МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Фещенко Вадим Вячеславович

УДК 621.3.01

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування та світлотехнічний розрахунок системи освітлення токарного цеху промислового підприємства

(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

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

Фещенко В.В.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Денисюк Анатолій Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)
к.т.н., доцент кафедри електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Фещенко В.В**.** Обґрунтування та світлотехнічний розрахунок системи освітлення токарного цеху промислового підприємства. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

Основною метою роботи **є** розрахунок системи освітлення токарного цеху промислового підприємства.

Результатом роботи є вибір джерел світла, вибір нормованої освітленості та коефіцієнту запасу та світлотехнічий розрахунок освітлювальної установки.

Ключові слова: електроприймач, комплектні конденсаторні установки, розподільний пункт, пристрій заземлення.

ABSTRACT

Feshchenko V.V. Justification and lighting calculation of the lighting system of the turning shop of an industrial enterprise. Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics - Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

The main purpose of the work is the calculation of the lighting system of the turning shop of an industrial enterprise.

The result of the work is the selection of light sources, the selection of normalized illumination and the reserve factor and the lighting calculation of the lighting installation.

Keywords: electrical receiver, complete capacitor installations, distribution point, grounding device.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОКАРНОГО ЦЕХУ	7
1.1. Основні поняття та визначення	7
1.2. Характеристика системи електропостачання	10
1.3. Призначення та склад електричного обладнання	12
1.4. Вибір величини напруги живлення	13
Висновки по розділу 1	14
РОЗДІЛ 2. ВИБІР СХЕМИ ЦЕХОВОЇ СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ	15
Вибір схеми цехової силової мережі	15
Висновки по розділу 2	17
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ТОКАРНОГО ЦЕХУ	18
3.1. Вибір джерел світла	18
3.2. Вибір нормованої освітленості та коефіцієнту запасу	19
3.3. Світлотехнічий розрахунок освітлювальної установки	23
Висновки по розділу 3	33
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	35

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АВР – автоматичне включення резерву

АД – асинхронний двигун

ЕО – електрообладнання

ЕП – електроприймач

ККУ – комплектні конденсаторні установки

НН – низька напруга

ПЗ – пристрій заземлення

ПС – підстанція

ПУЕ – Правила устаткування електроустановок

РП – розподільний пункт

ШНВ – шафа низьковольтна ввідна

ШНЛ – шафа низьковольтна лінійна

ШРА – шинопровід розподільчий алюмінієвий

ЩАО – щиток аварійного освітлення

ЩРО – щиток робочого освітлення

ВСТУП

Актуальність роботи. Від ефективності системи електропостачання безпосередньо залежить продуктивність, безпека та економічна доцільність роботи підприємства. Сучасні промислові підприємства характеризуються високою концентрацією електрообладнання та значним споживанням електроенергії. Це висуває особливі вимоги до проектування, монтажу та експлуатації систем електропостачання. Через це питання визначення розрахунок системи освітлення підприємства є актуальними.

Метою роботи є раціональний вибір системи освітлення токарного цеху промислового підприємства.

Для досягнення запланованого в роботі реалізуються такі завдання:

1. Здійснення аналізу схеми електропостачання цеху, обрання рівня живлючої напруги.

2. Виконання розрахунку системи освітлення токарного цеху промислового підприємства.

Об'єктом дослідження є аналіз токарного цеху, структура та склад електрообладнання розглядаємого цеху, вибір системи освітлення.

Предметом дослідження є електрична схема токарного цеху з урахуванням системи освітлення.

Методи досліджень. Під час проведення досліджень, використовувалися методи системного аналізу, методи математичного моделювання.

Практична значимість результатів роботи:

Сформовано методологічні засади покращення вибору, електропостачання промислового об'єкту, що дають змогу успішно вирішувати такі практичні проблеми:

1. Удосконалити вибір системи електропостачання типового промислового об'єкта згідно з його особливостями, можливостями для встановлення необхідного обладнання.

2. Надалі проводити розбудову системи освітлення.

Перелік публікацій автора за темою дослідження :

Фещенко В.В. ВИБІР НОРМОВАНОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ ТА КОЕФІЦІЄНТУ ЗАПАСУ.

Наукові читання – 2026: збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 20 квітня 2026 р. Житомир: Поліський національний університет, 2026. - С 96-98.

Фещенко В.В. Бенедищук О. В. СВІТЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК АВАРІЙНОГО ОСВІТЛЕННЯ ТОКАРНОГО ЦЕХУ.

Наукові читання – 2026: збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 20 квітня 2026 р. Житомир: Поліський національний університет, 2026. - С 93-95.

1. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОКАРНОГО ЦЕХУ МАШИНОБУДІВЕЛЬНОГО ЗАВОДУ

1.1. Основні поняття та визначення. Термінологічний словник

Сучасне життя важко уявити без вживання електричної енергії. Вона використовується у всіх сферах господарської діяльності [1].

Електрична енергія продукується на електричних станціях, що пов'язані між собою та зі споживачами електричними системами [2].

Розробка енергосистем дозволяє не лише підвищити економічність енергозабезпечення, а й відчутно збільшити його стійкість, надійність та якість [4].

Частину енергосистеми, що об'єднує генератори, розподільні пристрої (РУ), трансформаторні підстанції (ТП) та споживачі електричної енергії (електроприймачі – ЕП), прийнято називати *електричною системою*.

Частина електричної системи, до якої входять ТП та лінії різних напруг, називають *електричною мережею (ЕС)*. ЕС поділяються на живильні та розподільні.

Живлячі електричні мережі здійснюють передачу (транспорт, каналізацію) електричної енергії до розподільчих пунктів (РП) або ТП та не мають підключених ЕП.

Розподільні електричні мережі передають електроенергію від знижувальних ТП безпосередньо споживачам, або за повітряними лініями електропередачі (ПЛ), або кабельними лініями (КЛ) [3].

На різних ієрархічних рівнях електроенергетики та різних ситуаціях провідними є ті чи інші критерії. Однак у всіх випадках підвищення надійності як обов'язкова умова підвищення ефективності виробництва пов'язане зі збільшенням витрат, що вкладаються у створення та експлуатацію енергетичних систем, їх частин та елементів.

Одним з найважливіших завдань електропостачання, при забезпеченні його надійності у будь-якій галузі господарської діяльності, є найбільш

доцільне мережне будівництво. Воно полягає не тільки у прийнятті професійних рішень щодо схем електропостачання на стадії проектування, а й у використанні найсучаснішого мережного обладнання [4].

