

УДК 621.320

Михалків Владислав Ігорович Модернізація електричної силової мережі майстерні з ремонту сільськогосподарської техніки. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 52 с. текстової частини, 10 таблиць, 14 рисунків, 14 джерел посилання.

**Мета роботи:** модернізація електричної силової мережі майстерні.

Для досягнення поставленої мети, необхідно виконати такі **завдання:** виконати аналіз рівня споживання електроенергії; розрахувати силову електричну мережу; розрахувати освітлювальну електричну мережу; розрахувати техніко-економічні показники.

В даній кваліфікаційній роботі було розглянуто питання модернізації електричної силової мережі майстерні з ремонту сільськогосподарської техніки, яка знаходиться у підпорядкуванні ТзОВ «Секрет», яка розташована у місті Самбір, Львівської області, а також було розраховане освітлення з використанням різних типів ламп, а саме: ламп розжарення; компактно люмінесцентних ламп та світлодіодних ламп. Після розрахунків силової мережі для верстатів були вибрані кабелі та ПЗА.

Розрахунки освітлювальної мережі нам дали результати, за якими ми можемо оцінити доцільність використання тих чи інших ламп.

Також було розраховано економічну ефективність модернізації та дано рекомендації щодо її реалізації.

**Ключові слова:** дефіцит електроенергії в Україні, силові мережі.

## ВСТУП

Сільське господарство є одним із ключових секторів економіки України, що забезпечує продовольчу безпеку країни та світового ринку. Ефективне функціонування сільськогосподарської техніки відіграє важливу роль у цьому процесі.

Майстерні з ремонту сільськогосподарської техніки є невід'ємною частиною інфраструктури агросектору, забезпечуючи підтримку та обслуговування машинно-тракторного парку.

Однак, з розвитком технологій та зростанням вимог до енергоефективності, багато майстерень стикаються з потребою модернізації своїх електричних силових мереж.

Старі та застарілі мережі не відповідають сучасним стандартам, що може призвести до низки проблем, таких як:

- **Перевантаження та перегрів:** Застаріле обладнання не може витримувати зростаюче навантаження від сучасних машин, що може призвести до перевантажень, перегрівів та пожеж.
- **Втрати електроенергії:** Неefективні мережі призводять до значних втрат електроенергії, що збільшує витрати та негативно впливає на навколишнє середовище.
- **Низька надійність:** Старі мережі схильні до частих поломок, що може призвести до простоїв та втрат виробництва.
- **Небезпека для персоналу:** Застаріле обладнання може становити небезпеку для життя та здоров'я працівників майстерні.

Модернізація електричної силової мережі майстерні з ремонту сільськогосподарської техніки є інвестицією, яка може принести значні переваги, такі як:

- Підвищення енергоефективності: Нове обладнання може значно знизити втрати електроенергії, що призведе до економії коштів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.
- Підвищення надійності: Сучасні мережі більш стійкі до перевантажень та поломок, що забезпечує безперебійну роботу майстерні.
- Покращення безпеки: Нове обладнання відповідає сучасним стандартам безпеки, що мінімізує ризики для персоналу.
- Збільшення продуктивності: Модернізована мережа може забезпечити більш стабільну та якісну подачу електроенергії, що може призвести до підвищення продуктивності праці та покращення якості ремонту.

В даній кваліфікаційній роботі буде розглянуто питання модернізації електричної силової мережі майстерні з ремонту сільськогосподарської техніки.

Буде проведено аналіз існуючої мережі, визначено її недоліки та запропоновано варіанти модернізації.

Також буде розраховано економічну ефективність модернізації та дано рекомендації щодо її реалізації.

## **1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА**

Майстерня є структурним підрозділом ТОВ "Секрет", яке розташоване в місті Самбір, Львівської області. Основною функцією майстерні є забезпечення та підтримка працездатності комунальної служби міста Самбір шляхом виконання різноманітних ремонтних та виготовлювальних робіт.

### **Матеріально-технічна база**

Майстерня оснащена наступним обладнанням:

- Свердлильний верстат
- Токарний верстат
- Шліфувальний верстат
- Допоміжний інвентар

На даному обладнанні виконуються роботи з обробки поверхонь деталей різної форми, нарізування різьби, а також інші види робіт. Окрім цього, майстерня використовується як склад для зберігання інструментів та матеріалів.

### **Характеристика приміщення**

Майстерня належить до категорії сухих приміщень з вологістю повітря не більше 60%. Загальна площа приміщення становить 50 кв. м, висота стелі - 2,8 м. завдяки східному розташуванню, майстерня добре освітлюється сонцем в першій половині дня.

### **Розташування обладнання**

Вся майстерня складається з одного просторого приміщення, де розміщене все вищезгадане обладнання та інвентар.

## Технічні характеристики обладнання

- Токарний верстат: потужність - 11,75 кВт
- Свердлильний верстат: потужність - 0,55 кВт
- Шліфувальний верстат: потужність - 0,55 кВт

Таблиця 1.1 - Обладнання в майстерні та їх потужності

№	Обладнання	Потужність P,кВт
1	Токарний станок	11,75
2	Свердлильний верстат	0,55
3	Шліфувальний станок	0,55



Рисунок 1.1 - Токарний станок



Рисунок 1.2 - Свердильный верстат



Рисунок 1.3 - Шлифовальный станок

## 2 РОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ

### 2.1 Вибір пуско-захисного обладнання та розподільних пристроїв

Електрична мережа - це сукупність електроустановок, призначених для виробництва, передачі, розподілу та перетворення електричної енергії. Її надійність та безпечна робота є критично важливими для будь-якого об'єкта, будь то житловий будинок, промислове підприємство чи сільськогосподарська установка.

Розрахунок силової мережі - це процес визначення параметрів елементів мережі, таких як провідники, кабелі, трансформатори, вимикачі, запобіжники та інші, з метою забезпечення її відповідності заданим вимогам. Ці вимоги можуть включати:

- Надійність: Мережа повинна безперебійно забезпечувати електроенергією всіх споживачів.
- Безпека: Мережа повинна бути захищена від коротких замикань, перевантажень та інших несприятливих факторів, які можуть призвести до пошкодження обладнання або травмування людей.
- Економічність: Мережа повинна бути спроектована таким чином, щоб мінімізувати витрати на її будівництво та експлуатацію.

### Основні етапи розрахунку силової мережі

#### 1. Визначення вихідних даних:

- Потужність та тип всіх електроприймачів, що підключаються до мережі.
- Напруга живлення.
- Умови прокладання проводів та кабелів (відкрита або закрита прокладка, наявність агресивних середовищ тощо).
- Інші фактори, які можуть впливати на вибір елементів мережі.

## 2. Розрахунок навантажень:

- Визначення розрахункового струму для кожного електроприймача.
- Визначення розрахункового струму для всієї мережі.

## 3. Вибір провідників та кабелів:

- Визначення перерізу провідників та кабелів, що забезпечують допустимий нагрів протягом тривалого часу.
- Перевірка перерізу провідників та кабелів за умовою захисту від перевантажень та коротких замикань.

## 4. Вибір трансформаторів:

- Визначення потужності трансформатора, необхідного для живлення всіх електроприймачів.
- Вибір типу трансформатора (сухий, масляний, тощо).

## 5. Вибір вимикачів та запобіжників:

- Вибір номінального струму вимикачів та запобіжників, що забезпечують захист від перевантажень та коротких замикань.
- Вибір типу вимикачів та запобіжників (автоматичні, плавкі, тощо).

## 6. Перевірка розрахунків:

- Перевірка всіх розрахунків на відповідність нормам та правилам.
- Коригування розрахунків при необхідності.

## 7. Складання проектної документації:

- Розробка схем та креслень силової мережі.
- Складання специфікації обладнання та матеріалів.
- Написання пояснювальної записки до проекту.

## **Методи розрахунку силової мережі**

Існує декілька методів розрахунку силової мережі, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Найбільш поширеними є:



- **Метод розрахункових струмів:** Цей метод ґрунтується на розрахунку струмів, що протікають в різних елементах мережі, з урахуванням режимів роботи електроприймачів.
- **Метод активних та реактивних потужностей:** Цей метод ґрунтується на розрахунку активних та реактивних потужностей, що споживаються електроприймачами, з урахуванням їх коефіцієнтів потужності.
- **Метод електричних кіл:** Цей метод ґрунтується на розрахунку електричних кіл, що складають силову мережу, з використанням законів Ома, Кірхгофа та інших.

### **Програмне забезпечення для розрахунку силової мережі**

Існує безліч програмних комплексів, які призначені для розрахунку силової мережі. Ці програми дозволяють значно спростити та прискорити процес розрахунку, а також підвищити його точність. Деякі з найпоширеніших програмних комплексів:

- **MicroStation PowerDraft:** Цей програмний комплекс дозволяє створювати креслення та схеми силових мереж, а також виконувати розрахунки навантажень, вибору провідників та кабелів, трансформаторів, вимикачів та запобіжників.
- **Autodesk AutoCAD Electrical:** Цей програмний комплекс є розширеною версією AutoCAD, яка спеціально розроблена для проектування та аналізу електричних систем. Він включає в себе інструменти для створення схем, креслень, розрахунку навантажень, вибору обладнання та багато іншого.
- **ETAP:** Цей програмний комплекс є одним з найпотужніших інструментів для розрахунку та аналізу силових мереж. Він використовується для проектування та експлуатації електростанцій, підстанцій, промислових та житлових будівель, а також інших об'єктів.

- **Power System Simulator (PSS):** Цей програмний комплекс призначений для моделювання та аналізу складних силових мереж. Він використовується для дослідження динамічних режимів роботи мережі, а також для виявлення та запобігання аварійним ситуаціям.

Вибір програмного комплексу для розрахунку силової мережі залежить від складності проекту, бюджету та особистих preferences.

