

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Розробка системи електропостачання швейної фабрики

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТ-41

спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Дичко В. Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Бабюк С. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Мовчан Л. Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Коваль В. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Голотенко О. С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В. П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 02 » січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Дичку Віталію Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання швейної фабрики

Керівник роботи Бабюк Сергій Миколайович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 31 » грудня 2025 року № 4/7-1162

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Генеральний план фабрики, технологічний план розташування обладнання, встановлена активна потужність, категорії надійності споживачів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Характеристика об'єкта проектування. Розміщення обладнання в корпусі. Розташування ламп

корпус. Розташування ламп аварійного освітлення. Розподіл навантаження по силових пунктах.

Вибір кабельно-провідникової продукції. Вибір апаратів захисту. Схема електропостачання.

Розрахунок струмів короткого замикання. Економічна доцільність рішень. Основні результати роботи / Висновки та пропозиції

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	К.т.н., доцент Гурик О. Я.		

7. Дата видачі завдання 02 січня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.01.2026	
2	Аналітичний розділ	15.02.2026	
3	Розрахунковий розділ	01.04.2026	
4	Проектно-конструкторський розділ	15.05.2026	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2026	
6	Висновки	10.06.2026	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2026	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2026	

Студент

_____ (підпис)

Дичко В. Р.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бабюк С. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дичко Віталій Романович – Розробка системи електропостачання швейної фабрики.

Стор. – 62; рис. - 8; табл. - 16; джерел - 22; додатків - - .

У роботі виконано аналіз вимог до систем електропостачання та електроосвітлення виробничих приміщень, зокрема розглянуто питання надійності живлення, якості електроенергії, пожежної та електробезпеки, а також нормативні вимоги, що регламентують проектування електроустановок .

Проведено характеристику об'єкта проектування, визначено склад електроприймачів та встановлено, що їх сумарна потужність становить 318 кВт, що обумовлює необхідність реконструкції системи електропостачання . Електроприймачі віднесено до II категорії надійності.

У розрахунковій частині виконано розрахунок системи електроосвітлення виробничих приміщень із застосуванням світлодіодних світильників, визначено їх кількість, потужність та розташування. Окремо виконано розрахунок аварійного освітлення відповідно до нормативних вимог.

Здійснено розрахунок електричних навантажень, виконано групування електроприймачів, визначено розрахункові струми, обрано кабельно-провідникову продукцію та апарати захисту. Проведено розрахунок струмів короткого замикання для характерних точок мережі, що дозволило оцінити режими роботи системи в аварійних умовах.

Перелік ключових слів: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІ, ЕЛЕКТРИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ, АВАРІЙНЕ ОСВІТЛЕННЯ, СТРУМИ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ, КАБЕЛЬНІ ЛІНІЇ, АПАРАТИ ЗАХИСТУ, НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	<u>8</u>
1.1 Вимоги до системи електропостачання та електроосвітлення робочих цехів	<u>8</u>
1.2 Вимоги до побудови внутрішньої мережі електропостачання	<u>10</u>
1.3 Характеристика об'єкта проєктування	<u>13</u>
1.4 Висновки до розділу 1	<u>17</u>
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	<u>19</u>
2.1 Розрахунок електроосвітлення	<u>19</u>
2.1.1 Розрахунок основного електроосвітлення	<u>19</u>
2.1.2 Розрахунок аварійного електроосвітлення	<u>26</u>
2.2 Розрахунок електропостачання	<u>30</u>
2.2.1 Розбивка електроприймачів на групи, розподіл навантажень	<u>30</u>
2.2.2 Вибір конструктивного виконання та місць кабельних ліній електропроводки. Розподіл навантажень електроприймачів	<u>33</u>
2.3 Вибір кабельно-провідникової продукції та захисних автоматів	<u>39</u>
2.4 Висновки до розділу 2	<u>46</u>
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	<u>47</u>
3.1 Розрахунок струмів короткого замикання	<u>47</u>
3.1.1 Теоретична частина	<u>47</u>
3.1.2 Аналітична частина	<u>49</u>
3.2 Висновки до розділу 3	<u>53</u>
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	<u>54</u>
4.1 Обслуговування і огляди електроустановок	<u>54</u>
4.2 Організаційні і технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки	<u>57</u>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	<u>59</u>
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	<u>60</u>

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку промисловості, електротехнічних систем та інженерної інфраструктури будівель особливого значення набуває питання забезпечення надійного, безпечного та енергоефективного електропостачання виробничих і допоміжних приміщень. Електропостачання є однією з ключових складових функціонування будь-якого об'єкта, на якому експлуатується електротехнологічне обладнання, освітлювальні установки, системи вентиляції, допоміжні механізми та інші електроприймачі. Саме від правильно спроектованої системи електропостачання залежить стабільність роботи обладнання, якість електроенергії, рівень електробезпеки, економічність експлуатації та можливість подальшого розвитку об'єкта [1-3].

Для України дана проблема є особливо актуальною, оскільки значна кількість виробничих, навчально-виробничих та допоміжних приміщень і сьогодні експлуатується на базі застарілих систем електропостачання, які не повною мірою відповідають сучасним вимогам до надійності, енергоефективності, захисту та гнучкості електричних мереж. Додатковим фактором актуальності є необхідність модернізації внутрішніх систем електропостачання у зв'язку зі зростанням кількості електроприймачів, зміною характеру навантаження, впровадженням нового технологічного обладнання та переходом на сучасні освітлювальні установки [1-3].

Особливої уваги потребують об'єкти, в яких відбувається розширення виробничих або функціональних можливостей приміщень. У таких умовах зростання кількості обладнання та встановленої потужності призводить до необхідності перегляду існуючої схеми електропостачання, вибору нових кабельних ліній, апаратів захисту, комутаційного обладнання, а також оцінки допустимості режимів роботи мережі в нормальних та аварійних умовах. Саме така ситуація покладена в основу даної кваліфікаційної роботи, де розглядається об'єкт цехового типу з перспективою збільшення кількості електроприймачів та зростанням сумарної встановленої потужності практично в 10 разів, що

об'єктивно вимагає технічного переосмислення існуючої системи електропостачання

Під час проектування або реконструкції електропостачання таких приміщень необхідно враховувати не лише потужність силового обладнання, а й вимоги до систем робочого та аварійного освітлення, електробезпеки, пожежної безпеки, умов монтажу електропроводки, допустимих втрат напруги, захисту від струмів короткого замикання та перевантаження. Окрему увагу слід приділяти якості внутрішнього електроосвітлення, оскільки саме освітлення безпосередньо впливає на умови праці, безпеку перебування персоналу в приміщенні, точність виконання технологічних операцій і загальну ергономіку робочого середовища.

У сучасних умовах електропостачання виробничих приміщень неможливо розглядати без урахування принципів енергоефективності. Використання сучасних LED-світильників, раціональне групування навантажень, обґрунтований вибір перерізів кабелів, застосування ефективних апаратів захисту та оптимізація режимів роботи мережі дозволяють не лише забезпечити надійне живлення електроприймачів, але й суттєво знизити експлуатаційні витрати. Саме тому проектування системи електропостачання повинно розглядатися не лише як технічна задача забезпечення живлення, а як комплексна інженерна задача, спрямована на досягнення технічної, економічної та експлуатаційної ефективності [4,8].

Під час розроблення рішень у межах кваліфікаційної роботи необхідно спиратися на чинну нормативну базу України. Вимоги до проектування електрообладнання об'єктів цивільного та виробничого призначення встановлюються ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення» [5], вимоги до природного і штучного освітлення — ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [6], а правила побудови та безпечної експлуатації електроустановок визначаються Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) [7]. Крім того, при виборі технічних рішень мають враховуватися вимоги з електробезпеки, пожежної безпеки, умов прокладання кабельних ліній та забезпечення надійності живлення електроприймачів

відповідної категорії.

Таким чином, тема кваліфікаційної роботи є актуальною як з технічної, так і з практичної точки зору, оскільки спрямована на розв'язання реального інженерного завдання — розроблення або модернізацію системи електропостачання цехового приміщення з урахуванням збільшення електричних навантажень, вимог до освітлення, електробезпеки та надійності експлуатації.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення технічно обґрунтованої системи електропостачання цехового приміщення з урахуванням зростання навантаження, вимог до електроосвітлення, електробезпеки, надійності та економічності експлуатації.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно:

- проаналізувати характеристики об'єкта та наявних електроприймачів;
- визначити вимоги до системи електропостачання та електроосвітлення;
- виконати розрахунок робочого та аварійного освітлення приміщень;
- здійснити розподіл електричних навантажень та вибір конструктивного виконання електропроводки;
- обґрунтувати вибір кабельно-провідникової продукції та апаратів захисту;
- виконати розрахунок струмів короткого замикання;
- оцінити технічну та економічну доцільність запропонованих рішень.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вимоги до системи електропостачання та електроосвітлення робочих цехів

Система електропостачання робочих цехів повинна забезпечувати надійне, безпечне та безперервне живлення всіх електроприймачів, необхідних для нормального функціонування виробничого процесу. До складу таких електроприймачів, як правило, входять силове технологічне обладнання, системи внутрішнього електроосвітлення, вентиляційні установки, розеткові мережі, допоміжні електромеханічні пристрої та апаратура керування. Ефективність роботи всього виробничого приміщення безпосередньо залежить від правильності побудови схеми електропостачання, вибору елементів мережі, організації захисту та відповідності системи чинним технічним вимогам.

При проектуванні системи електропостачання робочих цехів необхідно враховувати, що такі приміщення належать до об'єктів із підвищеним електричним навантаженням, значною концентрацією обладнання та наявністю різномірних електроприймачів. У межах одного приміщення можуть одночасно працювати верстати, електроприводи, освітлювальні установки, допоміжні розетки, а також обладнання, що має різні режими роботи — тривалий, повторно-короткочасний або змінний. Це вимагає раціонального групування навантажень, правильного вибору схем живлення та забезпечення допустимих режимів експлуатації мережі.

Однією з основних вимог до системи електропостачання є надійність живлення електроприймачів. Відповідно до вимог ПУЕ електроприймачі виробничих приміщень можуть належати до різних категорій надійності залежно від наслідків припинення електропостачання. У випадку робочих цехів, де зупинка обладнання може призвести до простою виробництва, псування матеріалів, порушення технологічного процесу або економічних втрат, такі електроприймачі доцільно відносити до II категорії надійності

електропостачання. Це означає, що схема живлення повинна передбачати можливість швидкого відновлення електропостачання у разі пошкодження основного джерела живлення або окремої ділянки мережі.

Важливою вимогою є також якість електроенергії, оскільки відхилення напруги, асиметрія фаз, короточасні провали напруги або перевантаження можуть негативно впливати як на силове обладнання, так і на роботу освітлювальних установок. Для забезпечення допустимих режимів роботи необхідно правильно вибирати перерізи кабельно-провідникової продукції, враховувати довжини ліній, струмові навантаження, умови прокладання кабелів та падіння напруги в мережі.

Система електропостачання робочих цехів повинна також відповідати вимогам електробезпеки. У виробничих приміщеннях можливий контакт персоналу з металевими корпусами обладнання, елементами заземлених конструкцій, а також з електроустановками, що працюють у різних режимах навантаження. Саме тому обов'язковими є:

- застосування захисного заземлення або занулення;
- вибір відповідної системи захисту від ураження електричним струмом;
- встановлення апаратів захисту від перевантаження та короткого замикання;
- забезпечення селективності спрацювання захисних пристроїв;
- використання кабелів і апаратури, що відповідають умовам навколишнього середовища.

Не менш важливим є врахування пожежної безпеки системи електропостачання. У виробничих цехах можуть бути присутні пил, аерозолі, горючі матеріали, фарбувальні речовини або інші фактори, які підвищують ризик виникнення пожежонебезпечних ситуацій. У зв'язку з цим при проектуванні електричних мереж необхідно враховувати клас приміщення за пожежною та електротехнічною характеристикою, застосовувати кабелі з

відповідними ізоляційними властивостями, правильно вибирати способи прокладання проводки та місця встановлення комутаційної апаратури.

1.2 Вимоги до побудови внутрішньої мережі електропостачання

Схема електропостачання цеху повинна будуватися таким чином, щоб забезпечувати зручність експлуатації, ремонтпридатність та можливість локалізації аварійної ділянки без повного відключення всього приміщення. Для цього внутрішні електричні мережі доцільно розділяти на окремі функціональні групи:

- силова мережа технологічного обладнання;
- мережа робочого освітлення;
- мережа аварійного освітлення;
- розеткова мережа;
- допоміжні електроприймачі.

Такий підхід дозволяє більш точно визначити навантаження кожної групи, правильно підібрати захисні апарати, а також підвищити надійність експлуатації об'єкта в цілому.

Для виробничих приміщень важливо, щоб кабельні лінії були прокладені з урахуванням архітектурно-планувальних рішень, умов механічного захисту та технологічного розташування обладнання. У більшості випадків для таких об'єктів застосовують приховане або захищене прокладання кабельних ліній у трубах, коробах, кабельних лотках або металевих конструкціях. Це знижує ймовірність механічного пошкодження проводки, полегшує обслуговування та підвищує загальний рівень безпеки.

При виборі кабельно-провідникової продукції необхідно враховувати:

- тривалий допустимий струм навантаження;
- допустиме падіння напруги;
- умови охолодження;
- спосіб прокладання;

- матеріал жил;
- кількість навантажених жил;
- пожежобезпечність та механічну міцність оболонки.
- Вимоги до системи електроосвітлення робочих цехів.

Система електроосвітлення робочих цехів є невід’ємною складовою системи електропостачання, оскільки забезпечує належні умови виконання виробничих операцій, безпечне пересування персоналу, контроль за технологічними процесами та загальну функціональність приміщення. На відміну від побутових або адміністративних приміщень, у робочих цехах освітлення повинно забезпечувати не лише комфорт, але й технологічну придатність світлового середовища.

Основною вимогою до електроосвітлення є забезпечення нормованого рівня освітленості на робочих поверхнях відповідно до характеру виконуваних робіт. Рівень освітленості повинен бути достатнім для безпечної та точної роботи з обладнанням, інструментом, деталями, матеріалами та контрольними приладами. Для виробничих приміщень освітлення не повинно створювати засліплення, різких тіней, надмірної нерівномірності освітленості чи візуального дискомфорту.