Якість електричної енергії, як невід'ємний атрибут будь-якого товару, є найбільш всеосяжною характеристикою як товаровиробника (енергопостачальної організації), так і безпосередньо споживача, що є джерелом спотворень, що вносяться в роботу енергосистеми в цілому.

Електроенергетичною системою називається електрична частина енергосистеми та приймачі електричної енергії, що живляться від неї, об'єднані спільним процесом виробництва, передачі, розподілу та прийому електричної та інших видів енергії [5].

Електричною системою (*енергосистемою*) називається сукупність електростанцій електричних та теплових мереж, з'єднаних між собою та пов'язаних спільністю режиму у безперервному процесі виробництва, перетворення та розподілу електричної енергії та теплоти при загальному керуванні цим режимом.

*Електричною частиною*системиназивається сукупність електроустановок електричних станцій та електричних мереж енергосистем.

Електропостачанням називаєтьсязабезпечення споживачів електричною енергією

Системою електропостачання називається сукупність електроустановок, призначених для забезпечення споживачів електричною енергією.

Електрична мережа є пристроєм, що з'єднує джерела живлення зі споживачами електричної енергії. Основним призначенням електричних мереж є *електропостачання споживачів,* а також передача енергії на великі відстані [7].

Вузловою розподільчою підстанцією (ВРП) є підстанція підприємства напругою 110-220 кВ, що отримує електроенергію від енергосистеми та

розподіляє її за головними низькими підстанціями (ГПП) або підстанціями глибокого введення (ПГВ) по території підприємства [7].

Головна низька підстанція (ГПП) - являє собою трансформаторну підстанцію, що отримує електроенергію від енергосистеми на напругах 35 кВ і вище та розподіляє її територією підприємства.

Підстанція глибокого введення (ПГВ) –підстанції110/10 та 35/0,4 кВ, що виконуються за спрощеними схемами первинної комутації, що отримує живлення від енергосистеми або вузлової розподільної підстанції даного підприємства та призначена для живлення окремого цеху, корпусу, групи цехів підприємства.

Центральний розподільчий пункт (ЦРП) – РУ підприємства, одержує електроенергію від енергосистеми на напрузі 6-10 кВ і розподіляє її на тій же напрузі на території підприємства [9].

Внутрішньоцехова підстанція -підстанція, розташована всередині виробничої будівлі (відкрито або в окремому закритому приміщенні).

Стовпова (щогла) трансформаторна підстанція -відкрита трансформаторна підстанція, все обладнання якої встановлено на конструкціях або опорах повітряних ліній на висоті, що не потребує огородження підстанції.

Струмопровід -пристрій, призначений для передачі та розподілення електроенергії, що складається з неізольованих та ізольованих провідників та ізоляторів, що відносяться до них, захисних оболонок, відгалужувальних пристроїв, підтримуючих та опорних конструкцій.

Шинопровід -жорсткий струмопровід до1 кВ, що постачається комплектними секціями.

Головний розподільчий щит (ГРЩ) - розподільний щит, через який постачається електроенергією вся будівля або її відокремлена частина.

Центральний розподільчий пункт (ЦРП) –РУ підприємства, одержує електроенергію від енергосистеми на напрузі 6-10 кВ і розподіляє її на тій же напрузі на території підприємства [11].

Внутрішньоцехова підстанція -підстанція, розташована всередині виробничої будівлі (відкрито або в окремому закритому приміщенні).

Стовпова (щогла) трансформаторна підстанція -відкрита трансформаторна підстанція, все обладнання якої встановлено на конструкціях або опорах повітряних ліній на висоті, що не потребує огородження підстанції.

Струмопровід -пристрій, призначений для передачі та розподілення електроенергії, що складається з неізольованих та ізольованих провідників та ізоляторів, що відносяться до них, захисних оболонок, відгалужувальних пристроїв, підтримуючих та опорних конструкцій.

Шинопровід -жорсткий струмопровід до1 кВ, що постачається комплектними секціями.

*Головний розподільчий щит (ГРЩ)*розподільний щит, через який постачається електроенергією вся будівля або її відокремлена частина.

Центральний розподільчий пункт (ЦРП) –РУ підприємства, одержує електроенергію від енергосистеми на напрузі 6-10 кВ і розподіляє її на тій же напрузі на території підприємства.

Стовпова (щогла) трансформаторна підстанція -відкрита трансформаторна підстанція, все обладнання якої встановлено на конструкціях або опорах повітряних ліній на висоті, що не потребує огородження підстанції [15].

1.2.Характеристика системи електропостачання

Електропостачання промислових підприємств є складним і багатоаспектним процесом, що забезпечує надійне та безперебійне функціонування виробничих потужностей. Від ефективності системи

електропостачання безпосередньо залежить продуктивність, безпека та економічна доцільність роботи підприємства. Сучасні промислові підприємства характеризуються високою концентрацією електрообладнання та значним споживанням електроенергії. Це висуває особливі вимоги до проектування, монтажу та експлуатації систем електропостачання. Важливим аспектом є забезпечення якості електроенергії, оскільки відхилення параметрів від норми можуть призвести до збоїв у роботі обладнання та зниження якості продукції, що випускається. Системи електропостачання промислових підприємств повинні бути спроектовані з урахуванням перспектив розвитку підприємства та збільшення його виробничих потужностей. Необхідно передбачати резервування основних елементів системи, а також можливість оперативного перемикання на резервні джерела живлення. Важливу роль відіграє впровадження сучасних технологій та обладнання, що дозволяють підвищити ефективність використання електроенергії та знизити витрати на її оплату. На закінчення слід зазначити, що надійне та ефективне електропостачання є одним із ключових факторів успішної роботи будь-якого промислового підприємства [10].

Електропостачання промислових підприємств являє собою складний і багатогранний процес, що забезпечує надійну та безперебійну роботу виробничих потужностей. Від ефективності системи електропостачання безпосередньо залежить продуктивність, безпека та економічна доцільність роботи підприємства. Сучасні промислові підприємства характеризуються високою концентрацією електрообладнання та значним споживанням електроенергії. Це висуває особливі вимоги до проектування, монтажу та експлуатації систем електропостачання. Важливим аспектом є забезпечення якості електроенергії, оскільки відхилення параметрів від норми можуть призвести до збоїв у роботі обладнання та зниження якості продукції. 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. На завершення слід відзначити, що надійне та ефективне електропостачання є одним з ключових факторів успішної роботи будь-якого промислового підприємства [14].

1.3. Призначення та склад електричного обладнання

Досліджуваний токарний цех призначений для виготовлення та обробки деталей машин, інструментів, заготовок із металу, дерева, пластику тощо шляхом обертання заготовки навколо нерухомого різального інструменту, що включає точіння циліндричних, конічних, фасонних поверхонь, підрізання торців, нарізання різьби, свердління та інші операції для створення потрібної форми, розмірів та шорсткості поверхні.

