами [7]:

- для трифазних споживачів:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H}, \quad (5.1)$$

де P_H – величина номінальної потужності споживачів електричної енергії зварювального цеху, кВт;

U_H – напруга внутрішньої електричної мережі зварювального цеху, В;

$\cos\varphi_H$ – коефіцієнт потужності системи;

η_H – ККД обладнання зварювального цеху.

- для однофазних споживачів [7]:

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

Вибір кабельної продукції для підключення електрообладнання зварювального цеху здійснюємо за умовою [7]:

$$I_{mp.\dot{d}on} \geq I_H, \quad (5.3)$$

де $I_{mp.\dot{d}on}$ – табличне значення тривалого допустимого струму для жил обраного кабеля, А.

Вибір кабелю проведемо на прикладі витяжного вентилятора системи вентилявання та кондиціонування повітря в зварювальному цеху (ділянка W15).

Розрахункове значення сили струму електроприводу вентилятора:

$$I_{н.В1} = \frac{0,12 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,82 \cdot 0,79} = 0,3 \text{ А}$$

Для підключення витяжного вентилятора системи вентилявання та кондиціонування повітря обираємо кабель КВВГ (5x1,5) із $I_{mp.\dot{d}on} = 15 \text{ А}$ [4, 11].

Аналогічно проводимо вибір кабелів для підключення інших споживачів електричної енергії системи вентиляції та кондиціонування повітря зварювального цеху, а також системи електричного освітлення.

Результати вибору кабелів для системи вентиляції наведено на схемі підключень, яка представлена на листі графічної частини проекту КП.06.3.005.05.E4. Результати вибору кабелів для системи освітлення наведено на аркуші графічної частини проекту КП.06.3.005.06.E7.

5.3. Вибір автоматичних вимикачів для системи електрифікації зварювального цеху

Вибір автоматичних вимикачів для захисту обладнання зварювального цеху від струмів короткого замикання проведемо на прикладі вимикача QF4, який призначений для захисту електродвигуна витяжного вентилятора системи вентиляції та кондиціонування цеху. Вибір QF4 проводимо за наступними умовами [7]:

– за серією або типом автоматичного вимикача: серія 3RV10 11-DA1, виробник компанія SIEMENS (рис. 5.2);

– за значенням номінальної напруги електричної мережі зварювального цеху:

$$U_{н.АВ} \geq U_{м} \quad (5.4)$$

$$400В \succ 380В$$



Рис. 5.2. Автоматичний вимикач 3RV10 11-DA1, виробник компанія
SIEMENS

– за значенням споживаного струму:

$$I_{н.АВ} \geq I_{розр} \quad (5.5)$$

$$6 \text{ A} > 0,3 \text{ A}$$

– за типом виконання АВ:

- кількість головних полюсів – 3Р;
- за видом захисних розчіплювачів – з комбінованим розчіплювачем;

– за ступенем відсічки ЕМ (електромагнітний) розчіплювача АВ:

$$I_{відс.ЕМР} \geq 1,5...1,8 \cdot I_{II}, \quad (5.6)$$

$$I_{відс.ЕМР} = k \cdot I_{н.АВ},$$

де k – паспортне значення кратності відсічки АВ, обираємо АВ з характеристикою «С», отже, $k=10$:

$$I_{відс.ЕМР} = 10 \cdot 6 = 60 \text{ A},$$

$$60 \text{ A} > 1,8 \cdot 0,3 \cdot 7,5 = 4,05 \text{ A A.}$$

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів для інших споживачів електричної енергії системи вентиляції та кондиціонування повітря зварювального цеху, а також системи електричного освітлення. Результати вибору автоматичних вимикачів для системи вентиляції наведено на схемі електричній принциповій керування, яка представлена на листі КП.06.3.005.03.Е3. Результати вибору автоматичних вимикачів для системи освітлення наведено на аркуші графічної частини проєкту КП.06.3.005.06.Е7.

