

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

Дзюбенко Вадим Олександрович

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування та світлотехнічний розрахунок системи освітлення
автоматизованого цеху підприємства з виробництва металевих виробів
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Дзюбенко В. О.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Савченко Людмила Григорівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

к.і.н., доцент кафедри електрифікації,
автоматизації виробництва та інженерної екології

(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Дзюбенко В. О. Обґрунтування та світлотехнічний розрахунок системи освітлення автоматизованого цеху підприємства з виробництва металевих виробів. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Основною метою роботи є розробка системи основного освітлення автоматизованого цеху.

Результатом роботи є розрахунок і вибір типу джерела світла, типу системи освітлення, типу світильників та їх розподілення розміщення, висота підвісу й тип світильників та світлотехнічний розрахунок системи освітлення.

Ключові слова: люмінесцентна лампа, щиток робочого освітлення щиток аварійного освітлення, цехова трансформаторна підстанція, центр електричних навантажень, розподільний пункт.

ABSTRACT

Dzyubenko V. O. Justification and lighting calculation of the lighting system of an automated workshop of an enterprise for the production of metal products. Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics - Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The main purpose of the work is to develop a system of basic lighting of the production shop of a woodworking enterprise.

The result of the work is the calculation and choice of the type of light source, the type of lighting system, the type of lamps and their distribution of placement, the height of the suspension and the type of lamps and the lighting calculation of the lighting system.

Keywords: fluorescent lamp, work lighting panel, emergency lighting panel, shop transformer substation, electrical load center, distribution point.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЦЕХУ ТА ВИБІР СХЕМИ ЦЕХОВОЇ МЕРЕЖІ	8
1.1. Характеристика системи електропостачання автоматизованого цеху	8
1.2. Вибір величини напруги живлення	10
1.3. Вибір схеми цехової силової мережі	11
Висновки по розділу 1	14
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ДЖЕРЕЛ СВІТЛА ДЛЯ СИСТЕМИ ЗАГАЛЬНОГО РІВНОМІРНОГО ОСВІТЛЕННЯ ЦЕХУ Й ДОПОМІЖНИХ ПРИМІЩЕНЬ	16
2.1. Вибір джерел світла для системи загального рівномірного освітлення цеху й допоміжних приміщень	16
2.2. Вибір нормованої освітленості, коефіцієнтів запасу, типу світильників, висоти їхнього підвісу й розміщення	17
Висновки по розділу 2	23
РОЗДІЛ 3. СВІЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЗАГАЛЬНОГО РІВНОМІРНОГО ОСВІТЛЕННЯ Й ВИЗНАЧЕННЯ ОДИНИЧНОЇ ВСТАНОВЛЕНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА В ПРИМІЩЕННЯХ	24
3.1 Світлотехнічний розрахунок за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку	24
3.2 Визначення розрахункової потужності джерел світла	28
Висновки по розділу 3	30
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БЗВ – блок "запобіжник – вимикач"

БТМ – блок "трансформатор - магістраль"

ВГКЗ – вимикаюча гранична комутаційна здатність

ЕА – електричний апарат

ЕУ – електроустановка

КЗ – коротке замикання

СВ – струмова відсічка

СРП – силовий розподільний пункт

СРШ – силова розподільна шафа

ТЕП – техніко-економічні показники

ЦЕН – центр електричних навантажень

ЦРП – центральний розподільний пункт

ШВВ – шафа високовольтна вводу

ШМА – шинопровід магістральний алюмінієвий

ШНВ – шафа низьковольтна вводу

ШНЛ – шафа низьковольтна лінійна

ШНС – шафа низьковольтна секційна

ШРА – шинопровід розподільний алюмінієвий

ВСТУП

Актуальність роботи. Фактором побудови високорозвиненого суспільства є розвиток енергетики. Використання різноманітних розробок і нововведень в практичній діяльності в даній сфері потребує відповідного рівня освіченості й кваліфікованості працівників в галузі електротехніки та енергетики, які б могли застосувати здобуті знання для досягнення конкретних результатів. Досягти економії у виробничому цеху можливо шляхом оптимізації споживання електроенергії для освітлення.

Тому дана кваліфікаційна робота є спробою на практиці застосувати теоретичні напрацювання з дотриманням вимог нормативних документів.

Метою роботи є вибір системи освітлення автоматизованого цеху.

Для досягнення запланованого в роботі реалізуються такі завдання.

1. Проаналізувати характеристики споживачів електричної енергії типової цехової одиниці.

2. Спроекувати систему освітлення для автоматизованого виробничого приміщення.

Об'єктом дослідження є аналіз автоматизованого цеху, щодо вибору системи освітлення.

Предметом дослідження є система електропостачання автоматизованого цеху з розрахунком освітлювальної системи.

Методи досліджень. При виконанні досліджень, використовувалися методи системного аналізу, методи математичного моделювання.

Практична значимість результатів роботи:

Розроблено методологічні основи, математичні моделі та способи оптимізації підбору системи електрозабезпечення промислового підприємства, що дають змогу результативно розв'язувати такі практичні питання:

1. Оптимізувати вибір системи освітлення промислового об'єкта відповідно до його специфіки, потенціалу для монтажу потрібного оснащення, обсягу виробництва та іншого, з докладним світлотехнічним розрахунком.

2. У майбутньому здійснити розширення освітлювальної системи та її модернізацію.

Перелік публікацій автора за темою дослідження :

Дзюбенко В. О. ВИБІР ДЖЕРЕЛ СВІТЛА ДЛЯ СИСТЕМИ ЗАГАЛЬНОГО РІВНОМІРНОГО ОСВІТЛЕННЯ ЦЕХУ Й ДОПОМІЖНИХ ПРИМІЩЕНЬ.

Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ – 2025» 30 жовтня 2025 року. Житомир: Поліський національний університет, 2025.- С 118-120.

Дзюбенко В. О., Піонтківський М. П. СВІЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МЕТОДОМ ПИТОМОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ОДИНИЦЮ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ ПЛОЩІ.

Наукові читання – 2025: збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 23 квітня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. Том 2. - С 21-23.

Дзюбенко В. О., Харченко Д. В. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА.

Біоенергетичні системи: Матеріали ІХ міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи». 19-20 листопада 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. - С 24-26.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЦЕХУ ТА ВИБІР СХЕМИ ЦЕХОВОЇ МЕРЕЖІ

1.1. Характеристика системи електропостачання автоматизованого цеху

Досліджуваний автоматизований цех (АЦ) призначений для виготовлення металевих виробів. Він є складовою частиною металургійного заводу та має два ключові відділення: штампувальне і висадочне.

У відділеннях встановлене типове устаткування: ковальське, пресове, верстатне та інше.

Таблиця 1.1. Приміщення, що входять до складу цеху

1.	Трансформаторна підстанція
2.	Агрегатне відділення
3.	Вентиляційна
4.	Інструментальна ділянка
5.	Приміщення для побутових потреб

Електропостачання цех отримує від головної розподільчої підстанції (ГПП) підприємства по кабельній лінії довжиною 1 км, з напругою 10 кВ. Відстань від енергосистеми до ГПП становить 4 км, лінія електропостачання – повітряна.

Кількість змін роботи – 2.

Каркас будівлі зведений з блоків-секцій довжиною 6 м кожна.

Розміри цеху: А x В x Н = 48 x 30 x 8 м.

Всі приміщення, окрім технологічних, двоповерхові, висотою 4 м.