У цеху встановлене наступне устаткування.

Таблиця 1.1. Устаткування та обладнання, що входить до складу цеху

№ з/п	Номер на плані	Найменування електроприймачів
1	1, 2	Токарно-револьверні багатоцільові верстати
2	3, 21, 27	Кран-балка
3	4, 5	Токарні верстати з ЧПУ
4	6, 7, 15, 16	Свердлильно-фрезерні верстати
5	8	Кондиціонер
6	9, 10, 11, 12	Токарні верстати з ЧПУ збільшеної точності
7	13, 17, 18	Координатно-свердлильні горизонтальні верстати
8	14	Стругальний верстат

9	19	Шліфувальний верстат
10	20	Наждачний верстат
11	22, 23	Токарні багатоцільові дротово-патронні модулі
12	24, 29, 30	Токарні-вертикальні напівавтомати з ЧПУ
13	25, 26, 28	Координатно-свердлильні вертикальні верстати

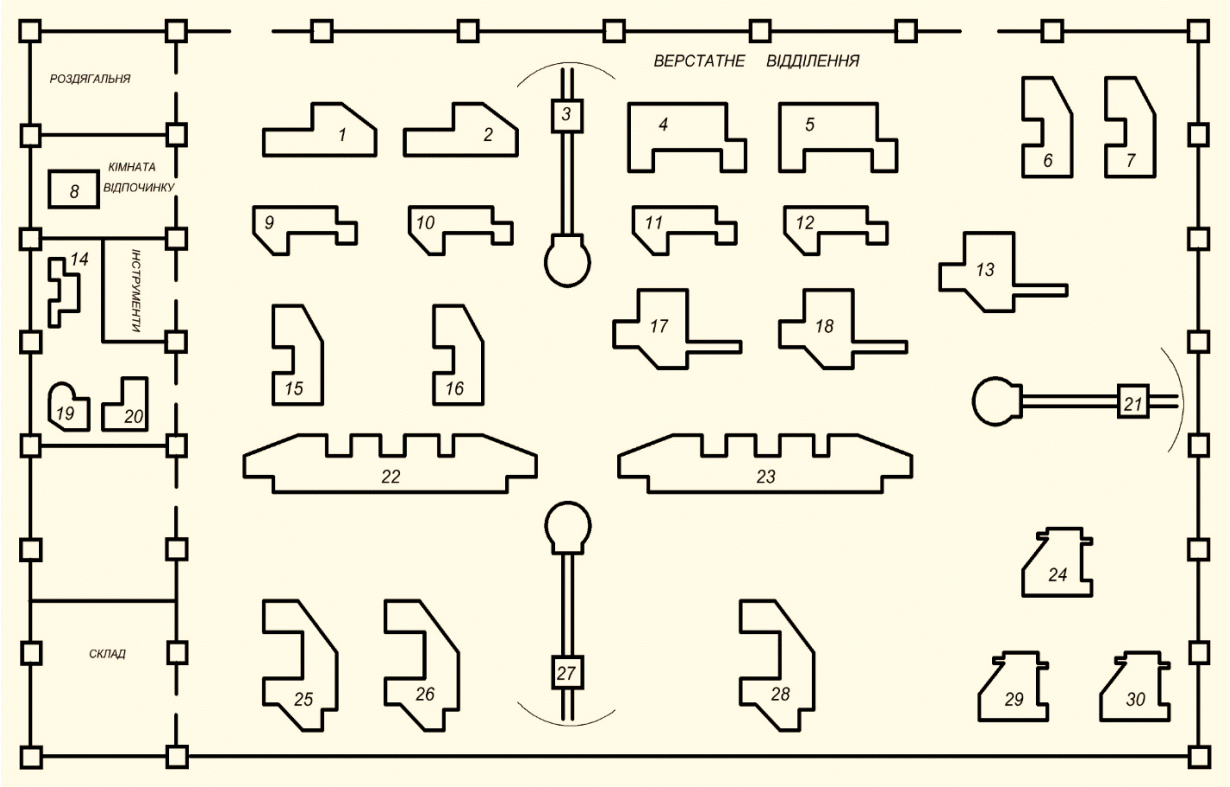


Рисунок 1.1–Розміщення технологічного обладнання

1.4.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.

Використаннянапруги 6 кВ повинно визначатись наявністю електроустаткування на 6 кВ та техніко-економічними показниками під час виборувеличини 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 Вза ізольованоїнейтралі або постійному струмі[3].

Проаналізувавши вихідні дані, для живлення електрообладнання токарного цеху обираю напругу 0,4 кВ.

Висновки по першому розділу

В даному розділі було проаналізовано класифікацію споживачів електроенергії по ступені надійності електропостачання, та обрана категорія надійності токарного цеху для розрахунків електропостачання.

2. ВИБІР СХЕМИ ЦЕХОВОЇ СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ

2.1. 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).

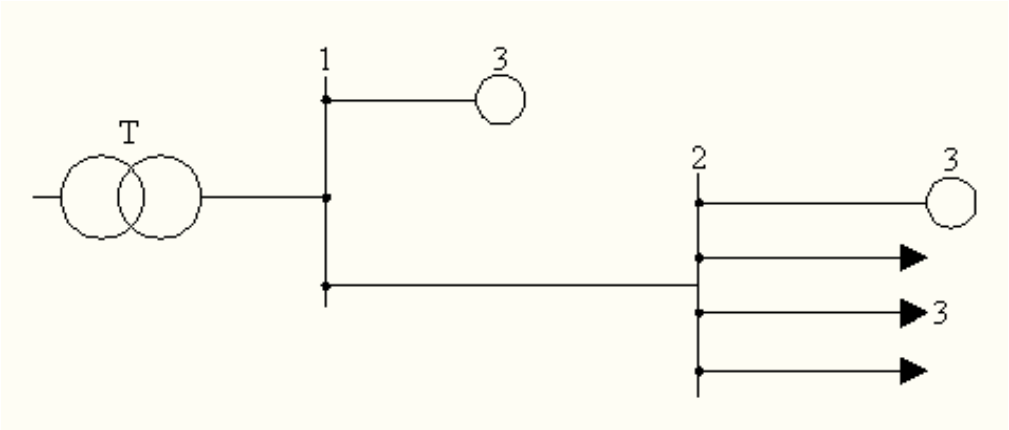


Рисунок 1.1 – Радіальна схема живлення електро приймачівпри напрузі до 1 кВ: 1 - розподільний пристрій низької напруги (НН) цехової підстанції; 2 - силова розподільна шафа; 3 - електроприймачі.

