

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр
на тему: «Розробка проекту електричного освітлення адміністративної
будівлі»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Електротехніка, електроенергетика та
електромеханіка
назва ОПП
спеціальності 141 Електротехніка,
електроенергетика та електромеханіка
код та найменування спеціальності
ступеня вищої освіти «бакалавр» групи
141ЕЕбд_31[1] (3 р.)
Бровко Андрій Віталійович
Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти

Полтава – 2025 рік

ВСТУП

У сучасних умовах підвищених вимог до якості середовища праці та енергоефективності, проектування систем внутрішнього освітлення адміністративних будівель набуває особливого значення. Рівень освітлення безпосередньо впливає на продуктивність праці персоналу, його самопочуття, рівень зорового навантаження, а також безпеку перебування у приміщеннях.

Розвиток світлодіодних технологій, впровадження автоматизованих систем керування, використання програмного забезпечення для моделювання освітлювального середовища відкриває нові можливості для створення комфортного, естетичного й енергозберігаючого внутрішнього освітлення. З урахуванням вимог нормативних документів (ДБН, ПУЕ, ДСТУ), необхідно забезпечити нормативний рівень освітленості для різних типів приміщень з урахуванням їх функціонального призначення.

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є проектування системи внутрішнього електричного освітлення адміністративної будівлі по вул. Полтавський шлях, 46/1 у м. Карлівка.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- проаналізувати архітектурно-планувальні особливості будівлі та існуючі умови освітлення; визначити вимоги до освітлення згідно з нормативною документацією;
- обґрунтувати вибір джерел світла та освітлювальних приладів;
- виконати світлотехнічний розрахунок кількості світильників та побудувати схему розміщення освітлювальних приладів;
- здійснити електротехнічний розрахунок мережі та розробити схему керування освітленням;
- скласти кошторис витрат на обладнання та монтаж;
- розглянути питання охорони праці під час монтажу та експлуатації освітлювальної системи.

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом дослідження є система електричного освітлення адміністративної будівлі. Предмет дослідження –

процеси розрахунку, проектування та економічного обґрунтування системи штучного освітлення.

Методи дослідження. У роботі використано методи світлотехнічного та електротехнічного розрахунку, економічного аналізу, графічного моделювання (DIALux), а також аналізу нормативної документації.

Практичне значення роботи. Робота має практичну цінність як приклад комплексного підходу до проектування енергоефективного освітлення адміністративної будівлі з урахуванням вимог до ергономіки, безпеки та економічної доцільності.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота містить таблиці і рисунки.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД І ХАРАКТЕРИСТИКА ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ

1.1. Загальна характеристика об'єкта освітлення

Об'єктом дипломного проектування є розробка проекту електричного освітлення адміністративної будівлі по вул. Полтавський шлях 46/1 в м. Карлівка, яка складається з 2 поверхів. На першому поверсі 23 приміщення, загальною площею – 567 м², на другому поверсі – 18 приміщень загальною площею 403 м². Загальна площа будівлі становить 970 м². Перелік приміщень та їх площа наведена додатку А.

У всіх приміщеннях будівлі є вікна, окрім санвузлів, коридорів, комори, що дозволяє використовувати природне освітлення протягом світлого часу доби. Природне освітлення має велике значення для здоров'я та комфорту проживаючих та працівників. Воно позитивно впливає на зорову систему, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та сприяє загальному розвитку організму. Сонячне випромінювання зігріває та очищує повітря, допомагаючи боротися з розповсюдженням різних хвороб, включаючи вірус грипу. Крім того, природне світло має позитивний психологічний вплив, створюючи в приміщенні відчуття зв'язку з навколишнім середовищем.

Однак, незважаючи на наявність природного освітлення, в кожному приміщенні адміністративної будівлі необхідне штучне освітлення. Це особливо важливо для забезпечення оптимальних умов роботи, відпочинку та переміщення людей. Штучне освітлення має бути встановлене в усіх приміщеннях, забезпечуючи належну якість освітлення для ефективної діяльності та безпеки присутніх.

Професійне проектування освітлення у адміністративної будівлі допоможе забезпечити оптимальні умови для роботи та перебування людей, створюючи комфортне та безпечне середовище у всіх приміщеннях.

Оздоблення приміщень впливають на показники відбивання поверхонь. Приймаємо значення коефіцієнтів відбивання поверхонь для приміщень адміністративної будівлі рівними, відповідно, для стелі – 70%, для стін – 50%, для підлоги – 30% [1].

1.2 Вибір системи і видів освітлення

Основні показники штучного освітлення (горизонтальна освітленість на нормованому рівні, яскравість, спектральний склад світла, пульсація світлового потоку, що засліплює дію джерел світла) повинні забезпечувати нормальні і безпечні умови праці людей, сприяти підвищенню продуктивності праці і якості продукції. Важлива вимога до освітлювальної установки – її економічність.