### **Додаткові аспекти розрахунку силової мережі**

Крім основних етапів розрахунку силової мережі, необхідно також враховувати такі аспекти:

- **Захист від перенапруг:** Для захисту обладнання від перенапруг, які можуть виникати внаслідок грозових розрядів або комутаційних перехідних процесів, необхідно використовувати спеціальні захисні пристрої, такі як блискавовідводи, грозозахисні та перенапружні обмежувачі.
- **Заземлення:** Заземлення є важливим заходом електробезпеки, який забезпечує відведення струмів витоку та електричних зарядів на землю. Для заземлення електроустановок необхідно використовувати заземлюючі пристрої, що відповідають нормам та правилам.
- **Освітлення:** Освітлення робочих місць та аварійне освітлення повинні відповідати нормам та правилам, що забезпечують безпечні та комфортні умови роботи.

### **Висновок**

Розрахунок силової мережі є складним завданням, яке потребує знань та досвіду в галузі електротехніки. Для правильного виконання розрахунків рекомендується використовувати спеціальні програмні комплекси та звертатися до кваліфікованих фахівців.

Важливо зазначити, що дана інформація є ознайомчою та не може бути використана замість проектування та розрахунку силової мережі кваліфікованим фахівцем.

При виборі апаратів захисту та керування електродвигунами враховуються такі фактори:

- Напруга живлення: для даної майстерні використовується мережа змінного струму 380 В.
- Номінальний струм: розраховується за формулою  $I = P / (U \cdot \cos\varphi)$ , де  $P$  - потужність двигуна,  $U$  - напруга живлення,  $\cos\varphi$  - коефіцієнт потужності.
- Пусковий струм: кратність пускового струму залежить від типу двигуна, для асинхронних двигунів зазвичай становить 6-8.
- Умови роботи: враховуються такі фактори, як вологість, запиленість, вібрація, температура навколишнього середовища.
- Технологічні вимоги: деякі електродвигуни потребують додаткових режимів роботи, наприклад, реверсу або гальмування.

Таблиця 2.1 - Паспортні дані електродвигунів

№ п/п	Марка двигуна	P, кВт	η, %	$\cos\varphi$	$K_i$	U, В
1	4A132M4	11	87,5	0,86	7,5	380
2	4A71A4	0,55	70,5	0,7	4,5	380
3	4AM63B2	0,55	73	0,89	5	380

Проводимо розрахунок для двигуна марки 4A132M4 .

Розрахунок номінального струму:

$$I_n = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3}} \quad (2.1)$$

де  $U$  – напруга живлення, В - 380 В з таблиці 2.1;

$P$  – потужність двигуна, Вт - 11 кВт з таблиці 2.1;

$\cos\varphi$  – коефіцієнт потужності - 0,86 з таблиці 2.1.

$$I_n = \frac{1100}{380 \cdot 0,86 \cdot \sqrt{3}} = 19,44 \text{ А}$$

Розрахунок пускового струму:

$$I_{пн} = I_n \cdot K_i, \text{ А} \quad I_{пн} = I_n \cdot K_i, \text{ А} \quad (2.2)$$

де  $I_n - I_n$  – номінальний струм електродвигуна, А;

$K_i K_i$  – кратність пускового струму.

$$I_{пн} = 19,44 \cdot 7,5 = 145,8 \text{ А}$$

Вибір автоматичного вимикача:

$$U_{а.н} \geq U_{мер}, \text{ В}$$

$$I_{р.н} \geq I_n, \text{ А}$$

$$I_{а.н} \geq I_n, \text{ А}$$

Автоматичний вимикач ВА-2010-S фірми «АскоУкрЕМ» з трьома полюсами та номінальним струмом 25 А, що відповідає умові.

$$380 = 380 \text{ В}$$

$$25 \geq 19,44 \text{ А}$$

$$6000 \geq I_n \text{ А}$$

Розрахунок кількості поділок не спрацювання теплового розчіплювача:

$$n = \frac{I_n}{I_{р.н}} = \frac{19,44}{25} = 0,8 \quad (2.3)$$

Вибір електромагнітного пускача:

$$U_{п.н} \geq U_{мер}, \text{ В}$$

$$I_{р.н} \geq I_n, \text{ А}$$

$$I_{р.н} \geq \frac{I_n}{6}, \text{ А}$$

Електромагнітний пускач ПМ2-25-10 фірми «АскоУкрЕМ» з номінальним струмом 25 А, що відповідає умові.

$$380 = 380 \text{ В}$$

$$25 \geq 19,44 \text{ А}$$

$$25 \geq 24,3 \text{ А}$$

Вибір електротеплового реле:

$$U_{p.n} \geq U_{мер}, \text{ В}$$

$$I_{p.n} \geq I_n, \text{ А}$$

$$I_{н.б} \geq I_{н.дв}, \text{ А}$$

Електротеплове реле РТ1332 фірми «АскоУкрЕМ» ( $I_n = 4 \dots 6 \text{ А}$ ,  $I_n = 4 \dots 6 \text{ А}$ ) відповідає допустимим перегрівам для даного двигуна.

Аналогічний вибір для інших двигунів:

Виконаємо аналогічні розрахунки та вибір апаратів для двигунів 4А71А4 та 4АМ63В2.

Занесемо результати вибору до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Пуско-захисне обладнання для двигунів

Марки ел.дв.	P, кВт	$I_n I_n$ , А	Марки Ел.маг. пускачів	$I_n I_n$ , А	Марки авт.вимик	$I_{ан} I_{ан}$ , А	$I_{р.н} I_{р.н}$ , А	Марки Ел.теплових реле	$I_n I_n$ , А	$I_{max}$ , А
4А132М4	11	19,44	ПМ2-25	25	ВА-2010-S	6000	25	РТ1322	17...25	25
4А71А4	0,55	1,2	ПМ1-09	9	ВА-2001	4500	3	РТ1306	1...1,6	25
4АМ63В2	0,55	0,65	ПМ1-09	9	ВА-2001	4500	3	РТ1306	1...1,6	25

## 2.2 Вибір марок і перерізів проводів , кабелів та способів їх прокладання

Проводи - це гнучкі кабелі, призначені для передачі електричного струму. Вони виготовляються з одного або декількох провідників, ізольованих один від одного та від зовнішнього середовища. Проводи використовуються в

широкому спектрі застосувань, включаючи електромережі, електроприлади, електроніку та транспортні засоби.

### Типи проводів

Існує багато різних типів проводів, кожен з яких має свої характеристики та призначення. Деякі з найпоширеніших типів проводів включають:

- **Мідні проводи:** Найпоширеніший тип проводів, що характеризуються високою провідністю, гнучкістю та стійкістю до корозії.
- **Алюмінієві проводи:** Легші та дешевші, ніж мідні, але мають меншу провідність.
- **Сталеві проводи:** Використовуються для механічної міцності, але не рекомендуються для передачі електричного струму через низьку провідність.
- **Силові кабелі:** Товсті, ізольовані проводи, призначені для передачі великих струмів.
- **Коаксіальні кабелі:** Використовуються для передачі високочастотних сигналів, таких як ті, що використовуються в телебаченні та радіо.
- **Оптоволоконні кабелі:** Передають світлові сигнали, що дає їм більшу пропускну здатність, ніж мідні та коаксіальні кабелі.

### Конструкція проводів

Проводи зазвичай складаються з наступних компонентів:

- **Провідники:** Один або декілька провідників, що виготовляються з міді, алюмінію або іншого металу.
- **Ізоляція:** Ізоляційний матеріал, що оточує провідники та захищає їх від контакту один з одним та з зовнішнім середовищем. Зазвичай виготовляється з пластику, гуми або тефлону.

- Зовнішня оболонка: Захисний шар, що оточує ізоляцію та захищає провід від механічних пошкоджень. Зазвичай виготовляється з ПВХ, поліетилену або інших матеріалів.

### Характеристики проводів

При виборі проводів важливо враховувати наступні характеристики:

- Розмір: Діаметр проводів визначається за AWG (American Wire Gauge) або mm (міліметрах). Чим більший розмір, тим більший струм може пропустити провід.
- Номінальна напруга: Максимальна напруга, яку може витримувати провід без пошкодження.
- Максимальна сила струму: Максимальний струм, який може пропустити провід без перегріву.
- Тип ізоляції: Тип ізоляції, що визначає стійкість проводу до вологи, хімічних речовин та інших факторів навколишнього середовища.
- Гнучкість: Здатність проводу згинатися без пошкодження.
- Температурний діапазон: Діапазон температур, в якому може використовуватися провід.

### Монтаж проводів

Проводи монтуються за допомогою різних методів, включаючи:

- Прокладка в трубах: Проводи прокладаються в трубах для захисту від механічних пошкоджень.
- Прокладка в кабельних каналах: Проводи прокладаються в спеціальних каналах, що монтуються на стінах або стелі.
- Підвішування: Проводи підвішуються на тросах або інших кронштейнах.

- **Закопування:** Проводи закопуються в землю для захисту від механічних пошкоджень та атмосферних впливів.

#### Безпека при роботі з проводами

При роботі з проводами важливо дотримуватися наступних правил безпеки:

- Перед початком роботи відключіть електроживлення.
- Використовуйте відповідні інструменти та обладнання.
- Не перевантажуйте проводи.

#### Маркування проводів

Проводи маркуються для того, щоб їх можна було ідентифікувати за типом, розміром та іншими характеристиками. Існує два основних типи маркування проводів:

- **Кольорове маркування:** Кожен тип проводу має свій колір або комбінацію кольорів. Це найпоширеніший метод маркування проводів.
- **Числове маркування:** Кожен провід має свій номер. Цей метод зазвичай використовується для багатожильних проводів.

#### Вибір проводів

При виборі проводів важливо враховувати наступні фактори:

- **Застосування:** Тип installation та передбачуване навантаження на провід.
- **Розмір:** Діаметр проводу, необхідний для пропуску передбачуваного струму.
- **Тип ізоляції:** Тип ізоляції, необхідний для захисту проводу від навколишнього середовища.
- **Гнучкість:** Здатність проводу згинатися без пошкодження.
- **Вартість:** Бюджет, виділений на покупку проводів.