5.4. Вибір магнітних пускачів для комутації електричних кіл

Вибір магнітних пускачів для комутації електричних кіл системи керування вентиляцією зварювального цеху проведемо на прикладі магнітного пускача КМ2, який призначений для керування електродвигуном витяжного вентилятора системи вентиляції та кондиціонування цеху. Вибір КМ2 проводимо за наступними умовами [7]:

– за серією: Logo! Contact 24 (рис. 5.3);



Рис. 5.3. Контактор Logo! Contact 24

– за величиною напруги силових контактів:

$$U_{н.МП} \geq U_{мережі} \quad (5.7)$$

$$400B \succ 380B$$

– за силою струму силових контактів:

$$I_{н.МП} \geq I_{н.М} \quad (5.8)$$

$$20 A \succ 0,3 A$$

– за величиною напруги котушки керування:

$$U_{н.МП} \geq U_{кер} \quad (5.9)$$

Оскільки керування магнітним пускачем буде здійснюватися напряму від логічного мікроконтролера, то напруга системи керування буде рівною 24 В:

$$24 B = 24 B$$

– за типом виконання МП:

- без реверсування;
- без захисних електротеплових реле;

Аналогічно проводимо вибір магнітних пускачів для керування іншими силовими апаратами системи вентиляції та кондиціонування повітря зварювального цеху. Результати вибору магнітних пускачів для системи вентиляції наведено на схемі електричній принциповій керування, яка представлена на листі графічної частини проєкту КП.06.3.005.03.ЕЗ.

5.5. Складання переліку електрообладнання та матеріалів для системи електрифікації зварювального цеху

Повний перелік матеріалів та обраного електрообладнання для системи електрифікації зварювального цеху наведено в розділі економічного обґрунтування в таблиці 9.1 при визначенні капіталовкладень в систему реконструкції.

6. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ЦЕХУ

6.1. Система та види освітлення у зварювальному цеху

У відповідності до рекомендацій, які наведені в нормативних документах та технічній літературі [12, 13], для зварювального цеху приймаємо до розрахунків загально-рівномірну систему освітлення.

Види освітлення проектуємо наступні: робоче та аварійне [12, 13].

6.2. Нормована освітленість приміщення цеху

Нормована освітленість зварювального цеху є критичним фактором безпеки та продуктивності. Зварювальний процес вимагає достатньої кількості світла для забезпечення належного бачення та уникнення потенційних аварійних ситуацій. Зазвичай для зварювальних цехів рекомендується освітлення зі значною інтенсивністю, щоб компенсувати високу яскравість вогню зварювального дугового апарату.

Основними вимогами до освітлення зварювального цеху є відповідність стандартам безпеки і здоров'я, що передбачають мінімальні рівні освітленості. Ці стандарти можуть відрізнятися залежно від конкретних регіональних нормативів та виду зварювальних робіт, проте зазвичай рекомендується, щоб освітлення зварювального цеху забезпечувало мінімум 300-500 люксів на робочій поверхні [12, 13].

6.3. Вибір енергоефективних джерел світла

При виборі енергоефективних джерел світла для зварювального цеху необхідно враховувати декілька ключових факторів. По-перше, важливо

вибрати світлодіодні (LED) світильники, які вважаються одними з найбільш енергоефективних на ринку. LED-освітлення споживає значно менше електроенергії порівняно з традиційними розрядними лампами, такими як ртутні лампи високого тиску (HID) або люмінесцентні лампи.

На основі вищесказаного приймаємо до установки сучасні LED-світильники серії LS-LHB-P-100W (рис. 6.1) [14]. Обрані світильники для зварювального цеху дозволять зменшити споживання електроенергії, забезпечити довговічність та надійність освітлення і забезпечити оптимальні умови для безпечного та ефективного проведення зварювальних робіт.



Рис. 6.1. LED-світильник серії LS-LHB-P-100W

6.4. Схема розташування світильників у зварювальному цеху

У зварювальному цеху оптимальне розташування світильників відіграє ключову роль у забезпеченні належного освітлення приміщення. Зазвичай світильники розміщуються рівномірно по всій площі цеху таким чином, щоб уникнути тіней та забезпечити однакову якість світла на всій робочій зоні [12, 13].

У цеху встановлюємо ряди світильників, які розташовані паралельно один одному по обидва боки від центрального проходу. Це дозволить забезпечити

рівномірне освітлення на всій ширині приміщення. Схема розташування світильників показана на рис. 6.2.

