

Герасимів Роман Розробка мережі освітлення майстерні з ремонту електрообладнання. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 64 с. текстової частини, 12 таблиць, 11 рисунків, 15 джерел посилання.

**Мета роботи:** розробка мережі освітлення майстерні.

**Актуальність роботи:** військові дії та нестача електроенергії в Україні стимулює до дослідження енергоефективних електричних джерел світла.

**Об'єкт дослідження:** сучасні енергоефективні електричні джерела світла.

**Предмет дослідження:** характеристики сучасних енергоефективних електричних джерел світла.

Розглянуто основні типи джерел світла.

Проведено дослідження та аналіз сучасних енергоефективних електричних джерел світла.

Також розглянуто питання охорони праці.

**Ключові слова:** люмінесцентні лампи, сучасні електричні лампи, світлодіодні лампи.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА.....	6
2. РОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ.....	15
2.1 Аналіз силового обладнання та електричних двигунів.....	15
2.2 Вибір пуско – захисного обладнання та розподільних пристроїв.....	16
2.3 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання.....	18
3. РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ З КОМПАКТНИМИ ЛЮМІНІСЦЕНТНИМИ ЛАМПАМИ .....	21
3.1 Розрахунок освітлення з КЛЛ для першого приміщення.....	21
3.2 Розрахунок освітлення з КЛЛ для другого приміщення.....	24
3.3 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі.....	27
3.4 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання.....	28
4. РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ З СВІТЛОДІОДНИМИ ЛАМПАМИ .....	30
4.1 Розрахунок освітлення з світлодіодними лампами для першого приміщення.....	30
4.2 Розрахунок освітлення з світлодіодними лампами для другого приміщення.....	33
4.4 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі.....	36
4.5 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання.....	37
5 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРИПЛИВНО – ВИТЯЖНОЇ УСТАНОВКИ СИЛОВОЇ МАЙСТЕРНІ.....	39
5.1 Опис і характеристика установки .....	39
2.3 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх	

прокладання.....	45
6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	48
ВИСНОВОК.....	51
...	
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	52

## ВСТУП

Сучасні освітлювальні системи володіють значним потенціалом для енергозбереження, який ґрунтується на принципі максимального перетворення електричної енергії на світлове. Досягнення цієї мети можливе завдяки комплексному підходу, що охоплює такі аспекти:

- Проектування освітлювальної схеми: гармонійне поєднання природного та штучного освітлення.
- Гнучкість керування освітленням: можливість регулювання інтенсивності освітлення залежно від потреб.
- Оздоблення приміщень: використання світловідбивних матеріалів для покращення освітленості.
- Світлова віддача ламп: вибір ламп з високим показником ефективності перетворення електроенергії на світло.
- Ефективність світильників: використання світильників з високим коефіцієнтом корисної дії.
- Раціональне використання освітлювальних приладів: вимикання освітлення в невикористовуваних зонах.
- Спеціальні пристрої для люмінесцентних ламп: використання дроселів та запалюючих пристроїв, що мінімізують втрати електроенергії.
- Оптимальне розміщення світильників: рівномірне розподілення світлового потоку.
- Обґрунтований коефіцієнт запасу: мінімізація надмірного освітлення.
- Чистота повітря: регулярне прибирання приміщень для зменшення забруднення, що поглинає світло.

Впровадження цих заходів дозволяє істотно підвищити енергоефективність освітлювальних систем, що веде до:

- Зниження споживання електроенергії та відповідно зменшення витрат на оплату електроенергії.

- Покращення освітленості робочих місць, що сприятливо впливає на працездатність та самопочуття людей.
- Зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, пов'язаного з викидами парникових газів при виробництві електроенергії.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

ТОВ "Електроконтакт Україна", розташоване у м. Перемишляни за адресою вул. Мазепи, 1, спеціалізується на виробництві кабельно-провідникової продукції з 2003 року. Підприємство орієнтоване на виготовлення кабельно-бортових мереж для автомобілів та енергетичних систем.

Підприємство отримує електроенергію від електричної підстанції КТП 10/0,4 кВ, розташованої на відстані 300 метрів. До підприємства підведена трифазна мережа з вхідним струмом до 160 А.

Для обігріву виробничих приміщень використовуються газові котли TEMPSTAR, а розподіл тепла здійснюється за допомогою системи повітроводів. Гаряче водопостачання для гігієнічних потреб забезпечується бойлером QUANTUM потужністю 16,5 кВт та об'ємом бака 181 л.

У 2008 році було проведено ремонт, під час якого оновлено частину обладнання. Наразі електропостачання та вентиляція знаходяться у належному стані.

ТОВ "Електроконтакт Україна": Структура та освітлення приміщень

## Виробничі приміщення

- **Виробничий цех:**

- Площа: 520 м<sup>2</sup>

- Освітлення:

- Люмінесцентні лампи по 36 Вт (2 шт. в кожному світильнику)

- Кількість світильників:

- Загальне освітлення: 120 шт.

- Місцеве освітлення: 76 шт.

- **Склад матеріалів:**

- Площа: 380 м<sup>2</sup>

- Освітлення:
  - Люмінесцентні лампи по 36 Вт (2 шт. в кожному світильнику)
  - Кількість світильників: 66 шт.
- **Склад готової продукції:**
  - Площа: 320 м<sup>2</sup>
  - Освітлення:
    - Люмінесцентні лампи по 36 Вт (2 шт. в кожному світильнику)
    - Кількість світильників: 36 шт.
- **Майстерня:**
  - Площа: 60 м<sup>2</sup>
  - Освітлення:
    - Загальне освітлення (люмінесцентні лампи)
    - Кількість світильників: 8 шт.

#### **Адміністративно-побутові приміщення**

- **Кімната для прийому їжі:**
  - Площа: 10 м<sup>2</sup>
  - Освітлення:
    - Світильники з 2 лампами по 18 Вт
    - Кількість світильників: 6 шт.
- **Адміністративні приміщення:**
  - Освітлення:
    - Світильники з 2 лампами по 18 Вт
    - Кількість світильників: 14 шт.

Таблиця 1.1 - Силове обладнання майстерні ТзОВ «ЕКУ»

<u>Тип машини</u>	<u>Номер та назва машини</u>	<u>К-ть</u>	<u>Потужність</u> <u>кВт</u>	<u>Загальна</u> <u>потужність</u> <u>кВт</u>
Бетономішалка	Limex LS190	1	0,85	0,85
Столярний верстат	Bosch	1	1,1	1,1
Зварювальний трансформатор	Дніпро - М	1	7,6	7,6
Точильний верстат	ТВ-4	1	0,75	0,75
Сведлильний верстат	СВ-12	1	1,5	1,5
Компресор	Forte ZA 65-50	1	2,2	2,2
Шліфувальний станок		1	0,25	0,25
Генератор бензиновий	GBG8000TE	1	6,4	6,4

- **Сировина:** постачається чеською фірмою "Autoelectric".
- **Збут готової продукції:** орієнтований на німецькі підприємства, серед яких "BMW", "King Group", "JCB", "Claas".

### **Організація виробництва**

- Система оплати праці: співвідношення виготовлених хвилин до заробітної плати.
- Ліміт хвилин: працівник має виконати певний обсяг роботи протягом певного часу.
- Премії: за перевиконання плану.
- Штрафи: за невиконання плану.

### **Технологічна схема виробництва**

Детальний опис кожного етапу з візуальними зображеннями

- **Комісіонування проводів:**



- Розпакування та розкладка проводів на складі матеріалів. (рис.1.1.).

Таблиця 1.2 - Силове обладнання виробничого цеху ТзОВ "ЕКУ"

Тип машини	Номер та назва машини	Кількість	Потужність, Вт	Загальна потужність, Вт
Прилад SKU до кветчера	SLE	4	25	100
Прилад для термоусадки	1801373DEREY-WORFMAN 2000	4	3600	1080
Прилад для паяння	07090304800411 IBM LOT V 1.4	1	770	770
Прилад для очищення підлоги	194804KEMPER	2	1600	3200
Прилад відізолювання	3622Innovative Kabeltechnik GmbH	1	70	70
Кримпуюча машина	SLE/Schaftr	7	2400	16800
Фрезерний верстат	PROMACZ	1	1100	1100
Коптильний верстат	-	1	1600	1600
Стіл електричного контролю	GAMETR S1200	7	400	2800
Друкарка до столу	CAB a4+	7	40	280
Компресор	7422 WALTER	1	18500	18500

ТОВ "Електроконтакт Україна": Постачання, виробництво та контроль готової продукції



Рисунок 1.1.- Склад матеріалів

**Маркування проводів:**

- Ручне маркування працівниками підприємства. (рис.1.2.).

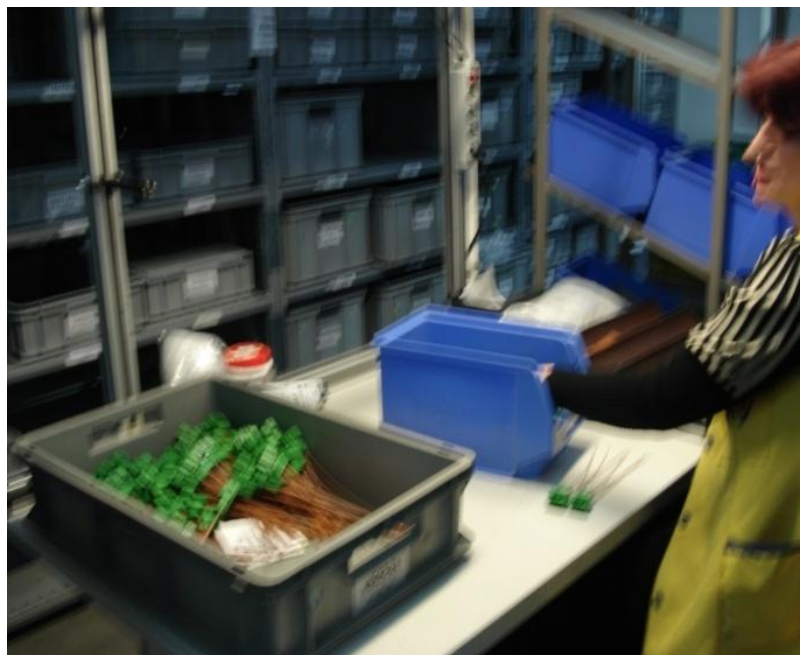


Рисунок 1.2 - Процес маркування проводів

**Монтаж розгалужень:**

- Ручне занурення проводів з наконечниками у відповідні роз'єми. (рис.1.3.).



Рисунок 1.3 - Монтаж розгалужень

### **Кримпування проводів:**

- Використання спеціальних пристроїв для обтискання клем або контактів на проводах. (рис.1.4.).



Рисунок 1.4 - Прилади для кримпування

### **Згинання клем:**

- Регулювання кута згинання клем від  $40^\circ$  до  $70^\circ$  на спеціальних пристроях. (рис.1.5.).



Рисунок 1.5.- Пристрої для згинання клем і пневматична викрутка

### **Пайка кримпу:**

- Запаювання деяких елементів для захисту від вологи. (рис.1.6.).

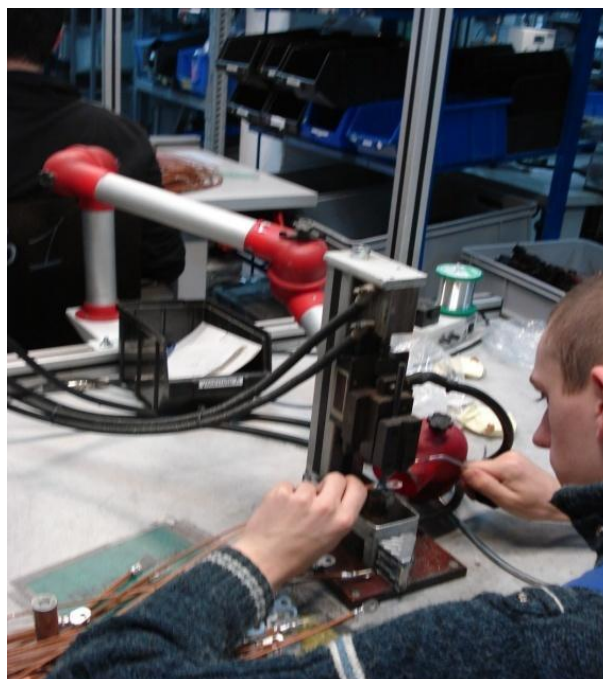


Рисунок 1.6 - Процес паяння

### **Прикручування клем:**

- Використання пневматичної викрутки.

### **Кветчування проводів:**



- Затискання проводів в гільзи різного діаметру на спеціальних пристроях.  
(рис.1.7.).



Рисунок 1.7 - Пристрій для кветчування.

#### **Одягання ковпака на кветчер:**

- Захист кветчера від вологи та покращення ізоляції.

#### **Термоусадка:**

- Нагрівання термоусадчих трубок на запаяних клемах або кветчерах.

(рис.1.8.).

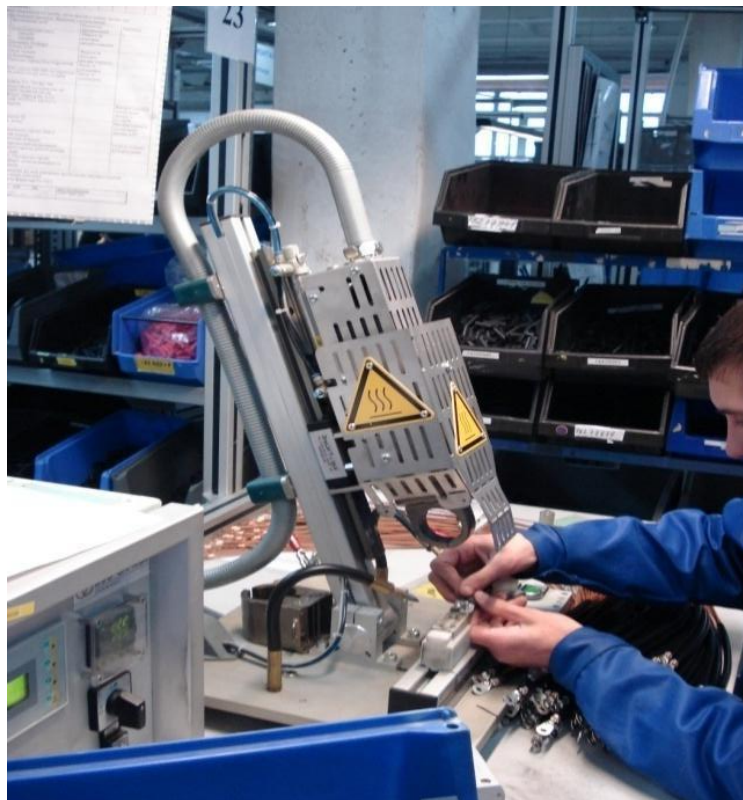


Рисунок 1.8 - Процес термоусадки.

Процес склеювання клем, монтування їх у тулею (рис.1.9.).

**Монтаж тулеї:**

- Протягування склеєних клем, гофрованої трубки або розгалужень через тулею.

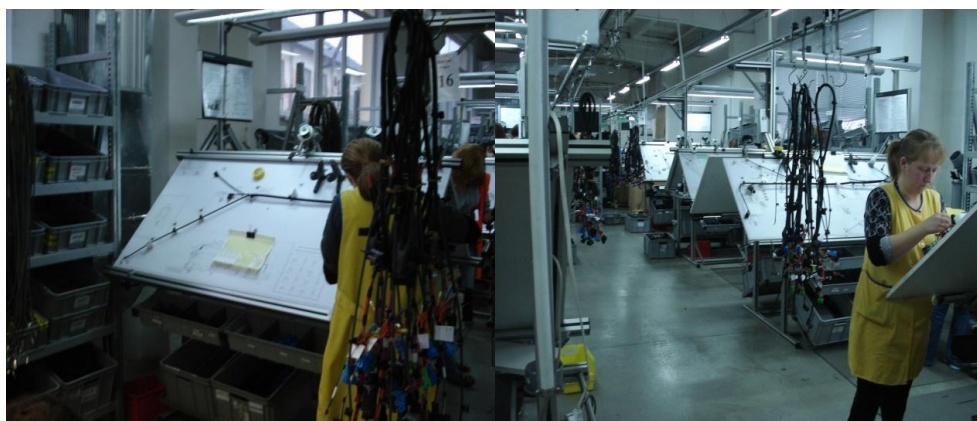


Рисунок 1.9 - Монтажні роботи.