1.2. Вибір величини напруги живлення

Напругу 35 кВ здебільшого рекомендується використовувати для розподілу енергії на першому ступені середніх підприємств за відсутності великої кількості електродвигунів напругою вище 1000 В [5].

Напругу 10 кВ слід використовувати для внутрішньозаводського розподілу енергії.

Використання напруги 6 кВ повинно визначатись наявністю електроустаткування на 6 кВ та техніко-економічними показниками під час вибору величини напруги живлення.

Для живлення освітлювальних установок промислових, житлових та загальних будівель, у більшості випадків, застосовують трифазні чотирьохпровідні мережі змінного струму 380/220 В за заземленої нейтралі, та 220 В за ізольованої нейтралі або постійному струмі [3].

1.3. Вибір схеми цехової силової мережі

При виборі схеми цехової мережі враховують такі фактори [3]:

- потужність окремих ЕП;
- розміщення ЕП на території цеху;
- потрібна надійність живлення;
- характер технологічного процесу;
- умови середовища та ін.

Цехові силові електричні мережі можуть бути виконані за радіальною, магістральною або змішаною схемами (рис. 1.1, 1.2, 1.3).

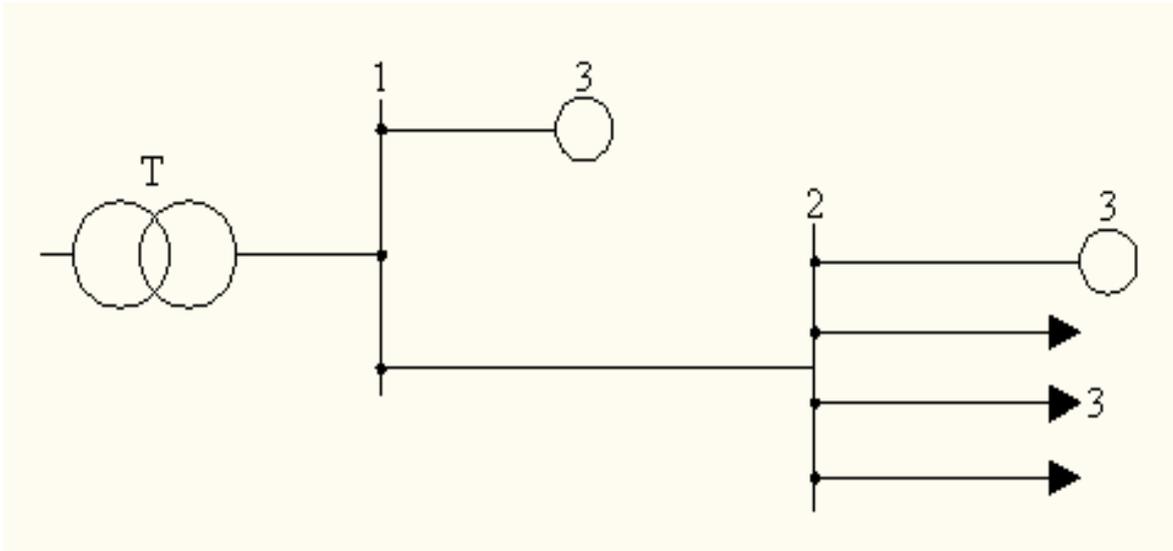


Рисунок 1.1 – Радіальна схема живлення електро приймачів при напрузі до 1 кВ: 1 - розподільний пристрій низької напруги (НН) цехової підстанції; 2 - силова розподільна шафа; 3 - електроприймачі.

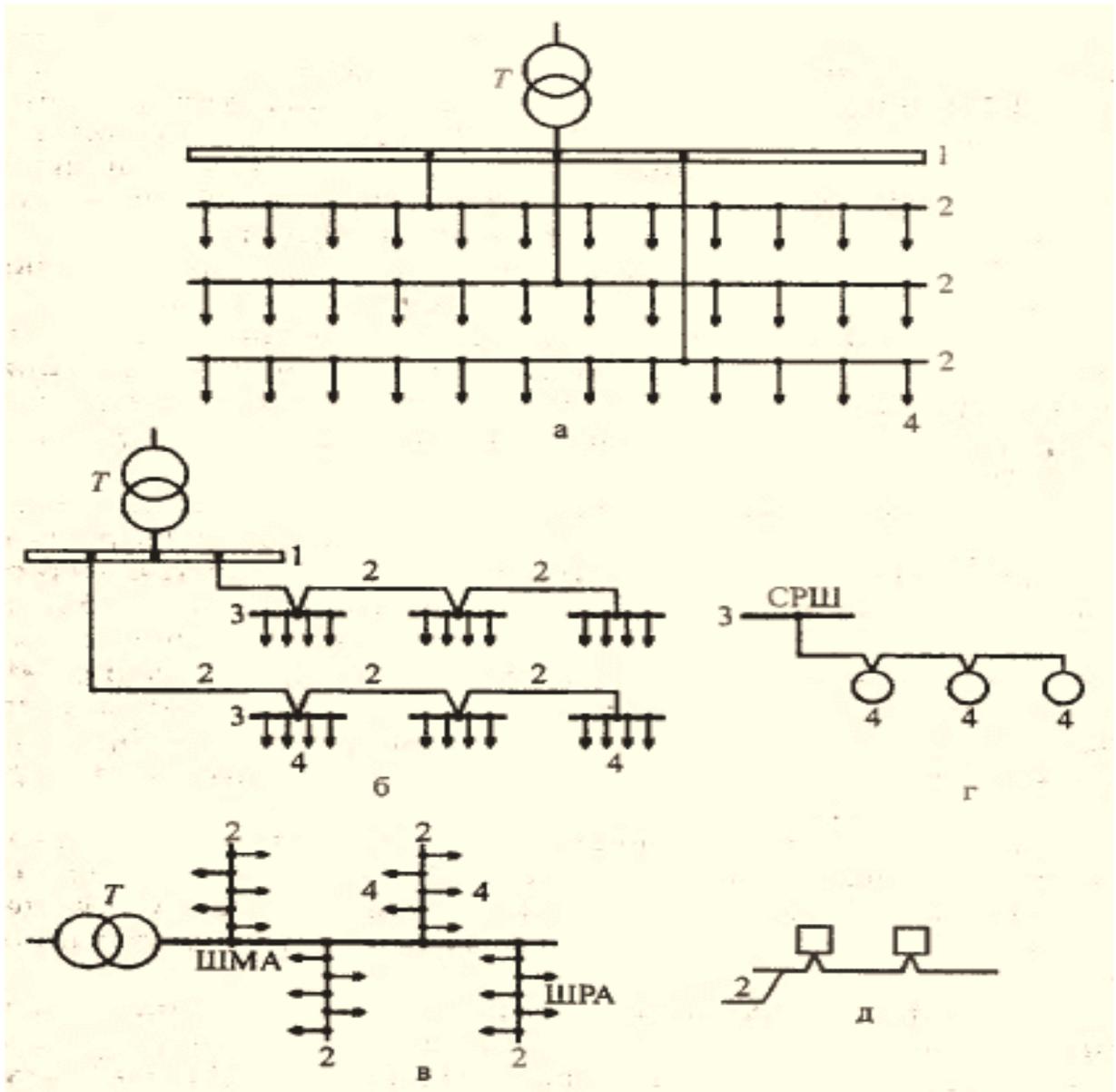


Рисунок 1.2 – Магістральні схеми живлення електроприймачів при напрузі до 1 кВ: а – з розподіленим навантаженням; б – з зосередженим навантаженням; в – блок “трансформатор-магістраль”; г - “ланцюжок; д – модульна; 1 - розподільний пристрій НН ЦТП; 2 – магістралі; 3 - силова розподільна шафа; 4 - електроприймачі.