6.5. Розрахунок системи освітлення

Проектування освітлювальної установки зварювального цеху проведемо за допомогою розрахункового методу використання світлового потоку за алгоритмом, який наведено в [12, 13].

Висота приміщення зварювального цеху для розрахунків [12, 13]:

$$H_{розр} = H - H_{зв} - H_{рп}, \quad (6.1)$$

де H – висота приміщення зварювального цеху, м;

$H_{зв}$ – висота звісу джерела світла (світильника), $H_{зв} = 0,2$ м;

$H_{рп}$ – висота поверхні, на рівні якої відбуваються зварювальні роботи, м,

$$H_{рп} = 0 \text{ м}$$

Для подальших обчислень потрібно визначити оптимальне значення світлотехнічної та економічної відстані між рядами, що рекомендується для косинусної кривої розподілу світла [12, 13]:

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

Рекомендована розрахункова відстань між рядами світильників у зварювальному цеху [12, 13]:

$$L_6 = \lambda_{св} \cdot H_{розр}; \quad (6.2)$$

Приймаємо до подальших розрахунків $L_6 = 2,5$ м.

Рекомендована розрахункова відстань рядів від стін приміщення зварювального цеху [12, 13]:

$$l_B = (0,3 \dots 0,5) \cdot L_B; \quad (6.3)$$

$$l_B = (0,3 \dots 0,5) \cdot 2,5 = 0,75 \dots 1,25 \text{ м.}$$

Приймаємо до подальших розрахунків $l_B = 1 \text{ м.}$

Кількість LED-світильників в ряду [12, 13]:

$$N_A = \frac{A - 2l_B}{L_B} + 1; \quad (6.4)$$

$$N_A = \frac{8 - 2 \cdot 1}{2,5} + 1 = 3,4 \text{ шт}$$

Приймаємо до подальших розрахунків 3 світильника.

Кількість рядів LED-світильників у зварювальному цеху [12, 13]:

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1; \quad (6.5)$$

Загальна кількість світильників у зварювальному цеху [12, 13]:

$$N = N_A \cdot N_B; \quad (6.6)$$

$$N = 3 \cdot 3 = 9 \text{ шт.}$$

Індекс приміщення зварювального цеху [12, 13]:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_{\text{розр}}(A + B)}; \quad (6.7)$$

$$i = \frac{8 \cdot 7}{3,8 \cdot (8 + 7)} = 1.$$

Для зварювального цеху за рекомендаціями [12] приймаємо наступні значення коефіцієнтів відбиття світла: $\rho_c = 50\%$, $\rho_{cm} = 30\%$, $\rho_n = 10\%$, а коефіцієнт використання світлового потоку приймаємо - 0,25 [12].

Розрахункове значення світлового потоку, що повинен забезпечувати джерело світла [12, 13]:

$$\Phi_{cv} = \frac{E_n \cdot \kappa_3 \cdot Z \cdot S}{N \cdot \eta}, \quad (6.8)$$

де S – площа зварювального цеху, m^2 .

κ_3 – коефіцієнт запасу, $\kappa_3 = 1,1$ [12];

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,1$ [12].

$$\Phi_{cv.розр} = \frac{400 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 56}{0,25 \cdot 9} = 12046 \text{ лм.}$$

Технічні характеристики обраного світильника серії LS-LHB-P-100W:
 $P_{cv} = 100 \text{ Вт}$, $\Phi_{cv} = 13000 \text{ лм}$.

Визначаємо відхилення світлового потоку від розрахункового:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{cv.cm} - \Phi_{cv.розр}}{\Phi_{cv.cm}} \cdot 100\%; \quad (6.9)$$

$$\Delta\Phi = \frac{13000 - 12046}{13000} \cdot 100\% = 7,34 \%$$

Дане відхилення знаходиться в допустимих межах + 20... – 10 % [12].

Встановлена потужність освітлювальної установки зварювального цеху:

$$P_{\text{вст}} = P_{\text{св}} \cdot N; \quad (6.10)$$

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

Кількість світильників аварійного освітлення у зварювальному цеху повинно бути в кількості 5% від загального числа джерел світла у приміщенні. Тому приймаємо 1 світильник біля виходу із зварювального цеху [12, 13].