**Монтаж кабельної мережі:**

- Ручне складання кабельної мережі на монтажних стендах. (рис.1.9.).

#### **Кветчування готової мережі:**

- Затискання деяких елементів готової кабельної мережі в гільзи. (рис.7).

#### **Одягання ковпака на готову мережу:**

- Захист готової мережі від вологи.

#### **Одягання кроші:**

- Фіксація роз'ємів на готовій мережі за допомогою тримача.

#### **Електричний контроль:**

- Перевірка готової мережі на столах електричного контролю. (рис.1.10.).

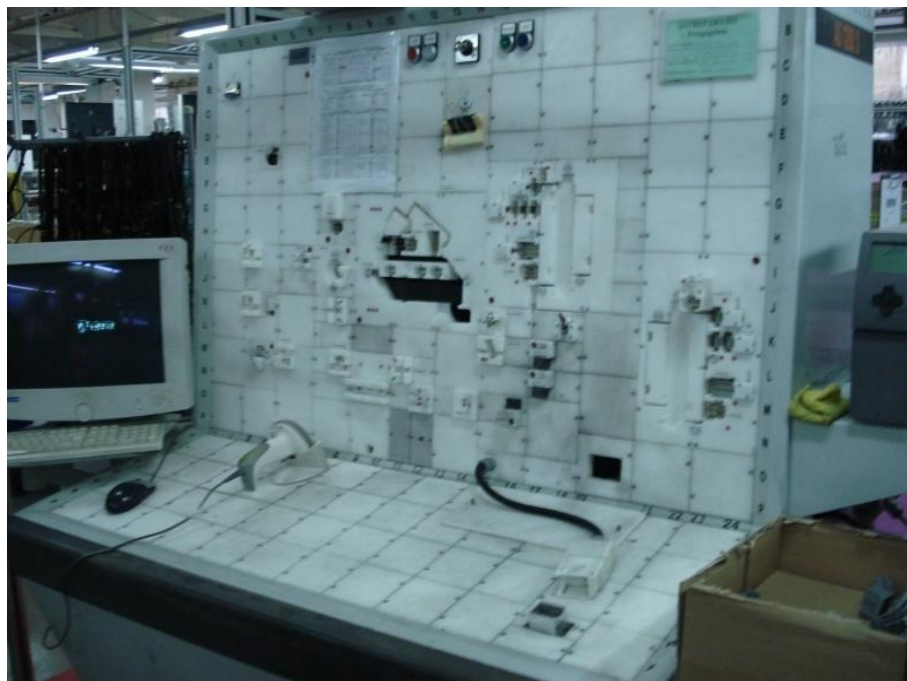


Рисунок 1.10 - Стіл електричного контролю.

#### **Візуальний контроль:**

- Перевірка готової мережі на наявність зовнішніх пошкоджень.

#### **Упакування:**

- Підготовка готової продукції до відправки.

## 2 РОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ

### 2.1 Аналіз силового обладнання та електричних двигунів

Оскільки в силівій майстерні ТзОВ "ЕКУ" вже підібране обладнання, вибір силового обладнання та електродвигунів в рамках курсового проекту не проводитиметься. Технічні характеристики наявного обладнання наведемо у табличній формі:

Таблиця 2.1 - Перелік силового обладнання та їх технічні характеристики

№ п/п	Найменування та марка обладнання	Тип електродвигуна	$K_i$	Номінальна потужність, кВт	Номінальний струм
1	Бетономішалка (Limeх LS190)	AIP71B2	6	1,1	3,9
2	Столярний верстат (Bosch)	AIP90L2	6,5	3,0	3,46
3	Електрозварювальна установка MMA - 200	--	--	7,6	20-200
4	Свердлильний верстат (CB-12)	AIP80B4	2,3	1,5	3,95
5	Генератор бензиновий GBG8000TE	Genpower190 FD	--	6,4	26
6	Токарний станок	AIP71B4	6,1	0,75	1,77
7	Шліфувальний станок	AIP56B2	5,3	0,25	0,73
8	Компресор FORTE ZA65 – 100	AIP80B2	7,0	2,2	4,85

Проаналізоване електрообладнання з електродвигунами буде занесено в розрахунково-монтажну схему силової мережі, яка представлена на окремому аркуші. Місце розташування електроприводів буде позначено на плані приміщень.

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

Загальні принципи вибору



Вибір апаратів захисту та розподілу електроенергії ґрунтується на таких факторах:

- Величина напруги: Вибір апаратури відповідно до номінальної напруги електромережі.
- Рід та величина струму: Підбір апаратури з урахуванням типу струму (змінний, постійний) та його величини (номінальний, максимальний).
- Кліматичне виконання: Вибір апаратури з відповідним ступенем захисту від впливу навколишнього середовища (волога, пил, температура).
- Умови захисту: Вибір апаратури з урахуванням необхідного рівня захисту від коротких замикань, перевантажень, обривів нульового проводу та інших несправностей.
- Відповідність технологічним вимогам: Вибір апаратури з характеристиками, що відповідають специфічним вимогам технологічного процесу.
- Інші показники: Додаткові фактори, такі як габарити, маса, надійність, вартість, можуть впливати на вибір апаратури.

Для демонстрації принципу вибору, розглянемо підбір пуско-захисної апаратури для пневмомолата. Дані електродвигуна пневмомолата наведені в таблиці 3.1.

Визначаємо пускові струми електродвигунів за формулою:

$$I_n = I_n K_i \quad (2.1)$$

$$I_n = 4,85 \cdot 7,0 = 33,95 \text{ А}$$

Автоматичний вимикач QF5:

$$U_{a.ном} \geq U_{мер} \quad (2.2)$$

$$I_{a.ном} \geq \sum I_n \quad (2.3)$$

$$I_{р.ном} \geq \sum I_n \quad (2.4)$$

Вибір автоматичного вимикача ВА61F29-3С

$$380 = 380 \text{ В}$$

$$16 > 4,85 \text{ А}$$

$$25 > 4,85 \text{ А}$$

Кількість поділок не спрацювання теплового розчіплювача:

$$n = \frac{I_n}{I_{p.n}} \quad (2.5)$$

$$n = \frac{4,85}{10} = 0,5$$

Вибір електромагнітного пускача КМ1:

$$U_{п.ном} \geq U_{мер} \quad (2.6)$$

$$I_{п.ном} \geq \sum I_{н.дв} \quad (2.7)$$

$$I_{п.ном} \geq \frac{\sum I_n}{6} \quad (2.8)$$

Вибір електромагнітного пускача серії ПМ-S-09:

$$380 = 380 \text{ В}$$

$$10 > 4,85 \text{ А}$$

$$10 > 4,85 \cdot 7,0/6 \text{ А}$$

$$10 > 5,6 \text{ А}$$

Вибір електротеплового реле:

$$U_{п.ном} \geq U_{мер} \quad (2.9)$$

$$I_{п.ном} \geq I_{н.дв} \quad (2.10)$$

$$I_{н.б} \geq I_{н.дв} \quad (2.11)$$

Вибираємо електротеплове реле РТ-S-21( $I_n = 12 \dots 18 \text{ А}$ ).

Вибір пуско-захисної апаратури та розподільних пристроїв

Таблиця 2.2 - Перелік пуско-захисного обладнання

Марки електродвигуні в	Р <sub>н</sub> , кВт	I <sub>н</sub> , А	Марки електромагнітни х пускачів	I <sub>н</sub> , А	Марки автоматични х вимикачів	I <sub>н.а.</sub> , А	I <sub>н.р.</sub> , А
АИР71В2	1,1	3,9	ПМЛ - 1210	10	ВА-51-25	25	20
АИР90L2	3,0	3,46	ПМЛ - 1210	10	ВА-51-25	25	20
ММА - 200	7,6	20-200	-	-	АВ3003/3Б*	225	15
АИР80В4	1,5	3,95	ПМЛ - 1210	10	ВА-51-25	25	20

Genpower190FD	6,4	26	-	-	AB3002/3H	63	32
AIP71B4	0,75	1,77	ПМЛ - 1210	10	BA-51-25	25	20
AIP56B2	0,25	0,73	ПМЛ - 1210	10	BA-51-25	25	20
AIP80B2	2,2	4,85	ПМЛ - 1210	10	BA-51-25	25	20

Таблиця розподільних щитків

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики розподільних щитків

Розподільний пункт	Тип щитка	Кількість вимикачів		Ступінь захисту	Кліматичне виконання
		BA-51-25	AB3003/3Б AB3002/3 H		
СЦ1	CRN.BS4Z	3	1	IP54	У3
СЦ2	CRN.BS4Z	3	1	IP54	У3

Розподільні пункти встановлюють у місцях з найбільш зручним доступом. Шлях до пункту повинен бути вільний від сторонніх предметів.

### 2.3 Вибір кабелів та проводів

В промислових установках зазвичай використовують проводи та кабелі з алюмінієвими жилами перерізом 2,5 мм<sup>2</sup> і вище. Віддають перевагу електропроводкам, які не потребують сталених труб. Використання сталених труб допускається лише у випадках, коли це обумовлено умовами навколишнього середовища або місцем прокладання.

Переріз жил провідників або кабелю обирають з урахуванням тривалого допустимого струму навантаження  $I_{доп}$  та максимального робочого струму електричного кола  $I_{макс.р}$ , тобто

$$I_{доп} \geq I_{макс.р}$$

Для магістралі, яка живить декілька електроприймачів, максимальний робочий струм визначають за формулою:

$$I_{макс.р} = K_o \sum_1^n I_{ном} \quad (3.12)$$

Вибраний кабель необхідно перевірити на відповідність його перерізу апарату захисту за формулою:

$$I_{доп} \geq K_3 I_z, \quad (3.13)$$

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

$I_3$  - сила номінального струму або струму спрацювання захисного апарату.

Для прикладу розглянемо вибір кабелю, який буде живити від мережі асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, що приводить в дію компресор.

АВВГ 4х2,5 з  $I_{доп} = 19$  А.

$$I_{макс.р} = 1 \cdot 4,85 = 4,85 \text{ А}$$

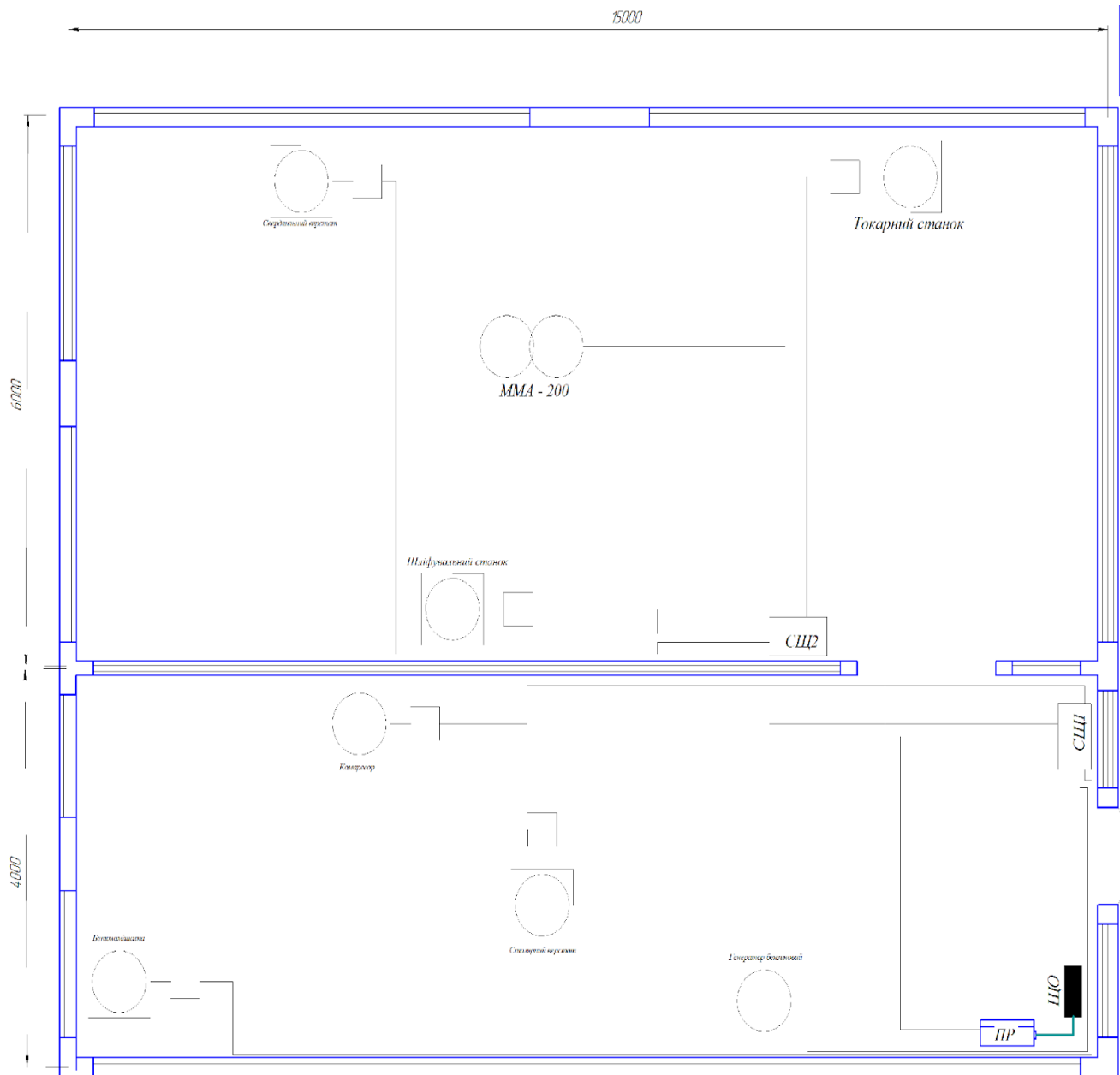
$$I_{доп} = 1 \cdot 19 = 19 \text{ А}$$

$$19 > 4,85$$

Інші кабелі обираємо таким же чином. Інформацію про вибір кабелів знайдете на листі №1 графічної частини.

Таблиця 2.4 - Марки кабелів для живлення електрообладнання

№ п/п	Найменування обладнання	$P_n$ , кВт	$I_n$ , А	Марка кабеля, провода	$I_{доп}$ , А
1	Бетономішалка (Limex LS190)	1,1	3,9	АВВГ 4х2,5	19
2	Столярний верстат (Bosch)	3,0	3,46	АВВГ 4х2,5	19
3	Електрозварювальна установка ММА - 200	7,6	20-200	АВВГ 4х150	235
4	Свердлильний верстат (СВ-12)	1,5	3,95	АВВГ 4х2,5	19
5	Генератор бензиновий GBG8000TE	6,4	26	АВВГ 4х6	30
6	Токарний станок	0,75	1,77	АВВГ 4х2,5	19
7	Шліфувальний станок	0,25	0,73	АВВГ 4х2,5	19
8	Компресор FORTE ZA65 – 100	2,2	4,85	АВВГ 4х2,5	19



Ввід АВВГ-4х95  $I_p=170\text{ А}$

Рисунок 2.1 -. Схема силової мережі та розміщенням обладнання.

### **3 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ З КОМПАКТНИМИ ЛЮМІНІСЦЕНТНИМИ ЛАМПАМИ**

Люмінесцентні лампи є одним із найпоширеніших джерел штучного світла, які широко використовуються в офісах, промислових об'єктах, освітніх установах та багатьох інших сферах. Вони працюють на основі електричного розряду в парі ртуті, що призводить до випромінювання ультрафіолетового (УФ) світла. Це УФ світло, у свою чергу, збуджує люмінофорне покриття всередині лампи, яке перетворює його на видиме світло.