При проектуванні електроосвітлення цехів слід враховувати:

- геометричні розміри приміщення;
- висоту підвісу світильників;
- колір і коефіцієнт відбиття стелі, стін і підлоги;
- характер та розташування обладнання;
- наявність природного освітлення;
- тривалість перебування людей у приміщенні;
- вимоги до робочого, аварійного та евакуаційного освітлення.

У сучасних умовах для систем внутрішнього освітлення виробничих приміщень доцільно використовувати світлодіодні світильники, які характеризуються високою світловою віддачею, довговічністю, низьким енергоспоживанням, стабільністю світлового потоку та меншими витратами на

технічне обслуговування. Використання LED-освітлення є технічно та економічно виправданим рішенням, особливо для приміщень із тривалим режимом експлуатації.

Важливою вимогою є рівномірність розподілу світильників у приміщенні. Від правильного вибору кількості світильників, їх розташування, висоти монтажу та типу кривої сили світла залежить якість освітлення всієї робочої зони. У виробничих приміщеннях особливо важливо уникати темних зон, різких контрастів освітленості та локального перевищення яскравості.

Крім робочого освітлення, у робочих цехах обов'язково слід передбачати аварійне освітлення, яке забезпечує можливість безпечного завершення технологічного процесу або евакуації людей у разі зникнення основного живлення. Аварійне освітлення має бути незалежним або функціонально відокремленим від основної мережі робочого освітлення.

При проектуванні системи електропостачання та електроосвітлення робочих цехів необхідно враховувати чинні нормативні документи України. Основними з них є:

- ДБН В.2.5-23:2010 — щодо проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення;
- ДБН В.2.5-28:2018 — щодо природного і штучного освітлення;
- ДСТУ EN 12464-1 — щодо освітлення внутрішніх робочих місць;
- ПУЕ — щодо побудови електроустановок, категорій надійності, захисту, заземлення, вибору проводок та апаратів захисту.

Зокрема, ДБН В.2.5-28:2018 прямо поширюється на виробничі приміщення та встановлює, що штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, охоронне та чергове, а для загального освітлення доцільно використовувати світлодіодні джерела світла

Також актуальними є вимоги до внутрішніх робочих місць за ДСТУ EN 12464-1, який регламентує параметри освітленості, обмеження засліплення, рівномірність та інші показники якості світлового середовища



Рисунок 1.1 – Структурна схема основних вимог до системи електропостачання робочого цеху



Рисунок 1.2 – Структурна схема основних вимог до системи електроосвітлення робочого цеху

1.3 Характеристика об'єкта проєктування

Однією з важливих характеристик системи електропостачання є рівень надійності забезпечення електричною енергією споживачів. Від цього залежить безперервність технологічних процесів, ефективність роботи обладнання, економічні показники підприємства, а також безпека персоналу. Згідно з вимогами Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), усі електроприймачі залежно від наслідків перерви електропостачання поділяються на три категорії.

До першої категорії належать електроприймачі, перерва в електропостачанні яких може призвести до загрози для життя людей, виникнення аварійних ситуацій, значних матеріальних збитків або порушення складних і відповідальних технологічних процесів. Для таких електроприймачів

передбачаються підвищені вимоги до надійності живлення, зокрема наявність резервного джерела електроенергії та автоматичного перемикачів на резерв.

До другої категорії відносять електроприймачі, припинення електропостачання яких не створює безпосередньої загрози для життя людей, однак призводить до суттєвих економічних втрат, зниження продуктивності, простою обладнання, робочих місць, механізмів та виробничого транспорту. У цьому випадку допускається короткочасна перерва електропостачання, необхідна для відновлення живлення шляхом переключення на резервне джерело або відновлення нормального режиму роботи мережі.

До третьої категорії належать електроприймачі, для яких перерва в електропостачанні не спричиняє значних технічних або економічних наслідків. Такі споживачі можуть залишатися без електроживлення на час ліквідації аварії без істотного впливу на загальний виробничий процес.

З урахуванням характеру технологічних процесів, складу обладнання та умов експлуатації електроприймачі робочих цехів у даній кваліфікаційній роботі доцільно віднести до другої категорії надійності електропостачання. Це обумовлено тим, що перерва в їх живленні не призводить до аварійних ситуацій або небезпеки для життя людей, проте викликає простою обладнання, порушення окремих технологічних операцій, зменшення обсягів виробництва та економічні втрати підприємства.

При цьому відключення окремих електроприймачів не призводить до повної зупинки всього технологічного процесу, однак може негативно впливати на роботу окремих ділянок виробництва, спричиняти пошкодження обладнання або зниження його ресурсу. Саме тому для таких електроприймачів доцільно передбачати технічні рішення, що забезпечують достатній рівень надійності живлення та можливість оперативного відновлення електропостачання. Параметри приміщення $A \times B \times h = 18.4 \times 48 \times 9$. Площа дорівнює 883 м^2 .

Сумарна $P_{\text{уст}} = 29.2 \text{ кВт}$. У приміщеннях цехів 4 електроприймачі виробничого значення.

Приміщення цехів відноситься до сухих приміщень з відносною вологістю повітря, що не перевищує 60%. Приміщення опалювальне, критичне значення температури не піднімається вище $+40^{\circ}\text{C}$ і падає нижче $+15^{\circ}\text{C}$.

По електробезпеці відноситься до класу зниженої небезпеки, так як на об'єкті дуже мало струмопровідних частинок (пилу, стружки тощо) металу, які осідають на ЕО. Також можливий дотик обслуговуючого персоналу одночасно з корпусом.

За пожежонебезпечністю приміщення корпусу належить до класу П-Па – не пожежонебезпечне; з вибухонебезпечності до класу В-Па – не вибухонебезпечне. Цех працює у 1 зміну.

У ході реалізації стратегії розвитку даної швейної фабрики щодо зміцнення матеріально-технічної бази, поліпшення умов утримання, з метою збільшення кількості робочих місць та виробничих потужностей, робочі цехи планується додатково обладнати таким обладнанням. У таблиці 1.1 представлено заплановане оснащення підприємства електроприймачами:

Таблиця 1.1 – Заплановане оснащення електроприймачами.

№ на плані	Найменування ЕО	$P_{уст}, \text{кВт}$
1	2	3
1	Токарні верстати	12
2	Токарні верстати	12
3	Фрезерні верстати	7.5
4	Фрезерні верстати	7.5
5	Токарні автомати	10
6	Токарні автомати	10
7	Токарні автомати	10
8	Токарні автомати	10
9	Вентилятори	55
10	Вентилятори	55
11	Фарбувальні автомати	5,2
12	Фарбувальні автомати	5,2
13	Свердлильні верстати	3,4
14	Свердлильні верстати	3,4
15	Свердлильні верстати	3,4
16	Розетки	0,6
17	Заточувальні верстати	1,5
18	Заточувальні верстати	1,5

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
19	Заточувальні верстати	1,5
20	Заточувальні верстати	1,5
21	Заточувальні верстати	1,5
22	Заточувальні верстати	1,5
23	Плоскошліфувальні верстати	17,2
24	Плоскошліфувальні верстати	17,2
25	Плоскошліфувальні верстати	17,2
26	Плоскошліфувальні верстати	17,2
27	Розетки	0,6
28	Швейні верстати	1
29	Швейні верстати	1
30	Швейні верстати	1
31	Швейні верстати	1
32	Швейні верстати	1
33	Швейні верстати	1
34	Швейні верстати	1
35	Швейні верстати	1
36	Швейні верстати	1
37	Швейні верстати	1
38	Швейні верстати	1
39	Швейні верстати	1
40	Розетки	0,6
41	Розетки	0,6
42	Розетки	0,6
43	Розетки	0,6
44	Швейні верстати	1
45	Швейні верстати	1
46	Швейні верстати	1
47	Швейні верстати	1
48	Швейні верстати	1
49	Швейні верстати	1
50	Швейні верстати	1
51	Швейні верстати	1
52	Швейні верстати	1
53	Швейні верстати	1
54	Швейні верстати	1
55	Швейні верстати	1
56	Швейні верстати	1
57	Швейні верстати	1
58	Швейні верстати	1
Разом		3 1 8

Таким чином, сумарна потужність наявних електроприладів у цеху зросте з $P_{уст_0} = 29.2 \text{ кВт}$ до $P_{уст} = 318 \text{ кВт}$. Зміна споживаної потужності на таке суттєве значення, а також необхідність живлення додаткового обладнання потребує реконструкції схеми електропостачання з метою підвищення її надійності та якості та є невід'ємною частиною реконструкції приміщень.

Заплановане розташування електроприладів у робочих цехах представлено на рис. 1.3:

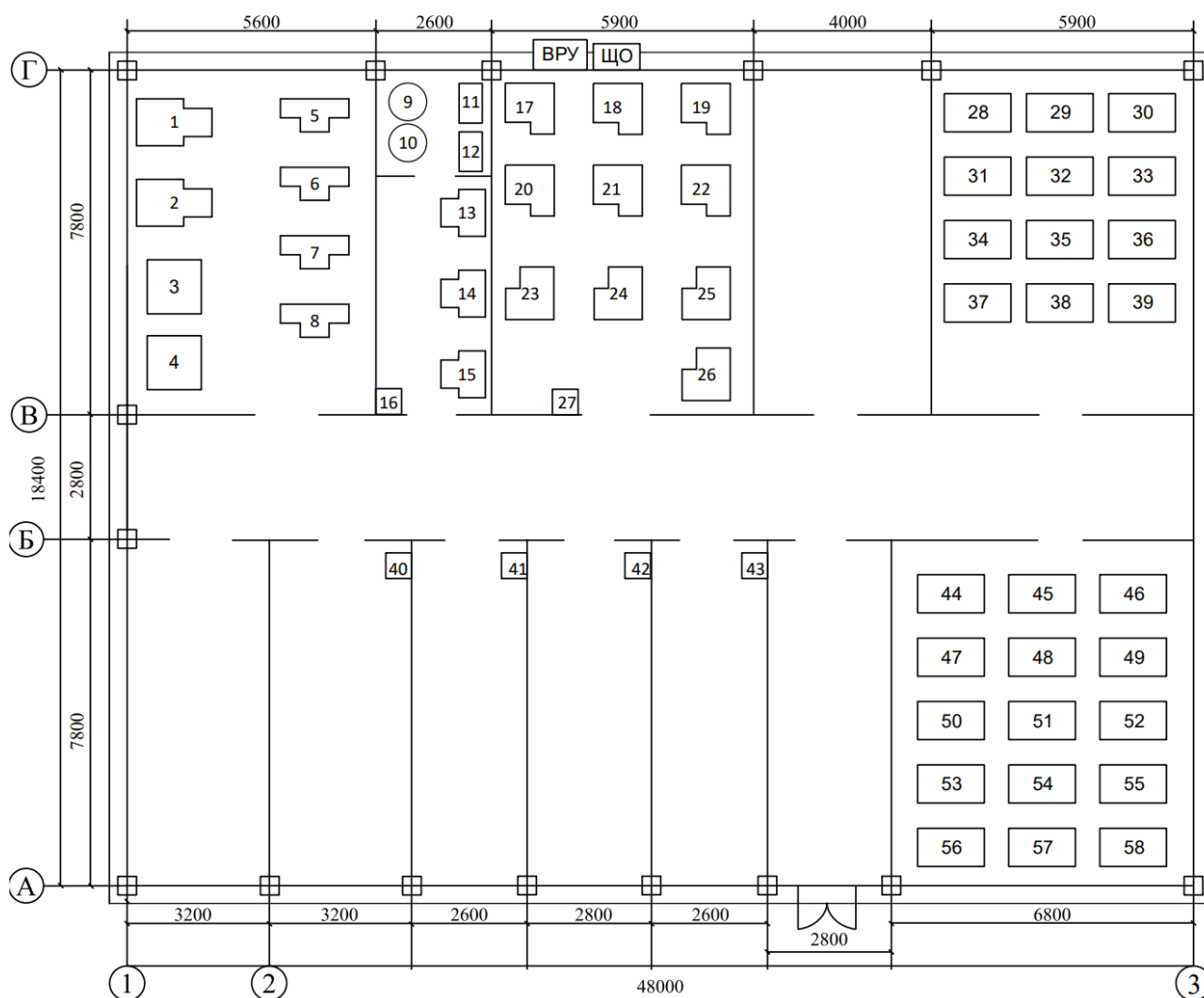


Рисунок 1.3 – Проектоване розміщення обладнання в робочих цехах.

1.4 Висновки до розділу 1

У даному розділі було проаналізовано основні вимоги до системи електропостачання та електроосвітлення робочих цехів. Встановлено, що

система електропостачання повинна забезпечувати надійне та безпечне живлення електроприймачів, відповідати вимогам електробезпеки, пожежної безпеки та якості електроенергії.

Розглянуто вимоги до побудови внутрішніх електричних мереж, вибору кабельно-провідникової продукції, організації захисту та побудови системи електроосвітлення виробничих приміщень. Визначено, що для робочих цехів важливими є забезпечення нормативної освітленості, рівномірності освітлення та застосування енергоефективних джерел світла.

У ході аналізу характеристик об'єкта встановлено, що електроприймачі робочих цехів доцільно віднести до II категорії надійності електропостачання, а збільшення кількості обладнання та встановленої потужності потребує реконструкції існуючої системи електропостачання .