Системи та прийоми освітлення відіграють важливу роль у створенні комфортного та безпечного середовища в будівлях. Відповідно до ДБН В 2.5-28-2018 [1] для освітлення приміщень застосовуються дві системи освітлення, тобто сукупність загального і місцевого освітлення.

Загальне освітлення є базовим варіантом і призначене для рівномірного розподілення світлового потоку по всьому об'єму приміщення. Така система передбачає розміщення світильників на стелі або підвісних конструкціях з метою забезпечення нормативного рівня освітленості в усіх зонах приміщення. Світильники можуть мати розсіювачі, відбивачі або інші світлорозподільні елементи, які забезпечують м'яке та рівномірне освітлення без різких контрастів і тіней. Загальне освітлення створює єдину світлову обстановку, яка підходить для пересування, орієнтації в просторі та виконання нескладних зорових завдань. У більшості адміністративних приміщень – таких як кабінети, вестибюлі, коридори, зали очікування – саме загальне освітлення є достатнім для забезпечення нормативного світлового середовища.

Однак у тих випадках, коли у приміщенні виконуються точні або тривалі зорові роботи, загального освітлення може бути недостатньо. У таких

ситуаціях доцільним є застосування комбінованої системи освітлення. Вона передбачає поєднання загального освітлення з місцевим — тобто додатковими світильниками, що розміщуються безпосередньо у зоні виконання конкретного завдання. Місцеве освітлення дозволяє посилити яскравість в окремих ділянках приміщення, підвищити контрастність об'єктів та зменшити навантаження на зорову систему. Такі системи часто застосовуються в робочих кабінетах, зонах заповнення документів, біля комп'ютерних столів або в місцях, де потрібна точність та увага.

Комбінована система освітлення має додаткову перевагу: вона дозволяє економити електроенергію, адже немає потреби підвищувати загальний рівень освітленості в усьому приміщенні – достатньо підсилити світло лише там, де це необхідно. До того ж, місцеве освітлення часто дозволяє користувачам самостійно регулювати інтенсивність світла під індивідуальні потреби, що створює більш гнучке та ергономічне світлове середовище.

У системах штучного освітлення адміністративних будівель, залежно від функціонального призначення, часу використання та умов експлуатації, можна виділити чотири основні види освітлення: робоче, аварійне, охоронне та чергове. Кожен з них виконує окрему функцію та має свої вимоги щодо реалізації.

Робоче освітлення – це основний вид освітлення, який забезпечує нормальні умови для виконання трудових та побутових процесів. Воно створюється за допомогою систем загального або комбінованого освітлення, відповідно до нормативів з освітленості, які визначаються згідно з призначенням приміщення та характером зорових робіт. Робоче освітлення функціонує у штатному режимі та охоплює всі основні приміщення, де відбувається постійне перебування людей: офіси, кабінети, зали очікування, коридори тощо.

Аварійне освітлення використовується у випадках відключення основного (робочого) освітлення, наприклад, при аварії на електромережі або в разі надзвичайної ситуації. Основна мета аварійного освітлення –

забезпечити безпечну евакуацію людей із приміщення, уникнення паніки та забезпечення мінімального рівня освітленості в ключових зонах. До складу аварійного освітлення входять світильники, які встановлюються в проходах, на сходах, біля аварійних виходів та інших критичних точках. Такі світильники зазвичай оснащені автономними джерелами живлення (акумуляторами), що дозволяє їм працювати протягом певного часу після зникнення напруги в мережі.

Охоронне освітлення призначене для забезпечення контролю за територією або окремими приміщеннями у нічний або позаробочий час. Воно використовується як елемент системи безпеки. Таке освітлення встановлюється по периметру будівлі, на входах, біля воріт, в місцях, що охороняються або контролюються, а також у зонах відеоспостереження. Його основне завдання – виявлення сторонніх осіб або підозрілих дій, попередження проникнення та створення видимості постійного нагляду. Охоронне освітлення часто працює автоматично за сигналами від датчиків руху або у визначений час доби.

Чергове освітлення виконує функцію підтримки мінімального рівня освітленості у вибраних приміщеннях або зонах будівлі у неробочий час. Воно може використовуватись для забезпечення орієнтації персоналу, який виконує нічні чергування, охорону чи прибирання, а також для створення освітлення, що не заважає відпочинку, але забезпечує видимість. Чергове освітлення, як правило, має нижчу яскравість, ніж робоче, і встановлюється у вестибюлях, коридорах, біля виходів або у приміщеннях, які функціонують цілодобово.