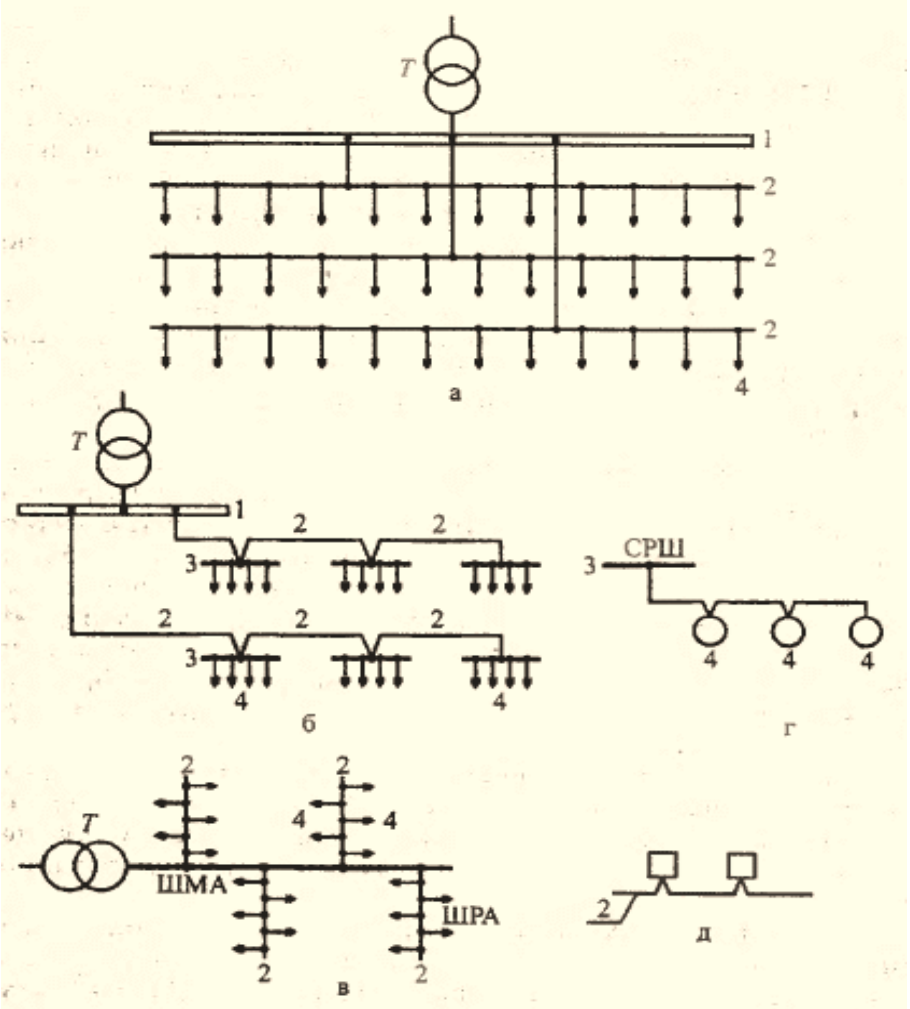


Рисунок 1.2 – Магістральні схеми живлення електроприймачів при напрузі до 1 кВ: а – з розподіленим навантаженням; б – з зосередженим навантаженням; в – блок “трансформатор-магістраль”; г - “ланцюжок; д – модульна; 1 - розподільний пристрій НН ЦТП; 2 – магістралі; 3 - силова розподільна шафа; 4 - електроприймачі.

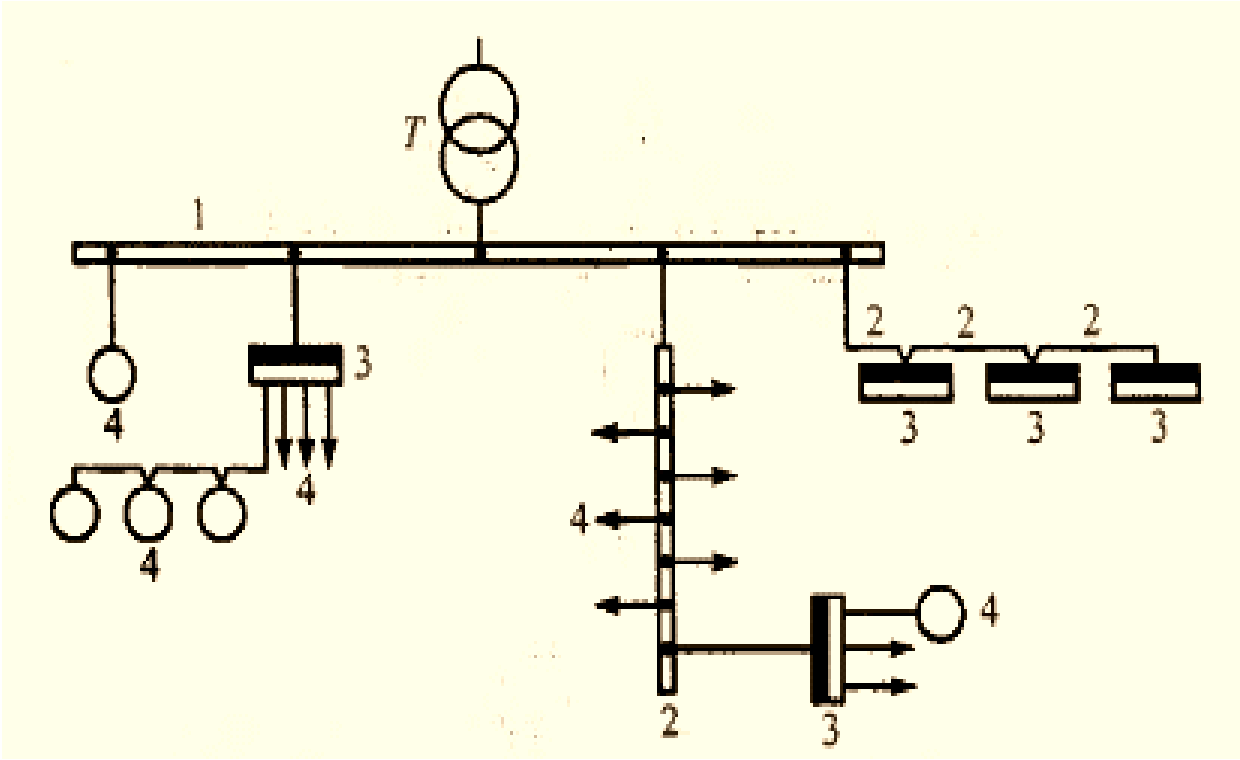


Рисунок 1.3 – Приклад змішаної схеми: 1 - розподільний пристрій НН ЦТП; 2 – магістралі; 3 - силова розподільна шафа; 4 - електроприймачі.