Отримані результати є основою для подальшого виконання розрахунків електричних навантажень, вибору обладнання та розроблення технічних рішень системи електропостачання робочих цехів.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок електроосвітлення

2.1.1 Розрахунок основного електроосвітлення

Розміщення світильників у корпусі представлено рисунку 2.1:

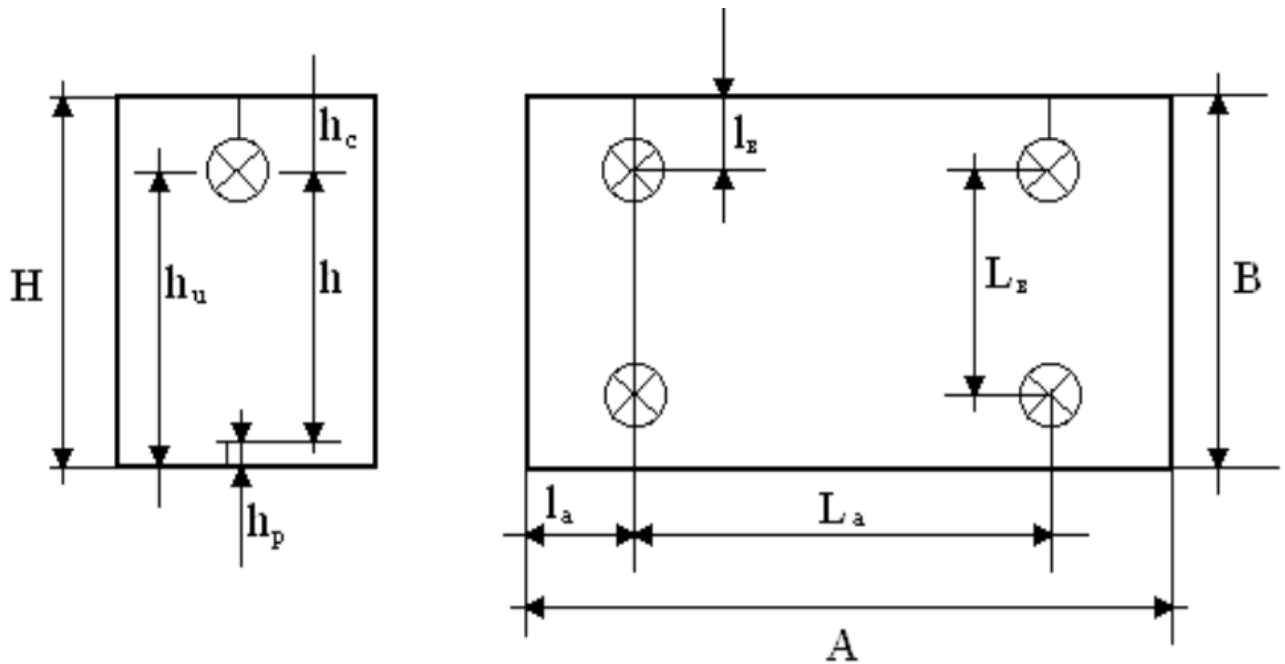


Рисунок 2.1 – Розміщення світильників у корпусі

Для робочого освітлення застосуємо сучасні світлодіодні світильники, а в приміщеннях не призначених для тривалого перебування людей, а також аварійне освітлення – енергозберігаючі лампи.

Так як корпус містить приміщення, які мають не рівні довжину і ширину, для спрощення розрахунку освітлення, подальший розрахунок зробимо для кожного приміщення окремо.

Зробимо розрахунок для робочого цеху № 1.

На рис. 2.2 представлені параметри цеху:

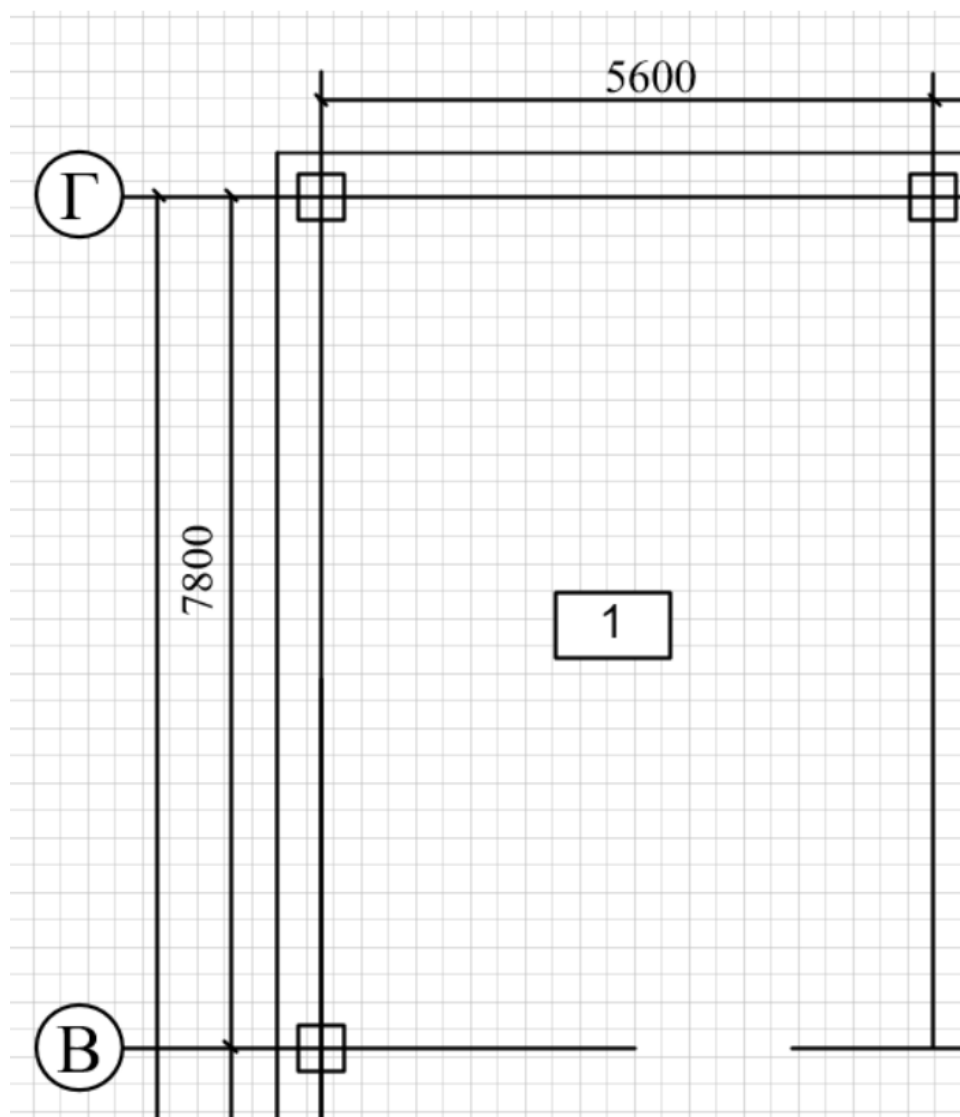


Рисунок 2.2 – Цех № 1

Розміри приміщення $A \times B \times H = 7.8 \times 5.6 \times 3.1$ м.

Висота розрахункової поверхні $h_p = 0.8$ м, відстань від перекриття до світильника $h_c = 0.2$ м.

Відстань від світильників до робочої поверхні (розрахункова висота):

$$h = H - h_c - h_p$$

$$h = 3.1 - 0.2 - 0.8 = 2.1$$
 м

За типом кривої сили світла можна визначити розподілення освітленості по поверхні, що освітлюється, а також за допомогою відношення відстані між сусідніми світильниками або рядами до висоти їх установки (L/h). Для кожної

кривої сили світла існує оптимальне значення L/h , що дозволяє забезпечити найбільшу рівномірність розподілу освітленості з максимальною енергоефективністю.

$\lambda_E = L/h$ – відстань між світильниками до розрахункової висоти.

Приймаємо $\lambda_E = 1$ для світлодіодних ламп.

Визначивши h і задавши значенням λ_E обчислимо відстань L .

$$L = \lambda_E \cdot h$$

$$L = 1 \cdot 2.1 = 2.1 \text{ м}$$

Знайдемо число рядів m і кількість світильників у рядку n по наступним виразам:

$$m = \frac{B - 2 \cdot l_B}{L} + 1$$

$$n = \frac{A - 2 \cdot l_A}{L} + 1$$

де l_A, l_B – відстань від крайніх світильників до стіни в поперечній та поздовжньої осі відповідно, приймаємо в межах $(0.3 - 0.5) L$.

$$m = \frac{B - 2 \cdot l_B}{L} + 1 = \frac{5.6 - 2 \cdot 1}{2.1} + 1 = 2.7 \approx 3$$

$$n = \frac{A - 2 \cdot l_A}{L} + 1 = \frac{7.8 - 2 \cdot 1}{2.1} + 1 = 3.76 \approx 4$$

Отримані результати округляємо до найближчого цілого числа, після чого перераховуємо реальні відстані:

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l_B}{m - 1}$$

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l_A}{n - 1}$$

$$L_B = \frac{5.6 - 2 \cdot 1}{3 - 1} = 1.8 \text{ м}$$

$$L_A = \frac{7.8 - 2 \cdot 1}{4 - 1} = 1.9 \text{ м}$$

Для прямокутних приміщень перевіряється умова:

$$1 \leq L_A/L_B \leq 1.5$$

$$L_A/L_B = 1.9/1.8 = 1.7$$

$$1 \leq 1.07 \leq 1.5$$

Визначаємо загальну кількість світильників:

$$N = n \cdot m$$

$$N = 3 \cdot 4 = 12$$

Зробимо аналогічний розрахунок за іншими приміщеннями, результати занесемо до таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 – Дані про розташування світильників у приміщеннях цеху

Приміщення	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>l_a</i>	<i>l_b</i>	<i>L_a</i>	<i>L_b</i>	<i>L_A / L_B</i>	<i>N</i>
1	7.8	5.6	3.1	2.1	3	4	1	1	1.9	1.8	1.07	12
2	7.8	2.6	3.1	2.1	1	4	1	1.3	1.9	-	-	4
3	7.8	5.9	3.1	2.1	3	4	1	1	1.9	1.95	1	12
4	7.8	4	3.1	2.1	2	4	1	1	1.9	2	1	8
5	7.8	5.9	3.1	2.1	3	4	1	1	1.9	1.95	1	12
6	7.8	3.2	3.1	2.1	2	4	1	1.6	1.9	-	-	4
7	7.8	3.2	3.1	2.1	2	4	1	1.6	1.9	-	-	4
8	7.8	2.6	3.1	2.1	1	4	1	1.3	1.9	-	-	4
9	7.8	2.8	3.1	2.1	1	4	1	1.4	1.9	-	-	4
10	7.8	2.6	3.1	2.1	1	4	1	1.3	1.9	-	-	4
11	7.8	2.8	3.1	2.1	1	4	1	1.4	1.9	-	-	4
12	7.8	6.8	3.1	2.1	3	4	1	1	1.9	1.6	1.2	16
13	2.8	48	3.1	2.1	12	1	1.6	1	2.1	-	-	12

Однією з основних вимог до промислових освітлювальних приладів є їхня безпека. Вони не повинні створювати ризиків травматизму та погіршувати умови праці – перегріватись, видавати сильний шум, підвищувати пожежну небезпеку. При експлуатації промислових світильників повинен бути виключений ризик їх

вибуху, також неприпустимі коливання освітленості, які призводять до швидкої втоми очей.

Розташування світильників основного освітлення у корпусі показано на рисунку 2.3:

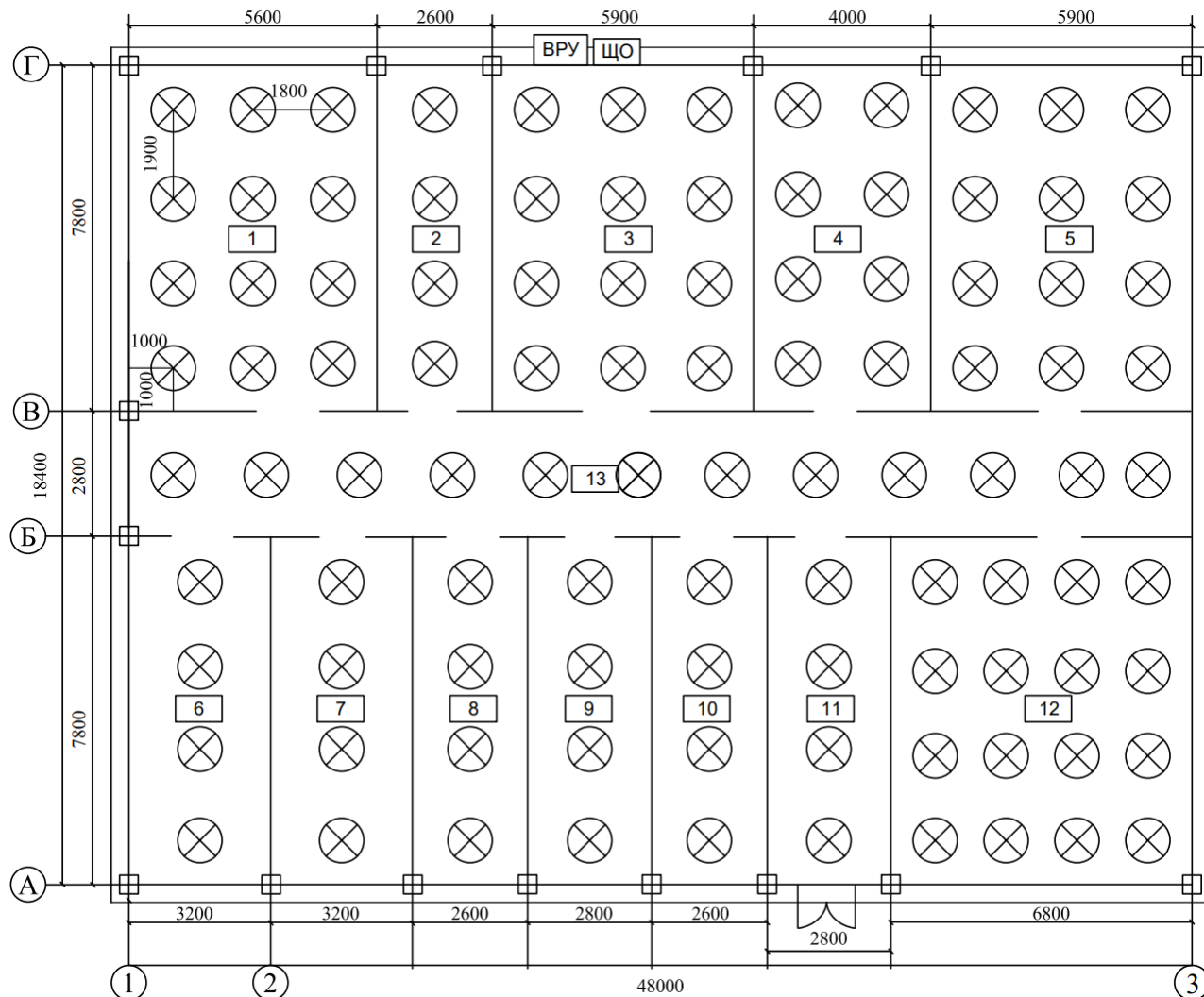


Рисунок 2.3 – Розташування ламп у корпусі

Розрахунок освітлення здійснимо методом коефіцієнта використання світлового потоку. При розрахунку за цим методом світловий потік ламп у кожному світильнику, необхідний створення заданої мінімальної освітленості, визначається за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot K_{зан} \cdot F \cdot Z}{N \cdot \eta}$$

Для визначення коефіцієнта використання знайдемо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}$$

$$i = \frac{7.8 \cdot 5.6}{2.1 \cdot (7.8 + 5.6)} = 1.55$$

Для визначаємо коефіцієнти відображення стелі, стін та підлоги

$$P_{\text{стелі}} = 50\%, P_{\text{стін}} = 30\%, P_{\text{підлоги}} = 10\%.$$

Використовуючи знайдені значення коефіцієнтів відображення поверхонь та обчислений індекс приміщення визначаємо η – коефіцієнт використання світлового потоку джерела світла. Для світильника ДВО LED $\eta = 0.78$ [9].