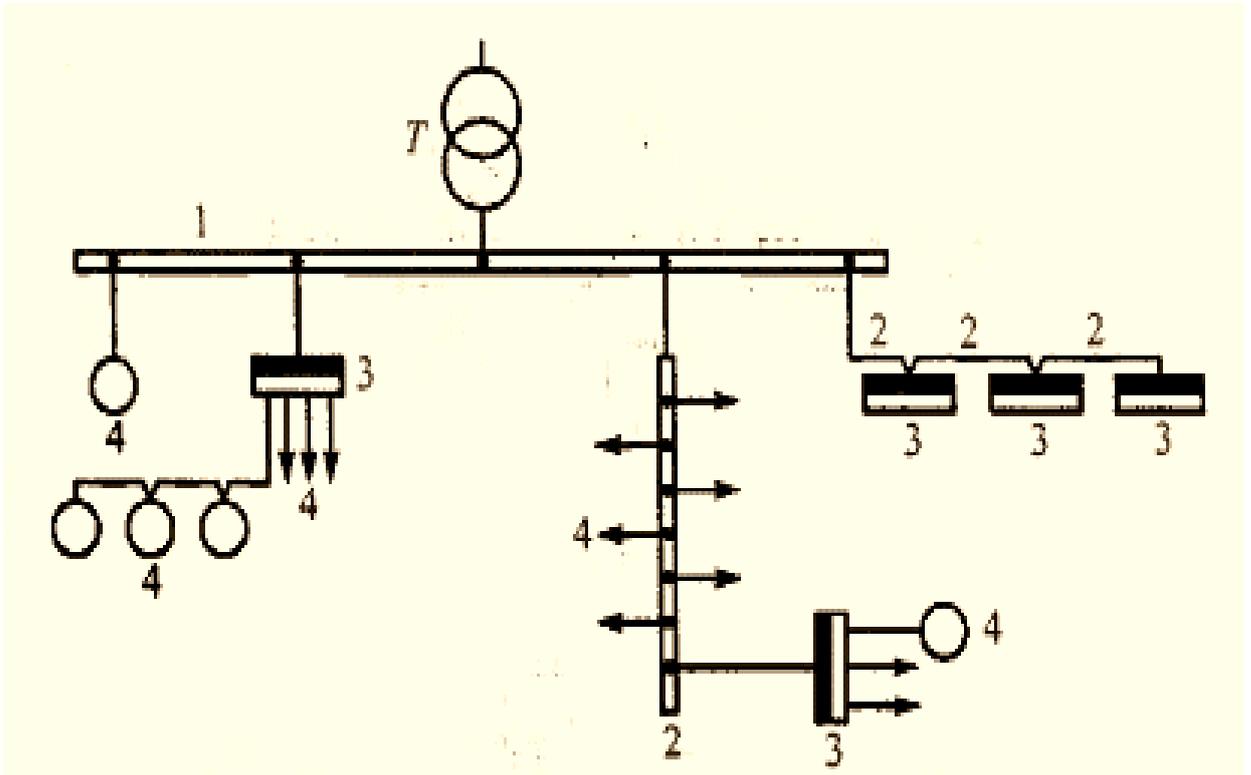


Рисунок 1.3 – Приклад змішаної схеми: 1 - розподільний пристрій НН ЦТП; 2 – магістралі; 3 - силова розподільна шафа; 4 - електроприймачі.

На основі аналізу розміщення технологічного обладнання (рис.1.4), зважаючи на необхідність забезпечення надійності електропостачання, зручності експлуатації, капітальні затрати і втрати напруги, обираємо радіальну схему цехової електричної мережі.

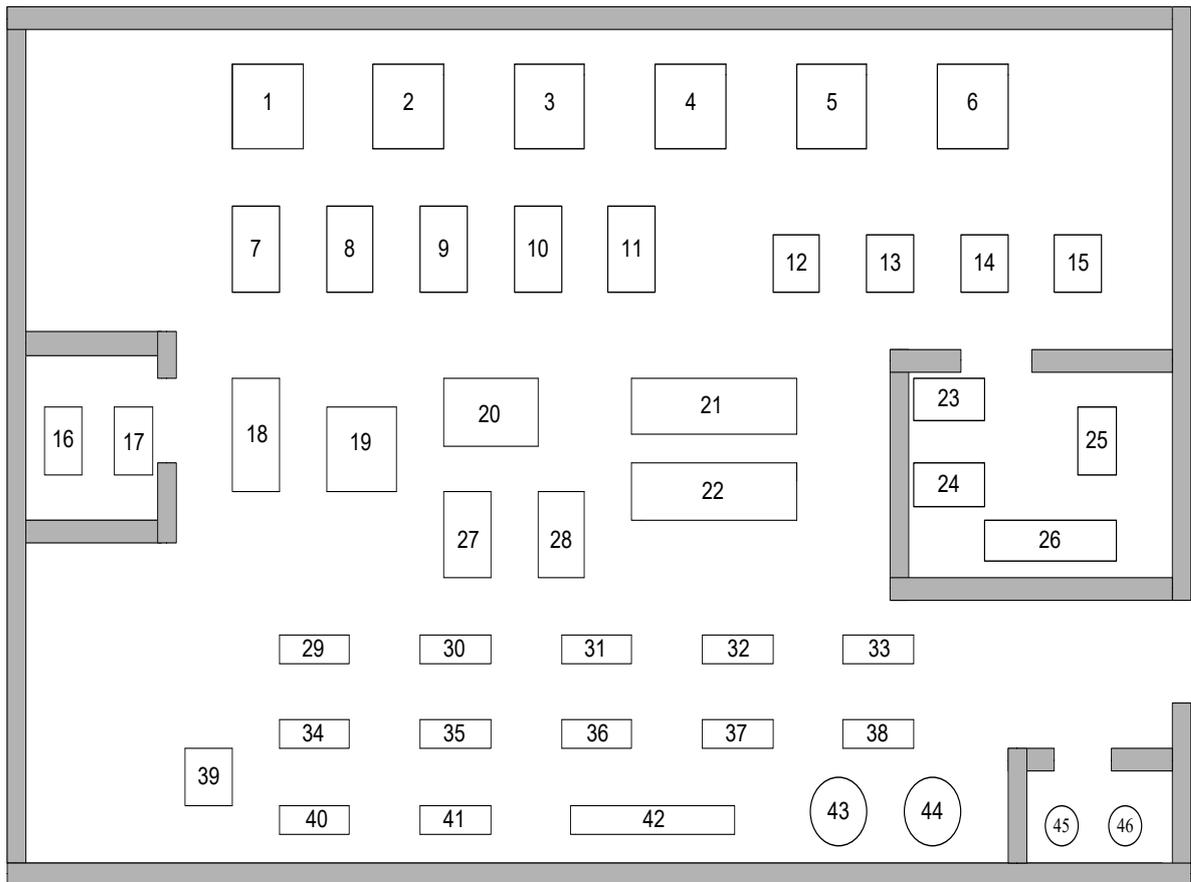


Рисунок 1.4–План розміщення технологічного обладнання автоматизованого цеху

Висновки по першому розділу

В даному розділі була дана характеристика системи електропостачання.