Висновок до розділу 1

У розділі здійснено детальний аналіз об'єкта освітлення — адміністративної будівлі по вул. Полтавський шлях, 46/1 у м. Карлівка. Визначено, що будівля має змішане природне і штучне освітлення, при цьому природне світло є важливим чинником комфорту, але недостатнім для

повноцінного функціонування приміщень у темний період доби. Обґрунтовано необхідність застосування штучного освітлення із урахуванням вимог нормативних документів щодо якості світлового середовища.

Розглянуто доцільність використання загальної та комбінованої систем освітлення залежно від функціонального призначення приміщень, а також охарактеризовано основні види освітлення — робоче, аварійне, охоронне та чергове. Такий підхід дозволяє забезпечити безпечні, комфортні й енергоефективні умови експлуатації адміністративної будівлі.

РОЗДІЛ 2

СВІЛОТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ

2.1. Аналіз зорових задач, вибір нормованої освітленості та коефіцієнта запасу

Професійне проектування освітлення у адміністративної будівлі допоможе забезпечити оптимальні умови для роботи та перебування людей, створюючи комфортне та безпечне середовище у всіх приміщеннях.

Залежно від точності виконуваних робіт в приміщеннях існує поділ на розряди зорових робіт. Існує вісім розрядів зорової роботи (I – VIII). Розряд зорових робіт визначається мінімальним розміром об'єкта, що розрізняється. В кожному розряді встановлено до чотирьох підрозрядів (а, б, в, г), які визначаються контрастом об'єкта з фоном та характеристикою фону. Провівши аналіз, заносимо дані розрядів зорових робіт для кожного приміщення будівлі [2]:

Розряд зорових робіт для основних приміщень адміністративної будівлі наступні:

1. кабінети – розряд Б-1;
2. коридори – розряд Ж-1;
3. санвузли, комори – розряд Ж-2;
4. сходові клітки – розряд В-2.

При проектуванні систем штучного освітлення основним нормативним документом є ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [1], який встановлює мінімальні значення освітленості відповідно до функціонального призначення приміщень, характеру зорових задач та категорій зорових робіт. Залежно від цих умов освітленість може варіюватися від 30 лк (для підсобних приміщень) до 500 лк і більше (для приміщень з високою точністю зорової роботи).

Фактори, що впливають на вибір рівня освітленості:

1. Призначення приміщення. Освітленість повинна відповідати функціям приміщення: офіси, кабінети, конференц-зали потребують більш інтенсивного світла порівняно з коридорами чи коморами.

2. Тип зорової роботи. Визначається мінімальним розміром об'єкта розрізнення. Відповідно до класифікації ДБН [1], зорові роботи поділяються на вісім розрядів (I–VIII), кожен з яких має від одного до чотирьох підрозрядів залежно від контрасту об'єкта з фоном і фону з навколишнім середовищем.

3. Час використання приміщення. Приміщення постійного або тривалого перебування потребують вищих рівнів освітленості, ніж допоміжні приміщення, які використовуються епізодично.

4. Наявність природного освітлення. Природне світло може частково або повністю компенсувати потребу у штучному освітленні протягом світлого часу доби. У приміщеннях без вікон (санвузли, комори) штучне освітлення має забезпечувати повноцінне світлове середовище постійно.

5. Відбивні властивості поверхонь. Коефіцієнти відбивання поверхонь значною мірою впливають на рівномірність розподілу світла. У проєкті прийняті коефіцієнти: стеля - 70%, стіни - 50%, підлога - 30% (описано у 1.1).

6. Глибина приміщення і висота стелі. Чим більша висота підвісу світильників та глибина приміщення, тим ретельніше має бути продумано їхнє розташування і тип, аби уникнути нерівномірної освітленості.

Під час розрахунку освітлення враховується не лише початковий рівень освітленості, але й її зниження протягом експлуатації системи. Для цього вводиться поняття коефіцієнта запасу (K_z) – коефіцієнт, який враховує зниження світлового потоку через забруднення джерел світла, старіння світильників, зниження прозорості розсіювачів та інші чинники.

Коефіцієнт запасу застосовується у розрахунках, щоб гарантувати, що фактична освітленість протягом усього періоду експлуатації не буде нижчою за нормативну.

Основні чинники, що враховуються при виборі коефіцієнта запасу:

1. тип джерел світла та світильників. Світлодіодні джерела мають високу стабільність світлового потоку протягом довгого терміну служби, тому для них можна застосовувати нижчі значення коефіцієнта запасу (1.2-1.4) порівняно з люмінесцентними або лампами розжарювання (1.5-1.8);
2. умови експлуатації приміщення. У приміщеннях з підвищеною запиленістю, вологістю або хімічними домішками у повітрі світильники швидше забруднюються, і коефіцієнт запасу обирається вищим. У чистих офісних приміщеннях, де здійснюється регулярне прибирання, допустиме використання нижчих коефіцієнтів;
3. тип обслуговування освітлювальної установки. Якщо передбачене регулярне технічне обслуговування світильників (чищення, заміна джерел світла), то коефіцієнт може бути зменшений;
4. наявність пилозахисних або герметичних корпусів світильників. Світильники з високим ступенем захисту (IP65 і вище) менше забруднюються, відповідно, коефіцієнт запасу може бути зменшено.