Визначаємо норму освітленості. Для робочого цеху, в якому виробляються основні роботи, приймаємо норму освітленості $E_n = 400$ лк.

Світловий потік від одного світильника, необхідний створення норми освітленості:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot K_{\text{зан}} \cdot A \cdot B \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 1.4 \cdot 7.8 \cdot 5.6 \cdot 1.15}{12 \cdot 0.78} = 3005 \text{ лм}$$

де $z = 1.15$ – коефіцієнт мінімального освітлення для світлодіодних ламп, $K_{\text{зан}} = 1.4$ – коефіцієнт запасу залежно від приміщення вибираємо за табл. 2.1. Згідно Φ підбираємо світильники типу ЛПО 600×600 LED (Ватра) потужністю 33 Вт зі світловим потоком $\Phi_l = 3400$ лм.

Відхилення фактичного світлового потоку від розрахункового має бути в межах $(-10 \div +20\%)$.

$$\Delta\Phi_{\%} = \frac{\Phi_l - \Phi}{\Phi} \cdot 100\% = \frac{3400 - 3005}{3005} \cdot 100\% = 13.1\%$$

Відхилення фактичного світлового потоку становить 13.1%. Виходячи з перерахованих вище фактів приймаємо обраний тип і кількість світильників.

Фактичний світловий потік, створюваний прийнятою кількістю світильників:

$$\Phi_{\phi} = N \cdot N_l \cdot \Phi_l$$

де N_l – число ламп у світильнику.

$$\Phi_{\phi} = 12 \cdot 1 \cdot 3400 = 40800 \text{ лм}$$

Проводимо аналогічний розрахунок за всіма іншими приміщеннями, отримані результати заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок робочого освітлення

Прим.	E_n	$K_{зан}$	i	z	η	Φ_l	$\Delta\Phi_{\%}$	Тип світильника	Потужність. Вт
1	400	1.4	1.55	1.15	0.78	3400	13.1	ДПО / ДВО 600x600 LED 30–40 Вт	33
2	400	1.4	0.92	1.15	0.78	4000	-2.3	ДСП LED 30–40 Вт	30
3	400	1.4	1.60	1.15	0.78	3400	7.4	ДПО / ДВО 600x600 LED 30–40 Вт	33
4	100	1.4	1.26	1.15	0.78	1000	2.17	НПП / ДПП 10–12 Вт	10
5	400	1.4	1.59	1.15	0.78	3400	7.4	ДПО / ДВО 600x600 LED 30–40 Вт	33
6	200	1.4	1.08	1.15	0.78	2500	-4.35	ДСП LED 20 Вт	20
7	200	1.4	1.08	1.15	0.78	2500	-7.33	ДСП LED 20 Вт	20
8	200	1.4	0.92	1.15	0.78	2093	0.35	ДВО16У LED	22
9	200	1.4	0.98	1.15	0.78	2093	5.07	ДВО16У LED	22
10	200	1.4	0.92	1.15	0.78	2093	7.70	ДВО16У LED	22
11	100	1.4	0.98	1.15	0.78	1000	5.07	НПП / ДПП 10–12 Вт	10
12	400	1.4	1.72	1.15	0.78	2500	-3.1	ДСП LED 20 Вт	20
13	100	1.4	1.25	1.15	0.78	2093	-6.2	ДВО16У LED	22

2.1.2 Розрахунок аварійного електроосвітлення

При постійній роботі засуджених у виробничих приміщеннях необхідне проектування аварійної системи електроосвітлення, оскільки перебування у темряві є небезпечним через ймовірність продовження роботи обладнання.

Розрахунок аварійного освітлення виконуємо за подобою розрахунку робочого освітлення.

Для аварійного освітлення також застосовуємо енергозберігаючі лампи. Зробимо розрахунок аварійного освітлення в цеху №1.

Приймаємо $\lambda_E = 1.4$ для світильників типу НСП-11 із косинусною силою світла. Тоді відстань між світильниками L

$$L = 1.4 \cdot 2.1 = 2.94 \text{ м}$$

Знайдемо число рядів m , і кількість світильників у ряді n :

$$m = \frac{7.8 - 2.3}{2.94} + 1 = 1.6 \approx 2$$

$$n = \frac{5.6 - 2.3}{2.94} + 1 = 1$$

Перераховуємо реальні відстані:

$$L_B = \frac{7.8 - 2.3}{2 - 1} = 1.8 \text{ м}$$

Оскільки $L_A = \frac{5.6 - 2.3}{1 - 1}$, число рядів $n = 1$, число світильників у рядку 1

Визначаємо загальну кількість світильників:

$$N = 1 \cdot 2 = 2$$

Виконаємо аналогічний розрахунок щодо інших приміщень, результати занесемо до таблиці 2.3:

Відповідно до вимог нормативної документації при ширині шляхів евакуації до 2 м аварійне освітлення має забезпечувати рівень освітленості вздовж осьової лінії евакуаційної колії не менше 1 ЛК на рівні підлоги (на центральній ділянці – не менше 0,5 ЛК).

Регламентується також швидкість включення світильників аварійної системи освітлення. Вона повинна становити трохи більше 0,5 секунди.

Протягом 5 секунд після включення освітлювальні прилади повинні забезпечити не менше 50% від необхідного рівня освітленості, а протягом 1 хвилини вони мають повністю заробити.

Визначаючи ступінь освітленості для різних зон при проектуванні аварійного освітлення, потрібно врахувати, що висота установки світильників має бути не менше ніж 2 метри. У тих зонах, де перетинаються евакуаційні маршрути, а також на відкритих ділянках (місця, де можлива поява паніки під час евакуації), у підлоги рівень освітленості повинен бути не менше 5 ЛК на всій площі ділянки. Винятком є зони завширшки 0,5 метра по краю периметра приміщення.

Таблиця 2.3 – Дані про розташування світильників аварійного освітлення у приміщеннях корпусу

Приміщення	A	B	H	L	m	n		l_a	l_b	L_a	L_b	L_A / L_B	N
1	7.8	5.6	3.1	1.4	1	2.94		2	1.8	3	-	1.8	-
2	7.8	2.6	3.1	1.4	1	2.94		2	1.3	3	-	1.8	-
3	7.8	5.9	3.1	1.4	1	2.94		2	2.95	3	-	1.8	-
4	7.8	4	3.1	1.4	1	2.94		2	2	3	-	1.8	-
5	7.8	5.9	3.1	1.4	1	2.94		2	2.95	3	-	1.8	-
6	7.8	3.2	3.1	1.4	1	2.94		2	1.6	3	-	1.8	-
7	7.8	3.2	3.1	1.4	1	2.94		2	1.6	3	-	1.8	-
8	7.8	2.6	3.1	1.4	1	2.94		2	1.3	3	-	1.8	-
9	7.8	2.8	3.1	1.4	1	2.94		2	1.4	3	-	1.8	-
10	7.8	2.6	3.1	1.4	1	2.94		2	1.3	3	-	1.8	-
11	7.8	2.8	3.1	1.4	1	2.94		2	1.4	3	-	1.8	-
12	7.8	6.8	3.1	1.4	2	2.94		2	3	3	0.8	1.8	0.4
13	2.8	48	3.1	1.4	4	2.94		1	3	1.4	6	-	-

Розміщення світильників аварійного освітлення представлено на рис. 2.4:

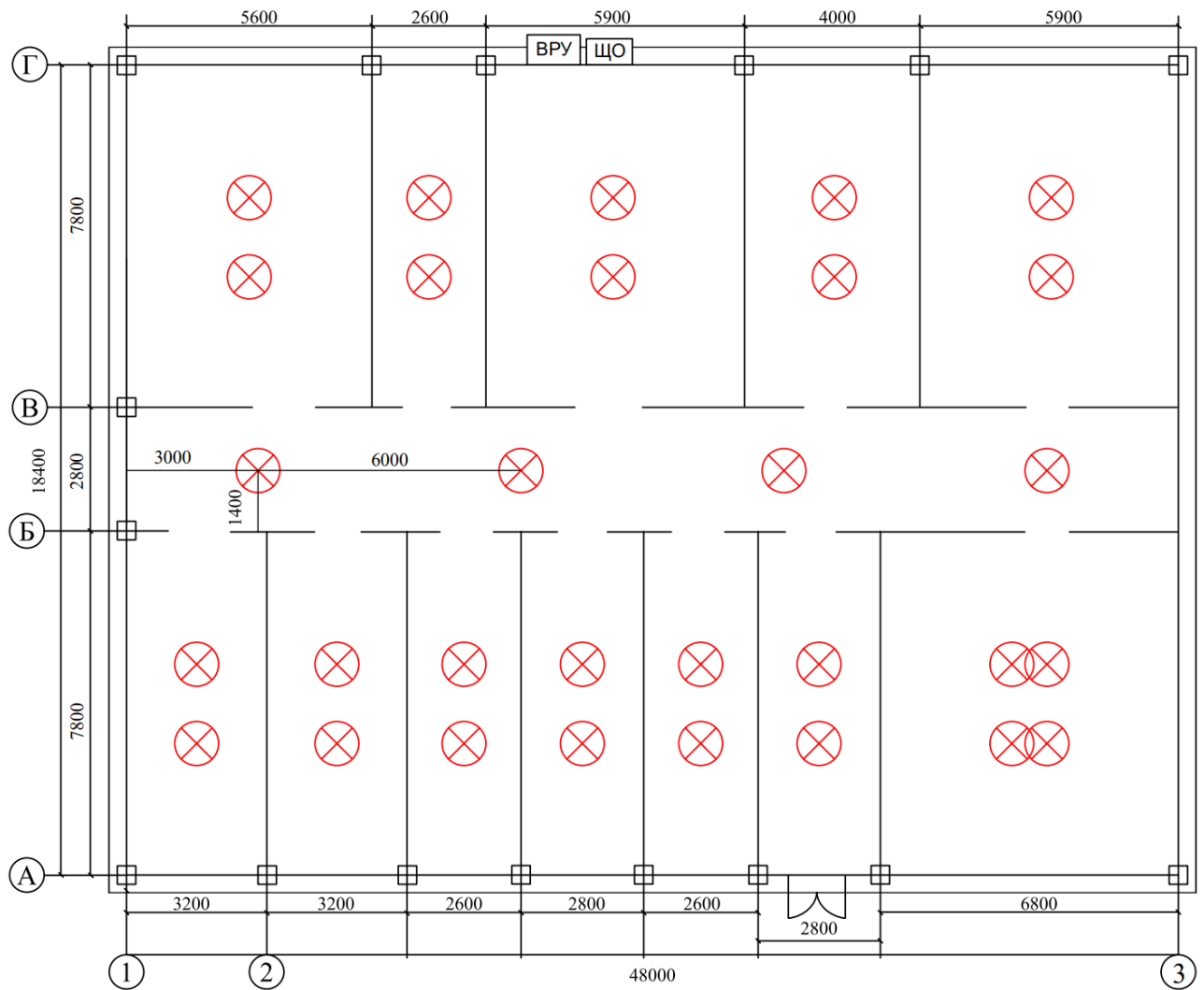


Рисунок 2.4 – Розташування ламп аварійного освітлення

Індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{7.8 \cdot 5.6}{2.1 \cdot (7.8 + 5.6)} = 1.55$$

Тоді коефіцієнт використання світлового потоку:

$$\eta = 0.53$$

Коефіцієнти відбивання поверхонь приміщення: $P_{\text{стелі}} = 50\%$, $P_{\text{стін}} = 30\%$,

$$P_{\text{підлоги}} = 10\% .$$

Аварійна норма освітленості для робочого цеху приймається:

$$E_e = 0.05 \cdot E_n = 0.05 \cdot 400 = 20 \text{ лк}$$

Світловий потік від одного світильника, необхідний створення норми освітленості:

$$\Phi = \frac{20 \cdot 1.4 \cdot 7.8 \cdot 5.6 \cdot 1.15}{2 \cdot 0.53} = 1326 \text{ лм}$$

Згідно Φ підбираємо лампу потужністю 100 Вт зі світловим потоком $\Phi_l = 1350 \text{ лм}$.

Відхилення світлового потоку:

$$\Delta\Phi_{\%} = \frac{1350 - 1326}{1326} \cdot 100\% = 1.8\%$$

Відмінність між Φ_l і Φ 1,8%, що допустимо.

Проводимо аналогічний розрахунок за всіма іншими приміщеннями, отримані результати заносимо до таблиці 2.4:

Таблиця 2.4 – Розрахунок аварійного освітлення

Приміщення	E_n	$K_{зан}$	i	z	η	Φ_l	$\Delta\Phi_{\%}$	Потужність. Вт
1	20	1.4	1.55	1.15	0.53	1350	1.80%	100
2	20	1.4	0.92	1.15	0.53	710	6.97%	60
3	20	1.4	1.6	1.15	0.53	1350	-1.30%	100
4	5	1.4	1.26	1.15	0.53	390	-2.17%	40
5	20	1.4	1.59	1.15	0.53	1350	-1.30%	100
6	10	1.4	1.08	1.15	0.53	390	-6.83%	40
7	10	1.4	1.08	1.15	0.53	1380	9.52%	100
8	10	1.4	0.92	1.15	0.53	390	12.97%	40
9	10	1.4	0.98	1.15	0.53	390	-9.00%	40
10	10	1.4	0.92	1.15	0.53	390	-6.25%	40
11	5	1.4	0.98	1.15	0.53	90	-9.00%	15
12	20	1.4	1.72	1.15	0.53	935	14.97%	75
13	5	—	1.25	1.15	0.53	710	4.97%	60

З урахуванням наявної кількості світильників та знаючи їх потужність, здійснюється підбір дроту та автоматичного захисту.