#### **Історія**

Ідея використання електричного розряду для створення світла була відома ще з кінця 19 століття. Однак, справжній прорив у розробці люмінесцентних ламп відбувся у 1930-х роках.

#### **1. Ранні експерименти (кінець 19 століття):**

- Перші спроби створити лампи на основі електричного розряду були зроблені ще у 1850-х роках, коли Гайнріх Гейслер створив перші газорозрядні лампи. Вони використовували неон і інші інертні гази для створення світла.

- Томас Едісон та інші винахідники також проводили експерименти з газорозрядними лампами, але на той час вони не мали великого комерційного успіху.

#### **2. Розвиток технологій (1930-ті роки):**

- Значний прогрес у розробці люмінесцентних ламп стався у 1934 році, коли компанія General Electric (GE) представила перші комерційні зразки.

- Ці лампи мали більшу енергоефективність порівняно з лампами розжарювання і швидко набули популярності.

#### **3. Післявоєнний бум (1940-1950-ті роки):**

- Після Другої світової війни виробництво люмінесцентних ламп значно зросло, і вони стали основним джерелом освітлення в комерційних та промислових приміщеннях.

- Технологія постійно вдосконалювалась, з'являлись нові типи люмінофорів, що покращувало якість світла.

#### **4. Сучасні інновації (1970-і роки – сьогодні):**

- У 1970-х роках з'явилися компактні люмінесцентні лампи (CFL), які дозволяли використовувати технологію люмінесцентного освітлення в побутових умовах.

- У 2000-х роках CFL стали популярними завдяки своїй енергоефективності та довговічності, що зробило їх альтернативою традиційним лампам розжарювання.

Люмінесцентні лампи пройшли значний шлях від перших експериментів до сучасних технологій. Вони забезпечують високу енергоефективність та якість світла, що робить їх важливим компонентом сучасного освітлення. Завдяки своїй історії розвитку та постійним інноваціям, люмінесцентні лампи залишаються популярними і затребуваними у різних сферах використання.

### **Принцип дії люмінесцентних ламп**

Люмінесцентні лампи є ефективними джерелами світла, які працюють на основі електричного розряду в парі ртуті. Цей процес включає кілька ключових етапів, що забезпечують перетворення електричної енергії у видиме світло. Розглянемо детальніше принцип дії люмінесцентних ламп.

#### **Основні етапи роботи люмінесцентних ламп**

##### **1. Подача електричної напруги:**

- При увімкненні лампи на її електроди подається електрична напруга, яка ініціює процес утворення електричного розряду всередині лампи.

##### **2. Електричний розряд:**

- Люмінесцентна лампа заповнена інертним газом (найчастіше аргоном) і невеликою кількістю ртуті. Під впливом електричної напруги електрони починають рухатися від одного електрода до іншого, утворюючи електричний розряд.

- Під час цього розряду атоми ртуті збуджуються та випромінюють ультрафіолетове (УФ) світло.

##### **3. Випромінювання ультрафіолетового світла:**

- Збуджені атоми ртуті випромінюють світло в УФ діапазоні, яке невидиме для людського ока.

##### **4. Перетворення ультрафіолетового світла у видиме:**

- Внутрішня поверхня скляної трубки люмінесцентної лампи покрита люмінофором – спеціальним матеріалом, який здатен поглинати УФ світло та перетворювати його на видиме світло.

- Коли УФ світло збуджує люмінофор, він починає випромінювати видиме світло.

#### 5. Випромінювання видимого світла:

- Видиме світло, створене люмінофором, проходить через скляну трубку лампи, освітлюючи навколишнє середовище.

#### Додаткові компоненти та процеси

##### 1. Баласт (дросель):

- Люмінесцентні лампи потребують спеціального пристрою – баласту – для регулювання струму. Баласт обмежує струм, що проходить через лампу, запобігаючи її перегріванню та пошкодженню.

- У сучасних люмінесцентних лампах часто використовуються електронні баласты, які забезпечують більш стабільну роботу та підвищують енергоефективність.

##### 2. Стартер:

- У деяких конструкціях люмінесцентних ламп використовується стартер, який допомагає ініціювати електричний розряд при увімкненні лампи. Стартер тимчасово замикає електричний ланцюг, що дозволяє нагріти електроди та полегшує запуск розряду.

#### Переваги та особливості

- Енергоефективність: Люмінесцентні лампи споживають менше енергії порівняно з традиційними лампами розжарювання, забезпечуючи більше світла при меншому споживанні електроенергії.

- Тривалий термін служби: Люмінесцентні лампи мають триваліший термін служби, що робить їх економічно вигідними в довгостроковій перспективі.

- **\*\*Різноманітність форм і розмірів\*\***: Люмінесцентні лампи доступні в різних формах і розмірах, що дозволяє використовувати їх у широкому спектрі застосувань – від офісного освітлення до спеціалізованого освітлення в промисловості.



Принцип дії люмінесцентних ламп базується на використанні електричного розряду в парі ртуті для створення ультрафіолетового світла, яке потім перетворюється у видиме за допомогою люмінофора. Цей процес забезпечує високу енергоефективність та тривалий термін служби, роблячи люмінесцентні лампи популярним вибором для багатьох освітлювальних задач.

## **Будова люмінесцентних ламп**

Люмінесцентні лампи складаються з кількох основних компонентів, кожен з яких виконує важливу роль у процесі генерації світла. Розглянемо детальніше будову люмінесцентних ламп.

### 1. Склона трубка

- Матеріал: Основний корпус люмінесцентної лампи виготовляється зі спеціального скла, яке може витримувати внутрішній тиск та не пропускає УФ-випромінювання назовні.

- Форма: Трубка може мати різну довжину і діаметр, що визначає тип і потужність лампи (наприклад, T5, T8, T12).

### 2. Люмінофорне покриття

- Внутрішня поверхня\*: Внутрішня поверхня скляної трубки покрита люмінофором – спеціальною речовиною, яка здатна перетворювати ультрафіолетове (УФ) світло у видиме світло.

- Типи люмінофорів: Використовуються різні типи люмінофорів, які можуть створювати світло різного спектру – від теплого білого до холодного білого.

### 3. Електроди

- Розташування: Електроди розташовані на обох кінцях скляної трубки. Вони складаються з вольфрамової нитки, покритої оксидом барію чи іншими матеріалами для полегшення електричного розряду.

- Функція: Електроди створюють електричне поле, яке ініціює розряд у парі ртуті.

### 4. Інертний газ і ртуть

- Газова суміш: Трубка заповнена інертним газом, зазвичай аргоном, а також містить невелику кількість ртуті. Газ полегшує ініціювання розряду при низьких температурах.

- Ртуть: При проходженні електричного струму через газ, атоми ртуті збуджуються і випромінюють УФ світло.

#### 5. Баласт (дросель)

- Функція: Баласт є ключовим компонентом, який регулює струм, що проходить через лампу. Він запобігає перегріванню та пошкодженню лампи.

- Типи баластів: Існують два основні типи баластів: магнітні (електромагнітні) та електронні. Електронні баласты більш енергоефективні та забезпечують стабільну роботу лампи без мерехтіння.

#### 6. Стартер (для ламп з магнітним баластом)

- Функція: Стартер використовується для ініціювання розряду у лампах з магнітним баластом. Він тимчасово замикає електричний ланцюг, що дозволяє електродам нагрітися і створити початковий розряд.

- Типи стартерів: Механічні та електронні стартери, кожен з яких має свої особливості роботи.

#### 7. Кінцеві ковпачки (цоколь)

- Матеріал: Кінцеві ковпачки, розташовані на обох кінцях лампи, виготовлені з металу або пластику з металевими контактами.

- Функція: Кінцеві ковпачки забезпечують електричний контакт між лампою та світильником, дозволяючи подачу струму до електродів.

Будова люмінесцентних ламп включає кілька важливих компонентів, кожен з яких виконує специфічну функцію у процесі генерації світла. Склона трубка з люмінофорним покриттям, електроди, інертний газ і ртуть, баласт та стартер – всі ці елементи забезпечують ефективну роботу лампи, високу енергоефективність та тривалий термін служби. Завдяки своїй конструкції люмінесцентні лампи є важливим джерелом освітлення для різних застосувань.

### **Типи люмінесцентних ламп**

Люмінесцентні лампи є одними з найефективніших джерел штучного освітлення і широко використовуються в різних сферах, від побутового до

промислового освітлення. Різноманіття типів люмінесцентних ламп дозволяє підібрати оптимальний варіант для конкретних потреб. Розглянемо основні типи люмінесцентних ламп.

### 1. Лінійні люмінесцентні лампи

- Типи T12, T8 і T5:

T12: мають діаметр 38 мм і є одним з найстаріших типів. Вони поступово витісняються більш ефективними моделями.

- T8: діаметр 26 мм, вони є більш енергоефективними порівняно з T12 та мають ширше застосування.

- T5: діаметр 16 мм, ці лампи найновіші і мають найвищу енергоефективність та кращі світлові характеристики.

- Застосування: Використовуються в офісах, школах, лікарнях, виробничих приміщеннях та інших комерційних об'єктах.

- Особливості:- Висока світлова віддача, тривалий термін служби, доступні в різних колірних температурах.

### 2. Компактні люмінесцентні лампи (CFL)

- Особливості конструкції: Лампи мають компакту спіральну або U-подібну форму, що дозволяє використовувати їх у стандартних патронах для ламп розжарювання.

- Переваги: Енергоефективність, тривалий термін служби, можливість використовувати в побутових світильниках без необхідності змінювати конструкцію світильника.

- Застосування: Побутове освітлення, лампи для настільних ламп, торшерів, стельових світильників.

### 3. Круглі люмінесцентні лампи

- Особливості- Мають форму кільця, що дозволяє створювати рівномірне освітлення.

- Застосування: Використовуються у світильниках для косметичних дзеркал, офісних світильниках, світильниках для малих приміщень.

- Переваги: Естетичний вигляд, рівномірний розподіл світла.

### 4. U-подібні люмінесцентні лампи

- Конструкція: Трубка, зігнута у формі букви "U", що робить лампу компактнішою.
- Застосування: Використовуються в стельових світильниках, офісних світильниках та інших комерційних об'єктах.
- Переваги: Компактність, висока світлова віддача.

## 5. Індивідуальні типи люмінесцентних ламп

- Кольорові люмінесцентні лампи: Використовуються для декоративного освітлення, доступні в різних кольорах завдяки застосуванню різних люмінофорів.
- Лампи спеціального призначення: Лампи з ультрафіолетовим випромінюванням для стерилізації, акваріумного освітлення, лампи для вирощування рослин.
- Адаптовані лампи: Лампи для конкретних застосувань, таких як освітлення в холодильниках, лампи для підсвічування рекламних вивісок.

Різноманіття типів люмінесцентних ламп дозволяє використовувати їх у широкому спектрі застосувань, від побутового до промислового освітлення. Кожен тип має свої особливості, переваги та сфери застосування, що забезпечує ефективне та економічне освітлення в будь-яких умовах.

## Характеристики люмінесцентних ламп

Люмінесцентні лампи відзначаються рядом унікальних характеристик, які роблять їх популярними у різних сферах освітлення. Ось ключові характеристики, які варто враховувати при розгляді цих джерел світла.

### 1. Енергоефективність

Люмінесцентні лампи споживають в середньому від 25% до 80% менше енергії порівняно з традиційними лампами розжарювання. Це дозволяє значно знизити витрати на електроенергію та зменшити навантаження на електричні мережі.

### 2. Світловий вихід

Люмінесцентні лампи мають високий світловий вихід порівняно з їх енергоспоживанням. Вони забезпечують яскраве та рівномірне освітлення

приміщень, що робить їх ідеальними для використання в офісах, магазинах та інших комерційних приміщеннях.

### 3. Тривалий термін служби

Середня тривалість служби люмінесцентних ламп становить приблизно 10 000–15 000 годин роботи, що відповідає близько 5–7 рокам у звичайних умовах використання. Це дозволяє значно знизити витрати на обслуговування та заміну ламп.

### 4. Колірна віддача

Люмінесцентні лампи доступні в різних колірних температурах, які визначаються за допомогою кольорової температури (КТ). Вони забезпечують як тепле, так і холодне біле світло, що робить їх універсальними для різних застосувань.

### 5. Ефект "мерехтіння"

У деяких старих моделях люмінесцентних ламп може спостерігатися ефект "мерехтіння", особливо при запуску або на початкових етапах роботи. Проте сучасні електронні баласты допомагають уникнути цього явища, забезпечуючи стабільну роботу ламп.

### 6. Екологічна безпека

Люмінесцентні лампи містять невелику кількість ртуті, що може бути шкідливою для довкілля при неправильному видаленні. Однак, багато компаній виробляють енергоефективні лампи з низьким вмістом ртуті або навіть без неї, що зменшує екологічний вплив.

Люмінесцентні лампи – це ефективні джерела світла, які відзначаються високою енергоефективністю, тривалим терміном служби та широким спектром застосувань. Враховуючи їхні переваги, вони залишаються популярним вибором для освітлення різних типів приміщень.

## **3.1 Розрахунок освітлення з КЛЛ для першого приміщення**

Опис приміщення та вибір системи освітлення

Приміщення:

- Довжина: 15 м
- Ширина: 4 м
- Висота: 4 м

Система освітлення:

- Загальна рівномірна
- Світильник: ГСП17

Розрахункова висота підвісу світильників:

$$H_p = H - (h_z + h_p), \quad (3.1)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

$h_z$  – висота звисання. Приймаємо  $h_z = 0,2$  м;

$h_p$  – рівень робочої поверхні від підлоги. Приймаємо  $h_p = 0,8$ .

$$H_p = 4 - (0,2 + 0,8) = 3 \text{ м}$$

Згідно з рекомендаціями [2], для кривої К  $\lambda = 0,7 \dots 0,8$  обираємо найвигідніше значення відносної відстані між світильниками  $\lambda = 0,75$ .

Оптимальну відстань між світильниками в сусідніх рядах (а) розраховуємо за формулою:

$$L = \lambda \cdot H_p \quad (3.2)$$

$$L = 0,75 \cdot 3 = 2,2 \text{ м}$$

Розрахуємо кількість рядів світильників:

$$n_p = \frac{B}{L}, \quad (3.3)$$

де  $B$  – ширина приміщення, м.

$$n_p = \frac{4}{2,2} \approx 1,8 \text{ м}$$

Приймаємо  $n_p = 2$ .

Визначаємо відстань від крайніх світильників до стін:

$$L_c = k_p \cdot L \quad (3.4)$$

де  $k_p$  - коефіцієнт, який враховує відстань світильників від стін. Згідно [1], якщо робочі місця розташовані біля стін то  $k_p = 0,25 \dots 0,3$ , якщо не біля стін – то  $k_p = 0,4 \dots 0,5$ .

Вибираємо  $k_p = 0,3$ .

$$L_c = 0,3 \cdot 2,2 = 0,66 \text{ м}$$

Розрахуємо відстань між рядами:

$$L_B = \frac{B - 2L_c}{n_p - 1} \quad (3.5)$$

$$L_B = \frac{4 - 2 \cdot 0,66}{2 - 1} = 2,68 \text{ м}$$

Оптимальну відстань між світильниками в ряду розраховуємо за формулою:

$$L_a = \frac{L^2}{L_B} \quad (3.6)$$

$$L_a = \frac{2,2^2}{2,68} = 1,81 \text{ м}$$

Виразуємо кількість світильників у ряду:

$$n_a = \frac{A - 2 \cdot L_c}{L_a}, \quad (3.7)$$

де  $A$  – довжина приміщення, м

$$n_a = \frac{15 - 2 \cdot 0,66}{1,81} = 7,6$$

Приймаємо  $n_a = 8$

Обчислення розрахункової відстані між світильниками в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2L_c}{n_a - 1} \quad (3.8)$$

$$L_A = \frac{15 - 2 \cdot 0,66}{8 - 1} = 1,95 \text{ м}$$

Розрахунок загальної кількості світильників:

$$N = n_p n_a \quad (3.9)$$

$$N = 2 \cdot 8 = 16$$

Визначення індексу приміщення:

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)} \quad (3.10)$$

$$i = \frac{15 \cdot 4}{3 \cdot (15 + 4)} = 1,053$$

Беремо коефіцієнти відбивання: стелі  $\rho_{ст} = 50\%$ ; стін  $\rho_c = 30\%$ ; підлоги  $\rho_{п} = 10\%$ . [1]

Обираємо коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,46$  [1]

Прийmemo нормовану освітленість  $E_n = 200$  лк.