ДБН В.2.5-28:2018 [1] також визначають рекомендовані значення коефіцієнта запасу для забезпечення достатньої освітленості протягом тривалого періоду експлуатації. Коефіцієнт запасу залежить від різних факторів, таких як вік ламп, забруднення світильників, зношеність оптичних систем та інші. Саме тому, керуючись документом ДБН В.2.5- 28:2018 [1] визначаємо значення освітленості та коефіцієнту запасу для приміщень проєктованої будівлі, заносимо дані значень до світлотехнічної відомості.

Визначену нормовану освітленість, коефіцієнт запасу для кожного приміщення проєктованої адміністративної будівлі заносено у світлотехнічну відомість (додаток А).

2.2. Вибір джерел світла та освітлювальних приладів

Вибір джерел світла для адміністративної будівлі повинен базуватися на

сукупності технічних, ергономічних, економічних та екологічних факторів. Нижче розглянуто найважливіші критерії, що визначають доцільність застосування того чи іншого джерела світла в системах штучного освітлення:

- світлова ефективність (лм/Вт);
- термін служби (год.);
- індекс кольоропередачі (Ra або CRI);
- колірна температура (К);
- енергоефективність та економічність;
- сумісність з системами управління освітленням;
- екологічна безпека;
- пульсація світлового потоку;
- дизайн та тип світильника.

Світлова ефективність характеризує кількість світлового потоку, що утворюється на кожен Вт спожитої електроенергії. Високий рівень світлової ефективності дозволяє досягти необхідного рівня освітленості при мінімальному споживанні енергії. Світлодіодні (СВД) лампи мають світлову ефективність 100-150 лм/Вт і вище, що значно перевищує показники ламп розжарювання (10-15 лм/Вт) або люмінесцентних ламп (60-90 лм/Вт).

Довговічність джерела світла прямо впливає на експлуатаційні витрати. Чим довший термін служби, тим рідше потрібно здійснювати заміну світильників, особливо в приміщеннях з важкодоступним монтажем. Наприклад, сучасні СВД-джерела мають термін служби 30-100 тис. годин, у той час як люмінесцентні – близько 10 тис. год.

Індекс кольоропередачі (Ra) відображає здатність джерела світла правильно передавати кольори об'єктів. Для адміністративних будівель рекомендується

$Ra \geq 80$, щоб забезпечити комфортне сприйняття кольорів, зменшити навантаження на зір, уникати викривлення кольорової гама документів, екранів тощо.

Колірна температура визначає відтінок світла – від теплого жовтого (2700–3000 K), нейтрального білого (4000–4500 K) до холодного білого (5000–6500 K). У адміністративних приміщеннях найбільш доцільно використовувати нейтральне біле світло (4000 K), яке найкраще підходить для роботи, не викликає втоми, зберігає концентрацію уваги.

Енергоефективність та економічність враховується не лише поточне енергоспоживання, а й повна вартість володіння, яка включає вартість придбання, монтажу, обслуговування та експлуатації джерел світла протягом усього терміну їх служби. Світлодіодні джерела є найдешевшими у довгостроковій перспективі.

У сучасних адміністративних будівлях важливо передбачити можливість автоматичного керування освітленням: датчики руху, рівня освітленості, димери тощо. СВД лампи добре інтегруються з такими системами, що дозволяє регулювати інтенсивність освітлення та додатково економити енергію.

СВД лампи не містять ртуті або інших шкідливих речовин, не вимагають спеціальної утилізації, що вигідно відрізняє їх від люмінесцентних ламп. Це особливо актуально для громадських будівель, які мають дотримуватись екологічних стандартів.

Джерела світла з високим коефіцієнтом пульсації можуть викликати втому, головний біль та інші негативні ефекти. СВД лампи з якісними драйверами забезпечують мінімальний рівень пульсацій, що відповідає санітарним нормам.

Для адміністративних приміщень важливим є поєднання функціональності з естетикою. Світильники мають відповідати інтер'єру, забезпечувати рівномірний розподіл світла, уникати утворення тіней та сліпучого ефекту.

Отже, виходячи з вищеописаного, обираємо світлодіодне освітлення.