Для робочого освітлення:

Вибираємо алюмінієвий провід марки *ВВГнг* – 4×16 з перетином основної жили $s = 16 \text{ мм}^2$ та допустимим струмом 60 А.

Вибираємо ЩО типу *ОЩВ* – 6 *IP31* на 8 приєднань.

Вхідний автомат: *ВА88* – 32 *3P 50А*.

Для аварійного освітлення:

Вибираємо провід марки *ВВГнг* – 4×1.5 з перетином основної жили $s = 1.5 \text{ мм}^2$ та допустимим струмом 16 А.

Вибираємо ЩАО типу *ОЩВ* – 6 *IP31* на 6 приєднань.

Вхідний автомат: *ВА88* – 32 *3P 16А*.

2.2 Розрахунок електропостачання

2.2.1 Розбивка електроприймачів на групи, розподіл навантажень

Номінальна потужність електроприймача визначається з характеристик приймачів електричної енергії виробничих механізмів. У цеху, електроприймачами виробничих механізмів виступають електродвигуни. Цей вид приймачів зустрічається повсюдно як і побуті, і у промисловості [10].

Наприклад, для токарного автомата із встановленою потужністю $P_{уст} = 10 \text{ кВт}$ електроприймачем служить трифазний асинхронний двигун АІР132М4 [6].

Тоді для токарного верстата номінальна потужність визначається за такою формулою:

$$P_{ном} = \frac{P_{уст}}{\eta} \cdot 100$$

де η - коефіцієнт корисної дії.

Для АІР132М4 $\eta = 88.4$

$$P_{ном} = \frac{10}{88.4} \cdot 100 = 11.31 \text{ кВт}$$

Визначимо номінальну потужність для інших електроприймачів, зведення даних подаємо у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Дані двигунів виробничих механізмів

№ за планом	Найменування обладнання	$P_{наст}$ кВт	Марка двигуна	n об / хв	$P_{ном}$ кВт	η %
1.2	Токарні верстати	12	AIP132M4	1500	13.57	88.4
3.4	Фрезерні верстати	7.5	AIP132S4	1500	8.62	87
5.6.7.8	Токарні автомати	10	AIP132M4	1500	11.31	88.4
9.1	Вентилятори	55	AIP225M4	1500	59.14	93
11.12	Фарбувальні автомати	5.2	AIP112M4	1500	5.94	85.7
13.14.15	Свердлильні верстати	3.4	AIP100S4	1500	4.12	82.6
17.18.19. 20.21.22	Заточувальні верстати	1.5	AIP80B4	1500	1.91	78.5
23.24.25. 26	Плоскошліфувальні верстати	17.2	AIP160M4	1500	19.11	90
28-39. 44-58	Швейні верстати	1.5	AIP100L4	1500	1.78	84.2

За вихідними даними визначається номінальна активна потужність приймача електроенергії.

Розрахункове навантаження 1УР приймається рівною номінальною навантаження:

$$P_{p1} = P_{ном}, \text{ за умови, що } ПВ = 100\% \text{ [8]}$$

Реактивна потужність електроустановки визначається за виразом:

$$Q_{p1} = P_{p1} \cdot tg$$

Повна потужність визначається за виразом:

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2}$$

Розрахунковий струм:

$$I_{p1} = \frac{S_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n}$$

де n – кількість кабельних ліній.

Пусковий струм:

$$I_{n1} = K_n \cdot I_{p1}$$

де K_n - кратність пускового струму [9].

Зробимо розрахунок токарного верстата з вихідними характеристиками за формулами (3.2 – 3.6)

$$P = 13.57 \text{ кВт}, \cos \varphi = 0.5, U = 220 \text{ В}, K = 3$$

$$P_{p1} = 13.57 \text{ кВт}$$

$$Q_{p1} = 13.57 \cdot 1.73 = 23.51 \text{ кВАр}$$

$$S_{p1} = \sqrt{13.57^2 + 23.51^2} = 27.15 \text{ кВА}$$

$$I_{p1} = \frac{27.15}{\sqrt{3} \cdot 0.38} = 41.25 \text{ А}$$

$$I_{n1} = 3 \cdot 41.25 = 123.75 \text{ А}$$

Аналогічно розраховуємо інше обладнання. Результати заносимо до таблиць 2.6 та 2.7:

Таблиця 2.6 – Вихідні дані для розрахунку пускового струму

№ за планом	Найменування ЕП	$P_{ном}$ кВт	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	P_{p1} кВт
1.2	Токарні верстати	13.57	0.5	1.73	13.57
3.4	Фрезерні верстати	8.62	0.5	1.73	8.62
5.6.7.8	Токарні автомати	11.31	0.6	1.33	11.31
9.1	Вентилятори	59.14	0.8	0.75	59.14
11.12	Фарбувальні автомати	5.94	0.8	0.75	5.94
13.14.15	Свердлильні верстати	4.12	0.5	1.73	4.12
17.18. 19. 20. 21. 22	Заточувальні верстати	1.91	0.5	1.73	1.91
23. 24. 25. 26	Швейні верстати	1.78	0.6	1.33	1.78
28-39. 44-58	Плоскошліфувальні верстати	19.11	0.5	1.73	19.11

Таблиця 2.7 – Розрахунок пускового струму

№ за планом	Найменування ЕП	Q_{p1} кВАр	S_{p1} кВА	I_{p1} А	K_n	I_{n1} А
1.2	Токарні верстати	23.51	27.15	41.25	3	123.75
3.4	Фрезерні верстати	14.93	17.24	26.2	3	78.59
5.6.7.8	Токарні автомати	15.08	18.85	28.65	3	85.94
9.1	Вентилятори	44.35	73.92	112.32	3	336.95
11.12	Фарбувальні автомати	4.46	7.43	11.29	3	33.86
13.14.15	Свердлильні верстати	7.13	8.23	12.51	3	37.52
17.18. 19. 20. 21. 22	Заточувальні верстати	3.31	3.82	5.81	3	17.42
23. 24. 25. 26	Швейні верстати	2.38	2.97	4.51	3	13.53
28-39. 44-58	Плоскошліфувальні верстати	33.1	38.22	58.07	3	174.22

2.2.2 Вибір конструктивного виконання та місць кабельних ліній електропроводки. Розподіл навантажень електроприймачів

Подальший розрахунок електропостачання проводиться у такій послідовності:

1. Електроприймачі в цеху мають бути розподілені за силовими пунктам (силовим розподільним шафам або шинопроводам) з вибором кращого способу і схеми прокладки мережі цеху (від ВРУ до силових пунктів). Вибір способу прокладання мережі живлення необхідно проводити, враховуючи характер навколишнього середовища, соціальні фактори і можливі місця прокладки. Встановлення силових розподільчих пунктів та шинопроводів також має відповідати характеру навколишнього середовища.

2. Визначаються розрахункові електричні навантаження на силових пунктах у цеху.

3. Виконується вибір перерізів мережі живлення, використовуючи критерій тривало допустимого струмового навантаження виходячи з умови нагрівання та перевірки за втратами напруги.

4. Виконується вибір силової розподільної мережі та апаратів захисту та управління цеху.

5. Проводиться перевірка стійкості ліній струмів КЗ, вимикаючу здатність апаратів захисту цехового обладнання. Для схем розподілу електроенергії всередині цехів характерна значна розгалуженість мережі, а також наявність великої кількості комутаційно-захисної апаратури, що є необхідним фактором для забезпечення надійності системи електропостачання, проте, що призводить до значного впливу на техніко-економічні показники. На вибір схеми та конструктивне виконання цехової мережі впливають ряд факторів:

- ступінь відповідальності приймачів електроенергії;
- режими їхньої роботи;
- розміщення електроприймачів на території корпусу;
- номінальні струми та напруги.

Зважаючи на необхідність проводити приховану електропроводку, доцільно електропостачання виконати шляхом групування електроприймачів у розподільчому щиті [10].

На рис. 2.5 представлено схему електропостачання 2-го рівня на прикладі приміщення робочого цеху:



Рисунок 2.5 – Схема електропостачання 2-го рівня з прикладу приміщення робочого цеху

Результати груп електроприймачів по РП представлені у таблиці 2.8:

Таблиця 3.4 - Розподіл електроприймачів по ПР

Вихідні дані							Розрахункові величини		
Найменування ЕП	Кількість ЕП n, шт.	Номінальна потужність, кВт		Коефіцієнт використання	Коефіцієнт реактивної потужності		КВ·РНОМ	КВ·РНОМ·tgφ	n·PНОМ ²
		одного ЕП	загальна		cos φ	tg φ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РП1									
Токарні верстати	2	13.57	27.15	0.16	0.5	1.73	4.34	7.52	368.54
Токарні автомати	4	11.31	45.25	0.16	0.6	1.33	7.24	9.65	511.87
Фрезерні верстати	2	8.62	17.24	0.16	0.5	1.73	2.76	4.78	148.61
Підсумок РП1	8		89.64	0.16	0.55	1.53	14.34	21.95	1029.02
РП2									
Вентилятори	2	59.14	118.28	0.4	0.8	0.75	47.31	35.48	6995.08
Фарбувальні автомати	1	5.53	5.53	0.16	0.8	0.75	0.89	0.66	30.6
Підсумок РП2	3		123.81	0.39	0.8	0.75	48.2	36.15	7025.68
РП3									
Фарбувальні автомати	1	5.53	5.53	0.16	0.8	0.75	0.89	0.66	30.6
Свердлильні верстати	3	4.12	12.36	0.16	0.5	1.73	1.98	3.43	50.92
Підсумок РП3	4		17.89	0.16	0.57	1.43	2.86	4.09	81.53
РП4									
Заточувальні верстати	4	1.91	7.64	0.16	0.5	1.73	1.22	2.12	14.59
Плоскошліфувальні верстати	1	19.11	19.11	0.16	0.5	1.73	3.06	5.3	365.23
Підсумок РП4	5		26.75	0.16	0.5	1.73	4.28	7.41	379.83
РП5									
Заточувальні верстати	2	1.91	3.82	0.16	0.5	1.73	0.61	1.06	7.3
Плоскошліфувальні верстати	3	19.11	57.33	0.16	0.5	1.73	9.17	15.89	1095.7
Підсумок РП5	5		61.15	0.16	0.5	1.73	9.78	16.95	1103

продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РП6									
Швейні верстати	6	1.19	7.14	0.6	0.6	1.33	4.28	5.71	8.5
Підсумок РП6	6		7.14	0.6	0.6	1.33	4.28	5.71	8.5
РП7									
Швейні верстати	6	1.19	7.14	0.6	0.6	1.33	4.28	5.71	8.5
Підсумок РП7	6		7.14	0.6	0.6	1.33	4.28	5.71	8.5
РП8									
Розетки	6	0.6	3.6	0.16	0.5	1.73	0.58	1	2.16
Підсумок РП8	6	0.6	3.6	0.16	0.5	1.73	0.58	1	2.16
РП9									
Швейні верстати	5	1.19	5.95	0.6	0.6	1.33	3.57	4.76	7.08
Підсумок РП9	5	1.19	5.95	0.6	0.6	1.33	3.57	4.76	7.08
РП10									
Швейні верстати	5	1.19	5.95	0.6	0.6	1.33	3.57	4.76	7.08
Підсумок РП10	5	1.19	5.95	0.6	0.6	1.33	3.57	4.76	7.08
РП11									
Швейні верстати	5	1.19	5.95	0.6	0.6	1.33	3.57	4.76	7.08
Підсумок РП11	5	1.19	5.95	0.6	0.6	1.33	3.57	4.76	7.08

Таблиця 2.9 – Визначення розрахункового струму груп електроприймачів

Пункт розподільчий	Ефективне число	Коефіцієнт розрахункового навантаження	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, А
			активна, кВт	реактивна, кВАр	повна, кВА	
РП1	7.81	1.35	19.36	29.64	35.4	53.85
РП2	2.18	1.91	92.06	69.04	115.07	175.04
РП3	3.93	2.31	6.61	9.45	11.53	17.54
РП4	1.88	1.86	7.96	13.79	15.92	24.22
РП5	3.39	1.86	18.2	31.52	36.4	55.37
РП6	6	1.35	5.78	7.71	9.64	14.66
РП7	6	1.91	8.18	10.91	13.64	20.74
РП8	6	2.31	1.33	2.3	2.66	4.05
РП9	5	1.86	6.64	8.85	11.07	16.83
РП10	5	1.86	6.64	8.85	11.07	16.83
РП11	5	1.86	6.64	8.85	11.07	16.83

Силові пункти вибираємо виходячи з кількості приєднань та робочого струму самого пункту та номінальної напруги.

Умова вибору СП [10]:

$$I_{розр} \leq I_{ном СП}$$

де $I_{розр}$ - Розрахунковий струм групи ЕП, приєднаних до СП (2 рівень ЕС);

$I_{ном СП}$ - Номінальний струм СП.