Візьmemo коефіцієнт запасу  $K = 1,4$ .

Визначимо розрахунковий світловий потік світильник:

$$\Phi_{p.c} = \frac{E_n ABKZ}{N\eta}, \quad (3.11)$$

де  $Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення,  $Z = 1,15$ .

$$\Phi_{p.c} = \frac{200 \cdot 15 \cdot 4 \cdot 1,4 \cdot 1,15}{16 \cdot 0,46} = 2625 \text{ лм.}$$

Обираємо лампу КЛЛ типу Fotobestway 48 Вт з  $P_n = 48$  Вт,  $\Phi_{л} = 2700$  лм, час горіння 8000 год [3]. Оберемо світильник ГСП17. [2]

Розрахуємо фактичну освітленість:

$$E_{\phi} = E_n \frac{\Phi_{л} \cdot m}{\Phi_{p.c}}, \quad (3.12)$$

де  $m$  – кількість ламп у світильнику.

$$E_{\phi} = 200 \cdot \frac{2700 \cdot 1}{2625} = 205,7 \text{ лк.}$$

Обчислюємо відхилення освітленості за формулою:

$$E = \frac{E_{\phi} - E_n}{E_n} \cdot 100 \quad (3.13)$$

$$E = \frac{205,7 - 200}{200} \cdot 100 \approx 2,9 \%$$



Відхилення є допустимим, тому, що знаходиться у межах допустимих значень +20...-10%.

Визначення встановленої потужності освітлювальної установки:

$$P_y = P_{лmN} \quad (3.14)$$

$$P_y = 48 \cdot 1 \cdot 16 = 768 \text{ Вт.}$$

### 3.2 Розрахунок освітлення з КЛЛ для другого приміщення

Приміщення:

- Довжина: 15 м
- Ширина: 6 м
- Висота: 4 м

Система освітлення:

- Загальна рівномірна
- Світильник: ГСП17

Розрахункова висота підвісу світильників:

$$H_p = H - (h_z + h_p), \quad (3.15)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

$h_z$  – висота звисання. Приймаємо  $h_z = 0,2$  м;

$h_p$  – рівень робочої поверхні від підлоги. Приймаємо  $h_p = 0,87$ .

$$H_p = 4 - (0,2 + 0,87) = 2,9 \text{ м}$$

Згідно з рекомендаціями [2], для кривої К  $\lambda = 0,7...0,8$  обираємо найвигідніше значення відносної відстані між світильниками  $\lambda = 0,75$ .

Оптимальну відстань між світильниками в сусідніх рядах ( $a$ ) розраховуємо за формулою:

$$L = \lambda \cdot H_p \quad (3.16)$$

$$L = 0,75 \cdot 2,9 = 2,18 \text{ м}$$

Порахуємо кількість рядів світильників за формулою:

$$n_p = \frac{B}{L}, \quad (3.17)$$

де  $B$  – ширина приміщення, м.

$$n_p = \frac{6}{2.18} \approx 2.75$$

Прийmemo  $n_p = 3$ .

Визначимо відстань від крайніх світильників до стін приміщення:

$$L_c = k_p \cdot L \quad (3.18)$$

де  $k_p$  - коефіцієнт, який враховує відстань світильників від стін. Згідно [1], якщо робочі місця розташовані біля стін то  $k_p = 0,25 \dots 0,3$ , якщо не біля стін – то  $k_p = 0,4 \dots 0,5$ .

Вибираємо  $k_p = 0,3$ .

$$L_c = 0,3 \cdot 2,18 = 0,65 \text{ м}$$

Відстань між рядами порахуємо:

$$L_B = \frac{B - 2L_c}{n_p - 1} \quad (3.19)$$

$$L_B = \frac{6 - 2 \cdot 0,65}{3 - 1} = 2,35 \text{ м}$$

Оптимальну відстань між світильниками в ряду розрахуємо:

$$L_a = \frac{L^2}{L_B} \quad (3.20)$$

$$L_a = \frac{2,18^2}{2,35} = 2,02 \text{ м}$$

Визначення кількості світильників у ряду:

$$n_a = \frac{A - 2 \cdot L_c}{L_a}, \quad (3.21)$$

де  $A$  – довжина приміщення, м

$$n_a = \frac{15 - 2 \cdot 0,65}{2,02} = 6,78 \text{ м}$$

Прийmemo  $n_a = 7$

Прийняття розрахункової відстані між світильниками в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2L_c}{n_a - 1} \quad (3.22)$$

$$L_A = \frac{15 - 2 \cdot 0,65}{7 - 1} = 2,28 \text{ м}$$

Розрахунок загальної кількості світильників:

$$N = n_p n_a \quad (3.23)$$

$$N = 3 \cdot 7 = 21$$

Визначення індексу приміщення:

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)} \quad (3.24)$$

$$i = \frac{15 \cdot 6}{2,9 \cdot (15 + 6)} = 1,49$$

Прийняття коефіцієнта відбиття: стеля  $\rho_{ст} = 50\%$ ; стіна  $\rho_c = 30\%$ ; підлога  $\rho_{п} = 10\%$ . [1]

Оберемо коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,46$  [1]

Вибір нормованої освітленості:  $E_H = 200$  лк.

Вибір коефіцієнта запасу:  $K = 1,4$ .

Визначення розрахункового світлового потоку світильника:

$$\Phi_{p.c} = \frac{E_H ABKZ}{N\eta}, \quad (3.25)$$

де  $Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення,  $Z = 1,15$  [1].

$$\Phi_{p.c} = \frac{200 \cdot 15 \cdot 6 \cdot 1,4 \cdot 1,15}{21 \cdot 0,46} = 3000 \text{ лм}$$

Вибір лампи та світильника:

- Лампа: КЛЛ типу Berlin 55 Вт з характеристиками:
  - $R_H = 55$  Вт (потужність)
  - $\Phi_{л} = 3250$  лм (світловий потік)
  - 8000 год (ресурс роботи)
- Світильник: ГСП 17

Розрахунок фактичної освітленості:

$$E_{\phi} = E_n \frac{\Phi_{\lambda} \cdot m}{\Phi_{pc}}, \quad (3.26)$$

де  $m$  – кількість ламп у світильнику.

$$E_{\phi} = 200 \cdot \frac{3250 \cdot 1}{3000} = 216,7 \text{ лк}$$

Обчислення відхилення освітленості:

$$E = \frac{E_{\phi} - E_n}{E_n} \cdot 100 \quad (3.27)$$

$$E = \frac{216,7 - 200}{200} \cdot 100 \approx 8,35 \%$$

Відхилення освітленості знаходиться у межах допустимих значень (+20...-10%).

Визначення встановленої потужності освітлювальної установки:

$$P_y = P_{\lambda} m N \quad (3.28)$$

$$P_y = 55 \cdot 1 \cdot 21 = 1155 \text{ Вт.}$$

### 3.3 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі

Живильні та групові щити рекомендується розміщувати в місцях з'єднання відповідних мереж, по можливості в центрі навантаження та в місцях, доступних для обслуговування.

При розподілі освітлювальної електропроводки на групи слід врахувати:

Збалансоване навантаження: Навантаження на кожну фазу має бути приблизно однаковим.

Струмові обмеження: Номінальний струм ( $I_n$ ) розчіплювача групового автоматичного вимикача не повинен перевищувати 25 А.

Розподіл на групи рекомендується проводити за табличною формою.

Таблиця 3.1 - Розподіл освітлювальної електропроводки на групи

Номер та тип щитка	Номер групи	Номер приміщення на плані	Кількість ламп	Установлена потужність ламп, кВт	Примітка
ЩО ЩО 8505-0203	1	1	16	0,768	Технологічне освітлення
	2	2	21	1,155	Технологічне освітлення

Для однофазних груп з лампами розжарювання розрахунковий струм ( $I_p$ ) групи визначається за формулою:

$$I_{gp} = \frac{P_{gp} \cdot 10^3}{U_\phi}, \quad (3.29)$$

де  $U_\phi$  - фазна напруга групи, В;

$P_{gp}$  - розрахункова потужність групи, кВт;

Розрахуємо струм групи освітлювального щитка:

$$I_{gp1} = \frac{0,768 \cdot 10^3}{220} = 3,49 \text{ А};$$

$$I_{gp2} = \frac{1,155 \cdot 10^3}{220} = 5,25 \text{ А}.$$

Вибір освітлювального щитка

Тип освітлювального щитка обирається залежно від кількості груп:

- ЩО 8505-0203 - на 2 групи [2]

Номінальні струми розчіплювачів автоматичних вимикачів обираються з урахуванням розрахункових струмів груп та наступних умов:

$$I_{ном.р} \geq I_{розр}$$

$$I_{у.е} \geq 1,4 \cdot I_{розр}$$

Для групи 1 з розрахунковим струмом  $I_p = 2,31$  А обираємо автоматичний вимикач серії ВА-2006 з  $I_n = 3,49$  А [2]. Аналогічно обираються вимикачі для груп 2 та 3.

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

У приміщеннях з пожежонебезпечним середовищем, до яких належить силова майстерня, електропроводку рекомендується прокладати закритим способом під штукатуркою. Це підвищує пожежобезпечність та естетичний вигляд приміщення.

Вибір перерізу проводів

Площа поперечного перерізу проводу (S) визначається за формулою:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{p.\text{max}}, \quad (4.44)$$

де  $I_{p.\text{max}}$  - робочий максимальний струм групи, А.

Для всіх трьох груп освітлювального щитка обираємо провід типу АППВ 2×2,5 у якого  $I_{\text{доп}} = 17$  А [5]. У якого допустимий струм є більший ніж робочий струм кожної групи:

Для першої групи –  $3,49 < 17$  А;

Для другої групи –  $5,25 < 17$  А.

Умова виконується.

Втрата напруги на ділянці проводу розраховується за формулою:

$$\Delta U = \frac{Pl}{CF}, \quad (3.30)$$

де  $C$  – постійна для даного проводу,  $C = 12,8$ ;

$F$  – поперечний переріз проводу,  $\text{мм}^2$ ;

$l$  – довжина групи, м.

Визначаємо втрату напруги для груп освітлювального щитка ЩО 8505-0203:

$$\Delta U_1 = \frac{0,768 \cdot 32}{12,8 \cdot 2,5} = 0,8 \%$$

$$\Delta U_2 = \frac{1,155 \cdot 48}{12,8 \cdot 2,5} = 1,7 \%$$

Втрати напруги для всіх груп не перевищують допустимих 2,5%, тому провід АППВ 2×2,5 можна використовувати без змін.

План силової майстерні ТзОВ «ЕКУ» з нанесеною освітлювальною проводкою для ККЛ зображений на рисунку 3.1. На ньому чітко позначено розташування світильників, груп освітлення, а також траси прокладання проводів.

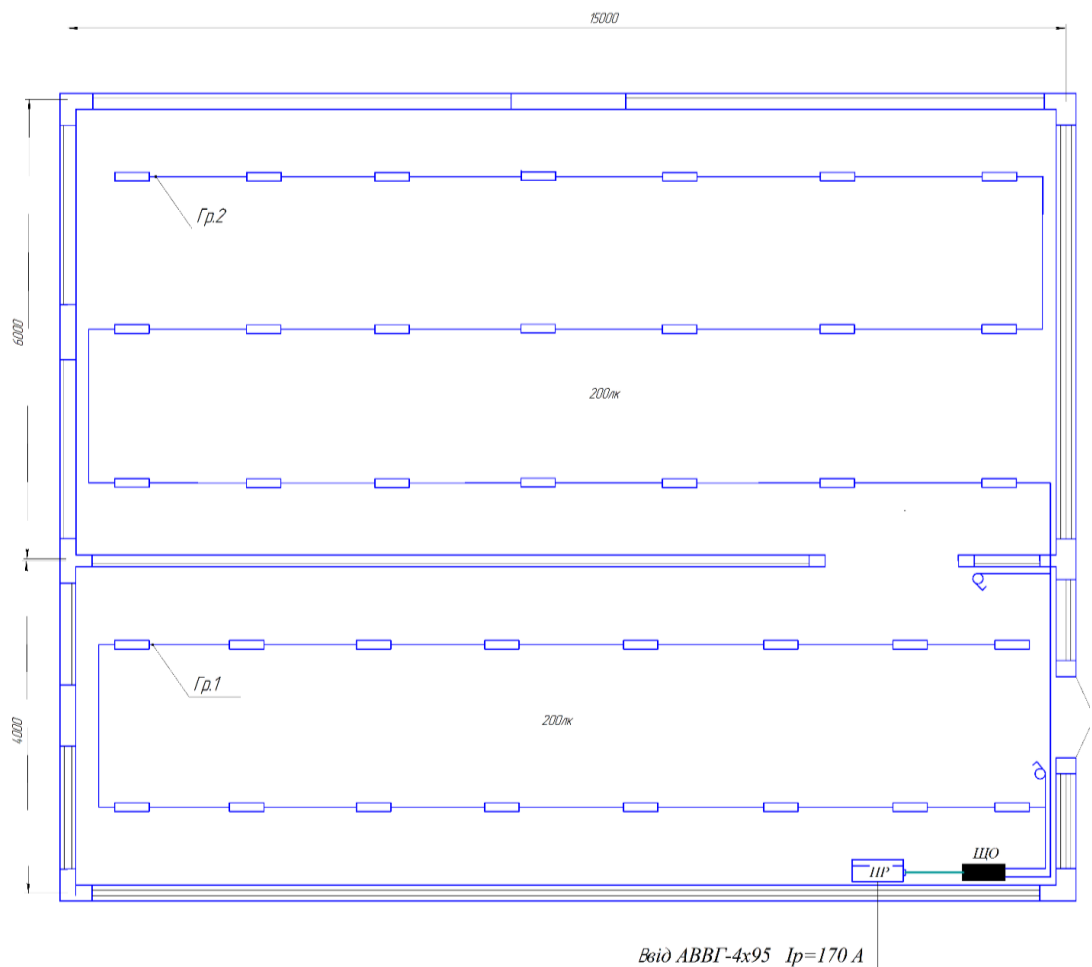


Рисунок 3.1 - План силової майстерні з нанесення освітлювальної проводки для ККЛ.

## **4 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ З СВІТЛОДІОДНИМИ ЛАМПАМИ**

Світлодіодні лампи є сучасними джерелами світла, що використовують світлодіоди (LED) для створення світла. Вони відомі своєю високою енергоефективністю, довговічністю та екологічністю, що робить їх популярними в різних сферах, від побутового освітлення до промислових застосувань.

### **Історія світлодіодних ламп**

Розвиток світлодіодних технологій розпочався ще в 1960-х роках, коли були створені перші світлодіоди, що випромінювали червоне світло. Ці ранні світлодіоди використовувалися переважно як індикатори в електронних пристроях. З часом дослідники змогли розширити спектр кольорів, включаючи зелені та жовті світлодіоди, а також покращити їх ефективність.

Важливий прорив стався у 1990-х роках, коли були розроблені сині світлодіоди на основі нітриду галію (GaN). Це відкрило шлях до створення білих світлодіодів шляхом комбінування синього світла з жовтим люмінофором. У 2014 році Нобелівська премія з фізики була присуджена за розробку синіх світлодіодів, що підтвердило їх значущість для світової науки і технологій.

У 2000-х роках світлодіодні лампи почали активно впроваджуватися у побутове та промислове освітлення завдяки зниженню вартості виробництва та покращенню технічних характеристик. Сьогодні світлодіодні лампи є невід'ємною частиною сучасного освітлення, забезпечуючи високу енергоефективність, тривалий термін служби і знижений вплив на навколишнє середовище.