## Усунення несправностей проводів

Ознаки несправності проводів включають:

- Іскріння або дим, що виходить з проводів.
- Зміна кольору ізоляції.
- Пошкодження ізоляції.
- Втрата потужності.

Якщо ви помітили будь-яку з цих ознак, негайно відключіть електроживлення та зверніться до кваліфікованого електрика.

## Висновок

Проводи - це важливий компонент будь-якої електричної системи. Розуміння їх конструкції, характеристик та методів монтажу є важливим для забезпечення безпечної та правильної роботи.

### **В сільськогосподарських установках:**

- Переважно використовуються алюмінієві проводи та кабелі з перерізом 2,5 мм<sup>2</sup> і вище.
- Як правило, застосовуються типи електропроводок, що не потребують сталевих труб.

### **В даному випадку:**

- Вся електропроводка силової мережі буде прокладена в сталевих трубах для захисту ізоляції та жил провідників.

### **Вибір перерізу:**

- Площа перерізу жил провідника або кабеля повинна бути такою, щоб його тривало допустимий за нагрівом струм навантаження ( $I_{\text{доп}}$ ) був не

меншим максимального тривалого робочого струму електричного кола ( $I_{\text{макс.р}}$ ).

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{макс.р}}$$

Розрахунок максимального робочого струму магістралі:

$$I_{\text{макс.р}} = K_0 \sum_1^n I_{\text{ном}}$$

Перевірка перерізу провідника за умовою захисту:

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 I_3$$

де  $K_3$  - кратність допустимого струму провідника по відношенню до номінального струму спрацювання захисного апарату,  $K_3=1$ ;

$I_3$  - номінальний струм або струм спрацювання захисного апарату.

Приклад вибору кабелю:

- **Умова:** Кабель для живлення токарного станка від мережі, марка

ПВС 4×2,5з I = 25 А.

$$I_{\text{макс.р}} = 1 \cdot 19,44 = 19,44 \text{ А};$$

$$I_{\text{доп}} = 1 \cdot 25 = 25 \text{ А};$$

$$25 \text{ А} > 19,44 \text{ А}.$$

Аналогічний вибір для інших кабелів:

- Виконаємо аналогічні розрахунки та перевірки для інших кабелів, що використовуються в електромережі.
- Занесемо результати вибору до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Марки кабелів для живлення електрообладнання

№ п/п	Найменування обладнання	Номінальний струм, А	Марка кабеля, провoda	$I_{\text{доп}}, \text{А}$
1	Токарний станок	19,44	ПВС 4×2,5	25
2	Свердлильний верстат	1,2	ПВС 4×0,75	6
3	Шліфувальний станок	1,2	ПВС 4×0,75	6

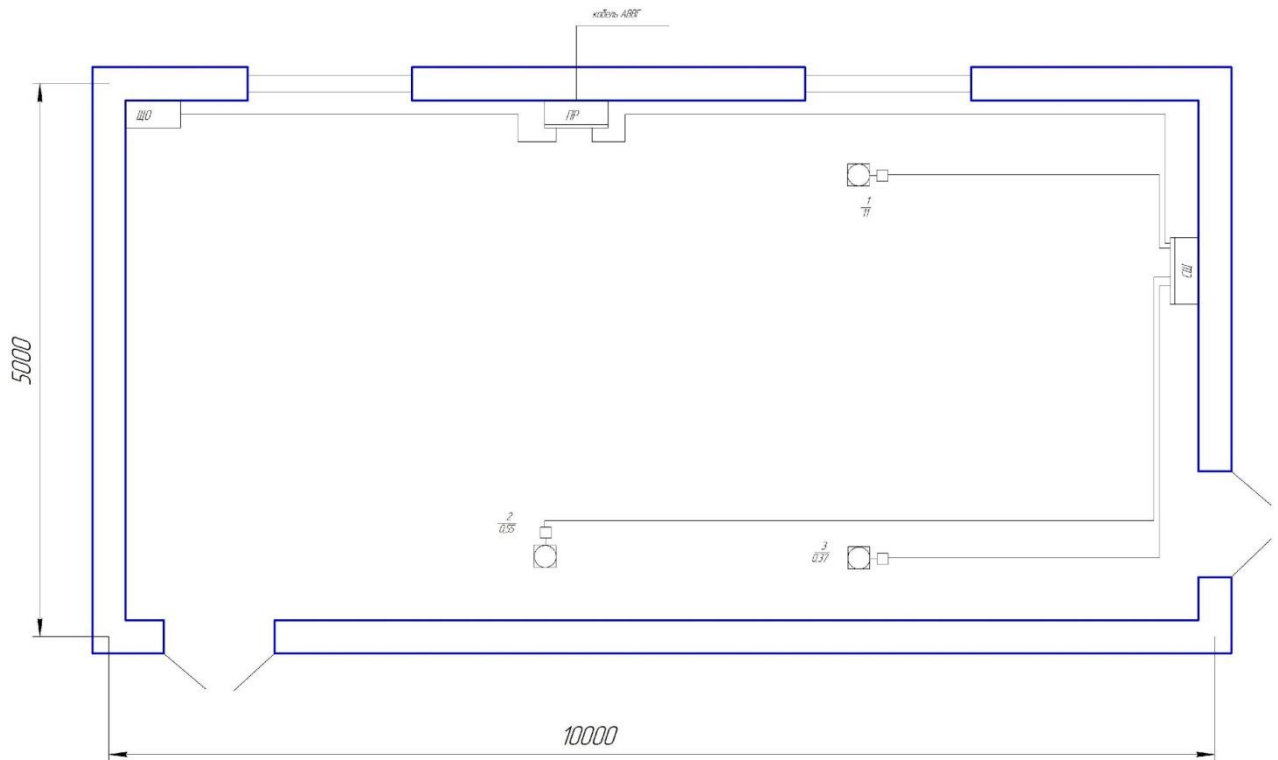


Рисунок 2.1 - Схема розміщення верстатів в майстерні

### 3 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ З ЛАМПАМИ РОЗЖАРЕННЯ

#### 3.1 Розрахунки освітлення для приміщення приготування меляси, де використовуються лампи розжарювання

Розміри приміщення: 10 м x 5 м x 2,8 м.

Розрахункова висота підвісу світильників:

$$H_p = 2,8 - (0,2 + 0,5) = 2,1 \text{ м.}$$

Прийmemo  $\lambda = 0,8$ .

Оптимальна відстань між світильниками:

$$L = 0,8 \cdot 2,1 = 1,68 \text{ м.}$$

Кількість рядів світильників

$$n_p = \frac{5}{1,68} = 2,97$$

Округлимо до  $n_p = 3$ .

Відстань від крайніх світильників до стін:

$$L_c = 0,5 \cdot 1,68 = 0,84 \text{ м.}$$

Розрахункова відстань між рядами:

$$L_B = \frac{5 - 2 \cdot 0,84}{3 - 1} = 1,66 \text{ м.}$$

Розрахункова відстань між світильниками в ряду:

$$L_a = \frac{1,68^2}{1,66} = 1,7 \text{ м.}$$

Кількість світильників у ряду

$$n_a = \frac{10 - 2 \cdot 0,84}{1,7} = 4,9$$

Прийmemo  $n_a = 5$ .

Загальна кількість світильників буде:

$$N = 3 \cdot 5 = 15$$

Індекс приміщення

$$i = \frac{10 \cdot 5}{2,1 \cdot (10 + 5)} = 1,58$$

Прийmemo нормовану освітленість  $E_H = 150$  лк.

Беремо коефіцієнт запасу  $K = 1,4$ .

Розрахунковий світловий потік світильника:

$$\Phi_{p.c} = \frac{150 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 1,4 \cdot 1,15}{15 \cdot 0,8} = 1006 \text{ лм.}$$

Лампа розжарювання типу Б 220-230-75-1з з  $P_H = 75$  Вт та  $\Phi_L = 960$  лм відповідає розрахунковим вимогам.

Світильник оберемо НСП 02-100 серії «Tusana 2».

Фактична освітленість:

$$E_\phi = 150 \cdot \frac{960 \cdot 1}{1006} = 143,1 \text{ лк.}$$

Відхилення освітленості:

$$E = \frac{143,1 - 150}{150} \cdot 100 \approx -6 \%$$

Розрахунок встановленої потужності:

$$P_y = 75 \cdot 1 \cdot 15 = 1125 \text{ Вт.}$$

### 3.3 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі

Визначення розрахункових струмів:

Розрахунок струму групи освітлювального щитка №1:

$$I_{grp1} = \frac{1125}{220} = 5,11 \text{ А;}$$

Номинальні струми розчіплювачів вибираються з умовою:

$$I_{y.e} \geq 1,4 \cdot I_{розр}$$

Вибір автомата для групи освітлювального щитка №1: серії АЕ2020з

$$I_{ном.p} = 6,3 \text{ А.}$$

### 3.4 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання

Прокладка проводів закритим способом під штукатуркою.

Для груп освітлювального щитка вибираємо провід типу ПВ-1 2×2,5, у якого допустимий тривалий струм  $I_{дон} = 16$  А.

$$16 > 5,11 \text{ А.}$$

Умова працює.

Розрахунок втрати напруги для груп освітлювального щитка ОП-3УХЛ4:

$$\Delta U_1 = \frac{2 \cdot 39}{12,8 \cdot 2,5} = 2,44 \text{ \%};$$

Оскільки втрати напруги не перевищують допустимих 2,5% то провід залишаємо без змін.