Була акцентована увага на вимоги до проектування, монтажу та експлуатації систем електропостачання.

Важливим аспектом є забезпечення якості електроенергії. Системи електропостачання промислових підприємств мають бути спроектовані з урахуванням перспектив розвитку підприємства і збільшення його виробничих потужностей.

Потрібно передбачати резервування основних елементів системи, а також можливість оперативного переключення на резервні джерела живлення. Важливу роль відіграє впровадження сучасних технологій та обладнання, що дозволяють підвищити ефективність використання електроенергії та знизити витрати на її оплату.

Також в розділі було наведено характеристику досліджуваного цеху, обрано напругу живлення електроустаткування, а також вид схеми цехової мережі.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР ДЖЕРЕЛ СВІТЛА ДЛЯ СИСТЕМИ ЗАГАЛЬНОГО РІВНОМІРНОГО ОСВІТЛЕННЯ ЦЕХУ Й ДОПОМІЖНИХ ПРИМІЩЕНЬ

2.1. Вибір джерел світла для системи загального рівномірного освітлення цеху й допоміжних приміщень

Вибір конкретного джерела світла залежить від вимог до освітлення, таких як кольорова температура, зоровий комфорт, рівень блиску тощо. Він здійснюється на основі порівняння переваг і недоліків різних типів освітлювальних пристроїв.

Згідно з [2], штучне освітлення у виробничих приміщеннях, де люди перебувають постійно, незалежно від обраної системи освітлення, має забезпечуватися розрядними джерелами світла.

Виходячи з наведеного вище, підберемо джерела світла для системи загального рівномірного освітлення та аварійного (евакуаційного) освітлення приміщень цеху.

Результати вибору джерел світла заносимо в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Вибір джерел світла

№	Найменування приміщення	Розміри приміщення, м			Джерела світла	
		Висота <i>H</i>	Довжина <i>A</i>	Ширина <i>B</i>	Загальне	Аварійне
1	Штампувальна ділянка	8	12	42	ДРЛ	ЛР
2	Висадочна ділянка	8	18	30	ДРЛ	ЛР

3	<i>Кабінет майстра</i>	4	4	6	<i>ЛЛ (ЛБ)</i>	
4	<i>Склад штампів</i>	4	8	6	<i>ЛЛ (ЛБ)</i>	
5	<i>Агрегатна</i>	4	6	6	<i>ЛЛ (ЛБ)</i>	
6	<i>Трансформаторна</i>	4	6	6	<i>ЛЛ (ЛБ)</i>	
7	<i>Інструментальна</i>	4	6	3	<i>ЛЛ (ЛБ)</i>	<i>ЛР</i>
8	<i>Голтовочна</i>	8	8	12	<i>ЛЛ (ЛБ)</i>	<i>ЛР</i>
9	<i>Вентиляторна</i>	4	3	6	<i>ЛЛ (ЛБ)</i>	

2.2 Вибір нормованої освітленості, коефіцієнтів запасу, типу світильників, висоти їхнього підвісу й розміщення

Згідно з наведеним вище, з [2], для кожного приміщення визначаємо нормовані значення освітленості та коефіцієнта запасу

Обрані значення заносимо в табл.2.2.

Таблиця 2.2 - Вибір рівнів освітленості приміщень і коефіцієнтів запасу

<i>№ на плані</i>	<i>Найменування приміщення</i>	<i>Площина нормування освітленості та її висота від підлоги, м</i>	<i>Нормовані значення</i>	
			<i>Освітленість, лк</i>	<i>Коефіцієнт запасу K_3</i>
1	2	3	4	5
1	<i>Штампувальна ділянка</i>	<i>$\Gamma - 0,8$</i>	200	1,4

2	<i>Висадочна ділянка</i>	<i>Г – 0,8</i>	200	1,4
3	<i>Кабінет майстра</i>	<i>Г – 0,8</i>	150	1,4
4	<i>Склад штампів</i>	<i>Г – 0,8</i>	75	1,4
5	<i>Агрегатна</i>	<i>Г – 0,8</i>	300	1,4
6	<i>Трансформаторна</i>	<i>Г – 0,8</i>	200	1,5
7	<i>Інструментальна</i>	<i>Підлога</i>	100	1,4
8	<i>Голтовочна</i>	<i>Г – 0,8</i>	200	1,4
9	<i>Вентиляторна</i>	<i>Підлога</i>	50	1,4

Для ОП також установлена міжнародна система класифікації по ступені захищеності від впливу вологи і твердих часток (пилу) [2].

Для приміщення з технологічними ділянками вибираємо підвісні світильники типу РСП. Для усіх інших приміщень вибираємо стельові світильники типу ЛПП.

Для аварійного евакуаційного освітлення вибираємо світильники з лампами розжарювання типу НСП.

Результати вибору заносимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Вибір світильників робочого й аварійного (евакуаційного) освітлення

<i>№ на</i>	<i>Найменування приміщення</i>	<i>Розміри приміщення, м</i>	<i>Тип джерела світла</i>	<i>Система захисту IP</i>
-------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------------	---------------------------

		<i>Висота</i>	<i>АхВ</i>	<i>Загальне</i>	<i>Аварійне</i>	
1	2	3	4	5	6	7
1	<i>Штампувальна ділянка</i>	<i>РСП 8</i>	42x12	<i>РСП</i>	<i>НСП</i>	54
				<i>ДРЛ</i>	<i>ЛР</i>	
2	<i>Висадочна ділянка</i>	8	48x18	<i>РСП</i>	<i>НСП</i>	54
				<i>ДРЛ</i>	<i>ЛР</i>	
3	<i>Кабінет майстра</i>	4	6x4	<i>ЛСП</i>	-	20
				<i>ЛБ</i>		
4	<i>Склад штампів</i>	4	6x6	<i>ЛПП</i>	-	20
				<i>ЛБ</i>		
5	<i>Агрегатна</i>	4	6x6	<i>ЛПП</i>	<i>НСП</i>	54
				<i>ЛБ</i>	<i>ЛР</i>	
6	<i>Трансформаторна</i>	4	6x6	<i>ЛСП</i>	-	20
				<i>ЛБ</i>		
7	<i>Інструментальна</i>	4	3x6	<i>ЛСП</i>	-	54
				<i>ЛБ</i>		
8	<i>Голтовочна</i>	8	12x8	<i>РСП</i>	<i>НСП</i>	54
				<i>ДРЛ</i>	<i>ЛР</i>	
9	<i>Вентиляторна</i>	4	6x3	<i>ЛСП</i>	-	20
				<i>ЛБ</i>		

У загальному випадку розрахункова висота підвісу світильників визначається за формулою [2]:

$$H_p = H - (h_c + h_p), \quad (2.1)$$

де H – висота приміщення;

h_c – висота звисання світильника;

h_p – висота робочої поверхні, при відсутності конкретної величини приймається рівною 0,8 м

На рисунку 2.1 зображено параметри, які враховуються при розміщенні світильників.