Таким чином, світлодіодні лампи пройшли довгий шлях від простих індикаторів до основного джерела світла в нашому житті, революціонізуючи галузь освітлення завдяки своїм унікальним властивостям і перевагам.

### **Принцип дії світлодіодних ламп**

Світлодіодні лампи працюють на основі напівпровідникових матеріалів, які випромінюють світло під час проходження через них електричного струму. Цей процес відомий як електролюмінесценція.



### Основні етапи роботи світлодіодних ламп:

1. Електричний струм: Коли на світлодіод подається електричний струм, електрони починають рухатися від негативного полюсу (катода) до позитивного полюсу (анода) через напівпровідниковий матеріал.

2. Рекомбінація електронів і дірок: Світлодіоди складаються з напівпровідників типу p і n. У напівпровіднику типу n є надлишок електронів, а в напівпровіднику типу p – надлишок дірок (відсутність електронів). Коли електрони і дірки зустрічаються в активній області напівпровідника, вони рекомбінуються, що призводить до вивільнення енергії у вигляді фотонів (частинок світла).

3. Випромінювання світла: Кожен фотон випромінюється з певною енергією, яка визначає колір світла. Колір залежить від енергетичної різниці між валентною і провідною зоною напівпровідника. Для створення білого світла часто використовують сині світлодіоди з жовтим люмінофором, який перетворює частину синього світла на жовте, що разом дає біле світло.

4. Тепловідведення: Під час роботи світлодіодів виділяється невелика кількість тепла, яке необхідно відводити для підтримки ефективності та продовження терміну служби лампи. Для цього використовуються різні системи охолодження, зокрема радіатори та теплові підкладки.

### Переваги принципу дії світлодіодних ламп:

- Енергоефективність: Світлодіоди перетворюють більшу частину електричної енергії в світло, мінімізуючи втрати на тепло.

- Довговічність: Відсутність рухомих частин і низький рівень теплового навантаження забезпечують тривалий термін служби.

- Екологічність: Світлодіоди не містять шкідливих речовин, таких як ртуть, і знижують викиди CO<sub>2</sub> завдяки меншому енергоспоживанню.

Таким чином, принцип дії світлодіодних ламп забезпечує їхні численні переваги, що робить їх оптимальним вибором для сучасного освітлення.

### Будова світлодіодних ламп

Світлодіодні лампи складаються з кількох ключових компонентів, кожен з яких відіграє важливу роль у їх функціонуванні та ефективності. Розглянемо основні складові світлодіодної лампи:

1. Світлодіодний чіп (LED чіп): Основним елементом лампи є світлодіодний чіп, який генерує світло. Він виготовляється з напівпровідникових матеріалів, найчастіше з використанням галій-нітридної (GaN) технології.

- Чіп містить р-п перехід, де відбувається рекомбінація електронів і дірок з випромінюванням світла.

## 2. Люмінофор:

- Використовується для перетворення кольору випромінюваного світлодіодом світла. Наприклад, синій світлодіод може бути покритий жовтим люмінофором, що дозволяє отримати біле світло.

- Люмінофор наноситься безпосередньо на світлодіодний чіп або на окрему поверхню перед ним.

## 3. Корпус (пакет):

- Чіп закріплюється в корпусі, який забезпечує його механічний захист та теплообмін.

- Корпус часто виготовляється з пластика або кераміки і має відбиваючу поверхню для підвищення ефективності світлового потоку.

## 4. Система охолодження:

- Світлодіодні лампи потребують ефективного відведення тепла для підтримки оптимальної роботи та тривалого терміну служби.

- Використовуються різні методи охолодження, включаючи радіатори, теплові трубки та активні охолоджувальні системи.

5. Оптика: Лінзи або дифузори використовуються для керування напрямком і розподілом світлового потоку.

- Оптичні елементи можуть бути вбудовані в корпус або встановлені окремо перед світлодіодами.

## 6. Драйвер:

- Електронний компонент, що перетворює змінний струм (AC) мережі в постійний струм (DC), необхідний для роботи світлодіодів.

- Драйвер також забезпечує стабільну подачу струму, що дозволяє уникнути коливань яскравості і продовжує термін служби лампи.

## 7. Плата з друкованими схемами (PCB):

- На платі розташовані світлодіодні чіпи та інші електронні компоненти.
- Плата забезпечує електричне з'єднання між компонентами та сприяє відведенню тепла.

## 8. Корпус лампи:

- Зовнішній корпус лампи, який може бути виготовлений з пластику або металу, забезпечує захист внутрішніх компонентів та сприяє розсіюванню тепла.
- Корпус може мати різну форму залежно від призначення лампи (наприклад, стандартні лампи E27, лампи-трубки, панелі тощо).

Будова світлодіодної лампи включає різноманітні компоненти, кожен з яких виконує специфічні функції, що забезпечують ефективну та надійну роботу лампи. Ця складна інтеграція технологій дозволяє досягти високої енергоефективності, довговічності та якості освітлення, що робить світлодіодні лампи провідним вибором у сучасному освітленні.

### **Типи світлодіодних ламп**

Світлодіодні лампи (LED) пропонують широкий вибір моделей, які задовольняють різноманітні потреби освітлення. Вони класифікуються за різними параметрами, включаючи форму, призначення, типи кріплення і технічні характеристики. Розглянемо основні типи світлодіодних ламп:

#### 1. Лампи загального призначення

- Лампи з гвинтовою основою (Edison base, E27, E14): Застосовуються у звичайних світильниках та люстрах.
- Забезпечують рівномірне освітлення для побутових і комерційних приміщень.
- Штиркові лампи (G4, GU10, GU5.3):- Використовуються в декоративних світильниках, точковому освітленні та меблевому освітленні.

#### 2. Трубочасті лампи

- Лампи типу T8, T5:- Застосовуються для освітлення великих приміщень, офісів, складів та промислових об'єктів.
- Мають високу ефективність і тривалий термін служби.

### 3. Лампи для спрямованого освітлення

#### - Рефлекторні лампи (PAR, BR, AR):

- Використовуються для акцентного та декоративного освітлення.

- Забезпечують потужний спрямований світловий потік.

- Прожектори: Призначені для зовнішнього освітлення, таких як освітлення будівель, ландшафтів, парків.

### 4. Лампи спеціального призначення

#### - Лампи для рослин (Grow Lights):

- Використовуються для стимуляції росту рослин у теплицях та інтер'єрних оранжереях.

- Випромінюють світло в спектрах, оптимальних для фотосинтезу.

#### - Ультрафіолетові лампи (UV лампи):

- Використовуються для стерилізації та спеціальних медичних застосувань.

- Випромінюють ультрафіолетове світло, яке має бактерицидні властивості.

### 5. Панельні світлодіодні лампи

#### - Панельні лампи (LED Panels):

- Використовуються в офісах, школах, лікарнях та інших комерційних будівлях.

- Забезпечують рівномірне освітлення великої площі та можуть бути вмонтовані в стелю.

### 6. Лінійні світлодіодні лампи

#### - Лінійні світильники:

- Використовуються для підсвічування робочих зон, кухонь, підвісних стель та комерційних об'єктів.

- Мають компактний дизайн і можуть бути легко інтегровані у будь-який інтер'єр.

### 7. Смарт-лампи

- Лампи зі змінним кольором і яскравістю:
- Можуть керуватися через додатки на смартфоні або голосові помічники.
- Дозволяють налаштовувати освітлення під настрій або конкретні потреби, наприклад, режим читання або вечірку.

Світлодіодні лампи представлені в широкому асортименті типів, кожен з яких має свої унікальні особливості та призначення. Вони забезпечують ефективне, довговічне та екологічно чисте освітлення для різних сфер використання, від побутового до промислового та спеціалізованого застосування. Завдяки різноманітності форм, розмірів і функціональності світлодіодні лампи здатні задовольнити будь-які освітлювальні потреби сучасного світу.

### **Характеристики світлодіодних ламп**

Світлодіодні лампи є одним із найбільш популярних джерел світла завдяки своїм численним перевагам та високим технічним характеристикам. Розглянемо основні характеристики світлодіодних ламп, які визначають їх ефективність, довговічність і застосування.

#### 1. Енергоефективність

- Коефіцієнт корисної дії (ККД): Світлодіодні лампи мають високий ККД, який може сягати 90-95%. Це означає, що майже вся споживана енергія перетворюється на світло, а не на тепло.

- Енергоспоживання: Світлодіодні лампи споживають значно менше енергії порівняно з традиційними лампами накаливання та навіть люмінесцентними лампами. Це дозволяє суттєво знизити витрати на електроенергію.

#### 2. Тривалість служби

- Життєвий цикл:- Термін служби світлодіодних ламп може становити від 15 000 до 50 000 годин або більше, що значно перевищує тривалість роботи традиційних ламп.

- Зменшення яскравості: Світлодіодні лампи поступово втрачають яскравість з часом, але навіть після тривалого використання залишаються придатними для роботи.

#### 3. Світлові характеристики

- Світловий потік (люмени): Визначає кількість світла, яку випромінює лампа. Світлодіодні лампи забезпечують високу інтенсивність світла при меншому енергоспоживанні.

- Колірна температура (Кельвіни): Вказує на відтінок світла, який може бути від теплого білого (2700К-3000К) до холодного білого (5000К-6500К). Це дозволяє обирати лампи для різних умов освітлення.

- Індекс передачі кольору (CRI): Показник, що оцінює здатність лампи точно передавати кольори освітлюваних об'єктів. Світлодіодні лампи зазвичай мають CRI вище 80, що забезпечує природне освітлення.

#### 4. Екологічність

- Безпека для довкілля: Світлодіодні лампи не містять шкідливих речовин, таких як ртуть, що робить їх екологічно безпечними.

- Мінімальні викиди CO<sub>2</sub>: Завдяки високій енергоефективності, використання світлодіодних ламп знижує викиди вуглекислого газу, сприяючи зменшенню впливу на клімат.

#### 5. Механічні характеристики

- Стійкість до ударів і вібрацій: Світлодіодні лампи мають високу механічну стійкість, що знижує ризик пошкодження при експлуатації.

- Компактність і легкість: Світлодіоди є компактними, що дозволяє створювати лампи різних форм і розмірів для будь-яких потреб.

#### 6. \*\*Електричні характеристики

- Напруга і струм: Світлодіодні лампи можуть працювати при різних напругах, як низьковольтних (12В, 24В), так і стандартних мережевих (110В, 220В).

- Драйвери: Використання драйверів дозволяє забезпечити стабільне електроживлення і захистити лампу від перенапруги та інших електричних аномалій.

Світлодіодні лампи володіють численними перевагами завдяки своїм технічним характеристикам. Вони забезпечують високу енергоефективність, довговічність, відмінну якість світла і екологічну безпеку. Ці властивості роблять світлодіодні лампи оптимальним вибором для широкого спектра застосувань, від побутового освітлення до промислових і комерційних потреб.

#### 4.1 Розрахунок освітлення з світлодіодними лампами для першого приміщення

Розміри приміщення: 15 м (довжина) x 4 м (ширина) x 4 м (висота)

Система освітлення: загальна, рівномірна

Світильник: ГСП17

Розрахункова висота підвісу світильників:

$$H_p = H - (h_z + h_p), \quad (4.1)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

$h_z$  – висота звисання. Приймаємо  $h_z = 0,2$  м;

$h_p$  – рівень робочої поверхні від підлоги. Приймаємо  $h_p = 0,8$ .

$$H_p = 4 - (0,2 + 0,8) = 3 \text{ м}$$

Відносна відстань між світильниками для кривої К  $\lambda = 0,7 \dots 0,8$  Приймаємо  $\lambda = 0,75$ . [2]

Оптимальна відстань між світильниками в сусідніх рядах:

$$L = \lambda \cdot H_p \quad (4.2)$$

$$L = 0,75 \cdot 3 = 2,2 \text{ м}$$

Кількість рядів світильників:

$$n_p = \frac{B}{L}, \quad (4.3)$$

де  $B$  – ширина приміщення, м.

$$n_p = \frac{4}{2,2} \approx 1,8 \text{ м}$$

Прийmemo  $n_p = 2$ .

Відстань від крайніх світильників до стін:

$$L_c = k_p \cdot L \quad (4.4)$$

де  $k_p$  - коефіцієнт, який враховує відстань світильників від стін. Згідно [1], якщо робочі місця розташовані біля стін то  $k_p = 0,25 \dots 0,3$ , якщо не біля стін – то  $k_p = 0,4 \dots 0,5$ .

Обираємо  $k_p = 0,3$ .

$$L_c = 0,3 \cdot 2,2 = 0,66 \text{ м}$$

Відстань між рядами:

$$L_B = \frac{B - 2L_c}{n_p - 1} \quad (4.5)$$

$$L_B = \frac{4 - 2 \cdot 0,66}{2 - 1} = 2,68 \text{ м}$$

Оптимальна відстань між світильниками в ряду:

$$L_a = \frac{L^2}{L_B} \quad (4.6)$$

$$L_a = \frac{2,2^2}{2,68} = 1,81 \text{ м}$$

Кількість світильників у ряду:

$$n_a = \frac{A - 2 \cdot L_c}{L_a}, \quad (4.7)$$

де  $A$  – довжина приміщення, м

$$n_a = \frac{15 - 2 \cdot 0,66}{1,81} = 7,6$$

Прийmemo  $n_a = 8$

Розрахункова відстань між світильниками в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2L_c}{n_a - 1} \quad (4.8)$$

$$L_A = \frac{15 - 2 \cdot 0,66}{8 - 1} = 1,95 \text{ м}$$

Загальна кількість світильників:

$$N = n_p n_a \quad (4.9)$$

$$N = 2 \cdot 8 = 16$$

Порахуємо індекс приміщення:

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)} \quad (4.10)$$



$$i = \frac{15 \cdot 4}{3 \cdot (15 + 4)} = 1,053$$

Коефіцієнти відбивання: стеля  $\rho_{ст} = 50\%$ ; стіна  $\rho_c = 30\%$ ; підлога  $\rho_{п} = 10\%$ . [1]

Вибираємо коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,53$  [1]

Нормовану освітленість приймемо  $E_n = 200$  лк.

Коефіцієнт запасу візьмемо  $K = 1,4$ .

Визначимо розрахунковий світловий потік світильника за формулою:

$$\Phi_{p.c} = \frac{E_n \cdot ABKZ}{N\eta}, \quad (4.11)$$

де  $Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення,  $Z = 1,15$ .

$$\Phi_{p.c} = \frac{200 \cdot 15 \cdot 4 \cdot 1,4 \cdot 1,15}{16 \cdot 0,53} = 2278,3 \text{ лм.}$$

Підбір лампи:

- Лампа: світлодіодна LUXEL A95 25W
- Потужність:  $P_n = 25$  Вт
- Світловий потік:  $\Phi_l = 2350$  лм
- Час роботи: більше 40000 год

Вибираємо світильник ГСП17. [2]

Порахуємо фактичну освітленість:

$$E_\phi = E_n \frac{\Phi_l \cdot m}{\Phi_{p.c}}, \quad (4.12)$$

де  $m$  – кількість ламп у світильнику.

$$E_\phi = 200 \cdot \frac{2350 \cdot 1}{2278,3} = 206,3 \text{ лк.}$$

Відхилення освітленості:

$$E = \frac{E_\phi - E_n}{E_n} \cdot 100 \quad (4.13)$$

$$E = \frac{206,3 - 200}{200} \cdot 100 \approx 0,03 \%$$

Відхилення освітленості у межах  $+20 \dots -10\%$  і є допустимим.