Вибір провідників та автоматичних вимикачів для системи освітлення проводимо за алгоритмом, наведеним у розділі 5. Результати вибору показані у розрахунково-монтажній таблиці мережі системи освітлення, яка наведена на схемі розташування освітлювальної установки на плані зварювального цеху (аркуш КП.06.3.005.06.E7).

6.6. Складання переліку матеріалів та обладнання для системи освітлення цеху.

Повний перелік матеріалів та обраного обладнання для реалізації системи штучного електричного освітлення зварювального цеху наведено в розділі економічного обґрунтування в таблиці 9.1 при визначенні капіталовкладень в систему реконструкції.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація роботи з охорони праці у зварювальному цеху. Організація роботи з охорони праці в зварювальному цеху є ключовим аспектом забезпечення безпеки та здоров'я працівників. Планування цих заходів включає в себе аналіз потенційних ризиків, визначення пріоритетів та розробку конкретних стратегій для їх зменшення. Фінансування заходів з охорони праці повинно бути відображене у бюджеті підприємства, забезпечуючи необхідні ресурси для впровадження та підтримки безпеки праці [15, 16].

Умови колективного договору в розділі «Охорона праці» визначають права та обов'язки роботодавців та працівників з питань безпеки й охорони праці. Це може включати в себе вимоги до умов праці, обов'язки щодо проходження навчання з питань безпеки, а також встановлення відповідальності за порушення правил та норм безпеки.

Організація навчання з питань охорони праці вимагає наявності спеціальної програми навчання, розробленої інструкції з безпечного виконання робіт, а також журналу реєстрації інструктажів з техніки безпеки та протоколів атестації. Ці матеріали допомагають забезпечити, що працівники мають необхідні знання та навички для роботи в безпечних умовах.

Забезпечення спецодягом, засобами індивідуального захисту та санітарно-побутовим забезпеченням є важливим аспектом забезпечення безпеки працівників. Роботодавець повинен забезпечити своїх працівників відповідним захистом, відповідно до характеру робіт, які вони виконують.

Відповідальність посадової особи за роботу з питань охорони праці полягає в тому, щоб вони були відповідальні за розробку, впровадження та забезпечення дотримання вимог та стандартів безпеки. Це включає в себе контроль за дотриманням правил і норм безпеки, реагування на порушення, а також надання необхідної підтримки та навчання працівників з питань безпеки й охорони праці..

Небезпечні та шкідливі фактори при виконанні робіт у зварювальному цеху. В зварювальному цеху виконання робіт пов'язане з рядом потенційно небезпечних та шкідливих факторів, які можуть впливати на здоров'я та безпеку працівників. Перш за все, основним ризиком є вплив електричного струму під час зварювальних процесів, що може призвести до опіків, ураження струмом або пожежі.

Під час зварювання утворюється шкідлива речовина, така як оксиди азоту, оксиди сірки, озон, а також метали, які можуть бути вдихнуті працівниками. Це може викликати різноманітні пошкодження дихального тракту, алергічні реакції та інші проблеми зі здоров'ям.

Крім того, зварювальні роботи часто пов'язані з підвищеними рівнями шуму та вібрації, що можуть призвести до порушень слуху та нервової системи.

Важливим аспектом є також наявність гарячих та гострих предметів, які можуть призвести до термічних опіків або порізів.

Працівники зварювального цеху також можуть бути піддані фізичному перенапруженню через підняття важких предметів або тривале перебування в незручних позах під час роботи.

Нестабільні умови роботи, такі як висока температура та вологість, також можуть погіршувати загальний стан працівників та сприяти виникненню втоми.

Отже, зварювальний цех має значний потенціал для виникнення небезпечних та шкідливих факторів, які вимагають уважного контролю та впровадження заходів безпеки та охорони здоров'я на робочому місці..

Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці при виконанні робіт у зварювальному цеху. Впровадження безпечних і здорових умов праці у зварювальному цеху вимагає комплексного підходу та уваги до деталей.