Таблиця 3.1 - Результати вибору ламп ,проводів та автоматів

№ груп	Освітлювальний щиток	К-ть ламп	Потужність лампи, Вт	Марка та переріз провода	Автомат. вимикач
1	ОП-3УХЛ4	15	75	ПВ-1 2×2,5	АЕ2020

План підприємства з нанесеним освітленням

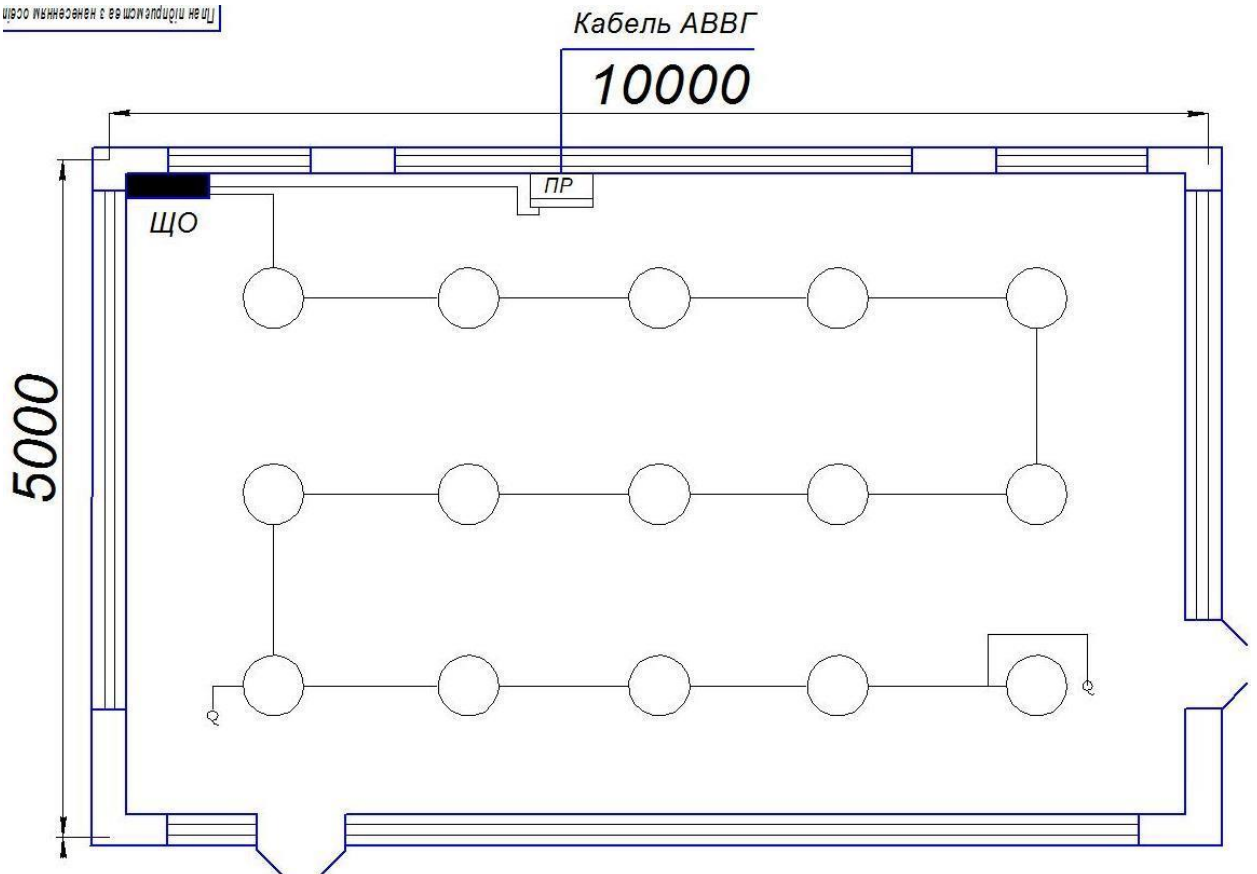


Рисунок 3.2 - Схеми освітлення з лампами розжарення

## 4 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ З КОМПАКТНИМИ ЛЮМІНІСЦЕНТНИМИ ЛАМПАМИ

### 4.1 Розрахунок освітлювальних установок з КЛЛ

Розрахункову висоту підвісу світильників визначаємо за формулою (3.1):

Висота підвісу світильників  $h_3 = 0,2$  м;

Висота робочої поверхні  $h_p = 0,5$  м.

$$H_p = 2,8 - (0,2 + 0,5) = 2,1 \text{ м.}$$

Візьмемо  $\lambda = 0,8$ .

Оптимальна відстань між світильниками: (3.2):

$$L = 0,8 \cdot 2,1 = 1,68 \text{ м.}$$

Кількість рядів світильників (3.3):

$$n_p = \frac{5}{1,68} = 2,97$$

Приймаємо  $n_p = 3$ .

Відстань від крайніх світильників до стін (3.4):

$$L_c = 0,5 \cdot 1,68 = 0,84 \text{ м.}$$

Розрахункова відстань між рядами (3.5):

$$L_B = \frac{5 - 2 \cdot 0,84}{3 - 1} = 1,66 \text{ м.}$$

Розрахункова відстань між світильниками в ряду (3.6):

$$L_a = \frac{1,68^2}{1,66} = 1,7 \text{ м.}$$

Кількість світильників у ряду (3.7):

$$n_a = \frac{10 - 2 \cdot 0,84}{1,7} = 4,89$$

Візьмемо  $n_a = 5$ .

Загальна кількість світильників (3.8):

$$N = 3 \cdot 5 = 15$$



Індекс приміщення (3.9):

$$i = \frac{10 \cdot 5}{2,1 \cdot (10 + 5)} = 1,6$$

Коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,8$ .

Нормована освітленість буде  $E_n = 150$  лк.

Коефіцієнт запасу візьмемо  $K = 1,4$ .

Визначимо розрахунковий світловий потік світильника (3.10):

$$\Phi_{p.c} = \frac{150 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{15 \cdot 0,8} = 962,5 \text{ лм.}$$

Обираємо КЛЛ OSRAM DULUXSTAR MINI TWIST 15 W/865 E27 з  $P_n = 15$  Вт,  $\Phi_n = 900$  лм, яка відповідає розрахунковим вимогам.. Обираємо світильник ФСП-77-40.

Фактична освітленість (3.11):

$$E_\phi = 150 \cdot \frac{900 \cdot 1}{962,5} = 140,3 \text{ лк.}$$

Відхилення освітленості (3.12):

$$E = \frac{140,3 - 150}{150} \cdot 100 \approx -6,5 \%$$

Визначимо установлену потужність освітлювальної установки (3.13):

$$P_y = 15 \cdot 15 = 225 \text{ Вт.}$$

## 4.2 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі

### 4.3

Визначення розрахункових струмів:

Для однофазних груп з КЛЛ використовується формула (3.14):

$$I_{cp} = \frac{225}{220} = 1,02 \text{ А;}$$

Номінальні струми розчіплювачів вибираються з умовою:

$$I_{ном.р} \geq I_{розр};$$

$$I_{у.е} \geq 1,4 \cdot I_{розр}.$$

Вибираємо автомат серії АЕ1000 з  $I_{ном.р} = 2,5$  А,  $I_{ном.а} = 10$  А.

#### 4.4 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання

Площа поперечного перерізу проводу:

Вибір проводу для груп освітлювального щитка. Вибираємо провід типу ПВ-1 2×1, у якого  $I_{доп} = 5$  А.

$$5 > 2,4 \text{ А.}$$

Умова працює.

Розрахунок втрати напруги (3.16):

Розрахунок втрати напруги для груп освітлювального щитка ОП-ЗУХЛ4:

$$\Delta U_1 = \frac{0,225 \cdot 39}{12,8 \cdot 1} = 0,68 \%$$

Втрати напруги не перевищують допустимих 2,5%, то провід залишаємо без замін.

Таблиця 4.1 - Результати вибору ламп ,проводів та автоматів

№ груп и	Освітлювальний щиток	К-ть ламп	Потужність лампи, Вт	Марка та переріз провода	Автомат. вимикач
1	ОП-ЗУХЛ4	15	15	ПВ-1 2×1	АЕ1000