Як розподільні пункти вибираємо шафи серії ПР, навісного виконання (1,5 м над підлогою), які розраховані на введення та розподіл трифазної або однофазної електричної мережі 380/220В, частоту 50 Гц. Ступінь захисту оболонки від пилу та води IP54, кліматичне виконання та категорія розміщення УХЛЗ [10]. У таблиці 2.10 представлені дані щодо обраних розподільчих пунктів:

Таблиця 2.10 – Вибір силових пунктів

Найм.	Марка	Розрах. струм, А	Номінал. струм, А	К-сть приєдн. СП	К-сть приєдн. ЕП до СП
РП1	<i>ПР8804 – 3022 – 54 УХЛЗ</i>	53,9	64	8	8
РП2	<i>ПР8804 – 3022 – 54 УХЛЗ</i>	175	200	4	3
РП3	<i>ПР8804 – 3022 – 54 УХЛЗ</i>	17,5	40	4	4
РП4	<i>ПР8804 – 3022 – 54 УХЛЗ</i>	24,2	40	6	5
РП5	<i>ПР8804 – 3022 – 54 УХЛЗ</i>	55,4	64	8	5
РП6	<i>ПР8804 – 3022 – 54 УХЛЗ</i>	14,7	40	6	6
РП7	<i>ПР8804 – 3022 – 54 УХЛЗ</i>	20,7	40	6	6
РП8	<i>ПР8804 – 3022 – 54 УХЛЗ</i>	4	40	6	6
РП9	<i>ПР8804 – 3022 – 54 УХЛЗ</i>	16,8	40	6	5
РП10	<i>ПР8804 – 3022 – 54 УХЛЗ</i>	16,8	40	6	5
РП11	<i>ПР8804 – 3022 – 54 УХЛЗ</i>	16,8	40	6	5

2.3 Вибір кабельно-провідникової продукції та захисних автоматів

Піковий струм групи ЕП:

$$I_{нік} = I_{н.нб} + (I_p - k_{в.нб} I_{н.нб})$$

де $I_{нік}$ - піковий струм, А;

$I_{н.нб}$ - пусковий струм найбільшого за потужністю електроприймача у групі, А;

$I_{н.нб}$ - номінальний струм найбільшого за потужністю електроприймача у групі,

А;

I_p - розрахунковий струм групи електроприймачів, А;

$k_{в.нб}$ - коефіцієнт використання, характерний для найбільшого по потужності електроприймача групи.

Якщо в групі до 5 ЕП, то у формулі не буде $k_{в.нб}$.

Розрахунковий струм з урахуванням коефіцієнта надійності відбудови від навантаження:

$$I_{розрк} = I_{розр} \cdot k_n$$

де $I_{розр}$ - розрахунковий струм групи ЕП,

k_n - коефіцієнт надійності, прийmemo $k_n = 1.1$.

Струм відсічки з урахуванням коефіцієнта налаштування відсічки:

$$I_{ок} = I_{нік} \cdot k_{відс}$$

де $I_{нік}$ - піковий струм групи ЕП,

$k_{відс}$ - налаштування відсічки, прийmemo $k_{відс} = 1.2$

Далі вибираємо АВ. Розрахункова кратність струму відсічення:

$$k_{кр} = \frac{I_{ок}}{I_{ном.розч}}$$

де $I_{ном.розч}$ - номінальний струм розчіплювача АВ, що приймається найближчим

до $I_{розрк}$

Остаточною умовою при виборі АВ є його перевірка:

$$k_{кр} \leq 10$$

Приклад: зробимо вибір АВ на ПР1 (варіант 1)

$$I_{розрк} = 194 \text{ A}$$

Виберемо ВА 51–35 з $I_{ном} = 250 \text{ A}$, $I_{ном.розч} = 250 \text{ A}$.

$$I_{нік} = 419,1 \text{ A}$$

$$I_{ок} = I_{нік} \cdot k_{відс} = 419,1 \cdot 1,2 = 502,9 \text{ A}$$

$$k_{кр} = \frac{I_{ок}}{I_{ном.розч}} = \frac{502,9}{250} = 2,01 \text{ A}$$

Перевіримо за умовою:

$$k_{кр} \leq 10$$

$$2,01 \leq 10$$

Подальший вибір вимикачів аналогічний, зведемо вибрані та розрахункові дані до таблиці 2.11:

Таблиця 2.11 – Вибір автоматичних вимикачів для силових пунктів

№ ЕП	$I_{розр}$ А	$I_{нік}$ А	k_n	$k_{відс}$	$I_{розрк}$	$I_{ном}$	$I_{ном.розч}$	$I_{ок}$	$k_{кр}$	Тип АВ
РП1	53.85	171	1.1	1.2	59.24	63	63	205.2	3.26	ВА 47-100 63А
РП2	175.04	467.1	1.1	1.2	192.54	250	200	560.5	2.8	ВА 51-35
РП3	17.54	47.4	1.1	1.2	19.29	25	25	56.9	2.27	ВА 47-100 25А
РП4	24.22	189.1	1.1	1.2	26.64	63	63	227	7.09	ВА 47-100 63А
РП5	55.37	220.3	1.1	1.2	60.9	63	63	264.4	4.2	ВА 47-100 63А
РП6	14.66	21.9	1.1	1.2	16.13	25	25	26.3	1.05	ВА 47-100 25А
РП7	20.74	28	1.1	1.2	22.82	25	25	33.6	1.34	ВА 47-100 25А
РП8	4.05	12.4	1.1	1.2	4.45	25	25	14.9	2.48	ВА 47-100 25А
РП9	16.83	24.1	1.1	1.2	18.52	25	25	28.9	1.15	ВА 47-100 25А
РП10	16.83	24.1	1.1	1.2	18.52	25	25	28.9	1.15	ВА 47-100 25А
РП11	16.83	24.1	1.1	1.2	18.52	25	25	28.9	1.15	ВА 47-100 25А

Вибір автоматичних вимикачів для захисту окремих електроприймачів виконуємо за такими формулами:

Розрахунковий струм з урахуванням коефіцієнта надійності відбудови від навантаження:

$$I_{розрк} = I_{розр} \cdot k_n \quad (3.13)$$

де $I_{розр}$ - розрахунковий струм групи ЕП,

k_n - коефіцієнт надійності, прийmemo $k_n = 1.1$.

Струм відсічення з урахуванням коефіцієнта налаштування відсічки:

$$I_{ок} = I_{пуск} \cdot k_{відс}$$

де $I_{пуск}$ - пусковий струм групи ЕП,

$k_{відс}$ - налаштування відсічки, прийmemo $k_{відс} = 1.2$

Далі вибираємо АВ. Розрахункова кратність струму відсічення:

$$k_{кр} = \frac{I_{ок}}{I_{ном.розч}}$$

де $I_{ном.розч}$ - номінальний струм розчіплювача АВ, що приймається найближчим до $I_{розрк}$

Остаточною умовою при виборі АВ є його перевірка:

$$k_{кр} \leq 10$$

Приклад: зробимо вибір АВ для ЕП №1:

$$I_{розрк} = 123.55 \text{ А}$$

За довідником виберемо ВА 51–33 з $I_{ном} = 160 \text{ А}$, $I_{ном.розч} = 125 \text{ А}$.

$$I_{пуск} = 336.95 \text{ А}$$

$$I_{ок} = I_{пик} \cdot k_{відс} = 336.95 \cdot 1.2 = 404.34 \text{ А}$$

$$k_{кр} = \frac{I_{ок}}{I_{ном.розч}} = \frac{404.34}{125} = 3.23 \text{ А}$$

Перевіримо за умовою:

$$k_{кр} \leq 10$$

$$3.23 \leq 10$$

Подальший вибір вимикачів аналогічний, зведемо розрахункові дані до таблиці 2.12:

Таблиця 2.12 – Вибір АВ для електроприймачів

№	Найменування	$I_{розрк}$ А	$I_{пуск}$ А	Тип автомата	$I_{ном.розч}$	$I_{ок}$	$k_{кр}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1-2	Токарні верстати	41.25	123.75	ВА 47-100 63А	63	148.5	2.36
3-4	Фрезерні верстати	26.2	78.59	ВА 47-100 32А	32	26.2	0.82
5	Токарні автомати	28.65	85.94	ВА 47-100 32А	32	28.65	0.9
6-8	Токарні автомати	28.65	85.94	ВА 47-100 32А	32	103.12	3.22
9-10	Вентилятори	112.32	336.95	ВА 47-100 125А	125	404.34	3.23
11	Фарбувальні авт.	10.51	31.52	ВА 47-100 25А	25	37.82	1.51
12	Фарбувальні авт.	10.51	31.52	ВА 51-25	20	37.82	1.89
13	Свердлильні верст.	12.51	37.52	ВА 51-25	20	45.03	2.25
14-15	Свердлильні верст.	12.51	37.52	ВА 51-25	8	45.03	5.63
16	Розетки	2.18	8.72	ВА 47-100 6А	6	10.47	1.74

17-18	Заточні верстати	5.81	17.42	ВА 47-100 32А	32	20.9	0.65
-------	------------------	------	-------	---------------	----	------	------

продовження таблиці 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8
19	Заточні верстати	5.81	17.42	ВА 47-100 25А	25	20.9	0.84
20-21	Заточні верстати	5.81	17.42	ВА 47-100 32А	32	20.9	0.65
22	Заточні верстати	5.81	17.42	ВА 47-100 25А	25	20.9	0.84
23-26	Плоскошліф.	58.07	174.22	ВА 47-100 63А	63	209.06	3.32
27	Розетки	2.18	8.72	ВА 47-100 25А	6	10.47	1.74
28-39	Швейні верстати	3.01	9.02	ВА 47-100 25А	6	10.83	1.8
40-43	Розетки	2.18	8.72	ВА 47-100 25А	6	10.47	1.74
44-58	Швейні верстати	3.01	9.02	ВА 47-100 25А	6	10.83	1.8

Головним параметром при виборі КЛ буде умова навколишнього середовища. У цьому корпусі нормальні умови довкілля, виберемо КЛ марки *ВВГнг – LS* – (силовий кабель з мідною житловою, ізоляцією та оболонкою з ПВХ зниженої пожежної небезпеки).

Перетин кабелю вибирається за нагріванням тривалим розрахунковим струмом, тоді наведений розрахунковий струм, визначатиметься за виразом:

$$I_{розч} = I_{розр} \cdot k_{кп}$$

де $k_{кп}$ - Поправочний коефіцієнт, що враховує умови прокладання кабелю, так як ми вибрали приховану прокладку, то $k_{кп} = 1.2$

За довідковою літературою знаходимо перетин провідника що задовільняє відповідну умову:

$$I_{дод} \geq I_{розч}$$

Наведений струм захисту при захисті лінії автоматично:

$$I_{розч\ AB} = \frac{I_{ном\ AB}}{k_{кп}}$$

де $I_{ном\ AB}$ - номінальний струм автомата.

Потім вибираємо остаточний переріз кабелю, дотримуючись умов
 $KL = KA$

Приклад: вибір КЛ для ЕП №1

$$I_{розр} = 41.25\ A$$

$$I_{розчл} = I_{розр} \cdot k_{кп} = 41.25 \cdot 0.9 = 40.5 \text{ А}$$

Попередньо вибираємо кабель перетином $F = 4 \times 10 \text{ мм}^2$ з $I_{доd} = 45 \text{ А}$

$$I_{ном АВ} = 45 \text{ А}$$

$$I_{розчл АВ} = \frac{45}{0.9} = 50 \text{ А}$$

По отриманому $I_{розчл АВ}$ виберемо перетин кабелю $F = 4 \times 16 \text{ мм}^2$

Вибір КЛ для всіх ЕП і СП аналогічний, для ШРА кабель не вибираємо, оскільки він на жорсткому введенні. Зведемо дані до табл. 2.13:

Таблиця 2.13 – Вибір КЛ для електроприймачів

Траса		довжина м	Кабель. РПовід				$I_{розр} \cdot$ А
початок	кінець		марка	кількість і перетин жил	R_0 ом / км	X_0 ом / км	
1	2	3	4	5	6	7	8
ШРА	РП1	8.5	<i>ВВГнг-LS</i>	3×10+1×6	1.84	0.073	59.24
ШРА	РП2	4.3	<i>ВВГнг-LS</i>	3×70+1×25	0.28	0.0612	192.54
ШРА	РП3	7.1	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	19.29
ШРА	РП4	4.9	<i>ВВГнг-LS</i>	3×10+1×6	1.84	0.073	26.64
ШРА	РП5	9.6	<i>ВВГнг-LS</i>	3×10+1×6	1.84	0.073	60.9
ШРА	РП6	10.6	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	16.13
ШРА	РП7	16.4	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	22.82
ШРА	РП8	12.7	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	4.45
ШРА	РП9	21.8	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	18.52
ШРА	РП10	25.6	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	18.52
ШРА	РП11	30.3	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	18.52
РП1	1	5.7	<i>ВВГнг-LS</i>	3×10+1×6	1.84	0.073	41.25
РП1	2	8.5	<i>ВВГнг-LS</i>	3×10+1×6	1.84	0.073	41.25
РП1	3	10.5	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	26.2
РП1	4	12.5	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	26.2
РП1	5	3.5	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	28.65
РП1	6	7.3	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	28.65
РП1	7	8.7	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	28.65
РП1	8	10.2	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	28.65
РП2	9	2.5	<i>ВВГнг-LS</i>	3×25+1×16	0.74	0.0662	112.32
РП2	10	3.5	<i>ВВГнг-LS</i>	3×25+1×16	0.74	0.0662	112.32
РП2	11	2.5	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	10.51
РП3	12	3.9	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	10.51
РП3	13	2.5	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	12.51
РП3	14	2.5	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	12.51
РП3	15	4.5	<i>ВВГнг-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	12.51

РП8	16	7.9	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	2.18
РП4	17	2.7	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	5.81

продовження таблиці 2.13

1	2	3	4	5	6	7	8
РП4	18	4.8	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	5.81
РП5	19	4.3	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	5.81
РП4	20	2.7	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	5.81
РП4	21	4.8	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	5.81
РП5	22	3.1	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	5.81
РП4	23	5.2	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×10+1×6	1.84	0.073	58.07
РП5	24	5	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×10+1×6	1.84	0.073	58.07
РП5	25	3.3	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×10+1×6	1.84	0.073	58.07
РП5	26	5.3	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×10+1×6	1.84	0.073	58.07
РП8	27	4.5	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	2.18
РП6	28	3.7	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП6	29	5.6	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП6	30	7.5	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП6	31	3.1	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП6	32	5	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП6	33	6.9	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП7	34	4.3	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП7	35	6.2	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП7	36	8.1	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП7	37	2.9	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП7	38	4.7	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП7	39	6.5	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП8	40	5.2	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	2.18
РП8	41	2.5	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	2.18
РП8	42	4.1	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	2.18
РП8	43	7.1	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	2.18
РП9	44	3.9	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП9	45	5.9	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП9	46	7.9	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП9	47	3.7	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП9	48	5.7	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП10	49	3.5	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП10	50	3.8	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП10	51	5.8	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП10	52	7.8	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП11	53	3.2	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП11	54	5.2	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП10	55	3.9	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП11	56	3.2	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
РП11	57	5.2	<i>BBΓ_{н2} - LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01

РП11	58	7.2	<i>ВВГнг2-LS</i>	3×2.5+1×1.5	7.55	0.116	3.01
------	----	-----	------------------	-------------	------	-------	------

2.4 Висновки до розділу 2

У розрахунковому розділі проведено комплексне проектування систем електроосвітлення та електропостачання корпусу. Для забезпечення нормованої освітленості робочих зон (400 лк у цехах) та енергоефективності обрано сучасні світлодіодні світильники типу ДПО/ДВО, а для допоміжних приміщень та аварійного освітлення — енергозберігаючі лампи. Розрахунок, виконаний методом коефіцієнта використання світлового потоку, дозволив визначити оптимальну кількість та схему розміщення освітлювальних приладів із допустимим відхиленням світлового потоку в межах $\pm 10\%$. Проектування аварійної системи виконано з урахуванням вимог безпеки щодо рівня освітленості на шляхах евакуації (не менше 1 лк) та швидкості спрацювання системи (до 0,5 с).