Підбір освітлювальних приладів є важливим етапом у проектуванні системи штучного освітлення, оскільки він безпосередньо впливає на якість

освітлення, рівень енергоефективності, комфорт перебування в приміщеннях та загальний вигляд інтер'єру.

У ході проєктування електричного освітлення адміністративної будівлі, основними критеріями вибору світильників були:

– Світлотехнічні характеристики. Вибрані світильники повинні забезпечувати необхідний рівень освітленості відповідно до норм ДБН В.2.5-28:2018 [1]. Особливу увагу приділяється таким параметрам, як:

- світловий потік (лм) – має відповідати розрахованому значенню для кожного приміщення;
- тип розподілу світла – прямий, розсіяний або комбінований, залежно від функціонального призначення приміщення;
- рівномірність освітлення – для забезпечення комфортних зорових умов без утворення тіней та зон недостатньої освітленості;
- індекс кольоропередачі (CRI) – не менше 80 для забезпечення природного сприйняття кольорів у робочих зонах.

– Енергоефективність. Перевага надається СВД-світильникам з високою світловіддачею (від 100 лм/Вт і вище), що дозволяє зменшити загальні витрати на електроенергію.

– Надійність і довговічність. Світильники повинні мати тривалий термін служби (не менше 30–50 тис. год.), що знижує потребу в обслуговуванні та витрати на заміну. Для адміністративних будівель, де освітлення працює тривалий час, цей показник є критичним.

– Тип монтажу та сумісність з архітектурою інтер'єру. Світильники повинні гармонійно вписуватися в дизайн приміщень та відповідати типу стель (армстронг, гіпсокартон, бетонні тощо). Важливими є також габарити приладу, тип кріплення (вбудовані, накладні, підвісні) та зовнішній вигляд.

– Захист від пилу та вологи (ступінь IP). Для вологих та технічних приміщень підбираються світильники з класом захисту не нижче IP44 або IP65. Для сухих офісних приміщень достатньо IP20-IP40.

– Можливість регулювання освітлення. У деяких приміщеннях

доцільно передбачити димування (регулювання яскравості) або автоматичне керування освітленням – за допомогою датчиків присутності чи денного світла. Це покращує ергономіку та додатково знижує енергоспоживання.

Ціна та економічна доцільність. Вибір приладів базується на принципі оптимального співвідношення ціна/якість. Враховується загальний бюджет проєкту, вартість установки, експлуатації та обслуговування.

У проєкті передбачено застосування сучасних світлодіодних світильників ENERLIGHT AROSA, ENERLIGHT AURA, ENERLIGHT MERIDIAN, ENERLIGHT LINEAR, PANEL-B2B-595 та ARTOS-20, які забезпечують високу енергоефективність, тривалий термін служби та якісне освітлення відповідно до норм. Для реалізації системи освітлення використано світильники стельового типу з різною потужністю – 22 Вт, 24 Вт, 26 Вт, 36 Вт і 50 Вт. Усі вони мають колірну температуру 4000К, що забезпечує комфортне нейтральне біле світло, зручне для зорового сприйняття в адміністративних і виробничих приміщеннях.

Світлодіодні панелі великої площі використовуються для рівномірного освітлення просторих залів, кабінетів або навчальних аудиторій. Компактніші моделі із меншою потужністю встановлюються у коридорах, допоміжних приміщеннях або службових зонах. Окремо передбачено використання вологозахищених світильників у приміщеннях із підвищеним рівнем вологи, таких як санвузли або складські кімнати. Такі пристрої мають захищений корпус і підвищену стійкість до зовнішніх впливів. Світильники типу PANEL-B2B-595 потужністю 50 Вт використовуються для рівномірного освітлення великих приміщень, таких як конференц-зали чи офіси. Компактніші моделі, зокрема ENERLIGHT AURA 24 Вт, ENERLIGHT MERIDIAN 22 Вт та ENERLIGHT LINEAR 26 Вт, встановлюються у коридорах, кабінетах, підсобних і технічних приміщеннях. Світильник ENERLIGHT AROSA 36 Вт є універсальним рішенням для загального стельового освітлення в адміністративних будівлях.

Окремо передбачено використання вологозахищеного світильника ARTOS-20 у приміщеннях з підвищеним рівнем вологості (санвузли, технічні кімнати, склади). Ця модель має герметичний корпус і захист від пилу й вологи, що дозволяє її безпечно експлуатувати в складних умовах.

Усі обрані світильники характеризуються сучасним дизайном, високою світловіддачею, низьким рівнем енергоспоживання та відповідністю вимогам з охорони праці й екологічної безпеки. Їх застосування дозволяє знизити експлуатаційні витрати, підвищити рівень комфорту для користувачів і забезпечити стабільну роботу системи освітлення.