Порахуємо установлену потужність освітлювальної установки:

$$P_y = P_n m N \quad (4.14)$$

$$P_y = 25 \cdot 1 \cdot 16 = 400 \text{ Вт.}$$

#### 4.2 Розрахунок освітлення з світлодіодними лампами для другого приміщення

Розміри приміщення: 15 м (довжина) x 6 м (ширина) x 4 м (висота)

Система освітлення: загальна, рівномірна

Світильник: ГСП 17

Визначимо розрахункову висоту підвісу світильників:

$$H_p = H - (h_z + h_p), \quad (4.15)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

$h_z$  – висота звисання. Приймаємо  $h_z = 0,2$  м;

$h_p$  – рівень робочої поверхні від підлоги. Приймаємо  $h_p = 0,87$ .

$$H_p = 4 - (0,2 + 0,87) = 2,9 \text{ м}$$

Відносна відстань між світильниками для кривої К  $\lambda = 0,7 \dots 0,8$  Приймаємо  $\lambda = 0,7$ . [2]

Оптимальна відстань між світильниками в сусідніх рядах:

$$L = \lambda \cdot H_p \quad (4.16)$$

$$L = 0,75 \cdot 2,9 = 2,18 \text{ м}$$

Кількість рядів світильників:

$$n_p = \frac{B}{L}, \quad (4.17)$$

де  $B$  – ширина приміщення, м.

$$n_p = \frac{6}{2,18} \approx 2,75$$

Прийmemo  $n_p = 3$ .

Визначаємо відстань від крайніх світильників до стін за формулою:

$$L_c = k_p \cdot L \quad (4.18)$$

де  $k_p$  - коефіцієнт, який враховує відстань світильників від стін. Згідно [1], якщо робочі місця розташовані біля стін то  $k_p = 0,25 \dots 0,3$ , якщо не біля стін – то  $k_p = 0,4 \dots 0,5$ .

Виберемо  $k_p = 0,3$ .

$$L_c = 0,3 \cdot 2,18 = 0,65 \text{ м}$$

Відстань між рядами:

$$L_B = \frac{B - 2L_c}{n_p - 1} \quad (4.19)$$

$$L_B = \frac{6 - 2 \cdot 0,65}{3 - 1} = 2,35 \text{ м}$$

Оптимальна відстань між світильниками в ряду:

$$L_a = \frac{L^2}{L_B} \quad (4.20)$$

$$L_a = \frac{2,18^2}{2,35} = 2,02 \text{ м}$$

Кількість світильників у ряду:

$$n_a = \frac{A - 2 \cdot L_c}{L_a}, \quad (4.21)$$

де  $A$  – довжина приміщення, м

$$n_a = \frac{15 - 2 \cdot 0,65}{2,02} = 6,78 \text{ м}$$

Прийmemo  $n_a = 7$

Розрахункова відстань між світильниками в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2L_c}{n_a - 1} \quad (4.22)$$

$$L_A = \frac{15 - 2 \cdot 0,65}{7 - 1} = 2,28 \text{ м}$$

Загальна кількість світильників:

$$N = n_p n_a \quad (4.23)$$

$$N = 3 \cdot 7 = 21$$

Індекс приміщення:

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)} \quad (4.24)$$

$$i = \frac{15 \cdot 6}{2,9 \cdot (15 + 6)} = 1,49$$

Коефіцієнт відбивання: стеля  $\rho_{ст} = 50\%$ ; стіни  $\rho_c = 30\%$ ; підлога  $\rho_{п} = 10\%$ . [1]

Оберемо коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,8$  [1]

Нормована освітленість  $E_n = 200$  лк.

Коефіцієнт запасу  $K = 1,4$ .

Розрахунковий світловий потік світильника:

$$\Phi_{p.c} = \frac{E_n ABKZ}{N\eta}, \quad (4.25)$$

де  $Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення,  $Z = 1,15$  [1].

$$\Phi_{p.c} = \frac{200 \cdot 15 \cdot 6 \cdot 1,4 \cdot 1,15}{21 \cdot 0,8} = 1725 \text{ лм}$$

Вибираємо світлодіодну лампу типу "PREMIER - 18" 18W E27 з  $P_n = 18$  Вт,  $\Phi_{л} = 1700$  лм [3]. Вибираємо світильник ГСП 17. [2]

Розраховуємо фактичну освітленість за формулою:

$$E_{\phi} = E_n \frac{\Phi_{л} \cdot m}{\Phi_{p.c}}, \quad (4.26)$$

де  $m$  – кількість ламп у світильнику.

$$E_{\phi} = 200 \cdot \frac{1700 \cdot 1}{1725} = 197,1 \text{ лк}$$

Відхилення освітленості:

$$E = \frac{E_{\phi} - E_n}{E_n} \cdot 100 \quad (4.27)$$

$$E = \frac{197,1 - 200}{200} \cdot 100 \approx -0,01 \%$$

Відхилення освітленості знаходиться у межах допустимих  $+20 \dots -10\%$ .

Встановлена потужність освітлювальної установки становить

$$P_y = P_{лmN} \quad (4.28)$$

$$P_y = 18 \cdot 1 \cdot 21 = 378 \text{ Вт}$$

### 4.3 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі

Розміщення щитів

Живильні та групові щити рекомендується розміщувати в місцях з'єднання відповідних мереж, по можливості в центрі навантаження та в доступних для обслуговування місцях.

Розподіл навантаження

При розподілі освітлювальної електропроводки на групи слід врахувати:

Збалансоване навантаження: Навантаження на кожен фазу має бути приблизно однаковим.

Струмові обмеження: Номінальний струм ( $I_n$ ) розчіплювача групового автоматичного вимикача не повинен перевищувати 25 А.

Розподіл на групи рекомендується проводити за табличною формою.

Таблиця 4.1 - Розподіл освітлювальної електропроводки на групи

Номер та тип щитка	Номер групи	Номер приміщення на плані	Кількість ламп	Установлена потужність ламп, кВт	Примітка
ЩО ОП-34ХЛ4	1	1	16	0,400	Технологічне освітлення
	2	2	21	0,378	Технологічне освітлення

Для однофазних груп з лампами розжарювання розрахунковий струм ( $I_p$ ) групи визначається за формулою:

$$I_p = \frac{P_{gp} \cdot 10^3}{U_\phi}, \quad (4.29)$$

де  $U_\phi$  - фазна напруга групи, В;

$P_{gp}$  - розрахункова потужність групи, кВт;

Розрахуємо струм групи освітлювального щитка:

$$I_{zp1} = \frac{0,400 \cdot 10^3}{220} = 1,82 \text{ А}$$

$$I_{zp2} = \frac{0,378 \cdot 10^3}{220} = 1,72 \text{ А}$$

Тип освітлювального щитка обирається залежно від кількості груп:

ОП-34ХЛ4 – на 3 групи [2].

Номинальні струми розчіплювачів автоматичних вимикачів обираються з урахуванням розрахункових струмів груп та наступних умов:

$$I_{ном.p} \geq I_{розр}$$

$$I_{y.e} \geq 1,4 \cdot I_{розр}$$

Оберемо автоматичні вимикачі для груп 1, 2 освітлювального щитка серії ВА 2006 з  $I_{ном.p1} = 1,82 \text{ А}$ ,  $I_{ном.p2} = 1,72 \text{ А}$  [2].

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

Вибір перерізу проводів

У кузні з пожежонебезпечним середовищем електропроводку рекомендується прокладати закритим способом під штукатуркою.

Площа поперечного перерізу проводу визначається за формулою:

$$I_{дон} \geq I_{p.max}, \quad (4.30)$$

де  $I_{p.max}$  - робочий максимальний струм групи, А.

Для всіх груп освітлювального щитка обираємо провід типу ППВ 2×2,5 у якого  $I_{дон} = 17 \text{ А}$  [5]. Допустимий струм цього проводу більший за робочий струм кожної групи:

Група 1: –  $1,82 < 17 \text{ А}$ ;

Група 2: –  $1,09 < 17 \text{ А}$ ;

Таким чином, обраний переріз проводів відповідає всім вимогам.

Перевірка втрат напруги

Втрата напруги на ділянці проводу розраховується за формулою:

$$\Delta U = \frac{Pl}{CF}, \quad (4.31)$$

де  $C$  – постійна для даного проводу,  $C = 6,8$ ;

$F$  – поперечний переріз проводу ( $\text{мм}^2$ );

$l$  – довжина групи (м).

Розрахунок для груп освітлювального щитка ОП-34ХЛ4:

$$\Delta U_1 = \frac{0,400 \cdot 32}{6,8 \cdot 2,5} = 0,8 \%$$

$$\Delta U_2 = \frac{0,378 \cdot 48}{6,8 \cdot 2,5} = 1,06 \%$$

Втрати напруги для всіх груп не перевищують допустимих 2,5%, тому провід ППВ 2×2,5 можна використовувати без змін.

План силової майстерні з нанесеною освітлювальною проводкою для світлодіодних ламп зображений на рисунку 4.1. На ньому чітко позначено розташування світильників, груп освітлення, а також траси прокладання проводів.

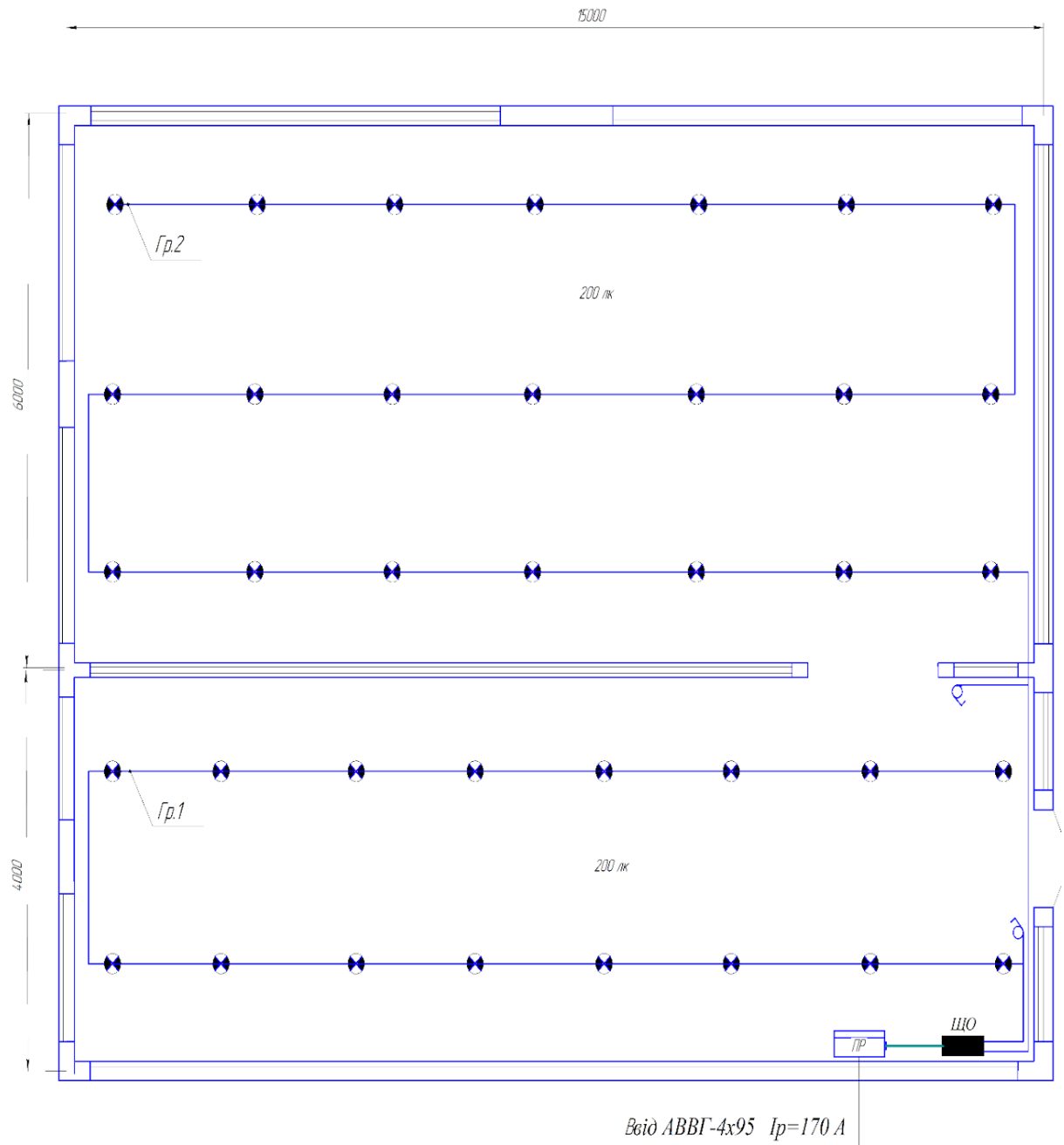


Рисунок 4.1 - План силової майстерні з нанесенням освітлювальної проводки для світлодіодних ламп.



## **5 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРИПЛИВНО – ВИТЯЖНОЇ УСТАНОВКИ СИЛОВОЇ МАЙСТЕРНІ**

### **5.1 Опис і характеристика установки**

Сучасні системи вентиляції: переваги припливно-витяжної установки

Вентиляція відіграє важливу роль у житті сучасної людини. Якісно обладнана система вентиляції гарантує комфорт, затишок, кращі умови праці, а також запобігає виникненню шкідливих факторів.

Існує два основних типи вентиляції:

- **Витяжна вентиляція:** видаляє відпрацьоване повітря з приміщення.
- **Припливна вентиляція:** забезпечує надходження чистого, очищеного повітря.

Ці два типи можуть використовуватися окремо або ж комбінуватися в єдиній системі - припливно-витяжній вентиляції.

Припливно-витяжна вентиляція - це комплексний підхід до вентиляції приміщення, що поєднує в собі переваги обох типів систем.

Переваги припливно-витяжної вентиляції:

- **Створення сприятливого мікроклімату:** забезпечує постійний приплив свіжого повітря, видалення відпрацьованого, регулювання температури, вологості та чистоти повітря.
- **Енергоефективність:** припливно-витяжні установки з рекуперацією тепла дозволяють суттєво економити на опаленні, адже вони використовують тепло відпрацьованого повітря для підігріву свіжого.

- Простота в обслуговуванні: не потребують постійного контролю, мають низький рівень шуму та вібрації.
- Універсальність: підходять для різних типів приміщень, включаючи ті, де є вологість, задимленість, запиленість, або відсутнє газове опалення.

В даній силовій майстерні використовується припливно-витяжна установка ПВУ-4М. Її характеристики:

- Призначення: вентиляція та обігрів сільськогосподарських та інших приміщень з несприятливими умовами (вологість, задимленість, запиленість), де немає газового або іншого опалення.
- Функціональна схема: див. рисунок 5.1.

Припливно-витяжна установка ПВУ-4М забезпечує:

- Свіже, чисте повітря
- Комфортну температуру та вологість
- Економію енергії
- Надійну та безшумну роботу

Завдяки своїм перевагам, припливно-витяжна установка ПВУ-4М є оптимальним вибором для вентиляції силової майстерні.