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

Висновки по другому розділу

В даному розділі було обрана схема цехової силової мережі. Цех відноситься до II категорії надійності елетропостачання, в якості напруги живлення ЦТП обрана напруга 10 кВ, а живлення електроприймачів цеху буде здійснюватися напругою 380 В.

3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ЦЕХУ

3.1 Вибір джерел світла

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

Результати вибору джерел світла заносимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 –Вибір мінімальних рівнів освітленості приміщень і коефіцієнтів запасу

№	*Найменування приміщення*	*Розміри приміщення, м*			*Джерела світла*	
		Висота H	*Довжина A*	*Ширина B*	*Загальне*	*Аварійне*
1	Верстатне відділення	8	12	42	*ДРЛ*	*ЛР*
2	Роздягальня	4	18	30	*ДРЛ*	
3	Кімната відпочинку	4	8	6	*ЛЛ (ЛБ)*	
4	Інструментальна	4	8	6	*ЛЛ (ЛБ)*	*ЛР*
5	Кімната для точіння	4	6	6	*ЛЛ (ЛБ)*	*ЛР*
6	ЦТП	8	6	6	*ЛЛ (ЛБ)*	*ЛР*
7	Склад	4	10	6	*ЛЛ (ЛБ)*	*ЛР*

3.2 Вибір нормованої освітленості та коефіцієнту запасу

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

Результати вибору джерел світла заносимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 –Вибір мінімальних рівнів освітленості приміщень і коефіцієнтів запасу

Найменування приміщення	Площина нормування освітленості і її висот від підлоги, м	Нормовані значення	
		Освітленість лк	Коефіцієнт запасу $К_з$, о.е
Верстатне відділення	Г-зона обробки	300	1,5
Роздягальня	Г-0,8	150	1,3
Кімната відпочинку	Г-0,8	150	1,3
Інструментальна	Г-0,8	150	1,3
Кімната для точіння	Г-0,8	200	1,3
ЦТП	В-1,5	150	1,3
Склад	Г-0,8	150	1,3

Класифікація світильників

Класи світильників залежно від співвідношення світлового потоку	
1	*П – прямого світла*
2	*Н – переважно прямого світла*
3	*Р – розсіяного світла*
4	*В – переважно відбитого світла*
5	*О – відбитого світла*
Характеристика світильників за типом кривої сили світла	

1	*концентрована* $(К)$
2	*глибока* $(Г)$
3	*косинусна* $(Д)$
4	*напівширока* $(Л)$
5	*широка* $(Ш)$
6	*рівномірна* $(М)$
7	*синусна* $(С)$
Класи світильників за конструктивним виконанням	
1	*відкриті*
2	*захищені*
3	*закриті*
4	*захищені від проникнення тонкого пилу*
5	*вологозахищені*
6	*вибухозахищені*
Класи світильників за способом установки	
1	*С – підвісні*
2	*П – стельові*
3	*Б – настінні*
4	*Т – напідложні*
5	*В – що вбудовуються*
6	*Д – що пристроюються*
7	*К – консольні*
8	*Р – переносні*
Класи світильників за основним призначенням	
1	*П – для промислових підприємств*

2	*Р – для рудників і шахт*
3	*ПРО – для суспільних будинків*
4	*Б – для житлових (побутових) приміщень*
5	*В – для зовнішнього освітлення*
6	*Т – для телевізійних студій*

Результати вибору світильників заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 –Вибір світильників робочого й аварійного (евакуаційного)освітлення

Найменування приміщення	Розміри приміщення, м		Тип світильника / Тип джерела світла		Система захисту IP
	Висота Н	А×В	Загальне	Аварійне	
Верстатне відділення	9	42×28	РСП ДРЛ	НСП ЛР	20
Роздягальня	3	6×4	ЛСП ЛБ	–	54
Кімната відпочинку	3	6×4	ЛСП ЛБ	–	54
Інструментальна	3	4×3	ЛСП ЛБ	–	20
Кімната для точіння	3	8×4,5	ЛСП ЛБ	–	20
ЦТП	4	6×6	ЛБП ЛБ	–	20
Склад	3	6×6	ЛСП ЛБ	–	54

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

$$H_p = H - \left(h_c + h_p\right), \tag{3.1}$$

де H – висота приміщення;

h_c – висота звисання світильника;