Таким чином, для освітлення адміністративної будівлі будуть використовуватись стельові СВД світильники, що забезпечуть рівномірне освітлення. У проєкті електричного освітлення адміністративної будівлі передбачається використання загальної системи освітлення. Види освітлення для проєкту: робоче і аварійне (світильники в коридорах, сходах, на виходах з буфету і конференц-залу).

2.3 Світлотехнічний розрахунок

Світлотехнічний розрахунок штучного освітлення здійснимо за методом світлового потоку, за допомогою якого визначають кількість світильників для даного приміщення. Він полягає в визначенні коефіцієнта використання η , що дорівнює відношенню світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню до повного потоку світлового приладу.

На практиці значення коефіцієнтів використання знаходяться за таблицями, що пов'язують геометричні параметри приміщень (індекс приміщень i) з їх оптичними характеристиками ($\rho_c, \rho_{cm}, \rho_{pn}$).

Для визначення табличного значення η знаходимо індекс даного приміщення та приблизно обираємо коефіцієнти відбиття ρ_c – стелі, ρ_{cm} – стін та ρ_{pn} – розрахункової поверхні або підлоги. Індекс приміщення визначаємо по (2.1)

$$i = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} \quad (2.1)$$

де a – довжина приміщення, м;

b – ширина приміщення, м;

h – розрахункова висота, м.

Потім визначають величину коефіцієнта використання світлового потоку [1].

Далі розраховуємо необхідну кількість освітлювальних приладів (N), які б забезпечували нормовану освітленість:

$$N = \frac{E \cdot k \cdot z \cdot S}{\eta \cdot \Phi \cdot n} \quad (2.2)$$

де Φ – світловий потік ламп, лм;

E – нормоване значення освітленості, лк;

k – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, 1 – 1,2;

S – площа приміщення, м²;

Для прикладу, розрахуємо необхідну кількість освітлювальних приладів для освітлення приміщення кабінету (№ 11 в світлотехнічній відомості), що має розміри 4,3 на 5,5 м. Для освітлення даного приміщення вибираємо світильник enerlight arosa 36Вт, 3400лм. Цей світильник має ступінь захисту IP20, криву сили світла (КСС) типу Д₁, коефіцієнт корисної дії (ККД) становить 0,9.

Визначаємо розрахункову висоту для даного приміщення за (2.3):

$$h_p = H - h_{pn} - h_{zc} \quad (2.3),$$

де h_p – розрахункова висота, м;

H – висота приміщення, м;

h_{pn} – висота робочої поверхні, м;

h_{zc} – висота звісу світильника, м.

Підставимо значення у (3.3) і отримуємо $h_p = 3 - 0,8 - 0 = 2,2$ м.

Для подальшого розрахунку визначимо індекс приміщення. Для цього скористаємося (2.1) $i = \frac{24,5}{2,2 \cdot (4,3 + 5,5)} = 1,13$.

Для КСС Д₁; коефіцієнт відбиття стелі, стін та робочої поверхні відповідно 0,7, 0,5 та 0,3 і розрахованого індексу приміщення визначаємо величину коефіцієнту використання η . В нашому випадку $\eta = 58\%$.

Потім за формулою (2.2) визначаємо необхідну кількість світильників в приміщенні $N = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 24,5}{0,58 \cdot 3400} = 5,33$ шт ≈ 6 світильників.

Для даної освітлювальної установки розрахуємо її потужність за (4.4):

$$P_{oy} = N_n \cdot P_l, \quad (4.4)$$

де P_{oy} – потужність освітлювальної установки, кВт;

N – кількість світильників в приміщенні,

n – кількість ламп у світильнику;

P_l – потужність лампи, кВт;

$$P_{oy} = 6 \cdot 0,036 = 0,216 \text{ кВт}$$

Аналогічно проводиться світлотехнічний розрахунок для інших приміщень. Результати розрахунків заносимо світлотехнічної відомості

2.4. Розміщення освітлювальних приладів

Вибір розміщення світильників загального освітлення є одним з основних питань, що вирішуються при побудові освітлювальних установок, що впливають на їх економічність, якість освітлення й зручність експлуатації.

Рівномірне розміщення світлових приладів необхідне для рівномірного розподілу освітленості по освітлюваному приміщенні. При цьому будь-яке перевищення освітленості в окремих точках приміщення погіршить економічні показники. Освітлювальна установка повинна забезпечувати нормовану освітленість на всіх робочих поверхнях, тому споживча електроенергія буде мінімальною при рівномірному розподілі освітленості.

Розподіл освітленості по освітлювальних поверхнях визначається кривою світлорозподілу світлового приладу, а також відносною відстанню між світильниками, яка визначається відношенням відстані між світильниками до висоти підвісу над освітлюваною поверхнею.