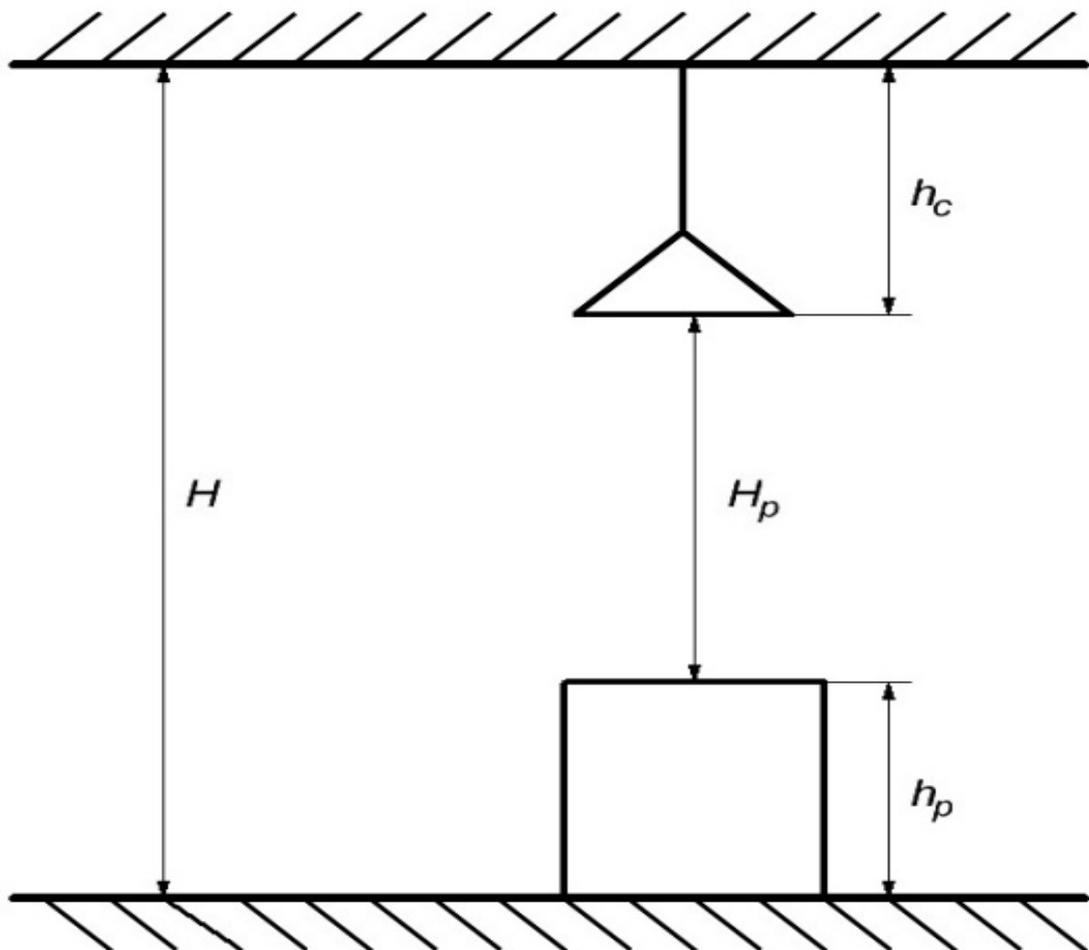


Рисунок 2.1 – Розміщення світильників

За формулою (3.1) визначимо розрахункову висоту підвісу світильників. Параметри h_c і H з табл. 2.1 і табл.2.1. відповідно.

1) Штампувальна ділянка

$$H_p = H - (h_c + h_p) = 8 - (0,5 + 0,8) = 6,7 \text{ м}$$

2) Висадочна ділянка

$$H_p = H - (h_c + h_p) = 8 - (0,5 + 0,8) = 6,7 \text{ м}$$

3) Кабінет майстра..

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

4) Склад штампів.

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

5) Агрегатна.

$$H_p = H - (h_c + h_p) = 4 - (0 + 0,0) = 4 \text{ м}$$

6) Трансформаторна.

$$H_p = H - (h_c + h_p) = 4 - (0 + 0,0) = 4 \text{ м}$$

7) Інструментальна.

$$H_p = H - (h_c + h_p) = 4 - (0 + 0,0) = 4 \text{ м}$$

8) Голтовочна.

$$H_p = H - (h_c + h_p) = 8 - (0,5 + 0,8) = 6,7 \text{ м}$$

9) Вентиляторна.

$$H_p = H - (h_c + h_p) = 4 - (0 + 0,0) = 4 \text{ м}$$

Дані розрахунку заносимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4. Параметри розміщення світильників

№ на плані	Найменування приміщення	Розміри приміщення, м		Висота, м	
		Висота	$A \times B$	h_c	H_p
1	<i>Штампувальна ділянка</i>	8	12x42	0,8	6,7
2	<i>Висадочна ділянка</i>	8	18x30	0,8	6,7
3	<i>Кабінет майстра</i>	4	4x6	0,8	3,2
4	<i>Склад штампів</i>	4	8x6	0,8	3,2
5	<i>Агрегатна</i>	4	6x6	0,8	3,2
6	<i>Трансформаторна</i>	4	6x6	0	4
7	<i>Інструментальна</i>	4	6x3	0	4
8	<i>Голтовочна</i>	8	8x12	0,8	6,7
9	<i>Вентиляторна</i>	4	3x6	0	4

Висновки по другому розділу

Результатом роботи над даним розділом є розрахунок та вибір джерел світла для системи загального рівномірного освітлення основних й вспоміжних приміщень цеху в залежності від розмірів цих приміщень.

Також був здійснений вибір джерела світла, типу світильників їхнього розміщення, світлотехнічний розрахунок евакуаційного освітлення, для чого були визначені тип світильника (джерела світла), світловий потік та потужність освітлення приміщень цеху.

РОЗДІЛ 3
СВІЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЗАГАЛЬНОГО
РІВНОМІРНОГО ОСВІТЛЕННЯ Й ВИЗНАЧЕННЯ ОДИНИЧНОЇ
ВСТАНОВЛЕНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА В
ПРИМІЩЕННЯХ

3.1 Світлотехнічний розрахунок за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку

При розрахунку по методу коефіцієнта використання світловий потік світильника, лампи, або ряду світильників визначається за формулою [2]:

$$\Phi = E_n \cdot k_3 \cdot S \cdot z / n \cdot h, \quad (3.1)$$

де E_n – задана мінімальна (нормована) освітленість, лк;

k_3 – коефіцієнт запасу;

S – площа приміщень, м²;

z – відношення E_{cp} / E_{min} (коефіцієнт нерівномірності освітлення, приймається 1,15 для ЛН і ДРЛ, 1,1 – для ЛЛ)

n – кількість світильників, ламп або рядів світильників (як правило, приймається до розрахунку по сітці розміщення світильників);

h – коефіцієнт використання світлового потоку.

Індекс приміщення визначається за формулою: [2]

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)}, \quad (3.2)$$

Світлотехнічний розрахунок приміщення №1 (штампувальна ділянка):

Дано: $E_n = 200$ Лк, $K_3 = 1,4$, $A = 42$ м, $B = 12$ м, $H_p = 6,7$ м.

Найвигіднішу відносну відстань знайдемо з таблиці 7.1 [8]: $L / H_p = 1,5$.

Звідки $L = 1,5 \cdot H_p = 1,5 \cdot 6,7 = 10,05$ м.