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

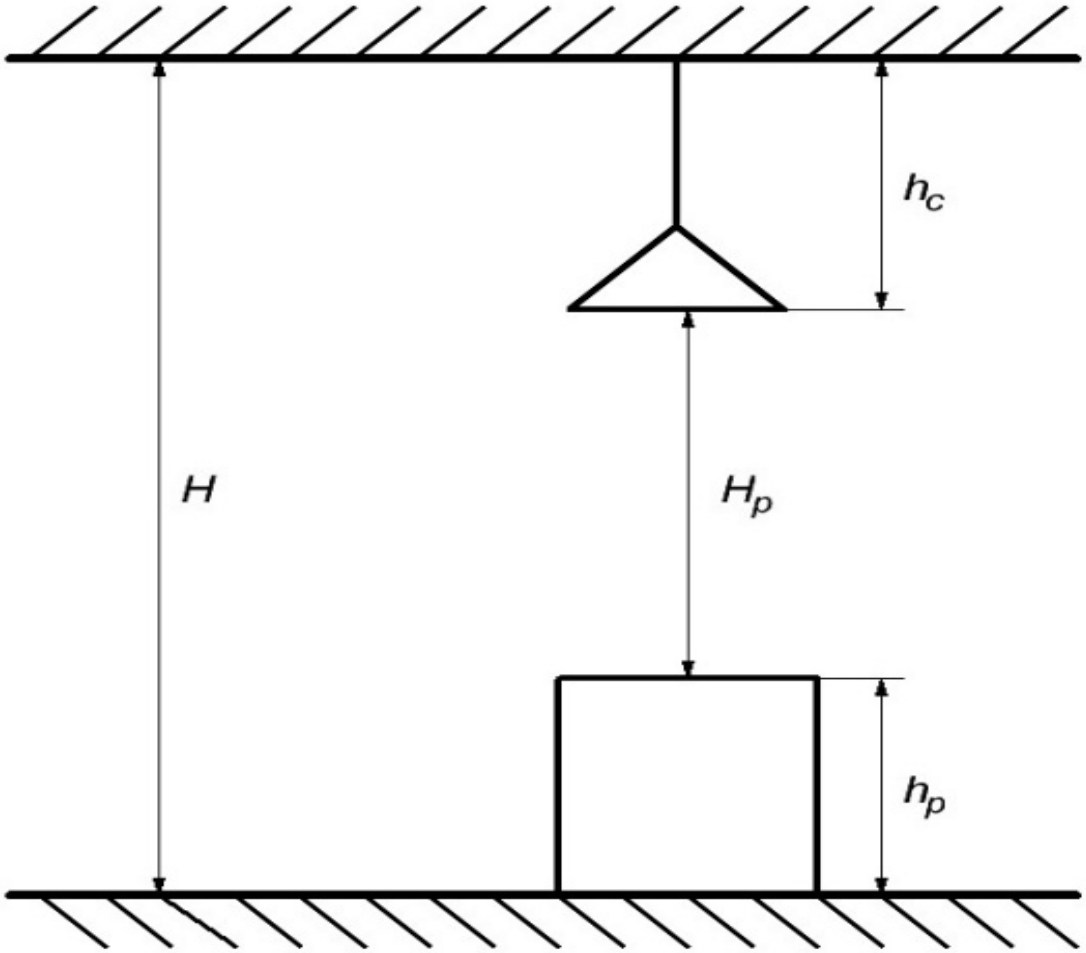


Рисунок 3.1 – Розміщення світильників

Визначимо висота підвісу світильників визначається за формулою:

$$H_p = H - (h_c + h_p) \tag{3.2}$$

1) Верстатне відділення:

$$H_p = 9 - (1{,}5 + 0{,}8) = 6{,}7 м$$

2) Роздягальня

$$H_p = 3 - (0{,}5 + 0{,}8) = 1{,}7 м$$

3) Кімната відпочинку

$$H_p = 3 - (0{,}5 + 0{,}8) = 1{,}7\ м$$

4) Інструментальна

$$H_p = 3 - (0{,}5 + 0{,}8) = 1{,}7\ м$$

5) Кімната для точіння ріжучого інструменту

$$H_p = 3 - (0{,}5 + 0{,}8) = 1{,}7\ м$$

6) ЦТП

$$H_p = 4 - (1{,}0 + 1{,}5) = 1{,}5\ м$$

7) Склад

$$H_p = 3 - (0{,}5 + 0{,}8) = 1{,}7\ м$$

3.3. Світлотехнічий розрахунок освітлювальної установки

Світлотехнічний розрахунокверстатноговідділення:

Дано: $E_н = 300\ лк,\ K_з = 1{,}5,\ A = 42м,\ B = 28м,\ H_р = 6{,}7м$

Найвигіднішу відносну відстань знайдемо по таблиці 7.1 [8]: для типу КСС – «Г» $L / H_р = 0{,}95$, звідки $L = 0{,}95 \cdot H_р = 0{,}95 \cdot 6{,}7 = 6{,}4м$

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни:

$$l = 0{,}3 \cdot L = 0{,}3 \cdot 6{,}4 = 1{,}9м$$

Число рядів:

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1 \qquad (3.3)$$

$$R = \frac{28 - 2 \cdot 1{,}9}{6{,}4} + 1 = 4{,}78 \approx 5$$

Число світильників у ряді:

$$N_R = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1 \tag{3.4}$$

$$N_R = \frac{42 - 2 \cdot 1{,}9}{6{,}4} + 1 = 6{,}98 \approx 7$$

Кількість світильників:

$$N_{св} = N_R \cdot R \tag{3.5}$$

$$N_{св} = 7 \cdot 5 = 35 \text{ шт}$$

Відстань між рядами світильників:

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l}{R - 1} \tag{3.6}$$

$$L_B = \frac{28 - 2 \cdot 1{,}9}{5 - 1} = 6{,}1 \text{ м}$$

Відстань між центрами світильників у ряді:

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l}{N_R - 1} \tag{3.7}$$

$$L_A = \frac{42 - 2 \cdot 1{,}9}{7 - 1} = 6{,}4 \text{ м}$$

Так як приміщення прямокутне, то перевіримо умову:

$$1 \le \frac{L_A}{L_B} \le 1{,}5 \tag{3.8}$$

Так як приміщення прямокутне, то перевіримо умову:

В нашому випадку $L_A / L_B = 1,$ умова виконується.

Коефіцієнти відбиття:

від стелі $\rho_п = 50\%,$ від стін $\rho_с = 30\%,$ від підлоги $\rho_р = 10\%$ в

Коефіцієнт нерівномірності: $z = 1{,}15$

Індекс приміщення за формулою (2.19):

$$i_n = \frac{42 \cdot 28}{6,7 \cdot (42 + 28)} = 2,5$$

Для КСС «Г» та $i_n = 2,5$ при заданих коефіцієнтах відбиття знаходимо з таблиці 8.1[8] методом лінійної інтерполяції коефіцієнт використання світлового потоку:

$$\eta_{ОУ} = \eta_м + \left(\frac{\eta_б - \eta_м}{i_б - i_м} \right) \cdot (i_n - i_м) \qquad (3.9)$$

$$\eta_{ОУ} = 70 + \left(\frac{76 - 70}{3 - 2} \right) \cdot (2,5 - 2) = 73\ \%$$

Світловий потік одного світильника за формулою:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 1176 \cdot 1,15}{35 \cdot 0,73} = 23819\ \ лм$$

З таблиці 5.6 [8] обираємо джерело світла лампу ДРЛ400 з $\Phi_{ном}$=24000 лм, а з таблиці 6.6 [8] світильник РСП 18-400.

Установлений світловий потік $\Phi_{уст}$=24000·35=84·10^4 лм

Установлена потужність $P_{уст}$=400·35=14000 Вт

Світлотехнічний розрахунок допоміжних приміщень:

Роздягальня, кімната відпочинку:

Дано: $E_н = 150\ лк,\ K_з = 1,3,\ A = 6\ м,\ B = 4м,\ H_р = 1,7м$

Найвигіднішу відносну відстань знайдемоз таблиці 7.1[8]: для типу КСС –«Д» $L / H_р = 1,5$, звідки $L = 1,5 \cdot H_р = 1,5 \cdot 1,7 = 2,6\ м$

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни:

$$l = 0,3 \cdot L = 0,3 \cdot 2,6 = 0,8\ м$$

Число рядів:

$$R = \frac{4 - 2 \cdot 0,8}{2,6} + 1 = 1,92 \approx 2$$

Число світильників у ряд:

$$N_R = \frac{6 - 2 \cdot 0{,}8}{2{,}6} + 1 = 2{,}69 \approx 3$$

Кількість світильників:

$$N_{СВ} = 6 \ шт$$

Відстань між рядами світильників:

$$L_B = \frac{4 - 2 \cdot 0{,}8}{2 - 1} = 2{,}4 \ м$$

Відстань між центрами світильників у ряді:

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 0{,}8}{3 - 1} = 2{,}4 \ м$$

Так як приміщення прямокутне, то перевіримо умову:

В нашому випадку $L_A / L_B = 1,$ умова виконується.