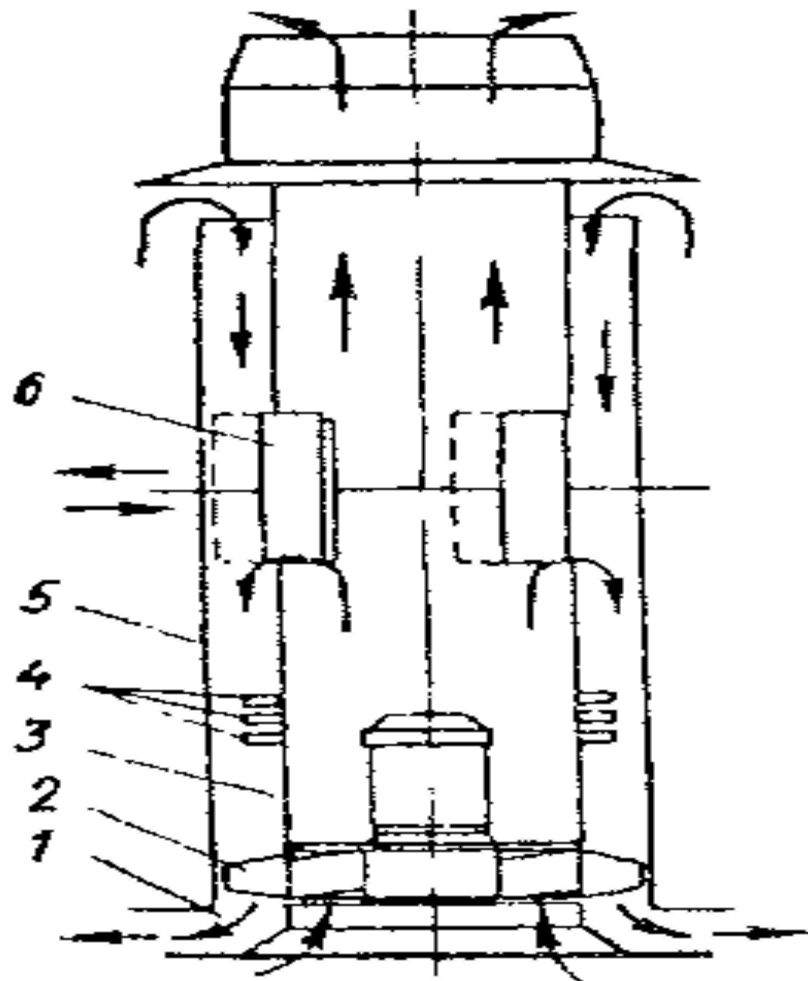


Рисунок 5.1 - Функціональна схема припливно витяжної установки ПВУ – 4М: кільцевий канал; 2 – робоче колесо вентилятора; 3 – внутрішній повітропровід; 4 – електронагрівачі; 5 – корпус; 6 – заслінки.

Сучасні припливно-витяжні установки: опис, принцип роботи та переваги

Припливно-витяжні установки (ПВУ) - це комплексні системи, що забезпечують одночасне приплив свіжого та видалення відпрацьованого повітря з приміщень. Вони широко використовуються в різних сферах, включаючи житлові, промислові, комерційні та сільськогосподарські будівлі.

ПВУ ПВУ-4М, що використовується в даній силовій майстерні, має ряд особливостей:\*\*

- Шість комбінованих модулів: кожен модуль поєднує в собі функції припливу та витяжки, забезпечуючи комплексний повітрообмін.
- Двоконтурне робоче колесо: лопатки колеса поділені на два ряди, що дозволяє окремо переміщувати свіже та відпрацьоване повітря.
- Рециркуляція повітря: за допомогою змішувальних заслінок можна регулювати співвідношення свіжого та рециркуляційного повітря, економлячи тепло в холодну пору року.
- Нагрівні елементи: забезпечують підігрів повітря взимку, підтримуючи комфортний мікроклімат у приміщенні.
- Теплообмінник: розташований всередині корпусу, дозволяє частково (5-7%) рекуперувати тепло відпрацьованого повітря, економлячи енергоресурси.

Схема керування ПВУ-4М (рис. 5.2):

- Датчики: вимірюють температуру, вологість та інші параметри повітря.
- Контролер: аналізує дані датчиків та керує роботою установки, регулюючи швидкість обертання вентилятора, роботу нагрівальних елементів та змішувальних заслінок.
- Виконавчі механізми: приводять у дію заслінки, вентилятори та інші елементи системи.

Переваги ПВУ:

- Створення сприятливого мікроклімату: постійний приплив свіжого повітря, видалення відпрацьованого, регулювання температури та вологості.

- Енергоефективність: рекуперація тепла та регулювання роботи системи економлять енергоресурси.
- Простота в обслуговуванні: не потребують постійного контролю, мають низький рівень шуму та вібрації.
- Універсальність: підходять для різних типів приміщень.

ПВУ ПВУ-4М - це надійне, ефективне та енергозберігаюче рішення для вентиляції силової майстерні. Завдяки своїм характеристикам, вона забезпечує комфортну атмосферу, економне використання енергії та відповідає всім вимогам сучасних систем вентиляції.

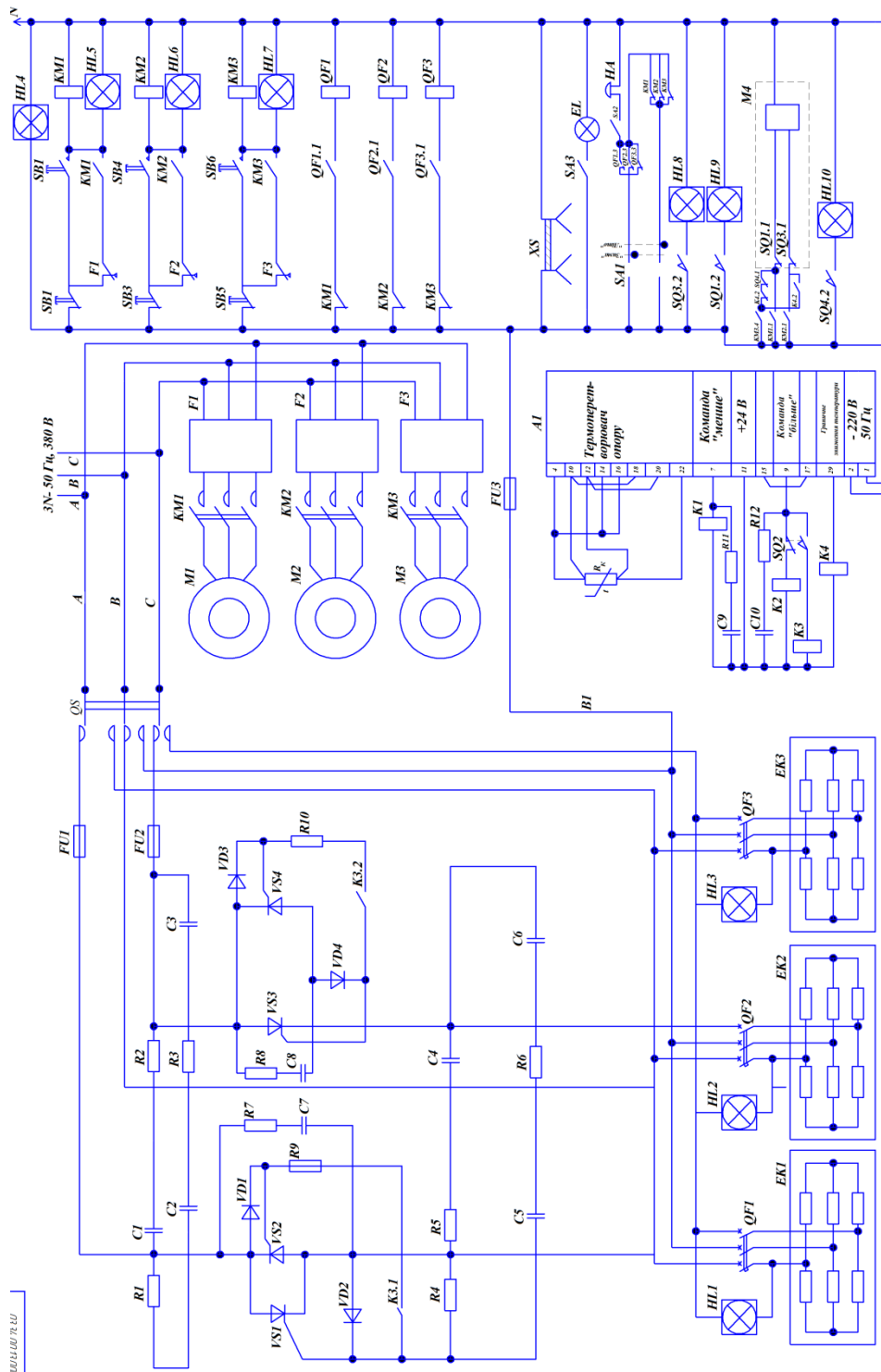


Рисунок 5.2 - Принципіальна електрична схема припливно – витяжної установки ПВУ – 4М.

Система керування ПВУ-4М забезпечує автоматичну підтримку комфортних умов мікроклімату в приміщенні, а саме: температури та вологості. Її робота ґрунтується на принципі пропорційно-інтегрального (ПІ) регулювання, що робить її гнучкою та ефективною.

## Основні компоненти системи:

- Датчики:
  - Датчик температури (RK): вимірює температуру повітря в зоні життєдіяльності тварин.
  - Інші датчики (залежно від комплектації): датчик вологості, датчик концентрації газів тощо.
- Регулятор температури (Л1):
  - Аналізує дані з датчиків та порівнює їх з заданими значеннями температури та вологості.
  - Формує сигнал керування, який надсилається на виконавчі механізми.
- Виконавчі механізми:
  - Регулюючі заслінки: змінюють співвідношення свіжого та рециркуляційного повітря, регулюючи теплообмін.
  - Тиристори (VS1-VS4): регулюють потужність нагрівальних елементів.
  - Мотор-редуктор (M4): приводить у дію заслінки.
- Інші елементи:
  - Кнопкові пости (SB1-SB6): для ручного керування вентиляторами.
  - Автоматичні вимикачі (QF1-QF3): захищають нагрівальні елементи від короткого замикання.
  - Реле (K1-K4): комутують ланцюги керування.
  - Запобіжники (FU1, FU2): захищають тиристори від перевантажень.
  - Фазочутливі пристрої захисту (F1, F2, F3): захищають електродвигуни вентиляторів від аварійних режимів.

## Принцип роботи:

1. Вимірювання температури: Датчик температури (RK) постійно вимірює температуру повітря в приміщенні.
2. Аналіз та порівняння: Отримані дані надсилаються до регулятора температури (Л1), де вони порівнюються з заданими значеннями.
3. Формування сигналу керування: Регулятор Л1, ґрунтуючись на результатах порівняння, формує сигнал керування, який визначає дії виконавчих механізмів.
4. Регулювання заслінок: Залежно від сигналу керування, мотор-редуктор (М4) приводить у дію регулюючі заслінки, змінюючи співвідношення свіжого та рециркуляційного повітря.
5. Регулювання нагріву: При низькій температурі, сигнал керування активує реле (К3), яке по черзі відкриває тиристори (VS1-VS4), включаючи нагрівальні елементи (ЕК1-ЕК3). Рівень нагріву регулюється за допомогою ПІ-алгоритму, забезпечуючи плавне та точне досягнення заданої температури.
6. Захисні заходи: Автоматичні вимикачі (QF1-QF3) та запобіжники (FU1, FU2) захищають електрообладнання від пошкоджень, а фазочутливі пристрої захисту (F1, F2, F3) оберігають електродвигуни вентиляторів від аварійних режимів.

## Особливості системи керування ПВУ-4М:

- Енергоефективність: Завдяки ПІ-регулюванню система економить електроенергію, адже вона чітко дозує нагрів та уникає перевитрат.
- Точність регулювання: ПІ-алгоритм забезпечує високу точність підтримки заданих параметрів.



Система керування ПВУ-4М оснащена багаторівневим захистом для забезпечення безпечної та безперебійної роботи:

Захист електродвигунів:

- Фазочутливі пристрої захисту (F1, F2, F3): захищають електродвигуни вентиляторів від аварійних режимів, таких як обрив фази, перевантаження, несиметричне навантаження.

Захист нагрівальних елементів:

- Автоматичні вимикачі (QF1-QF3): захищають нагрівальні елементи від короткого замикання, обмежуючи струм, що проходить через них.
- Плавкі запобіжники (FU1, FU2): захищають тиристори від перевантажень та струмів короткого замикання.

Загальний захист:

- Шафа керування (Ш9202-4474УХЛ3): забезпечує захист апаратури керування та захисту від пилу, вологи та інших зовнішніх впливів.

Монтаж системи керування:

- Шафа керування:
  - Встановлюється на підлозі в електросиловому приміщенні.
  - Розміщується на відстані не менше 200 мм від стін.
  - Підключення кабелів здійснюється через сальникові штуцери з ущільненням.
- Датчик температури:
  - Розміщується у виробничому приміщенні, подалі від прямого впливу теплових потоків від систем вентиляції.

- Опір жил кабелю датчика не повинен перевищувати 1 Ом.

Налагодження системи:

- Перед введенням в експлуатацію система автоматичного керування повинна бути налагоджена згідно з технічною документацією.
- Налагодження включає в себе:
  - Налагодження регулюючого приладу (А1 типу РС 29.2).
  - Налагодження фазочутливого захисту (ФУЗ-М).

Додаткові характеристики:

- Продуктивність: 5000 м<sup>3</sup>/год (приплив), 4500 м<sup>3</sup>/год (витяжка).
- Потужність нагрівальних елементів: 15 кВт.
- Потужність електродвигуна вентилятора: 1,1 кВт.
- Потужність механізму привода заслінок: 0,55 кВт.

Система керування ПВУ-4М гарантує надійний захист обладнання, простоту монтажу та налагодження, а також ефективну роботу вентиляційної установки.

## **5.2 Аналіз енергозберігаючої установки припливно – витяжної вентиляції. Розрахунок силової частини.**

Установка ПВУ-4М використовує три асинхронні електродвигуни з однаковими характеристиками, наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Асинхронні двигуни установки ПВУ – 4М та їх характеристики

Тип електродвигуна	Р <sub>н</sub> , кВт	U, В	I <sub>н</sub> , А	IP
AIP 80 B6	1,1	220/380	3,2	54
AIP 80 B6	1,1	220/380	3,2	54
AIP 80 B6	1,1	220/380	3,2	54

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

Вибирається за величиною напруги, родом і величиною струму, кліматичним виконанням, умовами захисту від впливу навколишнього середовища, його відносності технологічним вимогам та іншим показникам.

Приклад: Вибір пуско-захисної апаратури для пневмомолата з даними електродвигуна, наведеними в таблиці 3.1.

Розрахунок пускових струмів електродвигунів.

$$I_n = I_n K_i \quad (5.1)$$

$$I_n = 3,2 \cdot 5,3 = 16,96 \text{ А}$$

Вибір автоматичного вимикача QF1 за умовами.

$$U_{a.ном} \geq U_{мер} \quad (5.2)$$

$$I_{a.ном} \geq \sum I_n \quad (5.3)$$

$$I_{р.ном} \geq \sum I_n \quad (5.4)$$

Вибір автоматичного вимикача ВА-51-25:

$$380 = 380 \text{ В}$$

$$20 > 3,2 \text{ А}$$

$$25 > 3,2 \text{ А}$$

Порахуємо кількість поділок не спрацювання теплового розчіплювача:

$$n = \frac{I_n}{I_{р.н}} \quad (5.5)$$

$$n = \frac{3,2}{25} = 0,1$$

Оберемо електромагнітний пускач КМ1 – КМ 3 за умовами:

$$U_{п.ном} \geq U_{мер} \quad (5.6)$$

$$I_{р.ном} \geq \sum I_{н.дв} \quad (5.7)$$

$$I_{р.ном} \geq \frac{\sum I_n}{6} \quad (5.8)$$

Вибір електромагнітного пускача серії ПМЛ - 1230:

$$380 = 380 \text{ В}$$

$$10 > 3,2 \text{ А}$$

$$10 > 3,2 \cdot 5,3/6 \text{ А}$$

$$10 > 2,8 \text{ А}$$

Вибір електротеплового реле:

$$U_{p.ном} \geq U_{мер} \quad (5.9)$$

$$I_{p.ном} \geq I_{н.дв} \quad (5.10)$$

$$I_{н.б} \geq I_{н.дв} \quad (5.11)$$

Оберемо електротеплове реле РТ-S-16( $I_n = 12 \dots 18 \text{ А}$ ).

У таблиці 5.2 наводиться перелік пуско-захисного обладнання для трьох електродвигунів, включаючи його вид, марку, параметри, а також вид та параметри пуско-захисного обладнання.

Таблиця 5.2 - Перелік пуско-захисного обладнання

Марки електродвигунів	$P_n$ , кВт	$I_n$ , А	Марки електромагнітних пускачів	$I_n$ , А	Марки автоматичних вимикачів	$I_{н.а.}$ , А	$I_{н.р.}$ , А
АІР 80 В6 (ІІІ)	1,1	3,2	ПМЛ - 1230	10	ВА-51-25	25	20

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

В сільськогосподарських будівлях, як правило, використовуються алюмінієві проводи та кабелі з перерізом 2,5 мм<sup>2</sup> та більше. Застосування сталених труб не є обов'язковим, але рекомендується для захисту ізоляції та жил провідників від механічних пошкоджень.