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни:

$$l = 0,3L = 0,3 \cdot 10,05 = 3 \text{ м.}$$

Число рядів:

$$R = \frac{B-2l}{L} + 1 = \frac{12-2 \cdot 3}{10,05} + 1 = 1,6 \approx 2 \text{ шт.}$$

Відстань між рядами світильників:

$$L_B = \frac{B-2l}{R-1} = \frac{12-2 \cdot 3}{2-1} = 6 \text{ м.}$$

Коефіцієнти відбиття: від стелі $\rho_n = 50\%$, від стін $\rho_c = 30\%$, від підлоги $\rho_p = 10\%$.

Коефіцієнт нерівномірності: $Z = 1,1$.

Індекс приміщення:

$$i_n = \frac{A \cdot B}{H_p (A+B)} = \frac{12 \cdot 42}{6,7 \cdot (12+42)} = 1,4.$$

Коефіцієнт використання: $\eta = 0,53$.

Світловий потік ряду світильників:

$$\Phi_R = \frac{E_n \cdot K_s \cdot S \cdot Z}{R \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 1,4 \cdot 504 \cdot 1,1}{3 \cdot 0,53} = 97630 \text{ Лм.}$$

Вибираємо світильники РСП16-400-221 з лампами ДРЛ – 250 зі світловим потоком $\Phi_L = 13000$ лм і потужністю 280 Вт.

Кількість світильників у ряді:

$$N_R = \frac{\Phi_R}{n_{CB} \cdot \Phi_L} = \frac{97630}{13000} \approx 8 \text{ шт.}$$

Відстань між світильниками в ряді:

$$L_A = \frac{A-2l}{N_R-1} = \frac{42-2 \cdot 3}{8-1} = 5,1 \text{ м.}$$

Загальна кількість світильників $N = 16 \text{ шт.}$ Через форму приміщення приймаємо кількість світильників $N = 15 \text{ шт.}$

Установлений світловий потік: $\Phi_{\text{уст}} = 13000 \cdot 15 = 19500 \text{ Лм}$

Установлена потужність: $P_{\text{уст}} = 280 \cdot 15 = 4200 \text{ Вт.}$

Світлотехнічний розрахунок приміщення №2 (висадочна ділянка):

Дано: $E_n = 200 \text{ Лк, } K_3 = 1,4, A = 30 \text{ м, } B = 18 \text{ м, } H_p = 6,7 \text{ м.}$

Найвигіднішу відносну відстань знайдемо з таблиці 7.1[8] для типу КСС Д:
 $L/H_p = 1,5.$

Звідки $L = 1,5 \cdot H_p = 1,5 \cdot 6,7 = 10,05 \text{ м.}$

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни:

$$l = 0,3L = 0,3 \cdot 10,05 = 3 \text{ м.}$$

Число рядів:

$$R = \frac{B - 2l}{L} + 1 = \frac{18 - 2 \cdot 3}{10,05} + 1 = 2,21 \approx 3 \text{ шт.}$$

Відстань між рядами світильників:

$$L_B = \frac{B - 2l}{R - 1} = \frac{18 - 2 \cdot 3}{3 - 1} = 6 \text{ м.}$$

Коефіцієнти відбиття: від стелі $\rho_n = 50\%$, від стін $\rho_c = 30\%$, від підлоги $\rho_p = 10\%$.

Коефіцієнт нерівномірності: $Z = 1,1$

Індекс приміщення:

$$i_n = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)} = \frac{48 \cdot 18}{6,7 \cdot (48 + 18)} = 1,7.$$

Коефіцієнт використання: $\eta = 0,56.$

Світловий потік ряду світильників:

$$\Phi_R = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{R \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 1,4 \cdot 864 \cdot 1,1}{3 \cdot 0,56} = 158400 \text{ Лм.}$$

Вибираємо світильники РСП16-400-221 з лампами ДРЛ – 250 зі світловим потоком $\Phi_L = 13000 \text{ лм}$ і потужністю 280 Вт.

Кількість світильників у ряді:

$$N_R = \frac{\Phi_R}{n_{CB} \cdot \Phi_L} = \frac{158400}{13000} \approx 13 \text{ шт.}$$

Відстань між світильниками в ряді:

$$L_A = \frac{A - 2l}{N_R - 1} = \frac{48 - 2 \cdot 3}{13 - 1} = 3,4 \text{ м.}$$

Загальна кількість світильників $N = 39 \text{ шт.}$ Через форму приміщення приймаємо кількість світильників $N = 33 \text{ шт.}$

Установлений світловий потік: $\Phi_{уст} = 13000 \cdot 33 = 429000 \text{ Лм.}$

Установлена потужність: $P_{уст} = 280 \cdot 33 = 9240 \text{ Вт.}$

Світлотехнічний розрахунок приміщення №3 (кабінет майстра):

Дано: $E_n = 150 \text{ Лк}$, $K_3 = 1,4$, $A = 6 \text{ м}$, $B = 4 \text{ м}$, $H_p = 3,2 \text{ м}$.

Найвигіднішу відносну відстань знайдемо по таблиці 7.1[8] для типу КСС Д: $L / H_p = 1,5$.

Звідки $L = 1,5 \cdot H_p = 1,5 \cdot 3,2 = 4,8 \text{ м.}$

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни:

$$l = 0,3L = 0,3 \cdot 4,8 = 1,44 \text{ м.}$$

Число рядів:

$$R = \frac{B - 2l}{L} + 1 = \frac{4 - 2 \cdot 1,44}{4,8} + 1 = 1,23 \approx 2 \text{ шт.}$$

Відстань між рядами світильників:

$$L_B = \frac{B - 2l}{R - 1} = \frac{4 - 2 \cdot 1}{2 - 1} = 2 \text{ м.}$$

Коефіцієнти відбиття: від стелі $\rho_n = 50\%$, від стін $\rho_c = 30\%$, від підлоги $\rho_p = 10\%$.

Коефіцієнт нерівномірності: $Z = 1,1$.

Індекс приміщення:

$$i_n = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)} = \frac{6 \cdot 4}{3,2 \cdot (6 + 4)} = 0,8.$$

Коефіцієнт використання: $\eta = 0,45$.

Світловий потік ряду світильників:

$$\Phi_R = \frac{E_n \cdot K_z \cdot S \cdot Z}{R \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 1,4 \cdot 24 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,45} = 6160 \text{ Лм.}$$

Прийmemo як джерела світла лампи ЛБ-40-2 з $\Phi_{uc} = 3200$ Лм.

Кількість світильників у ряді:

$$N_R = \frac{\Phi_R}{n_{CB} \cdot \Phi_L} = \frac{6160}{2 \cdot 3200} = 1 \text{ шт.}$$

Приймаемо світильники ЛСП02-2х-40-002.

Установлений світловий потік: $\Phi_{ycm} = 3200 \times 2 = 6400$ Лм.

Установлена потужність: $P_{ycm} = 40 \times 2 = 80$ Вт.

Світлотехнічний розрахунок приміщення №5 (агрегатна):

Дано: $E_n = 300$ Лк, $K_z = 1,4$, $A = 6$ м, $B = 6$ м, $H_p = 3,2$ м.

Найвигіднішу відносну відстань знайдемо по таблиці 7.1[8] для типу КСС Д: $L / H_p = 1,5$.