Залежно від рівня освітленості світильники розміщують суцільними рядами без розривів або з розривами. В лініях з розривами відстань між кінцями світильників не повинна перевищувати половини висоти установки світильників над робочою поверхнею. Ряди світильників краще розміщувати паралельно стінам з вікнами або рядам колон приміщення.

При розміщенні світильників загального освітлення необхідно регламентувати відстань від крайнього ряду світильників до стін, що залежить від наявності робочих поверхонь біля стін приміщення. При наявності їх відстань від крайнього ряду світильників до стіни повинна складати 0,25-0,3 відстані між світильниками. При відсутності робочих місць біля стін цю відстань можна збільшити до 0,4-0,5.

Отже, розміщуємо світильники паралельно до вікон, де вони є, або загально рівномірно. Для цього використовуємо світлодіодні світильники, які забезпечуть достатню освітленість.

2.5 Моделювання освітлювальної установки

Моделювання освітлювальної установки – це процес створення комп'ютерної моделі, яка дозволяє проаналізувати, як буде розподілятися світло в конкретному приміщенні або на певній площині. Для цього використаємо DIALux – програма для 3D-моделювання систем внутрішнього та зовнішнього освітлення, розроблена компанією DIAL GmbH (Німеччина). Програма дозволяє будувати модель освітлення, аналізувати ізолюкси (криві рівної освітленості) та створювати візуалізацію приміщення у тривимірному форматі [5].

Для моделювання, збираємо інформація про приміщення: його розміри, конфігурація, наявність і розташування вікон, дверей та освітлювальних приладів. Далі обираємо відповідний тип світильників, після чого визначаємо схему їх розміщення в моделі. У програмному середовищі створюється 3D-модель приміщення з урахуванням усіх конструктивних та світлотехнічних характеристик. Визначальними параметрами при цьому є потужність і кількість джерел світла, їхнє розміщення та орієнтація, колірна температура, рівень і рівномірність освітлення, а також коефіцієнти відбиття поверхонь.

Також задаються характеристики матеріалів – зокрема, коефіцієнт відбиття, який визначає, яка частина світла відбивається поверхнею, а яка поглинається.

Після створення моделі проводиться симуляція, під час якої змінюються різні параметри для оцінки їх впливу на освітлення. Це дозволяє перевірити відповідність системи заданим умовам і нормам проєкту. Моделювання дає змогу не лише досягти оптимального рівня освітленості, а й зменшити енергоспоживання та експлуатаційні витрати. Таким чином, визначається раціональна кількість світильників і підбирається їхнє найбільш ефективно розташування.

Крім того, завдяки моделюванню підвищується рівень безпеки — виявляються потенційні проблеми, такі як надмірна яскравість або недостатнє

освітлення в окремих зонах, що можуть призвести до небезпечних ситуацій.

Моделювання здійснили на прикладі кабінету (рис. 2.7, 2.8) (№ 11 світлотехнічної відомості). Даний кабінет має такі параметри: довжина – 5,5 м; ширина – 4,3 м; висота – 3 м; товщина стіни – 0,25 м. Для моделювання було використано 6 світильників з світловим потоком 3400 лм

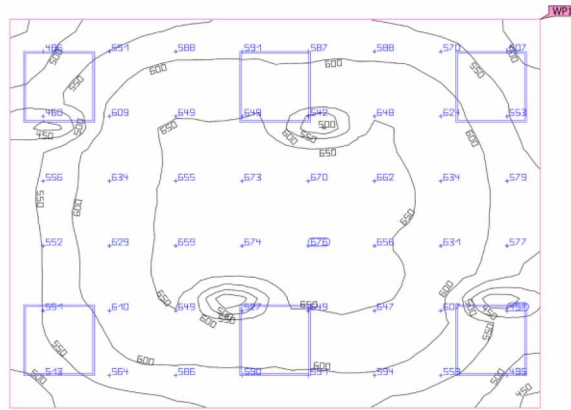


Рисунок 2.8 – Криві ізолінії освітленості кабінету

Таким чином, моделювання освітлювальної установки є важливим інструментом, що дозволяє зробити кращі рішення щодо проектування, оптимізації та вдосконалення систем освітлення. Воно дозволяє передбачити результати, оцінити ефективність, вплив на здоров'я та комфорт, а також забезпечити енергоефективність та дотримання нормативів.

Висновок до розділу 2

Проведено світлотехнічний розрахунок методом світлового потоку для забезпечення нормативного рівня освітленості в усіх приміщеннях, з урахуванням геометричних характеристик, коефіцієнтів відбивання поверхонь і впливу природного освітлення.

Виконано моделювання освітлювальної установки в спеціалізованому програмному забезпеченні для оцінки ефективності розподілу світлового потоку.