Коефіцієнти відбиття:

від стелі $\rho_п = 70\%,$ від стін $\rho_с = 50\%,$ від підлоги $\rho_р = 10\%.$.

Коефіцієнт нерівномірності : $z = 1{,}1$

Індекс приміщення за формулою (2.19): I

$$i_п = \frac{6 \cdot 4}{1{,}7 \cdot (6 + 4)} = 1{,}4$$

Для КСС «Д» та $i_п$ = 1,4 при заданих коефіцієнтах відбиття знаходимо з таблиці 8.1 [8] методом лінійної інтерполяції коефіцієнт використання світлового потоку за формулою (2.9):

$$\eta_{ОУ} = 63 + \left(\frac{63 - 56}{2 - 1{,}25} \right) \cdot (1{,}4 - 1{,}25) = 64{,}4 \ \%$$

Світловий потік одного світильника:

$$\Ф = \frac{150 \cdot 1{,}3 \cdot 24 \cdot 1{,}1}{6 \cdot 0{,}64} = 1340 \ лм$$

З таблиці 5.3 [8] обираємо джерело світла лампу ЛБ18 з $Ф_{ном}$=1250 лм, а

з таблиці 6.6 [8] світильник ЛСП18-18.

Установлений світловий потік $\Phi_{уст} = 1250 \cdot 6 = 7,5 \cdot 10^3 \, лм$

Установлена потужність $P_{уст} = 18 \cdot 6 = 108 \, Вт$

Відстань між світильниками в ряді:

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l - N_R \cdot l_c}{N_R - 1} \qquad (3.10)$$

де l_c – довжина одного світильника

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 0,8 - 3 \cdot 0,72}{3 - 1} = 1,1 \quad м$$

Інструментальна:

Дано: $Е_н$=150 лк, $К_з$=1,3, А=4 м, В=3 м, $Н_р$=1,7 м.

Найвигіднішу відносну відстань знайдемо з таблиці 7.1[8]: для типу КСС – «Д» $L / H_р$=1,5, звідки L=1,5$\cdot H_р$= 1,5$\cdot$1,7=2,6 *м*

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни:

$$l = 0,3 \cdot L = 0,3 \cdot 2,6 = 0,8 \, м$$

Число рядів:

$$R = \frac{3 - 2 \cdot 0,8}{2,6} + 1 = 1,53 \approx 2$$

Число світильників у ряді за формулою (3.4):

$$N_R = \frac{4 - 2 \cdot 0,8}{2,6} + 1 = 1,92 \approx 2$$

Кількість світильників за формулою (3.5):

$$N_{СВ} = 4 \, шт$$

Відстань між рядами світильників за формулою (3.6):

$$L_B = \frac{3 - 2 \cdot 0,8}{2 - 1} = 1,4 \, м$$

Відстань між центрами світильників у ряді за формулою (3.7):

$$L_A = \frac{4 - 2 \cdot 0{,}8}{2 - 1} = 2{,}4 \ м$$

Так як приміщення прямокутне, то умову в нашому випадку виконується.

Коефіцієнти відбиття:

від стелі $\rho_п = 70\%$, від стін $\rho_с = 50\%$, від підлоги $\rho_р = 10\%$. .

Коефіцієнт нерівномірності : $z = 1{,}1$

Індекс приміщення за формулою (3.19):

$$i_п = \frac{4 \cdot 3}{1{,}7 \cdot (4 + 3)} = 1$$

Для КСС «Д» та $i_п = 1$ при заданих коефіцієнтах відбиття знаходимо з таблиці 8.1 [8] методом лінійної інтерполяції коефіцієнт використання світлового потоку за формулою (2.26):

$$\eta_{ОУ} = 56 + \left(\frac{56 - 47}{1{,}25 - 0{,}8}\right) \cdot (1 - 0{,}8) = 60 \ \%$$

Світловий потік одного світильника:

$$Ф = \frac{150 \cdot 1{,}3 \cdot 12 \cdot 1{,}1}{4 \cdot 0{,}6} = 1175{,}6 \ лм$$

З таблиці 5.3 [8] обираємо джерело світла лампу ЛБ18 з $Ф_{ном}$=1250 лм, а з таблиці 6.6 [8] світильник ЛСП18-18.

Установлений світловий потік $Ф_{уст} = 1250 \cdot 4 = 5 \cdot 10^3$ лм

Установлена потужність $Р_{уст} = 18 \cdot 4 = 72$ Вт

Відстань між світильниками в ряді:

$$L_A = \frac{4 - 2 \cdot 0{,}8 - 2 \cdot 0{,}72}{2 - 1} = 1 \ м$$

Кімната для точіння ріжучого інструменту:

Дано: $Е_н$=200 *Лк*, $К_з$=1,3, *А*=4 *м*, *В*=3 *м*, *А*=4 *м*, *В*=6 *м*, *F*=36 $м^2$, $Н_р$=1,7 *м*

В зв'язку з тим, що приміщення не є прямокутнім, розрахунок проведемо за допомогою методу питомої потужності на одиницю освітлюваної площі [6].

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

Коефіцієнти відбиття : від стелі $\rho_п = 50\%$, від стін $\rho_с = 30\%$, від підлоги $\rho_р = 10\%$, коефіцієнт нерівномірності : $z = 1{,}1$.

За таблицею 8.7 [8] визначаємо табличне значення питомої потужності освітлення $P_{пит\ табл}$ = 4,2 Вт/м^2. Але це значення відповідає для $E_н$ =100 *Лк*, тому зробимо пропорціональний перерахунок:

$$P_{пит} = \frac{4{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 200}{1{,}5 \cdot 100} = 7{,}86 \quad Вт/м^2$$

Для освітлення приміщення планується використовувати світильники прямого світла ЛСП18-36.

Необхідна кількість світильників обчислюється за формулою:

$$N_{св} = \frac{P_{пит} \cdot F}{P_л} \qquad (3.28)$$

де $P_л$ потужність лампи, що застосовується у світильнику (у нашому випадку ЛБ36 з $P_л$ =36 *Вт*).

$$N_{св} = \frac{7{,}86 \cdot 36}{36} = 7{,}86 \approx 8 \quad шт$$

Для освітлення приміщення застосуємо 2 ряди по 3 світильники в ряді, та 1 ряд з 2 світильників.