Звідки $L = 1,5 \cdot H_p = 1,5 \cdot 3,2 = 4,8$ м

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни:

$$l = 0,3L = 0,3 \cdot 4,8 = 1,44 \text{ м.}$$

Число рядів:

$$R = \frac{B - 2l}{L} + 1 = \frac{6 - 2 \cdot 1,44}{4,8} + 1 = 1,65 \approx 2 \text{ шт}$$

Відстань між рядами світильників:

$$L_B = \frac{B - 2l}{R - 1} = \frac{6 - 2 \cdot 1,44}{2 - 1} = 3,12 \text{ м.}$$

Коефіцієнти відбиття: від стелі $\rho_n = 50\%$, від стін $\rho_c = 30\%$, від підлоги $\rho_p = 10\%$.

Коефіцієнт нерівномірності: $Z = 1,1$.

Індекс приміщення:

$$i_n = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)} = \frac{6 \cdot 6}{3,2 \cdot (6 + 6)} = 0,94.$$

Коефіцієнт використання: $\eta = 0,48$.

Світловий потік ряду світильників:

$$\Phi_R = \frac{E_n \cdot K_z \cdot S \cdot Z}{R \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1,4 \cdot 36 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,48} = 17325 \text{ Лм.}$$

Вибираємо світильники ЛПП66-4x58-211 з лампами ЛБ-58 зі світловим потоком $\Phi_L = 4800$ лм і потужністю 58 Вт

Кількість світильників у ряді:

$$N_R = \frac{\Phi_R}{n_{CB} \cdot \Phi_L} = \frac{17325}{2 \cdot 4800} = 2 \text{ шт}$$

Відстань між світильниками в ряді:

$$L_A = \frac{A - 2l - N_R \cdot l_c}{N_R - 1} = \frac{6 - 2 \cdot 1,44 - 2 \cdot 1,2}{2 - 1} = 0,72 \text{ м.}$$

Установлений світловий потік: $\Phi_{уст} = 4800 \times 2 \times 2 = 19200$ Лм.

Установлена потужність: $P_{уст} = 58 \times 2 \times 2 = 232$ Вт.

Світлотехнічний розрахунок приміщення №6 (трансформаторна):

Дано: $E_n = 200 \text{ Лк}$, $K_3 = 1,4$, $A = 6 \text{ м}$, $B = 6 \text{ м}$, $H_p = 4 \text{ м}$.

Найвигіднішу відносну відстань знайдемо з таблиці 7.1[8]: $L / H_p = 1,5$.

Звідки $L = 1,5 \cdot H_p = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ м}$.

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни:

$$l = 0,3L = 0,3 \cdot 6 = 1,8 \text{ м.}$$

Число рядів:

$$R = \frac{B - 2l}{L} + 1 = \frac{6 - 2 \cdot 1,8}{6} + 1 = 1,4 \approx 2 \text{ шт.}$$

Відстань між рядами світильників:

$$L_B = \frac{B - 2l}{R - 1} = \frac{6 - 2 \cdot 1,8}{2 - 1} = 2,4 \text{ м.}$$

Коефіцієнти відбиття: від стелі $\rho_n = 50\%$, від стін $\rho_c = 30\%$, від підлоги $\rho_p = 10\%$.

Коефіцієнт нерівномірності: $Z = 1,1$.

Індекс приміщення:

$$i_n = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)} = \frac{6 \cdot 6}{4 \cdot (6 + 6)} = 0,75.$$

Коефіцієнт використання: $\eta = 0,43$.

Світловий потік ряду світильників:

$$\Phi_R = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{R \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 1,4 \cdot 36 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,43} = 11893 \text{ Лм.}$$

Вибираємо світильники ЛСП 24-2x40-401 з лампами ЛБ-40 зі світловим потоком $\Phi_L = 3000 \text{ лм}$ і потужністю 40 Вт.

Кількість світильників у ряді:

$$N_R = \frac{\Phi_R}{n_{CB} \cdot \Phi_L} = \frac{11893}{2 \cdot 3000} = 2 \text{ шт.}$$

Відстань між світильниками в ряді:

$$L_A = \frac{A - 2l - N_R \cdot l_c}{N_R - 1} = \frac{6 - 2 \cdot 1,44 - 2 \cdot 1,21}{2 - 1} = 0,7 \text{ м.}$$

Установлений світловий потік: $\Phi_{уст} = 3000 \times 2 \times 2 = 12000 \text{ Лм.}$

Установлений світловий потік: $P_{уст} = 40 \times 2 \times 2 = 160 \text{ Вт.}$

Світлотехнічний розрахунок приміщень №8 (гоготовочна):

Дано: $E_n = 200 \text{ Лк, } K_s = 1,5, A = 12 \text{ м, } B = 8 \text{ м, } H_p = 6,7 \text{ м.}$

Найвигіднішу відносну відстань знайдемо з таблиці 7.1[8]: $L / H_p = 1,5.$

Звідки $L = 1,5 \cdot H_p = 1,5 \cdot 6,7 = 10,05 \text{ м.}$

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни:

$$l = 0,3L = 0,3 \cdot 10,05 = 3 \text{ м.}$$

Число рядів:

$$R = \frac{B - 2l}{L} + 1 = \frac{8 - 2 \cdot 3}{10,05} + 1 = 2 \text{ ум.}$$

Відстань між рядами світильників:

$$L_B = \frac{B - 2l}{R - 1} = \frac{8 - 2 \cdot 3}{2 - 1} = 2 \text{ м.}$$

Коефіцієнти відбиття: від стелі $\rho_n = 50\%$, від стін $\rho_c = 30\%$, від підлоги $\rho_p = 10\%$.

Коефіцієнт нерівномірності: $Z = 1,1$

Індекс приміщення:

$$i_n = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)} = \frac{12 \cdot 8}{6,7 \cdot (12 + 8)} = 0,72.$$

Коефіцієнт використання: $\eta = 0,4.$

Світловий потік ряду світильників:

$$\Phi_R = \frac{E_n \cdot K_s \cdot S \cdot Z}{R \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 1,4 \cdot 96 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,4} = 36960 \text{ Лм.}$$

Вибираємо світильники РСП16-400-221 з лампами ДРЛ – 250 зі світловим потоком $\Phi_L = 13000$ лм і потужністю 280 Вт.

Кількість світильників у ряді:

$$N_R = \frac{\Phi_R}{n_{CB} \cdot \Phi_L} = \frac{36960}{13000} = 3 \text{ шт.}$$

Відстань між світильниками в ряді:

$$L_A = \frac{A - 2l}{N_R - 1} = \frac{12 - 2 \cdot 3}{3 - 1} = 3 \text{ м}$$

Установлений світловий потік: $\Phi_{уст} = 13000 \times 6 = 78000$ Лм.

Установлена потужність: $P_{уст} = 280 \times 6 = 1680$ Вт.