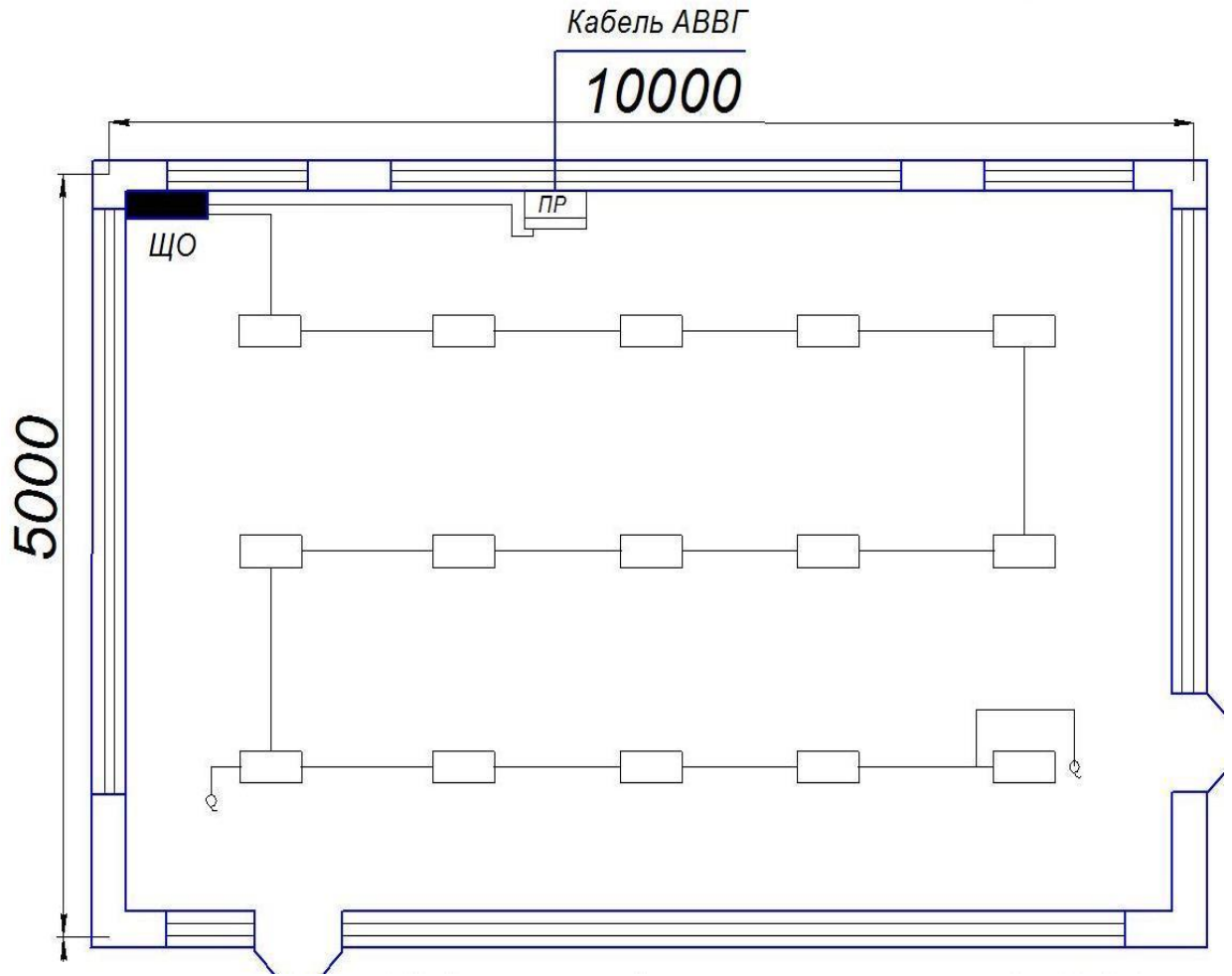


Рисунок 4.2 - Схема освітлення з КЛЛ

## 5 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ З СВІТЛОДІОДНИМИ ЛАМПАМИ

### 5.1 Розрахунок освітлювальних установок з світлодіодними лампами

Вибираємо загальну рівномірну систему освітлення. Враховуючи умови навколишнього середовища вибираємо світильники типу EscornNSIL250.

Визначимо висоту підвісу світильників (3.1):

Висота підвісу світильників  $h_3 = 0,2$  м;

Висота робочої поверхні  $h_p = 0,5$  м.

$$H_p = 2,8 - (0,2 + 0,5) = 2,1 \text{ м.}$$

Оптимальна відстань між світильниками (3.2):

$$L = 0,8 \cdot 2,1 = 1,68 \text{ м.}$$

Кількість рядів світильників (3.3):

$$n_p = \frac{5}{1,68} = 2,97$$

Зарахуємо  $n_p = 3$ .

Відстань від крайніх світильників до стін (3.4):

$$L_c = 0,5 \cdot 1,68 = 0,84 \text{ м.}$$

Розрахункова відстань між рядами (3.5):

$$L_B = \frac{5 - 2 \cdot 0,84}{3 - 1} = 1,66 \text{ м.}$$

Розрахункова відстань між світильниками в ряду (3.6):

$$L_a = \frac{1,68^2}{1,66} = 1,7 \text{ м.}$$

Кількість світильників у ряду (3.7):

$$n_a = \frac{10 - 2 \cdot 0,84}{1,7} = 4,89$$

Зарахуємо  $n_a = 5$ .

Загальна кількість світильників (3.8):

$$N = 3 \cdot 5 = 15.$$

Індекс приміщення (3.9):

$$i = \frac{10 \cdot 5}{2,1 \cdot (10 + 5)} = 1,6.$$

Розрахунковий світловий потік (3.10):

$$\Phi_{p.c} = \frac{150 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 1,4 \cdot 1,15}{15 \cdot 0,8} = 1006 \text{ лм.}$$

Вибираємо лампу типу LEDBulbPhilips з  $P_n = 13\text{Вт}$ ,  $\Phi_{л} = 1055 \text{ лм}$ , яка відповідає розрахунковим вимогам.

Фактична освітленість (3.11):

$$E_{\phi} = 150 \cdot \frac{1006 \cdot 1}{1055} = 143,1 \text{ лк.}$$

Відхилення освітленості (3.12):

$$E = \frac{143,1 - 150}{150} \cdot 100 \approx -4,6 \text{ \%}.$$

Відхилення освітленості знаходиться в межах допустимих  $+20 \dots -10 \text{ \%}$ .

Визначимо установлену потужність освітлювальної установки (3.13):

$$P_y = 13 \cdot 1 \cdot 15 = 195 \text{ Вт.}$$

## 5.2 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі

Визначення розрахункових струмів:

Для однофазних груп зі світлодіодними лампами використовується формула (3.14):

$$I_{сп1} = \frac{195}{220} = 0,88 \text{ А;}$$

Номинальні струми розчіплювачів вибираються з умовою:

$$I_{ном.р} \geq I_{розр};$$

$$I_{у.е} \geq 1,4 \cdot I_{розр}.$$

Вибір автомата для групи освітлювального щитка АЕ1000 з  $I_{ном.р} = 1,6 \text{ А}$ ,  
 $I_{ном.а} = 10 \text{ А}$ .

### 5.3 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання

Для груп освітлювального щитка оберемо провід типу ПВ-1  $2 \times 0,5$  у якого  $I_{доп} = 2,5 \text{ А}$ .

$$2,5 > 1,45 \text{ А.}$$

Умова працює.

Розрахунок втрати напруги:

Розрахунок втрати напруги для груп освітлювального щитка ОП-3УХЛ4:

$$\Delta U_1 = \frac{0,195 \cdot 39}{12,8 \cdot 0,5} = 1,2 \text{ \%};$$

Перевірка допустимості втрати напруги: оскільки втрати напруги не перевищують допустимих 2,5%, то провід залишимо незмінним.

Таблиця 5.1 - Результати вибору ламп ,проводів та автоматів

№ груп и	Освітлювальний щиток	К-ть ламп	Потужність лампи, Вт	Марка та переріз провода	Автомат. вимикач
1	ОП-3УХЛ4	15	13	ПВ-1 $2 \times 0,5$	АЕ1000

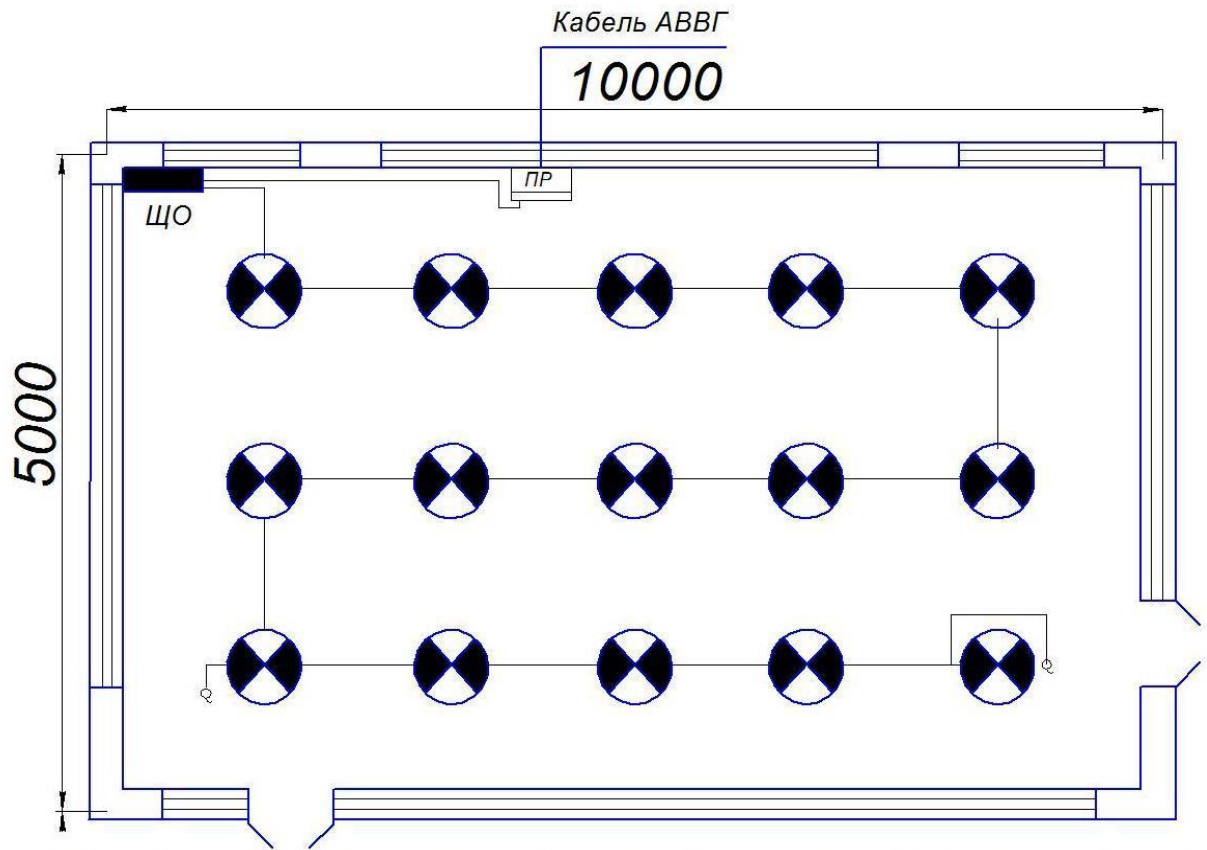


Рисунок 5.2 - Схема освітлення з світлодіодними лампами

## **6 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ У ПРИМІЩЕННІ СЛЮСАРНОЇ МАЙСТЕРНІ**

### **6.1 Класифікація систем вентиляції**

Свіже повітря є ключовим фактором для здоров'я та комфорту людей, які працюють у слюсарних майстернях. Забезпечення належної вентиляції допомагає видаляти шкідливі речовини, пил та надлишкове тепло, а також підтримувати приємну температуру та вологість. Цей розділ буде зосереджений на кардинальному переосмисленні системи вентиляції в слюсарних майстернях, щоб максимально підвищити її ефективність та енергоефективність.