В частині електропостачання проведено аналіз силового обладнання, що включає токарні, фрезерні та швейні верстати. На основі розрахунків активних, реактивних та пускових навантажень здійснено розбивку електроприймачів на групи та їх розподіл між 11 силовими пунктами. Для кожної групи підібрано відповідну кабельно-провідникову продукцію (наприклад, алюмінієві проводи перерізом 16 мм² для основного освітлення) та апарати захисту. Вибрані автоматичні вимикачі перевірені за піковими струмами та здатністю захищати мережу від перевантажень і коротких замикань, що гарантує надійну та безпечну експлуатацію всього електрообладнання корпусу.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок струмів короткого замикання

3.1.1 Теоретична частина

Для мереж низької напруги (0,4 кВ) у більшості випадків характерні дугові КЗ, тому розрахунок струмів КЗ в мережах низької напруги проводиться з урахуванням активного опору дуги у місці короткого замикання R_{∂} , мОм, що визначається за формулою [17]:

$$R_{\partial} = \frac{E_{\partial} \cdot L_{\partial}}{I_{\text{км}}^{(3)}}$$

де E_{∂} - напруженість у стовбурі дуги, В / мм (довідкова величина, 1.6 В / мм);

L_{∂} - довжина дуги, мм;

$I_{\text{км}}^{(3)}$ - струм трифазного металевого КЗ, кА.

Струм трифазного КЗ з урахуванням дуги, $I_{\text{кд}}^{(3)}$, кА, знаходимо за формулою:

$$I_{\text{кд}}^{(3)} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{\Sigma} + R_{\partial})^2 + X_{\Sigma}^2}}, \text{кА}$$

де $U_{\text{н}}$ - середня номінальна міжфазна напруга, кВ;

R_{Σ}^2 - сумарний активний опір кола до точки трифазного КЗ, мОм

X_{Σ}^2 - сумарний реактивний опір ланцюга до точки трифазного КЗ, мОм;

R_{∂} - опір дуги, мОм.

Струм двофазного КЗ з урахуванням дуги, $I_{\text{кд}}^{(2)}$, кА, знаходиться за формулою:

$$I_{\text{кд}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{кд}}^{(3)}, \text{кА}$$

де $I_{\text{кд}}^{(3)}$ - струм трифазного КЗ з урахуванням дуги, кА.

Струм однофазного КЗ в мережі напругою 0,38 кВ, $I_{\text{кд}}^{(1)}$, кА, визначається за формулою:

$$I_{\kappa\delta}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} \cdot Z_{\Pi\Phi-0}}, \text{ кА}$$

де U_{ϕ} - фазна напруга мережі, для мереж 0,4 кВ приймається 230 В

$Z_{\Sigma}^{(1)}$ - повний опір живильної системи та трансформатора, мОм;

$Z_{\Pi\Phi-0}$ - повний опір петлі фаза-нуль до точки КЗ, мОм.

Опір $Z_{\Sigma}^{(1)}$ визначається за формулою:

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = \sqrt{(X_{1T} + X_{2T} + X_{0T} + 2X_C)^2 + (R_{1T} + R_{2T} + R_{0T} + 3R_0)^2}, \text{ мОм}$$

де X_{1T} , X_{2T} та R_{1T} , R_{2T} - індуктивні та активні опори прямої та зворотної послідовностей силового трансформатора ($X_{1T} = X_{2T}$, $R_{1T} = R_{2T}$), мОм

X_{0T} , R_{0T} - індуктивний та активний опір нульовий послідовності силового трансформатора, мОм.

Повний опір петлі фаза-нуль від трансформатора до точки КЗ, $Z_{\Pi,\Phi-0}$, мОм, визначається за формулою

$$Z_{\Pi\Phi-0} = \sum_{i=1}^n l \cdot Z_{\Pi,\Phi-0,VD,i}, \text{ мОм}$$

де $Z_{\Pi,\Phi-0,VD,i}$ - питомий опір петлі фаза-нуль кожної з послідовно включених ділянок мережі, мОм / м;

l - довжина відповідної ділянки мережі, м;

Параметри елементів мережі, на яку необхідно розрахувати струми КЗ, визначаються за формулами, наведеними нижче.

Активний опір трансформатора визначається за формулою:

$$R_T = \frac{\Delta P_{\kappa} \cdot U_{ном}^2}{S_{ном.т}^2}, \text{ Ом}$$

де ΔP_{κ} - Втрати КЗ, кВт;

$U_{ном}$ - нижча номінальна напруга трансформатора, кВ;

$S_{ном.т}$ - номінальна потужність трансформатора кВА

Реактивний опір трансформатора визначається за формулою:

$$X_T = \sqrt{\left(\frac{U_\kappa}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_\kappa}{S_{ном.м}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном.м}}, Ом$$

де U_κ - напруга КЗ, %.

Активний опір кабельних ліній R_κ визначимо за формулою:

$$R_\kappa = R_{нит} \cdot l, мОм \quad)$$

де $R_{нит}$ - питомий активний опір кабелю, $мОм / м$

l - довжина кабелю, м

Реактивний опір X_κ визначимо за формулою:

$$X_\kappa = X_{нит} \cdot l, мОм$$

де $X_{нит}$ - питомий активний опір кабелю, $мОм / м$

l - довжина кабелю, м.

3.1.2 Аналітична частина

У мережах 0,38 кВ при розрахунках струмів КЗ для перевірки устаткування за здатністю, що відключає, виконуються розрахунки металевих КЗ, т.к. у цьому випадку значення струмів КЗ є максимальними. Під час перевірки чутливості захисних апаратів виконуються розрахунки дугових КЗ, т.к. у разі значення струмів КЗ є мінімальними [17].

Проведемо розрахунок струмів КЗ для мережі 0,4 кВ - ЕП № 1, заживлений від РП1.

Параметри трансформатора визначено в відповідно з наданими даними з розрахунку:

$$R_m = 0.002(Ом)$$

$$X_m = 0.0008(мОм)$$

Знайдемо опір системи для мережі 0,4 кВ за формулою:

$$x_c = \frac{U_{ср.нн}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{кз.вн} \cdot U_{ср.вн}}, Ом$$

де $U_{ср.ни}$ - середня номінальна напруга мережі, що підключається до обмотки нижчої напруги трансформатора;

$U_{ср.ви}$ - середня номінальна напруга мережі, що підключається до обмотки вищої напруги трансформатора,;

$I_{кз.ви}$ - діюче значення струму короткого замикання при трифазному КЗ у висновків обмотки вищої напруги трансформатора, МВА (приймається як даність в окремому випадку) [13].

$$x_c = \frac{0.4^2}{\sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot 10.5} = 0.001 \text{ Ом}$$

Для КЛ, що живить ЕП № 1:

$$R_{w12} = 1.84 \cdot 0.0057 = 0.105 \text{ Ом}$$

$$X_{w12} = 0.868 \cdot 0.10 = 0.0004 \text{ Ом}$$

Розрахуємо струми КЗ точки К9.

Струм трифазного КЗ:

$$I_{км}^{(3)} = \frac{0.4}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0.105 + 0.11)^2 + (0.001 + 0.042 + 0.01)^2}} = 7.70 \text{ кА}$$

Струм трифазного КЗ з урахуванням дуги:

$$I_{кд}^{(3)} = \frac{0.4}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0.001 + 0.0004)^2 + 0.012^2}} = 9.31 \text{ кА}$$

де активний опір дуги у місці КЗ:

$$R_d = \frac{1.6 \cdot 60}{7.70} = 0.0012 \text{ Ом}$$

Ударний струм трифазного КЗ:

$$i_y = 1.3 \cdot \sqrt{2} \cdot 7.70 = 14.15 \text{ кА}$$

Струм двофазного КЗ з урахуванням дуги:

$$I_{кд}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 9.31 = 8.06 \text{ кА}$$

Струм однофазного КЗ:

$$I_{\text{кд}}^{(1)} = \frac{230}{\frac{\sqrt{(2 \cdot 0.008 + 0.014 + 2 \cdot 0.01)^2 + (2 \cdot 0.002 + 0.003 + 3 \cdot 0.007)^2}}{3} + 0.31 \cdot 0.033} = 13.12 \text{ кА}$$

Розрахунок для решти точок аналогічний. Результати розрахунку представлені у таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку струмів КЗ у мережі 0.4 / 0.23 кВ

Точка КЗ	R_{δ}	$I_{\text{км}}^{(3)}$, кА	$I_{\text{кд}}^{(3)}$, кА	i_{Y} , кА	$I_{\text{кд}}^{(2)}$, кА	$I_{\text{кд}}^{(1)}$, кА
1	2	3	4	5	6	7
К-1	0.007	13.15	9.31	24.17	8.06	16.71
К-2	0.009	10.92	19.35	20.07	16.76	16.71
К-3	0.023	4.17	2.94	7.66	2.55	8.19
К-4	0.016	5.95	4.2	10.94	3.64	11.09
К-5	0.008	11.79	8.35	21.68	7.23	15.51
К-6	0.034	2.82	1.99	5.19	1.73	5.76
К-7	0.06	1.61	1.25	2.96	1.08	3.43
К-8	0.048	2	1.59	3.68	1.37	4.23
К-9	0.076	1.26	0.95	2.31	0.82	2.69
К-10	0.088	1.09	0.81	2	0.71	2.33
К-11	0.103	0.93	0.69	1.71	0.6	2
К-12	0.012	7.7	9.31	14.15	8.06	13.12
К-13	0.015	6.57	7.2	12.09	6.23	11.27
К-14	0.041	2.34	1.89	4.3	1.64	4.91
К-15	0.047	2.03	1.61	3.73	1.39	4.28
К-16	0.019	5.04	4.88	9.26	4.23	9.96
К-17	0.031	3.1	2.63	5.7	2.28	6.4
К-18	0.035	2.71	2.25	4.99	1.94	5.65
К-19	0.04	2.4	1.94	4.4	1.68	5.02
К-20	0.009	10.66	18.1	19.6	15.67	17.18
К-21	0.009	10.33	16.75	19	14.51	16.48
К-22	0.016	6.03	6.31	11.09	5.46	11.62
К-23	0.02	4.73	4.48	8.69	3.88	9.41
К-24	0.016	6.03	6.31	11.09	5.46	11.62
К-25	0.016	6.03	6.31	11.09	5.46	11.62
К-26	0.022	4.33	3.98	7.96	3.45	8.7
К-27	0.033	2.92	2.45	5.37	2.12	6.06
К-28	0.017	5.8	5.96	10.67	5.16	11.25
К-29	0.023	4.15	3.78	7.63	3.27	8.38
К-30	0.022	4.45	4.14	8.19	3.58	8.92
К-31	0.017	5.8	5.96	10.67	5.16	11.25
К-32	0.023	4.15	3.78	7.63	3.27	8.38
К-33	0.018	5.39	5.37	9.92	4.65	10.56

продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
К-34	0.012	7.94	9.82	14.59	8.5	13.51
К-35	0.012	8.04	10.04	14.78	8.69	13.67
К-36	0.011	9	12.41	16.55	10.75	15.2
К-37	0.012	7.89	9.71	14.5	8.41	13.43
К-38	0.022	4.33	3.98	7.96	3.45	8.7
К-39	0.02	4.88	4.67	8.97	4.05	9.68
К-40	0.026	3.74	3.31	6.88	2.87	7.63
К-41	0.032	3.04	2.57	5.59	2.22	6.28
К-42	0.018	5.39	5.37	9.92	4.65	10.56
К-43	0.024	4.04	3.65	7.43	3.16	8.18
К-44	0.03	3.23	2.76	5.94	2.39	6.66
К-45	0.022	4.45	4.14	8.19	3.58	8.92
К-46	0.028	3.49	3.03	6.41	2.63	7.15
К-47	0.033	2.87	2.39	5.27	2.07	5.95
К-48	0.017	5.59	5.65	10.28	4.89	10.9
К-49	0.023	4.21	3.84	7.74	3.33	8.48
К-50	0.028	3.37	2.91	6.2	2.52	6.93
К-51	0.024	3.94	3.53	7.24	3.06	7.99
К-52	0.016	6.03	6.31	11.09	5.46	11.62
К-53	0.021	4.59	4.3	8.43	3.72	9.16
К-54	0.03	3.16	2.69	5.82	2.33	6.53
К-55	0.02	4.73	4.48	8.69	3.88	9.41
К-56	0.027	3.61	3.17	6.64	2.74	7.38
К-57	0.033	2.92	2.45	5.37	2.12	6.06
К-58	0.02	4.88	4.67	8.97	4.05	9.68
К-59	0.026	3.7	3.26	6.8	2.83	7.54
К-60	0.019	5.04	4.88	9.26	4.23	9.96
К-61	0.02	4.8	4.57	8.83	3.96	9.54
К-62	0.026	3.66	3.21	6.72	2.78	7.46
К-63	0.033	2.95	2.48	5.42	2.15	6.11
К-64	0.018	5.3	5.24	9.74	4.54	10.41
К-65	0.024	3.94	3.53	7.24	3.06	7.99
К-66	0.02	4.73	4.48	8.69	3.88	9.41
К-67	0.018	5.3	5.24	9.74	4.54	10.41
К-68	0.024	3.94	3.53	7.24	3.06	7.99
К-69	0.031	3.13	2.66	5.76	2.3	6.46

3.2 Висновки до розділу 3

У даному розділі виконано розрахунок струмів короткого замикання для мережі електропостачання напругою 0,4 кВ з урахуванням особливостей живлення електроприймачів виробничого цеху.