Цехова трансформаторна підстанція:

Дано : $E_н$=150 лк, $K_з$=1,3, A=6 *м*, B=6 *м*, $H_р$=1,5 *м*

Найвигіднішу відносну відстань знайдемо по таблиці 7.1[8]: для типу КСС – «Д» $L / H_р = 1{,}5$, *звідки* $L = 1{,}5 \cdot H_р = 1{,}5 \cdot 1{,}5 = 2{,}25$ *м*

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни:

$$l = 0{,}3 \cdot L = 0{,}3 \cdot 2{,}25 = 0{,}7 \ м$$

Число рядів за формулою (3.3):

$$R = \frac{6 - 2 \cdot 0,7}{2,25} + 1 = 3,04 \approx 3$$

Число світильників у ряді за формулою (3.4):

$$N_R = \frac{6 - 2 \cdot 0,7}{2,25} + 1 = 3,03 \approx 3$$

Кількість світильників за формулою (3.5):

$$N_{СВ} = 9 \ шт$$

Відстань між рядами світильників за формулою (3.6):

$$L_B = \frac{6 - 2 \cdot 0,8}{3 - 1} = 2,2 \ м$$

Відстань між центрами світильників у ряді за формулою (3.7):

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 0,8}{3 - 1} = 2,2 \ м$$

Так як приміщення прямокутне, то перевіримо умову(3.8), яка в нашому випадку, $L_A / L_B = 1$ виконується.

Коефіцієнти відбиття:

від стелі $\rho_п = 70\%$, від стін $\rho_с = 50\%$, від підлоги $\rho_р = 10\%$. .

Коефіцієнт нерівномірності : $z = 1,1$

Індекс приміщення за формулою (3.19):

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

Для КСС «Д» та $i_п =$ 1,1 при заданих коефіцієнтах відбиття знаходимо з таблиці 8.1 [8] $\eta_{ОУ} = 63$ %

Світловий потік одного світильника:

$$Ф = \frac{150 \cdot 1,3 \cdot 36 \cdot 1,1}{9 \cdot 0,63} = 1270 \ лм$$

З таблиці 5.3 [8] обираємо джерело світла лампу ЛБ18 з $\Phi_{ст}$=1250 лм, а з таблиці 6.6 [8] світильник ЛБП12-18.

Установлений світловий потік $\Phi_{уст} = 1250 \cdot 9 = 11,25 \cdot 10^3 \ лм$

Установлена потужність приміщення $P_{уст} = 18 \cdot 9 = 162 \ Вт$

Відстань між світильниками в рядівизначимо за (3.27):

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 0,7 - 3 \cdot 0,72}{3 - 1} \approx 1,2 \ м$$

Склад:

Дано: $E_н$=150 лк, $K_з$=1,3, A=6 *м*, B=6 *м*, $H_р$=1,7 *м*

Найвигіднішу відносну відстань знайдемо по таблиці 7.1[8]: для типу КСС – «Д» $L / H_р = 1,5,$ звідки $L = 1,5 \cdot H_р = 1,5 \cdot 1,7 = 2,6 \ м$

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни:

$$l = 0,3 \cdot L = 0,3 \cdot 2,6 = 0,8 \ м$$

Число рядів за формулою (2.20):

$$R = \frac{6 - 2 \cdot 0,8}{2,6} + 1 = 2,69 \approx 3$$

Число світильників у ряді за формулою (3.21):

$$N_R = \frac{6 - 2 \cdot 0,8}{2,6} + 1 = 2,69 \approx 3$$

Кількість світильників за формулою (3.22):

$$N_{св} = 9 \ шт$$

Відстань між рядами світильників за формулою (3.7):

$$L_B = \frac{6 - 2 \cdot 0,8}{3 - 1} = 2,2 \ м$$

Відстань між центрами світильників у ряді за формулою (3.8):

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 0,8}{3 - 1} = 2,2 \ м$$

Так як приміщення прямокутне, то умова в нашому випадку, $L_A / L_B = 1$ виконується.

Коефіцієнти відбиття:

від стелі $\rho_п = 70\%$, від стін $\rho_с = 50\%$, від підлоги $\rho_р = 10\%$. .

Коефіцієнт нерівномірності : $z = 1,1$

Індекс приміщення:

$$i_п = \frac{6 \cdot 6}{1,7 \cdot (6 + 6)} = 1,8$$

Для КСС «Д» та $i_п = 1,8$ при заданих коефіцієнтах відбиття знаходимо з таблиці 8.1 [8] методом лінійної інтерполяції коефіцієнт використання світлового потоку за формулою (3.9):

$$\eta_{ОУ} = 63 + \left(\frac{63 - 56}{2 - 1,25} \right) \cdot (1,7 - 1,25) = 67,2 \ \%$$

Світловий потік одного світильника:

$$Ф = \frac{150 \cdot 1,3 \cdot 36 \cdot 1,1}{9 \cdot 0,67} = 1280 \ лм$$

З таблиці 5.3 [8] обираємо джерело світла лампу ЛБ18 з $Ф_{ст}$=1250 лм, а з таблиці 6.6 [8] світильник ЛСП18-18.

Установлений світловий потік $Ф_{уст} = 1250 \cdot 9 = 11,25 \cdot 10^3 \ лм$

Установлена потужність приміщення $P_{уст} = 18 \cdot 9 = 162 \ Вт$

Відстань між світильниками в ряді за формулою (3.27):

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 0,8 - 3 \cdot 0,72}{3 - 1} \approx 1,2 \ м$$

Висновки по третьому розділу

В даному розділі кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок електричного навантаження токарного цеху машинобудівельного заводу з врахуванням навантаження світлотехнічної установки повне навантаження цеху становить 167,3 кВА.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено аналіз складу електрообладнання токарного цеху машинобудівельного заводу.

В роботі було проаналізовано класифікацію споживачів електроенергії по ступені надійності електропостачання, та обрана категорія надійності токарного цеху для розрахунків електропостачання. Цех відноситься до ІІ категорії надійності елетропостачання, в якості напруги живлення ЦТП обрана напруга 10 кВ, а живлення електроприймачів цеху буде здійснюватися напругою 380 В, було проведено розрахунок електричного навантаження токарного цеху машинобудівельного заводу. Було встановлено, що повне навантаження технологічного обладнання $S_н$ =147,2 кВА, а з врахуванням навантаження світлотехнічної установки повне навантаження цеху становить 167,3 кВА.

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. "Электрична 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 - "Елетричні 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