По-перше, необхідно забезпечити належне навчання та підготовку працівників з питань безпеки та техніки безпеки при зварюванні. Це включає в себе ознайомлення з правильними методами виконання робіт, використанням відповідного захисного спорядження та попередженням можливих ризиків.

Також необхідно забезпечити належне обладнання та інструменти для зварювальних робіт. Це означає регулярне технічне обслуговування та перевірку зварювального обладнання, а також встановлення систем вентиляції для відведення шкідливих випарів та пилу.

Крім того, слід встановити процедури безпеки, які включають в себе контроль за робочими місцями, униканням перевантаження працівників, а також регулярні паузи для відпочинку та розтяжки. Також важливо встановити систему моніторингу за умовами праці для вчасного виявлення будь-яких потенційних небезпек.

Важливо залучити працівників до процесу забезпечення безпеки на робочому місці, стимулюючи їх активно брати участь у програмах навчання та регулярних перевірок безпеки. Тільки з взаємодією всіх сторін, від керівництва до працівників, можна досягти максимального рівня безпеки та здоров'я на робочому місці у зварювальному цеху..

8. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Реконструкція системи електрифікації зварювального цеху є необхідною кроком для підвищення ефективності та безпеки виробничого процесу. Сучасні технології вимагають високоякісного та стабільного живлення, щоб забезпечити якісне виконання зварювальних робіт. Автоматизована система керування вентиляцією дозволить оптимізувати роботу вентиляційної системи, щоб забезпечити належні умови праці для робітників і знизити витрати на електроенергію. Це особливо важливо в зварювальному цеху, де можуть виділятися шкідливі пари та газу. Розробка автоматизованої системи керування вентиляцією передбачає використання сучасних сенсорів для вимірювання рівнів шкідливих речовин у повітрі. Ця інформація буде використовуватися для автоматичного регулювання роботи вентиляційних систем залежно від потреби.

Окрім того, реконструкція системи електрифікації дозволить використовувати більш енергоефективне обладнання, що призведе до зменшення споживання електроенергії і зниження експлуатаційних витрат на 10-15% [18].

В таблиці 9.1 наведено кошторисні витрати на придбання технічних засобів для реконструкції системи електрифікації зварювального цеху, зокрема, автоматизованої системи керування вентиляцією та енергоефективної освітлювальної установки.

Таблиця 9.1 – Кошторисні витрати на придбання технічних засобів для реконструкції системи електрифікації зварювального цеху

Найменування	К-ть, шт.,м.	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
Система керування системою вентиляції та кондиціонування повітря			
Автоматичний вимикач	1	480	480
Автоматичний вимикач	3	230	690
Автоматичний вимикач	2	550	1100

3RV10			
Контактор LOGO!	4	780	3120
Блок живлення LOGO! Power 24v/4A	1	1100	1100
Логічний модуль LOGO!	1	3200	3200
Модуль вводу-виводу	1	1200	1200
Модуль аналогових сигналів	1	1500	1500
Модуль аналогових виходів	1	1500	1500
Перемикач 5TE4705	2	130	260
Кнопка 5TE4705	2	120	240
Лампа сигнальна 5TE5700	8	100	800
Разом:			82081

Витрати на монтаж приймемо в розмірі 30 % від загальної суми капіталовкладень, тоді загальні капіталовкладення становитимуть:

$$K_{заг} = K_{обл} + K_{монт} \quad (9.1)$$

$$K_{заг} = 82081 + 24624 = 106705 \text{ грн}$$

Зниження витрат електроенергії у зварювальному цеху після реконструкції [18]:

$$W_n = W_{\sigma} - \frac{W_{\sigma} \cdot k}{100}, \quad (9.2)$$

де W_{σ} – витрати електроенергії у зварювальному цеху до модернізації системи, кВт·год; $W_{\sigma} = 92000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$;

k – прогнозоване значення відсотку зниження споживання, %; $k = 10\%$.

$$W_n = 92000 - \frac{92000 \cdot 10}{100} = 82800 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Економія коштів за споживання електричної енергії буде рівна [18]:

$$E_{el} = (W_6 - W_{np}) \cdot C, \quad (9.3)$$

де C – вартість електроенергії, грн/кВт·год.