#### 1. Класифікація систем вентиляції:

Традиційно системи вентиляції класифікуються за кількома ключовими параметрами:

- Спосіб переміщення повітря:
  - Природна вентиляція: Використовує природні сили, такі як вітер і різниця температур, для циркуляції повітря.
  - Механічна вентиляція: Застосовує вентилятори та інші механічні пристрої для примусового переміщення повітря.
  - Змішана вентиляція: Комбінує елементи природної та механічної вентиляції.
- Призначення:
  - Припливна вентиляція: Подає свіже повітря в приміщення.
  - Витяжна вентиляція: Видаляє забруднене повітря з приміщення.
  - Припливно-витяжна вентиляція: Поєднує в собі припливну та витяжну вентиляцію.
- Місце дії:



- Загальнообмінна вентиляція: Обслуговує все приміщення, забезпечуючи загальний повітрообмін.
- Місцева вентиляція: Зосереджується на видаленні шкідливих речовин або подачі свіжого повітря в конкретні зони.
- Час дії:
  - Робоча вентиляція: Функціонує протягом нормального робочого режиму.
  - Аварійна вентиляція: Запускається вручну або автоматично у разі аварії або небезпеки.

## 6.2 Визначення необхідного повітрообміну

Для розрахунку загальнообмінної вентиляції необхідно визначити необхідний повітрообмін, виходячи з призначення приміщення та технологічного процесу, який у ньому проходить.

### 1. Визначення необхідного повітрообміну:

За нормальних умов:

Формула:

$$L_H = N \cdot L_1, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (6.1)$$

де  $N$  – кількість людей, що працюють у найчисленнішу зміну;  $L_1$  – витрата повітря на одного працівника за годину ( $\text{м}^3/\text{ГОД}$ ) \*  $L_1 = 30 \text{ м}^3/\text{ГОД}$ , якщо об'єм на одного працівника менше  $20 \text{ м}^3$  \*  $L_1 = 20 \text{ м}^3/\text{ГОД}$ , якщо об'єм на одного працівника більше  $20 \text{ м}^3$  \*  $L_1$  не розраховується, якщо об'єм на одного працівника більше  $40 \text{ м}^3$  та є вікна та двері

### 2. При виділенні шкідливих речовин:

Формула:

$$L_H = \frac{G}{c_{\text{вид}} - c_{\text{пр}}}, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (6.2)$$

де  $G$  – кількість шкідливих речовин, що виділяються (мг/год);

$c_{вид}$  – допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі, що видаляється;

$c_{пр}$  – допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі, що подається (мг/м<sup>3</sup>)- не повинна перевищувати 0,3 ГДК;

Інформацію про виділення шкідливих речовин на машинобудівних підприємствах можна знайти в додатках 1-3.

### 3. При надмірному теплі:

Формула:

$$L_n = \frac{Q_{надл}}{c \cdot \rho_{пр} \cdot (t_{вид} - t_{пр})}, \quad (3)$$

де  $Q_{надл}$  - надлишкові тепловиділення, Вт;

$c$  – теплоємність сухого повітря, = 1,01 Дж/(кг\*К);

$\rho_{пр}$  - густина припливного повітря, = 1,2 кг/м<sup>3</sup>;

$t_{вид}$  - температура повітря, яке видаляється з приміщення, °К;

$t_{пр}$  - температура повітря, яке подається в приміщення, °К.

Додаток 4 містить дані про інтенсивність тепловиділення в гарячих цехах машинобудівних підприємств.

### 4. При виділенні вологи:

Формула:

$$L_n = \frac{W}{d_1 - d_2}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4)$$

де  $W$  – маса водяної пари, що виділяється в приміщенні, г/год;

$d_1$  – вологоємність повітря, що йде з приміщення, г/м<sup>3</sup>;

$d_2$  – вологоємність зовнішнього повітря, г/м<sup>3</sup>.

Для успішної роботи системи вентиляції важливо, щоб ще на стадії проектування були виконані такі санітарно-гігієнічні і технічні вимоги:

1. Об'єм припливу повітря в приміщення повинен відповідати об'єму витяжки; різниця між цими об'ємами не повинна перевищувати 10-15%.

2. Свіже повітря необхідно подавати в ті частини приміщення, де кількість шкідливих виділень мінімальна (чи їх взагалі немає), а видаляти, де виділення максимальні.

### **6.3 Принцип роботи і розрахунок природної вентиляції**

1. Суть природної вентиляції:

У системах природної вентиляції повітрообмін відбувається завдяки різниці в щільності повітря всередині та зовні приміщення. Ця різниця щільності, що виникає через температурні відмінності, генерує рушійну силу, яка й забезпечує циркуляцію повітря.

2. Види природної вентиляції:

- Неорганізована: Повітряний обмін здійснюється через нещільності в будівельних конструкціях, вікнах, дверях тощо.
- Організована:
  - Канальна: Використовуються спеціальні канали та отвори для контрольованого надходження та видалення повітря.
  - Безканальна: Повітряні потоки регулюються за допомогою вікон, жалюзі, дефлекторів та інших елементів.

3. Принцип аерації:

Аерація - це процес природного повітрообміну в будівлях, що ґрунтується на тепловому тиску.

4. Пояснення на прикладі:

Уявімо розріз виробничого цеху з нижніми та верхніми отворами. Внаслідок виділення тепла температура повітря всередині цеху, як правило, вища, ніж зовні. Це призводить до того, що щільність (об'ємна вага) зовнішнього повітря стає більшою, ніж у приміщенні. Ця різниця щільності створює перепад тиску, який змушує більш щільне (холодне) зовнішнє повітря витіснити легше (тепле) повітря з приміщення через верхні отвори. Одночасно через нижні отвори в будівлю надходить свіже повітря ззовні.

#### 5. Додаткові зауваження:

- Ефективність природної вентиляції залежить від багатьох факторів, таких як розміри та форма приміщення, різниця температур, швидкість вітру, розташування отворів тощо.
- Для точного розрахунку природної вентиляції рекомендується звернутися до фахівця.

#### 6. Переваги природної вентиляції:

- Простота та економічність монтажу та експлуатації.
- Енергоефективність.
- Екологічність.

#### 7. Недоліки природної вентиляції:

- Залежність від погодних умов (температура, вітер).
- Неможливість точного регулювання повітрообміну.
- Не підходить для приміщень з шкідливими викидами.

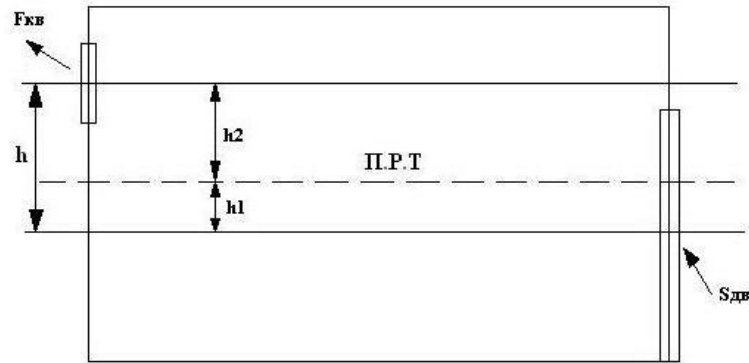


Рисунок 6.1 - Схема утворення теплового тиску

П.Р.Т. - Площина рівних тисків.

$F_{кв}$  - Площа квартирки ( $m^2$ ).

$F_{д}$  - Площа дверей ( $m^2$ ).

$h_{д}$  - Відстань від П.Р.Т. до середини дверей (м).

$h_{кв}$  - Відстань від П.Р.Т. до середини квартирки (м).

Розрахунок об'ємної ваги повітря:

$$\gamma = 0,465 \frac{P_6}{T}, \quad (6.5)$$

де  $P_6$  – барометричний тиск в мм рт. ст., в розрахунках беремо  $P_6 = 750$  мм рт.ст.;

$T$  – абсолютна температура повітря, К.

Тиск в приміщенні:

Нижче П.Р.Т.: Розрідження, що сприяє надходженню повітря через двері:

$$\Delta H_1 = h_1(\gamma_з - \gamma_{вн}), \quad (6.6)$$

де  $\gamma_{вн}$  – об'ємна вага повітря в приміщенні,  $кг/м^3$ , що відповідає температурі повітря в приміщенні;

$\gamma_з$  – об'ємна вага повітря зовні приміщення,  $кг/м^3$ , що відповідає температурі повітря зовні приміщення.

Вище П.Р.Т.: Надмірний тиск, що викликає витяжку через квартиру:

$$\Delta H_2 = h_2(\gamma_з - \gamma_{вн}). \quad (6.7)$$

Цей тиск направлений назовні приміщення та викликає витяжку. Загальна величина гравітаційного тиску, під впливом якого відбувається повітрообмін у приміщенні, дорівнює сумі тиску на рівні нижніх і верхніх прорізів

$$H = \Delta H_1 - \Delta H_2 = h (\gamma_z - \gamma_{вн}) . \quad (6.8)$$

Рівень тиску, який утворюється як сума тиску на нижніх і верхніх отворах, називається тепловим тиском. Він залежить від відстані між цими отворами та від різниці щільності повітря всередині та ззовні будівлі.

Для оцінки ефективності природної вентиляції у робочому приміщенні необхідно зіставити потрібний обсяг повітрообміну з фактично досягнутим. Фактичний повітрообмін, м<sup>3</sup>/год, розраховується за формулою.

Фактичний повітрообмін:

$$L_{\phi} = F_{np} \cdot V_n \cdot \mu \cdot 3600 , \quad (6.9)$$

де  $F_{np}$  - площа квартирки або отвору

$V_n$  - швидкість виходу повітря.

Розрахунок швидкості виходу повітря:

$$V = \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta H_2}{\gamma_{вн}}} . \quad (6.10)$$

Величина  $h_2$  визначається з такого співвідношення

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{F_{кв}^2}{S_{ов}^2} . \quad (6.11)$$

З геометричних розмірів приміщення  $h_1 + h_2 = h$  ,

де  $h$  – висота між центрами нижніх та верхніх прорізів.

Отже, з системи двох рівнянь з двома невідомими ми визначаємо .