Розглянуто методику визначення струмів трифазного, двофазного та однофазного короткого замикання, а також враховано вплив дугового опору в місці пошкодження, що є характерним для мереж низької напруги. Наведено основні розрахункові залежності для визначення активних і реактивних опорів елементів системи електропостачання, включаючи силовий трансформатор і кабельні лінії.

Виконано розрахунок струмів короткого замикання для характерної точки мережі з подальшим визначенням параметрів для інших точок за аналогічною методикою. Отримані результати узагальнено у таблиці, що дозволяє оцінити зміну рівнів струмів короткого замикання залежно від віддаленості точки пошкодження від джерела живлення.

Аналіз результатів показав, що максимальні значення струмів короткого замикання спостерігаються в точках, найближчих до джерела живлення, тоді як із віддаленням по мережі їх величина суттєво зменшується внаслідок зростання повного опору кола. Мінімальні значення струмів КЗ характерні для віддалених електроприймачів, що необхідно враховувати при перевірці чутливості захисних апаратів.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Оперативне обслуговування і огляди електроустановок

Оперативні перемикання повинен виконувати оперативний або оперативно-ремонтний персонал, допущений розпорядливим документом керівника організації, черговий електрик або електромонтер по експлуатації електрообладнання.

У електроустановках напругою вище 1000 В працівники з числа оперативного персоналу, одноосібно обслуговуючі електроустановки, повинні мати групу по електробезпеці IV, інші працівники в зміні – групу III.

У електроустановках напругою до 1000 В працівники з числа оперативного персоналу, які одноосібно обслуговують електроустановки, повинні мати групу III.

У електроустановках не допускається наближення людей, механізмів і вантажопідійомних машин до необгородженим струмоведучих частинам, які знаходяться під напругою, на менші відстані ніж вказаних в таблиці. 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимих відстаней до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою

Напруга, кВ	Відстань від людей і використовуваних ними інструментів і пристосувань, від тимчасових огорожень, м	Відстані від механізмів і вантажопідійомних машин в робочому і транспортному положенні, від стропів, вантажозахватних пристосувань і вантажів, м
До 1	Не нормується (без дотику)	1,0
1-35	0,6	1,0

Одноосібний огляд електроустановок, електротехнічної частині технологічного обладнання може виконувати працівник, що має групу не нижче III, з числа оперативного персоналу, що обслуговують цю електроустановку в робочий час або знаходиться на чергуванні, або працівник з числа

адміністративно-технічного персоналу, що має групу V, для електроустановок напругою вище 1000 В, і працівник, що має групу IV, для електроустановок напругою до 1000 В і право одноосібного огляду на підставі письмового розпорядження керівника організації.

Працівники, не обслуговуючі електроустановки, можуть допускатися до них у супроводі оперативного персоналу, що має групу IV – в електроустановках напругою вище 1000 В, і що має групу III – в електроустановках напругою до 1000 В, або працівника, що має право одноосібного огляду.

Супроводжуючий працівник повинен стежити за безпекою людей, допущених в електроустановки, і попереджати їх про заборону наближатися до струмоведучих частин.

При огляді електроустановок дозволяється відкривати двері щитів, складок, пультів керування та інших пристроїв.

При огляді електроустановок напругою вище 1000 В не допускається входити в приміщення, камери, не обладнані обгородженнями (вимоги до встановлення обгороджень приведені в ПУЕ) або бар'єрами, що перешкоджають наближенню до струмоведучих частин на відстані менші ніж вказаних в табл. 4.1. Не допускається проникати за обгородження і бар'єри електроустановок.

Не допускається виконання будь-яких робіт під час огляду.

При замиканні на землю в електроустановках напругою 3-35 кВ наближатися до місця замикання на відстань менше 4 м в ЗРП допускається тільки для оперативних перемикачів з метою ліквідації замикання і звільнення людей, що потрапили під напругу. При цьому слід користуватися електрозахисними засобами.

Відключати і включати роз'єднувачів, віддільників і вимикачі напругою вище 1000 В з ручним приводом необхідно в діелектричних рукавичках.

Знімати і встановлювати запобіжники слід при знятій напрузі.

Допускається знімати і встановлювати запобіжники, що знаходяться під напругою, але без навантаження.

Під напругою і під навантаженням допускається замінювати: запобіжники у вторинних колах, запобіжники трансформаторів напруги і запобіжники пробкового типу.

При знятті і встановленні запобіжників під напругою необхідно користуватися:

- у електроустановках напругою вище 1000 В – ізолюючими кліщами(штангою) із застосуванням діелектричних рукавичок і засобів захисту обличчя і очей;
- у електроустановках напругою до 1000 В – ізолюючими кліщами або діелектричними рукавичками і засобами захисту обличчя або очей.

Двері приміщень електроустановок, камер, щитів і складок, окрім тих, в яких проводяться роботи, мають бути закриті на замок.

Порядок зберігання і видачі ключів від електроустановок визначається розпорядженням керівника організації. Ключі від електроустановок повинні знаходитися на обліку у оперативного персоналу.

Ключі мають бути пронумеровані і зберігатися в ящику, що замикається. Один комплект має бути запасним.

Ключі повинні видаватися під розписку:

- працівникам, що мають право одноосібного огляду (у тому числі оперативному персоналу) від усіх приміщень;
- при допуску по наряді-допуску (допускаючому з числа оперативного персоналу, відповідальному керівникові і виконавцеві робіт) від приміщень, в яких належить працювати.

Ключі підлягають поверненню щодня після закінчення огляду або роботи.

Видача і повернення ключів повинні записуватись в спеціальному журналі довільної форми або в оперативному журналі.

При нещасних випадках для звільнення потерпілого від дії електричного струму напруга має бути знята негайно без попереднього дозволу.

4.2 Організаційні і технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки

До роботи в електроустановках повинні допускатися особи, що пройшли інструктаж і навчання безпечним методам праці, перевірку знань правил безпеки і інструкцій відповідно до займаної посади стосовно виконуваної роботи з привласненням відповідної кваліфікаційної групи по техніці безпеки і які не мають медичних протипоказань, встановлених Міністерством охорони здоров'я.

Для забезпечення безпеки робіт в діючих електроустановках повинні виконуватися наступні організаційні заходи:

- призначення осіб, відповідальних за організацію і безпеку виконання робіт;
- оформлення наряду або розпорядження на виконання робіт;
- здійснення допуску до проведення робіт;
- організація нагляду за проведенням робіт;
- оформлення закінчення роботи, перерв в роботі, переведень на інші робочі місця;
- встановлення раціональних режимів праці і відпочинку.

Для забезпечення безпеки робіт в електроустановках слід виконувати:

- відключення установки (частини установки) від джерела живлення;
- перевірку відсутності напруги;
- механічне замикання приводів комутаційних апаратів;
- зняття запобіжників ;
- від'єднання кінців живлячих ліній та інші заходи, що унеможливають помилкове подання напруги до місця роботи;
- заземлення відключених струмоведучих частин (накладення переносних заземлювачів, включення заземлюючих ножів);
- обгородження робочого місця або струмоведучих частин, які залишилися під напругою, до яких в процесі роботи можна доторкнутися або наблизитися на неприпустиму відстань.

При проведенні робіт зі зняттям напруги в діючих електроустановках або поблизу них:

- відключення установки (частини установки) від джерела живлення електроенергією;
- механічне замикання приводів відключених комутаційних апаратів;
- зняття запобіжників;
- від'єднання кінців живлячих ліній та інші заходи, що забезпечують неможливість помилкового подання напруги до місця роботи;
- встановлення знаків безпеки і обгороджень струмоведучих частин, які залишаються під напругою, до яких в процесі роботи можна доторкнутися або наблизитися на неприпустиму відстань;
- накладення заземлень (включення заземлюючих ножів або накладення переносних заземлень);
- обгородження робочого місця і встановлення попереджувальних знаків безпеки.

При проведенні робіт на струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою виконують роботи по наряді не менше ніж двоє осіб, із застосуванням електрозахисних засобів, із забезпеченням безпечного розташування працюючих і використовуваних механізмів і пристосувань.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розв'язано актуальне інженерне завдання, пов'язане з розробленням системи електропостачання виробничих приміщень із урахуванням зростання встановленої потужності та зміни структури навантаження.

У результаті виконання роботи:

- проаналізовано вимоги до систем електропостачання та електроосвітлення виробничих цехів відповідно до чинних нормативних документів України;
- встановлено, що електроприймачі об'єкта належать до II категорії надійності електропостачання, що визначає відповідні вимоги до побудови схеми живлення;
- визначено склад електроприймачів і встановлено зростання сумарної потужності до 318 кВт, що обґрунтовує необхідність реконструкції системи електропостачання ;
- виконано розрахунок системи робочого та аварійного електроосвітлення, забезпечено відповідність нормативним вимогам щодо рівня освітленості та умов експлуатації;
- здійснено розрахунок електричних навантажень, проведено раціональний розподіл електроприймачів на групи, що дозволило оптимізувати структуру мережі;
- обґрунтовано вибір кабельно-провідникової продукції та апаратів захисту з урахуванням режимів роботи та умов прокладання;
- виконано розрахунок струмів короткого замикання для характерних точок мережі, що дало можливість перевірити комутаційну здатність апаратів та забезпечити надійність захисту.

У цілому розроблена система електропостачання забезпечує необхідний рівень надійності, електробезпеки та енергоефективності, відповідає вимогам нормативної документації та може бути використана для практичної реалізації або модернізації електропостачання виробничих цехів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боденчук С. А., Бабюк С. М. Електропостачання промислових підприємств: сучасні тенденції // Матеріали МНТК „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“, Тернопіль, 28-29 травня 2025 року. 2025. С. 14–15.
2. 2. Гордієвич С. Ю., Бабюк С. М. Надійність систем електропостачання промислових підприємств: аналіз факторів, методів оцінки та комплексний підхід до підвищення // Матеріали МНТК „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“, Тернопіль, 28-29 травня 2025 року. 2025. С. 22–24.
3. Бабюк, С. М., Гнилиця, М. Б., & Козак, І. Р. (2024). Аналіз проблем надійності електропостачання промислових підприємств. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції „Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи“, 46-47.
4. Коваль В. П. Світлотехнічні аспекти заміни ламп розжарювання на енергоефективні лампи / В. П. Коваль // Матеріали науково-практичного семінару „Міжнародний інвестиційний форум-виставка з енергоефективності та енергоощадності 2015—, 8-9 жовтня 2015 року — Т. : ТНТУ, 2015 — С. 163166
5. Державні будівельні норми України. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. ДБН В.2.5-23:2010. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010.
6. Державні будівельні норми України. Природне і штучне освітлення. ДБН В.2.5-28:2006 (зі змінами). Київ : Мінрегіонбуд України.
7. Про затвердження Правил улаштування електроустановок : Наказ Міненерговугілля України від 21.07.2017 № 476 // База даних «Законодавство України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0476732-17> (дата звернення: 27.01.2026).

8. Курс лекцій з дисципліни «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла» / Укл. Костик Л.М., ТНТУ, 2015. - 132 с.

9. Костик Л. М. Конспект лекцій з курсу «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла» / укл. : Л. М. Костик. - ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. - 132 с.

10. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.

11. Миколишин В., Стасів А., Сисак І., Бабюк С., Буняк О. Аналіз проблем при забезпеченні функціонування електричних мереж після аварій чи планового відключення // PROCEEDINGS OF THE IX INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE «THEORETICAL AND EMPIRICAL SCIENTIFIC RESEARCH: CONCEPT AND TRENDS», Oxford, United Kingdom, 10 October 2025. — Oxford: Logos, 2025. — P. 120–124. — <https://doi.org/10.36074/logos-10.10.2025.023>

12. Білик Д. М. Надійність розподільчих електричних мереж / Д. М. Білик, М. Л. Матвієшин, Сергій Миколайович Бабюк // Матеріали МНТК „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“, 28-29 травня 2025 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2025. — С. 12–14. — (Фізико-технічні основи розвитку нових технологій. Електротехніка та енергозбереження).

13. Долішній Т. І., Бабюк С. М. Шляхи підвищення надійності розподільчих електричних мереж // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, Тернопіль, 11-12 грудня 2024 року. 2024. С. 263–264.

14. Цифровізація розподільних електричних мереж / В. І. Мазурок, А. М. Дребіт, Ю. Ю. Онисько, С. М. Бабюк // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2024. — С. 258–260. — (Електротехніка та енергозбереження).

15. Бабюк, С. М., Красножоний, О. В., Барило, В. П., & Брич, Б. В. (2020). Фактори, що впливають на надійність електропостачання. Збірник тез доповідей

IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 84-85.

16. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. ... Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258] / М-во палива та енергетики України. - Х. : Індустрія : Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.

17. Н.В. Букович, Г.М. Лисяк Розрахунок струмів коротких замикань: навчальний посібник – Львів: Ви-во Львівської політехніки, 2018. – 236 с.

18. Algorithms for automatic of metrological characteristics of transducers / Serhiy Babiuk, Ivan Sysak, Oleh Buniak, Yaroslav Osadtsa // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2022. — Vol 107. — No 3. — P. 67–75.

19. Vakulenko, O., Sysak, I., Babiuk, S., & Bunko, V. (2021, December). Features of the enameled wires insulation diagnosing by voltage. In Proceedings of the International Conference „Advanced applied energy and information technologies 2021”, 2021 (pp. 27-32). TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk “» LLC.

20. Bohdan Orobchuk, Ivan Sysak, Oleh Buniak, Serhii Babiuk, Vadym Koval (2023) Development of the reactive power compensation laboratory bench and its integration into the training simulator of dispatch control system. The 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2023 (ITTAP 2023).

21. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.

22. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.