$$E_{el} = (92000 - 82800) \cdot 6 = 55200 \text{ грн.}$$

Термін за який капіталовкладення окупляться [18]:

$$T_{ок} = \frac{K_{заг}}{E_{el}}, \quad (9.4)$$

$$T_{ок} = \frac{106705}{55200} = 1,93 \text{ років}$$

Знаходимо значення коефіцієнту економічної ефективності [18]:

$$E_{e.e.} = \frac{E_{el}}{K_{заг}}, \quad (9.5)$$

$$E_{e.e.} = \frac{55200}{106705} = 0,51.$$

На листі ДП.12.015.06.ТБ графічної частини проекту наведені дані щодо показників економічної ефективності проекту реконструкції системи електрифікації цеху з ремонту електродвигунів, включаючи детальну розробку системи автоматизації процесу сушіння лаку.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційному проекті проведено реконструкцію системи електрифікації зварювального цеху ТОВ «Завод Кобзаренка» Роменського району Сумської області з розробкою системи автоматизованого керування вентиляційною установкою.

Автоматизація системи вентиляції та кондиціонування повітря у зварювальному цеху та встановлення енергоефективного освітлення дозволить:

- продовжити термін експлуатації обладнання шляхом зменшення навантаження на його елементи;
- зменшити споживання електроенергії та витрати на опалення;
- підвищити комфорт та безпеку працівників заводу;
- зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу;
- покращити якість виробничого процесу та знизити кількість браку продукції;

Запропоновані рішення призведуть до отримання значного економічного ефекту для ТОВ «Завод Кобзаренка» та сприятиме покращенню екологічної ситуації у районі. Автоматизація системи вентиляції та встановлення енергоефективного освітлення у зварювальному цеху дозволить знизити споживання електричної енергії на 9200 кВт·год на рік, що дасть економію коштів за споживання у розмірі 55200 грн на рік. Термін окупності запропонованих рішень становить 1,93 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ТОВ «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://kobzarenko.com.ua/ua>.
2. Теплогазопостачання та вентиляція: навч. посіб. / [О. Т. Возняк, О. О. Савченко, Х. В. Миронюк та ін.]; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2013. – 276 с.: іл., табл.
3. Алексахін О. О., Панчук О. В. Теплогазопостачання і вентиляція. Вибрані задачі: Навч. посібник. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 230 с., рис. 64, табл. 79.
4. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017).
5. Каталог вентиляційного обладнання. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://kipr.kiev.ua/ventelyatsiyne-obladnannya/>.
6. Каталог обладнання компанії Grundfos. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.grundfos.com/ua>.
7. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК : підручник / І. І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко, І. М. Болбот, П. В. Олійник. – К.: НМЦ Мін-ва аграрної політики України, 2008. – 330 с; 2020. – 330 с.
8. Електропривод с.г. машин, агрегатів та потокових ліній. Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавриненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк. За ред. Жулая Є.Л. – Вища освіта, 2001. – 288 с.
9. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
10. Каталог електротехнічної продукції компанії Siemens. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.siemens.com/ua/uk.html>.

11. Каталог кабельної продукції. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.avtomats.com.ua/3307-wire_apv.html.

12. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Електричне освітлення та опромінення» для студентів факультету енергетики і автоматики / Л.С. Червінський, Л.О. Сторожук, Б.М. Ковалишин – Київ, НУБіП, 2014 р. – 63 с.

13. Кушлик Р.В., Яковлев В.Ф., Куценко Ю.М., Лисиченко М.Л., Кунденко М.П., Федюшко Ю.М. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. 332 с.

14. LED-світильники серії LS-LHB-P-100W. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ledster.com.ua/prom_sklad_osveschenie/ls_lhb_p_100w.html/

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

16. Яковлев В. Ф., Барсукова Г. В. Методичні вказівки до виконання розділу «Екологічна експертиза» в випускних роботах здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей 2 першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. – Суми: СНАУ, 2021.– 12 с.

17. Кравець О.В. Методичні вказівки до економічної частини дипломних проектів ФЕСВ / О.В. Кравець, М. І. Стручаєв. – Мелітополь : ТДАТА, 2004. – 15 с.