Внутрішня температура повітря у приміщенні визначається згідно з ДСН

3.3.6.042-99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень" і залежить від категорії важкості робіт та пори року.

Зовнішня температура повітря встановлюється відповідно до СНиП 2.04.05-91. Для Сумської області вона визначена наступним чином:

- Для теплого періоду:  $= 24^{\circ}\text{C}$ ,  $T = 297\text{ K}$ ;
- Для холодного періоду:  $= -11^{\circ}\text{C}$ ,  $T = 262\text{ K}$ .

Після визначення фактичного обсягу повітрообміну та його порівняння з необхідним, роблять висновок про ефективність природної вентиляції у приміщенні. Якщо виявиться, що вентиляція не є ефективною, тобто  $<$  або значно перевищує, слід надати рекомендації для покращення вентиляції та перевірити їх ефективність за допомогою розрахунків. Зокрема, якщо у холодний період року фактичний повітрообмін значно перевищує необхідний, що може призвести до переохолодження працівників, можна рекомендувати зменшити час провітрювання приміщення пропорційно до перевищення фактичного обсягу повітрообміну над необхідним.

## 6.4 Принцип улаштування і розрахунок механічної вентиляції

### Суть механічної вентиляції:

- Використання механічних пристроїв (вентиляторів, ежекторів) для примусового переміщення повітря через систему каналів (повітроводів).
- Застосовується у вибухо- та пожежонебезпечних виробництвах, де іскріння неприпустиме.

### Основні елементи:

- Повітрозабірник.

- Повітроводи.
- Вентилятори.
- Циклони (для очищення від пилу).
- Фільтри (для очищення від різних домішок).
- Калорифери (для нагрівання повітря).
- Зволожувачі (для регулювання вологості).
- Насадки (для розподілення повітря).

### **Підготовка повітря:**

- Очищення (від пилу, газів, запахів).
- Нагрівання або охолодження (залежно від сезону).
- Зволоження або осушення (для регулювання вологості).
- Озонування (для дезинфекції та усунення запахів).
- Іонізація (для покращення мікроклімату).
- Дезинфекція (для знищення бактерій).

### **Розрахунок ступеня очищення:**

$$\eta = (q_1 - q_2) / q_1$$

- $\eta$  - ступінь очищення (%).
- $q_1$  - вміст домішок до очищення (мг/м<sup>3</sup>).
- $q_2$  - вміст домішок після очищення (мг/м<sup>3</sup>).
- **Вихідні дані:**
  - Розміри цеху: 5x10x2,8 м.
  - Матеріали стін та перекриття: цегла, залізобетон.
  - Вікна: 2 шт. (3x2 м, подвійне скло).
  - Ворота: 1 шт. (2,5x3 м).
  - Верстати: шліфувальний, токарний, фрезерний (12,85 кВт/год).
  - Світильники: 13 кВт/год.



- Працюючі: 10 чол.
- Вхід повітря: 100 кг/год.
- Температура: холодний період  $-14^{\circ}\text{C}$ , теплий період  $+25^{\circ}\text{C}$ .

Переваги механічної вентиляції:

Ефективне очищення та підготовка повітря.

Контроль мікроклімату (температура, вологість).

Можливість видалення шкідливих речовин.

Забезпечення комфорту та безпеки людей.

Недоліки механічної вентиляції:

Вища вартість монтажу та експлуатації порівняно з природною вентиляцією.

Шумність роботи вентиляторів.

Необхідність регулярного обслуговування.

### **1. Розрахунок за надлишковим тепловиділенням**

Формула для розрахунку повітрообміну: (3)

$$L = \frac{Q_{\text{надл}}}{c \cdot \rho_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{вход}} - t_{\text{пр}})}$$

Визначення надлишкового тепловиділення  $Q_{\text{надл}}$ .

$$Q_{\text{надл}} = Q - Q_{\text{вих}},$$

де  $Q$  – загальна кількість тепла, що надходить до приміщення;

$Q_{\text{вих}}$  – загальна кількість тепла, що відводиться з приміщення.

$$Q = Q_{\text{дв}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{сон}} + Q_{\text{л}},$$

де  $Q_{\text{дв}}$  - тепло від електродвигунів верстатів;

$Q_{\text{осв}}$  - тепло від освітлювальних приладів;

$Q_{\text{сон}}$  - тепло від сонячної радіації;

$Q_{\text{л}}$  - тепло від людей.

$$Q_{\text{вих}} = Q_{\text{дод}} + Q_{\text{втр}},$$

де  $Q_{\text{дод}}$  - втрати тепла на нагрів повітря, яке надходить у приміщення;

$Q_{втр}$  - втрати тепла через конструкції цеху.

$$Q_{дв} = \sum N \cdot 860 \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3 \cdot \psi_4, \text{ кКал/год,}$$

де  $\sum N$  - сумарна потужність двигунів;

860 – теплоелектричний еквівалент,

$\psi_1$  - середній ККД електродвигунів;

$\psi_2$  - коефіцієнт використання двигунів;

$\psi_3$  - коефіцієнт одночасності роботи двигунів;

$\psi_4$  - коефіцієнт, який характеризує перехід механічної енергії в теплову.

При роботі обладнання без спеціального охолодження

$$\psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3 \cdot \psi_4 = 0,25.$$

При роботі обладнання з охолодженням

$$\psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3 \cdot \psi_4 = 0,1.$$

$$Q_{дв} = 12,85 \cdot 860 \cdot 0,1 = 1105,1 \text{ кКал/год.}$$

$$Q_{осв} = \sum N \cdot 860$$

$$Q_{осв} = 2 \cdot 860 = 1720 \text{ кКал/год.}$$

$$Q_{сон} = Q_o + Q_n,$$

де  $Q_o = q_o \cdot A_o \cdot F_o$  - надходження тепла через засклені отвори;

$Q_n = q_n \cdot K_n \cdot F_n$  - надходження тепла через перекриття цеху;

$q_o, q_n$  - величини радіації;

$F_o, F_n$  - площі засклених поверхонь та перекриття відповідно, м<sup>2</sup>;

$A_o$  - коефіцієнт, який враховує вид засклених отворів,  $A_o$  для вікон = 1,15;

$A_o$  для ліхтарів = 0,8;

$K_n$  - коефіцієнт теплопередачі перекриття.

$$Q_o = 12 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 1,15 + 16 \cdot 24 \cdot 0,8 = 472,8 \text{ кКал/год.}$$

$$Q_n = 18 \cdot 0,75 \cdot (5 \cdot 7 - 24) = 148,5 \text{ кКал/год.}$$

$$Q_{\text{con}} = 472,8 + 148,5 = 621,3 \text{ кКал/год.}$$

$$Q_{\text{л}} = 25 \cdot 22 = 550 \text{ кКал/год.}$$

Сумарне надходження тепла:

- для холодного періоду  $Q = 1105,1 + 1720 + 550 = 3375,1 \text{ кКал/год.}$

- для теплого періоду  $Q = 3375,1 + 621,3 = 3996,4 \text{ кКал/год.}$

Втрати тепла на нагрів повітря, яке надходить у приміщення

$$Q_{\text{доо}} = 0,24 \cdot G \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) = 0,24 \cdot 240 \cdot (25 + 14) = 2246,4 \text{ кКал/год}$$

Втрати тепла через конструкції цеху.

$$Q_{\text{втр}} = \sum F \cdot n \cdot K_n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}),$$

де  $F$  - площа поверхні конструкцій цеху,  $\text{м}^2$ ;

$n = 0,6$  – коефіцієнт;

$K_n$  - коефіцієнт тепловіддачі конструкцій.

Втрати тепла через конструкції цеху розраховуємо тільки для холодного періоду року.

Для воріт

$$Q_{\text{втр}} = 7,5 \cdot 0,6 \cdot 5 \cdot (25 + 14) = 877,5 \text{ кКал/год.}$$

Для підлоги

$$Q_{\text{втр}} = 50 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \cdot (25 + 14) = 222,3 \text{ кКал/год.}$$

Для стін

$$Q_{\text{втр}} = 24 \cdot 0,6 \cdot 0,67 \cdot (25 + 14) = 376,3 \text{ кКал/год.}$$

Для стелі

$$Q_{\text{втр}} = 50 \cdot 0,6 \cdot 0,75 \cdot (25 + 14) = 877,5 \text{ кКал/год.}$$

Сумарні втрати

$$Q_{\text{втр}} = 877,5 + 222,3 + 376,3 + 877,5 = 2353,6 \text{ кКал/год.}$$

Розрахунок надлишкової кількості тепла

- для холодного періоду року

$$Q_{надл} = 3375,1 - 2353,6 - 2246,4 = -1224,9 \text{ кКал/год}$$

- для теплого періоду

$$Q_{надл} = 603,6 \text{ кКал/год.}$$

1.9. Визначення необхідного повітрообміну при виділенні тепла

$$L = \frac{Q_{надл}}{c \cdot \rho_{np} \cdot (t_{вид} - t_{np})} = \frac{603,6}{0,24 \cdot 1,18 \cdot (35 - 25)} = 213,2 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$\text{де } \rho_{np} = \frac{1,29 \cdot 273}{298} = 1,18 \text{ кг/м}^3;$$

$$t_{вид} = t_{p.з.} + \Delta t(H - 2) = 25 + 2 \cdot (7 - 2) = 35^\circ \text{C};$$

$t_{p.з.}$  - температура повітря в робочій зоні, °С;

$\Delta t = (1-5)^\circ \text{C/м}$  - температурний градієнт;

$H$  - висота приміщення.

### Розрахунок за забруднюючими речовинами

Визначення необхідного повітрообміну для видалення шкідливих домішок (пилу, аерозолів) з приміщення. Використання формул (1) та (2) для розрахунку.

2.1. Об'єм приміщення на 1 людину:

$$V' = \frac{10 \cdot 5 \cdot 2,8}{10} = 14 \text{ м}^3/\text{люд.}$$

2.2. Розрахунок за пилом чавуну:

$$L_H = \frac{G}{c_{вид} - c_{np}} = \frac{17 \cdot 2 + 20 \cdot 12}{0,006 - 0} = 4566,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Дані про виділення пилу - Додаток А.