Тривало допустимий струм навантаження повинен бути не меншим за максимальний тривалий робочий струм електричного кола  $I_{\text{макс.р}}$ , тобто

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

Максимальний робочий струм магістралі:

$$I_{\text{макс.р}} = K_o \sum_1^n I_{\text{ном}} \quad (5.12)$$

Перевірка відповідності перерізу апарату захисту:

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 I_3, \quad (5.13)$$

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

$I_3$  - сила струму спрацювання захисного апарату або номінального струму.

Приклад:

Три двигуни з АВВГ 4х2,5,  $I = 19$  А.

$$I_{\text{макс.р}} = 1 \cdot 3,2 = 3,2 \text{ А};$$

$$I_{\text{доп}} = 1 \cdot 20 = 20 \text{ А};$$

$$20 \text{ А} > 3,2 \text{ А}.$$

Таблиця 5.3 - Марки кабелів для живлення двигунів установки ПВУ – 4М

№ п/п	Найменування обладнання	Номінальна потужність, кВт	Номінальний струм, А	Марка кабеля, провода	$I_{\text{доп}}$ , А
1	АІР 80 В6 (ІІІ)	1,1	3,2	АВВГ 4×50	20

Управління та запуск ПВУ-4М:

Здійснюється з силової шафи керування Ш9202-4474УХЛ3.

Принципальна схема керування доступна на графічному листі.

## 6 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Відомо, що регенерація навколишнього середовища проходить дуже повільно, тому для запобігання забруднення як його в цілому, так і окремих складових атмосфери, біосфери, гідросфери). На даний час встановлені певні норми по обмеженню викидів шкідливих газів та інших рештки переробки до навколишнього середовища.

Адже відомо, що безвідходного виробництва немає, а тому залишки потрібно утилізувати, що і призводить до забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів і рослинного та тваринного світу. Хоч вчені усього світу шукають варіанти, щоб покращити дане становище.Сьогодні при небаченому розвитку науки та техніки, коли виробництво сільськогосподарської продукції та інші галузі промисловості досягли небувалого розмаху, перед нами стає проблема залишків виробництва та економічно чисте виробництво чи переробка продукції.

**Водокористування** – це використання водних об'єктів для задоволення потреб населення та об'єктів господарської діяльності.

Господарство споживає воду із двох артезіанських свердловин глибиною 40 метрів. Закачується вона за допомогою заглибного насосу і по трубопроводу подається до споживачів. Дана вода відповідає всім санітарно-гігієнічним нормам і використовується як для споживання, так і для виробничих процесів в господарстві. Після використання вода очищується за допомогою спеціальних фільтрів і потім проходить оборотне водопостачання.

**Якість води** – це сукупність фізичних, хімічних, біологічних та бактеріологічних показників, які задовольняють вимоги споживачів. Вимоги до якості води нормуються державними галузевими стандартами або технічними умовами. Вода - найбільш розповсюджена і найбільш важлива речовина на Землі.

Особливим видом забруднення гідросфери є теплове забруднення, яке спричинене спуском у водойми теплих вод. Величезна кількість тепла, що надходить з нагрітими водами у водойми, істотно змінює їх термічний і біологічний режим.

Рівень очистки води на господарстві досить низький. Існуючі очисні споруди навіть при біологічній очистці вилучають лише 15 – 35% неорганічних речовин і практично не вилучають самих важких металів.

В господарстві існує ряд способів очистки забруднених вод: хімічний, біологічний, механічний.

Метод механічного очищення полягає в хімічному вилученні із стічних вод нерозчинених домішок за допомогою фільтраційних установок.

Хімічний метод очищення ґрунтується на поверхні різноманітних хімічних реакцій, які нейтралізують шкідливі речовини.

Необхідно більше приділяти уваги охороні вод від забруднення, розробляти схеми комплексного використання і охорони вод. Забезпечити господарство новішими та якісними фільтрами для очистки води.

Сьогодні людина та результати її діяльності перевершили всі біологічні чинники. Завдання людини – невідривати природні основи свого існування, неперешкоджати прогресивним процесам, що відбуваються в біосфері, а намагатися з'ясувати закони і правила, що керують цими процесами, узгоджувати з ними своєї цілі та дії.

Проблема забезпечення належної кількості та якості води є однією з найбільш важливих і має глобальне значення. Необхідно раціонально використовувати чисту воду та відділяти її від тієї яка використовується для господарських потреб.

Треба вживати заходи які спрямовані на запобігання та усунення наслідків забруднення, засмічування і виснаження вод.

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

Метою планування заходів з охорони праці є визначення необхідних вкладень у заходи з охорони праці для ефективного впливу на стан охорони праці.

Система планів з охорони праці окремого підприємства може включати:

- перспективне планування (на період, більший одного року) ;
- поточне планування (на рік) ;

оперативне планування (детальні плани, спрямовані на вирішення конкретних питань працезахоронної діяльності на підприємстві в короткостроковому, до одного року, періоді).

Планування в охороні праці може включати:

- визначення цілей діяльності з охорони праці на підприємстві та засобів їх досягнення;
- вибір методів і базових показників, за допомогою яких може здійснюватися оцінка необхідних вкладень в охорону праці;
- розрахунок суми вкладень у заходи з охорони праці та раціональний розподіл цієї суми за напрямками діяльності;
- забезпечення організації контролю виконання плану (при необхідності здійснення коригування запланованих показників) ;
- здійснення постійного контролю умов і безпеки праці на підприємстві та оперативне реагування на відхилення від нормативних вимог.

Перспективне планування вміщує найбільш важливі, трудомісткі і довгострокові за терміном виконання заходи з охорони праці, виконання яких, як правило, вимагає сумісної роботи кількох підрозділів підприємства. Можливість виконання заходів перспективного плану повинна бути підтверджена обґрунтованим розрахунком необхідного матеріально-технічного забезпечення і фінансових витрат з зазначенням джерел фінансування.



До перспективних планів належить комплексний план покращення умов праці і санітарно-оздоровчих заходів, що передбачає створення, відповідно до нормативних актів з охорони праці, умов праці, пов'язаних з перспективними змінами підприємства. Таке планування, як правило, розраховане на термін від 2 до 5 років. Реалізація цих планів забезпечується через річні плани номенклатурних заходів з охорони праці, які вносяться до угоди, що є невід'ємною частиною колективного договору.

Поточні плани передбачають реалізацію заходів із покращення умов праці, створення кращих побутових і соціальних умов на виробництві. Ці плани обов'язково забезпечуються фінансуванням згідно з розробленими кошторисами.

Питання охорони праці можуть віддзеркалюватися в інших поточних планах, які підприємства та організації можуть складати на вимогу трудових колективів:

- план соціального розвитку колективу;
- наукової організації праці;
- механізації важких і ручних робіт;
- охорони праці жінок;
- підготовки підприємства до робіт в осінньо-зимовий період;
- підвищення культури виробництва та ін.

Оперативне планування роботи з охорони праці здійснюється за підсумками контролю стану охорони праці в структурних підрозділах і на підприємстві в цілому.

## 8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

- Оскільки світлодіодні лампи мають найдовший термін служби (40 000 годин), будемо порівнювати всі інші типи ламп з ними.
- Це дозволить визначити, скільки разів потрібно буде замінити інші лампи протягом 40 000 годин роботи світлодіодних.

Таблиця 8.1 - Загальна характеристика ламп

Тип лампи	Модель	Ціна, грн	Кількість ламп, шт	Потужність, кВт	Загальна споживана потужність	Термін служби тис.год.
КЛЛ	Fotobestway 48 Вт	299	16	0,048	0,768	8000
	Berlin 55 Вт	199	21	0,055	1,155	8000
Світло діод-на лампа	LUXEL A95 25W	217	16	0,025	0,400	40000
	"PREMIER - 18" 18W	99	21	0,018	0,378	40000

Визначення кількості замін КЛЛ:

$$N_{зжс} = \frac{T_{сд}}{T_{жс}} \quad (8.1)$$

де  $T_{сд}$  – термін служби світлодіодної лампи;

$T_{жс}$  – термін служби КЛЛ.

$$N_{зжс} = \frac{40000}{8000} = 5 \text{ разів.}$$

Сума, витрачена на купівлю КЛЛ:

$$H_3 = H_l \cdot N_{зжс} \cdot N \quad (8.2)$$

де  $H_l$  – ціна однієї лампи, грн;

$N$  – кількість ламп в приміщенні, шт.

Для першого приміщення

$$H_3 = 299 \cdot 5 \cdot 16 = 23920 \text{ грн.}$$

Для другого приміщення

$$H_3 = 199 \cdot 5 \cdot 21 = 20895 \text{ грн.}$$

Сума, витрачена на заміну КЛЛ:

$$H_{33} = \sum H_3 \quad (8.3)$$

$$H_{33} = 23920 + 20895 = 44815 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на КЛЛ:

$$H_{ке} = P_{л} \cdot N \cdot N_{зэс} \cdot T_{жс} \cdot H_{ел} \quad (8.4)$$

Для першого приміщення

$$H_{кв} = 0,048 \cdot 16 \cdot 5 \cdot 8000 \cdot 5 = 153600$$

грн

Для другого приміщення

$$H_{кв} = 0,055 \cdot 21 \cdot 5 \cdot 8000 \cdot 5 = 231000 \text{ грн}$$

Витрати на електроенергію для приміщення:

$$H_{ке.заг} = \sum H_{ке} \quad (8.5)$$

$$H_{ке.заг.} = 153600 + 231000 = 384600 \text{ грн}$$

Витрати на електроенергію для всієї майстерні:

$$H = H_{33} + H_{ке.заг.} \quad (8.6)$$

$$H = 44815 + 384600 = 429415 \text{ грн.}$$

Аналогічно розраховуються витрати на купівлю, заміну та електроенергію для світлодіодних ламп. Заповнити таблицю, де відобразатимуться всі розрахунки для КЛЛ та світлодіодних ламп.

Порівняти загальні витрати на обидва типи ламп протягом 40 000 годин.

Сума, витрачена на купівлю СД:

Для першого приміщення

$$H_3 = 217 \cdot 16 = 3472 \text{ грн.}$$

Для другого приміщення

$$H_3 = 99 \cdot 21 = 2079 \text{ грн.}$$

Сума, витрачена на заміну СД:

$$H_{зз} = 3472 + 2078 = 5550 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію для приміщення:

Для першого приміщення

$$H_{кв} = 0,025 \cdot 16 \cdot 40000 \cdot 5 = 80000$$

грн

Для другого приміщення

$$H_{кв} = 0,018 \cdot 21 \cdot 40000 \cdot 5 = 75600 \text{ грн}$$

Витрати на оплату електроенергії всієї майстерні визначимо

$$H_{кв.заг.} = 80000 + 75600 = 155600 \text{ грн}$$

Витрати на електроенергію та купівлю ламп СД для всієї майстерні:

$$H = 5550 + 155600 = 161150 \text{ грн.}$$

Таблиця 8.2 - Таблиця розрахунків

№ приміщення	Тип лампи	Кошти затрачені на купівлю, грн	Кошти затрачені на оплату ел. ен. грн	Всього, грн
1	КЛЛ	23920	153600	406810
2		20895	231000	
1	Світлодіодні	3472	80000	161150
2		2078	75600	

Сума, витрачена на купівлю ламп КЛЛ 44815 грн.

Сума, витрачена на купівлю ламп СД 5550 грн.

Витрати на електроенергію та купівлю ламп КЛЛ для всієї майстерні (40 000 годин): 406810 грн.

Витрати на електроенергію та купівлю ламп СД для всієї майстерні (40 000 годин): 161150 грн.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі була розрахована силова схема силової майстерні, а також було розраховане освітлення з використанням різних типів ламп, а саме: компактних люмінесцентних ламп та світлодіодних ламп. Після розрахунків силової мережі для верстатів були вибрані кабелі та ПЗА. В роботі було розроблено систему припливно – витяжної установки ПВУ - 4М для обігріву і вентиляції приміщення майстерні ТзОВ «ЕКУ» з розрахунком силової частини та вибором апаратів захисту і проводів які витримують струм і напругу які живлять дану установку.

Розрахунки освітлювальної мережі нам дали результати, за якими ми можемо оцінити доцільність використання тих чи інших ламп. Як ми бачимо з розділу 8 затрати на експлуатацію світлодіодних ламп найменші. Так як світлодіодні лампи мають переваги над 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 силовій майстерні. Варто зауважити що в приміщеннях з великою кількістю ламп світлодіодні лампи швидше окупуються ніж в приміщеннях з малою кількістю, що пов'язано з малою їх споживаною потужністю.

Сума, витрачена на купівлю ламп КЛЛ 44815 грн.

Сума, витрачена на купівлю ламп СД 5550 грн.

Витрати на електроенергію та купівлю ламп КЛЛ для всієї майстерні (40 000 годин): 406810 грн.

Витрати на електроенергію та купівлю ламп СД для всієї майстерні (40 000 годин): 161150 грн.

## Список використаної літератури

1. Алексеев Б.А. Міжнародна конференція по вітроенергетиці / Електричні станції. 1996. №2.
2. Безруких П.П. Економічні проблеми нетрадиційної енергетики / Енергія: Екон., техн., екол. 1995. №8.
3. Богуславский Е.И., Виссарионов В.И., Елистратов В.В., Кузнецов М.В. Умови ефективності і комплексного використання геотермальної сонячної і вітрової енергії // Міжнародний симпозіум "Паливно-енергетичні ресурси Росії й ін. країн СНД". Санкт-Петербург, 1995.
4. Дьяков А.Ф., Прокурорів Н.С., Перминов Е.М. Калмицька досвідчена вітрова електростанція / Електричні станції 1995. № 2.
5. Логинов В.Б. Новак Ю.И. Високоєфективні вітроенергетичні установки / Проблеми машинобудування й автоматизації. 1995. №1-8.
6. Селєзньов И.С. Стан і перспективи робіт МКБ "Веселка" в області вітроенергетики / Конверсія в машинобудуванні. 1995. №5.
7. Соболев Я.Г. "Вітроенергетика" в умовах ринку (1992-1995 р.) / Енергія: Екон., техн. екол. 1995. №11.
8. Ципльонков П. С. Організація і планування електрифікації сільськогосподарського виробництва / П. С. Ципльонков. – К. : Вища школа 1980. – 544 с.
9. Романюк Ю. В. Електричні системи та мережі : навч. посіб. / Ю. В. Романюк. – Івано-Франківськ : Факел, 1997. – 248 с.
10. Саенко, Ю. Л. Реактивна потужність в системах електропостачання і нелінійним навантаженням / Ю. Л. Саенко// Автореф. дис. на здобуття наук, ступеня д-ра техн. наук, спец. 05.09.05 - теоретична електротехніка, НУ «Львівська політехніка», Львів, 2003.– 36 с.
11. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи: підручник / М. С. Сегеда. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2007.– 488 с
12. Костін, М. О. Миттєва реактивна потужність у системах електричного транспорту постійною струму / М. О. Костін, О. І. Саблін, О. Г. Шейкіна,

- А. В. Петров // Гірничча електромеханіка та автоматика : наук.-техн. зб., 2007. – С. 3-8.
13. Щербина О. Енергія для всіх : технічний довідник / О. Щербина – Ужгород, вид-во В. Падяка, 2000. – 200 с.
14. Якимець В. Т. Методичні рекомендації до дипломного проектування для студентів напрямку підготовки “Енергетика та електротехнічні системи в АПК” ОКР ”Бакалавр” / В. Т. Якимець, С. В. Сиротюк. – Львів: Львівський НАУ, 2009. – 40 с.
15. Добровольська Л. Н. Про стан автоматизації компенсувальних установок і перспективи їх оснащення пристроями нового технічного рівня / Л. Н. Добровольська, І. О. Віт, І. П. Сосенко // Промелектро : Пром. електроенергетика та електротехніка. – 2008. – № 4. – С. 26 – 30.