3.2 Визначення розрахункової потужності джерел світла

Розрахункове навантаження для ламп накаливання визначається множенням установленної потужності ламп на коефіцієнт попиту [2]:

$$P_{р\text{лн}} = \sum P_{\text{лн}} \cdot K_n \quad (3.4)$$

для люмінесцентних ламп низького тиску:

$$P_{р\text{лл}} = (1,08 \dots 1,2 \dots 1,3) \sum P_{\text{лл}} \cdot K_n \quad (3.5)$$

нижнє значення 1,08 приймається для ламп із електронними ПРА; 1,2 - при стартерних схемах включення; 1,3 - у схемах швидкого запалювання з накальним трансформатором;

для дугових ртутних ламп ДРЛ, ДРИ:

$$P_{р\text{рлвд}} = 1,1 \sum P_{\text{рлвд}} \cdot K_n. \quad (3.6)$$

Визначимо розрахункове навантаження мережі робочого освітлення:

приміщення №1 (штампувальна ділянка):

$$P_{р\text{ДРЛ1}} = 1,1 \cdot \sum P_{\text{лл}} \cdot K_n = 1,1 \cdot 4,2 \cdot 1 = 4,62 \text{ кВт},$$

приміщення №2 (висадочна ділянка):

$$P_{pДРЛ2} = 1,1 \cdot \sum P_{лл} \cdot K_n = 1,1 \cdot 9,24 \cdot 1 = 10,16 \text{ кВт},$$

приміщення №3 (кабінет майстра):

$$P_{pЛЛ3} = 1,08 \cdot \sum P_{лл} \cdot K_n = 1,08 \cdot 0,08 \cdot 1 = 0,086 \text{ кВт},$$

приміщення №4 (склад штампів):

$$P_{pЛЛ4} = 1,08 \cdot \sum P_{лл} \cdot K_n = 1,08 \cdot 0,182 \cdot 1 = 0,196 \text{ кВт},$$

приміщення №5 (агрегатна):

$$P_{pРЛВТ5} = 1,08 \cdot \sum P_{лл} \cdot K_n = 1,08 \cdot 0,464 \cdot 1 = 0,5 \text{ кВт},$$

приміщення №6 (трансформаторна):

$$P_{pЛЛ6} = 1,08 \cdot \sum P_{лл} \cdot K_n = 1,08 \cdot 0,32 \cdot 1 = 0,345 \text{ кВт},$$

приміщення №7 (інструментальна):

$$P_{pЛЛ7} = 1,08 \cdot \sum P_{лл} \cdot K_n = 1,08 \cdot 0,092 \cdot 1 = 0,105 \text{ кВт},$$

приміщення №8 (голтовочна):

$$P_{pДРЛ8} = 1,1 \cdot \sum P_{лл} \cdot K_n = 1,1 \cdot 1,68 \cdot 1 = 1,94 \text{ кВт},$$

приміщення №9 (вентиляторна):

$$P_{pЛЛ7} = 1,08 \cdot \sum P_{лл} \cdot K_n = 1,08 \cdot 0,092 \cdot 1 = 0,105 \text{ кВт},$$

Для лінії від КТП до МЩО:

$$P_0 = P_{pДРЛ1} + P_{pДРЛ2} + P_{pЛЛ3} + P_{pЛЛ4} + P_{pРЛЛ5} + P_{pЛЛ6} + P_{pЛЛ7} + P_{pДРЛ8} + P_{pЛЛ9} = 4,62 + 10,16 + 0,086 + 0,196 + 0,5 + 0,345 + 0,105 + 1,94 + 0,105 = 18,06 \text{ кВт}.$$

Висновки по третьому розділу

У цьому розділі проведено світлотехнічний розрахунок системи освітлення. Світлотехнічні розрахунки виконано із застосуванням методу коефіцієнта використання світлового потоку.

Окрім цього, було визначено розрахункову потужність джерел світла.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У цій роботі було проведено вибір числа і потужності силових трансформаторів та електричних апаратів і перерізу провідників автоматизованого цеху підприємства з виробництва металевих виробів.

В роботі була дана характеристика системи електропостачання. Була акцентована увага на вимоги до проектування, монтажу та експлуатації систем електропостачання. Зазначено, що важливим аспектом є забезпечення якості електроенергії. Було наведено характеристику досліджуваного цеху, обрано напругу живлення електроустаткування, а також вид схеми цехової мережі.

Результатом роботи є розрахунок та вибір джерел світла для системи загального рівномірного освітлення основних й допоміжних приміщень цеху в залежності від розмірів цих приміщень.

Світлотехнічні розрахунки виконано із застосуванням методу коефіцієнта використання світлового потоку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Улаштування електроустановок./ Наказ Міненерговугілля України від 21.07.2017 № 476
2. Ю.Ф. Романюк. Електричні мережі та системи. Навчальний підручник. – Київ: “Знання”, 2007. – 292 с.
3. Лисяк В.Г. Оптимальні режими вузлів навантаження електропостачальних систем. Навчальний посібник, – Львів: “ННІ” 2007. – 251 с.
4. П.М. Монтік Електротехніка та електромеханіка. Навчальний посібник – Львів: “Новий Світ”, 2011. – 487 с.
5. Електричні мережі та системи.: Навч. посібник для студ. електроенерг. спец. / М. С. Сегеда; Державний ун-т "Львівська політехніка". - Л.: Каменяр, 1999. - 296 с. - Бібліогр.: с.292-296. - ISBN 5-7745-0766-1
6. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни "Проектування електричних систем": для студ. спец. 7.090602 "Електричні системи і мережі" / Вінницький держ. технічний ун-т; уклад. Ж. І. Остапчук. - Вінниця: [б.в.], 1998. - 46 с.
7. Автоматика електроенергетичних систем. Практикум з дисципліни "Релейний захист та системна автоматика": Навч. посіб. для студ. спец. "Електричні мережі та системи"/О. Є. Рубаненко; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 1999. - 63 с.
8. Релейний захист та автоматика в електроенергетиці: Навч. посіб. для студ. спец. "Електрична частина електричних станцій", "Електричні мережі та системи", "Електротехнічні системи та системи електроспоживання" / В. М. Кутін [та ін]; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2001. - 104 с.

9. Методичні вказівки до вибору схем розподільних пристроїв підстанцій напругою 35-750 кВ з курсу "Електричні системи та мережі" для студентів спеціальності "Електричні системи та мережі" / Національний технічний ун-т "Харківський політехнічний ін-т" ; уклад. В. П. Волков. - Х.: НТУ "ХПІ", 2001. - 19 с.

10. Конструкції повітряних ліній електропередачі. Курсове проектування: навч. посібник для студ. спец. 7.090602 "Електричні системи і мережі" / М. О. Головатюк; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця : ВДТУ, 2001. - 107 с.: рис. - Бібліогр.: с. 106-107

11. Експлуатація повітряних ліній електропередачі: навч. посіб. для студ. спец. 7.090602 "Електричні системи і мережі" / М. О. Головатюк; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2001. - 129 с.: рис. - Бібліогр.: с. 129

12. Електромонтажні роботи. Електричні мережі до 1000 В: Навч. посібник для студ. електротехн. спец. з дисципліни "Робоча професія" / О. Д. Демов [і др.]; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 55 с.

13. Електричні системи та мережі [Текст]: методичні вказівки до виконання курсового проекту для студ. спец. 7.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" денної та заоч. форм навчання / Національний ун-т харчових технологій; уклад. С. Є. Вакуленко. - К.: НУХТ, 2002. - 51 с.: рис. - Бібліогр.: с. 51-52

14. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні: навч. посібник для студ. спец. 7.090601 - "Електричні станції, 7.090602 - "Електричні системи і мережі" / Ю. В. Лук'яненко [та др.]; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 111 с.: рис. - Бібліогр.: с.111.

15. Денисюк А.Ю., Хливнюк М.Г., Шестак І.М. Комп'ютерна електроніка: Навч. Посіб. - Житомир: ЖВІ, 2017. - с. 33-44.

16. Електричні мережі систем електропостачання [Текст] : навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / Г. Г. Півняк [та ін.]; ред. Г. Г. Півняк; Національний гірничий ун-т. - Д.: НГУ, 2003. - 316 с.: рис. - Бібліогр.: с. 311. - ISBN 966-8271-45-9