Коефіцієнт 0,9 враховує наявність місцевих пиловідсмоктувачів.

2.3. Розрахунок за аерозолем емульсола:

$$L_H = \frac{G}{c_{вид} - c_{np}} = \frac{17 \cdot 20 + 20 \cdot 100}{5 - 0} = 4613,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

2.4. Сумарний повітрообмін:

$$L_H = 4613,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Вибір вентилятора з розрахунку видалення надлишкового тепла  
 $L = 6096 \text{ м}^3/\text{год}$ .

## **7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **7.1 Розробка заходів щодо покращення стану охорони праці**

Розрізняють такі основні заходи щодо покращення стану охорони праці у господарстві:

- обладнати кабінет з охорони праці, з метою ефективного навчання персоналу, встановити необхідні плакати, стенди;
- удосконалення нормативної бази з питань охорони праці;
- укомплектування щитів пожежної безпеки ящиками з піском і необхідним інвентарем;
- встановлення відсутності освітлювальних приладів, покращення освітленості робочих місць;
- відновлення заземлення корпусів та відновити пошкоджену ізоляцію струмоведучих частин електроустановок;
- забезпечення працівників ЗІЗ ;
- покращити природу і при необхідності створити штучну вентиляцію;
- професійний добір працівників з окремих професій;
- провести паспортизацію та атестацію необхідних робочих місць.

### **7.2 Пожежна безпека**

Правовою основою діяльності в галузі пожежної безпеки є Конституція, Закон України „Про пожежну безпеку”, та інші закони, постанови, укази.

Попередження розповсюдження пожеж, в основному забезпечується пожежною безпекою будівель і споруд і забезпечується; правильним вибором необхідного ступеня вогнестійкості будівель та споруд, розташування приміщень з урахуванням вимог пожежної безпеки, встановлення протипожежних перешкод, проектування шляхів евакуації. Згідно діючого законодавства відповідальність за утримання промислового підприємства у належному протипожежному стані покладається безпосередньо на керівника підприємства.

Власником розробленні комплексні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки, розробленні та затвердженні положення, інструкції, інші нормативні акти, що діють в межах підприємства, здійснює постійний контроль за їх додержанням, забезпечено додержання протипожежних вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду, утримання в справному стані засобів протипожежного захисту, пожежну безпеку, обладнання та інвентар.

Для запобігання пожежам на складах нафтопродуктів останні зберігають у спеціально обладнаних резервуарах, які встановлені на фундаментах. Усі заправні ємності заземлені, а вся територія нафтоскладу обнесена земляним валом.

### **7.3 Розробка заходів щодо захисту цивільного населення**

Забезпечення захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань не лише підприємства, але й цілої держави.

Актуальність проблеми забезпечення природо-техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди

територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами.

Забезпечення безпеки та захисту населення, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатися як невід'ємна частина державної політики національної безпеки і державного будівництва, як одна з найважливіших функцій центральних органів виконавчої влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, місцевих державних адміністрацій, виконавчих органів рад.

## 8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі ставимо за мету порівняти ціни на експлуатацію ламп які були використанні в даній роботі.

Таблиця 8.1 - Типи ламп та їхні ціни при відповідних потужностях

Тип лампи	Модель лампи	Потужність, Вт	Кількість, штук	Термін служби, год	Ціна, грн/од.
Жарівки	Іскра 75	75	15	1000	11
КЛЛ	BELLIGHT 15W	15	15	10000	67
Світлодіодні	Philips ECONOME	13	15	50000	96

Для спрощення розрахунків та більшої наочності розрахуємо експлуатаційні затрати ламп для 50000год.

### Розрахунок витрат на електроенергію

$$Q = \sum (P \cdot 10^{-3} \cdot K) \cdot S \cdot E, \text{грн.} \quad (8.1)$$

де Р – потужність лампи (табл.7.1), Вт;

Е– ціна 1кВт/год. електроенергії ( $E = 0.85$ ₵грн)..

Для ламп розжарення:

$$Q = (75 \cdot 10^{-3} \cdot 15) \cdot 50000 \cdot 5 = 281250 \text{ грн.}$$

Для компактно люмінесцентних ламп:

$$Q = (15 \cdot 10^{-3} \cdot 15) \cdot 50000 \cdot 5 = 56230$$

$$Q = (42 \cdot 10^{-3} \cdot 8 + 60 \cdot 10^{-3} \cdot 4 + 11 \cdot 10^{-3} \cdot 4) \cdot 50000 \cdot 0.54 = 16740$$

$$Q = (42 \cdot 10^{-3} \cdot 8 + 60 \cdot 10^{-3} \cdot 4 + 11 \cdot 10^{-3} \cdot 4) \cdot 50000 \cdot 0.54 = 16740 \text{ грн.}$$

Для світлодіодних ламп:

$$Q = (13 \cdot 10^{-3} \cdot 15) \cdot 50000 \cdot 5 = 48750$$

$$Q = (40 \cdot 10^{-3} \cdot 8 + 60 \cdot 10^{-3} \cdot 4 + 7 \cdot 10^{-3} \cdot 4) \cdot 50000 \cdot 0.54 = 15880$$

$$Q = (40 \cdot 10^{-3} \cdot 8 + 60 \cdot 10^{-3} \cdot 4 + 7 \cdot 10^{-3} \cdot 4) \cdot 50000 \cdot 0.54 = 15880 \text{ грн.}$$

### Розрахунок витрат накупівлю ламп

Розрахуємо ціну придбання ламп які будуть використанні протягом 50000 годин:

$$C = \frac{\sum (K \cdot M) \cdot S}{T}, \text{ грн} \quad (8.2)$$

де К – кількість ламп (табл.8.1), шт.;

М – ціна за одиницю лампи (табл.8.1), грн.;

SSS– термін використання (50000), год;

T– тривалий термін служби (табл.8.1), год.

Для ламп розжарення:

$$C = \frac{(15 \cdot 11) \cdot 50000}{1000} = 8250 \text{ грн.}$$

Для компактно люмінесцентних ламп:

$$C = \frac{(15 \cdot 67) \cdot 50000}{10000} = 5025 \text{ грн.}$$

Для світлодіодних ламп:



$$C = \frac{(15 \cdot 96) \cdot 50000}{50000} = 1440 \text{ грн.}$$

### Загальні витрати на лампи

$$Z = C + Q, \text{ грн.} \quad (8.3)$$

Для ламп розжарення:

$$Z = 8250 + 281250 = 289500 \text{ грн.}$$

Для КЛЛ:

$$Z = 2930 + 16740 = 19670 \quad Z = 2930 + 16740 = 19670 \quad Z = 5025 + 56230$$

=61255 грн.

Для світлодіодних ламп:

$$Z = 1440 + 48750 = 50190 \text{ грн.}$$

Для порівняння проведених розрахунків заносимо результатив таблицю 8.2

Таблиця 8.2 - Економічна оцінка

	Лампи розжарення	КЛЛ	Світлодіодні Лампи
Кількість, шт.	15	15	15
Потужність, кВт	1,125	0,225	0,195
Вартість, грн.	8250	5025	1440
Термін служби, год	1000	10000	50000
Витрати на експлуатацію протягом 50000 год, грн	289500	61255	50190
Економічний ефект, грн	-	228250	239340
Економічний ефект, %	-	78.8	82.7

## ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було розглянуто питання модернізації електричної силової мережі майстерні з ремонту сільськогосподарської техніки, яка знаходиться у підпорядкуванні ТзОВ «Секрет», яка розташована у місті Самбір, Львівської області, а також було розраховане освітлення з використанням різних типів ламп, а саме: ламп розжарення; компактно люмінесцентних ламп та світлодіодних ламп. Після розрахунків силової мережі для верстатів були вибрані кабелі та ПЗА.

Розрахунки освітлювальної мережі нам дали результати, за якими ми можемо оцінити доцільність використання тих чи інших ламп.

Також було розраховано економічну ефективність модернізації та дано рекомендації щодо її реалізації.

Витрати на експлуатацію протягом 50000 год для ламп розжарення становлять 289500 грн, для КЛЛ становлять 61255 грн, для світлодіодних ламп становлять 50190 грн.

Як ми бачимо з розділу 8 затрати на експлуатацію світлодіодних ламп найменші і становлять 50190 грн протягом 50000 годин.

Так як світлодіодні лампи мають переваги над лампами розжарення та КЛЛ такі як відсутність шкідливого випромінювання, відсутність моргання яке створює стробоскопічний ефект, широка колірна гама та висока стійкість до механічних впливів ми рекомендуємо їх для використання в даній майстерні.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Коруд В. І. Електротехніка. Львів: Видавництво «Магнолія», 2006. 417 с.
2. Варецький Ю. О. Особливості вибору силових фільтрів для систем електропостачання змінних нелінійних навантажень. Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2008. № 615. С. 17 – 22.
3. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи: підручник. Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2007. 488 с.
4. Василега П. О. Електротехнологічні установки: навчальний посібник. Суми: Видавництво СумДУ, 2010. 548 с.
5. Милосердов В. О. Електротехнологічні установки та пристрої: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2007. 135 с.
6. Соловей О. І. Промислові електротехнологічні установки: навчальний посібник. Київ: Видавництво «Кондор», 2009. 172 с.
7. Головка Д. Б., Ментковський Ю. Л. Загальні основи фізики. Київ: Видавництво «Либідь», 2008. – 224 с.
8. Мартиненко І.І. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: навч. посіб. Київ: Видавництво «Аграрна освіта», 2008. 330 с.
9. Курс електротехніки: Підручник. – Харків: Видавництво «Торнадо», 2000. – 288 с.
10. Практикум з електротехнології в АПК. Київ: Національний аграрний університет. 2003. 125 с.
11. Каталог СВ АЛЬТЕРА 2020р.
12. Каталог МІКУkraine – Джерела світла.
13. Каталог електротехнічної продукції АСКО УкрЕМ.