Приділено увагу правильного розміщення освітлювальних приладів для досягнення рівномірності освітленості та мінімізації енергоспоживання.

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ

3.1 Вибір напруги, джерел та схеми живлення

Під час вибору напруги та джерел живлення для електричних систем необхідно враховувати низку ключових чинників, серед яких: тип приміщення, сумарна потужність споживачів, вимоги нормативних документів, доступність обладнання та забезпечення безпеки.

Одним із перших критеріїв є призначення приміщення. Наприклад, у житлових будинках зазвичай використовують однофазну систему з напругою 120 або 230 В, тоді як у промислових та комерційних об'єктах застосовуються як однофазні, так і трифазні системи з напругами 208, 240, 400 або 480 В залежно від специфіки споживання електроенергії.

Після визначення типу приміщення слід провести розрахунок загального навантаження, яке створюють усі електропристрої в системі – освітлення, електроприлади, обладнання тощо. Це дозволить визначити необхідну напругу та потужність джерел живлення для стабільної роботи системи.

Наступним етапом є перевірка відповідності проєкту діючим стандартам та електротехнічним нормам, які можуть відрізнятися залежно від країни або регіону. Дотримання нормативних вимог є обов'язковим, адже вони регулюють дозволене використання певних рівнів напруги та типів обладнання у різних умовах експлуатації.

Також важливо врахувати доступність джерел живлення з потрібними характеристиками – як у фізичному сенсі (наявність поблизу), так і в технічному (відповідність параметрам споживачів). Крім того, пріоритетом залишається безпека – обрана система живлення має відповідати вимогам техніки безпеки, а всі елементи мають бути захищені від можливих аварійних

ситуацій.

У рамках даного проєкту для системи освітлення передбачено використання напруги 380/220 В.

Живлення здійснюється від трансформаторної підстанції потужністю 250 кВА: трифазна мережа з напругою 380 В застосовується для силових споживачів, а однофазна мережа з напругою 220 В — для освітлювальних приладів і розеток. Схема живлення включає джерело електроенергії, автоматичні вимикачі, пристрої захисного відключення і проводку, яка забезпечує підключення електроспоживачів до мережі.

Освітлювальні мережі внутрішнього освітлення поділяють на лінії: живильну, що прокладається від трансформаторної підстанції до групових щитків, та групову – від групових щитків до світильників.

Електроприймачі I категорії – електроприймачі, переривання електропостачання яких може спричинити: небезпеку для життя людей, значний матеріальний збиток споживачам електричної енергії (пошкодження дорогого основного обладнання, масовий брак продукції), розлад складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства. У складі електроприймачів I категорії виділяється особлива група електроприймачів, безперебійна робота яких є необхідною для безаварійної зупинки виробництва з метою запобігання загрозі життю людей, вибухам, пожежам і пошкодженням високовартісного основного обладнання, втраті важливої інформації [7].

Електроприймачі II категорії – електроприймачі, перерва електропостачання яких призводить до масового недовідпуску продукції, масових простоїв робітників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських і сільських жителів [7].

Електроприймачі III категорії – решта електроприймачів, що не підпадають під визначення I та II категорій. Категорії надійності електропостачання визначають залежно від технології основного виробництва

споживача електроенергії згідно з вимогами ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення» [7, 8].

Живлення споживачів III категорії допускається здійснювати від однієї трансформаторної підстанції з одним трансформатором. При цьому аварійне й робоче освітлення повинні мати окремі джерела живлення, які починаються від розподільного щита підстанції або від ввідного пристрою будівлі (рис. 3.1).

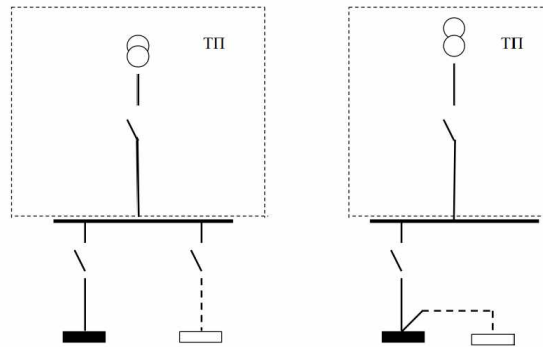


Рисунок 3.1 – Схема живлення освітлення від однієї однострансформаторної підстанції

Для споживачів I та II категорії передбачена більш надійна схема електроживлення (рис. 3.2), яка фактично аналогічна схемі, що використовується для споживачів I категорії. У такій конфігурації аварійне освітлення підключається до однієї підстанції, а робоче — до іншої. Якщо трансформатори живляться від незалежних джерел, то така схема повністю відповідає нормативним вимогам для аварійного освітлення.

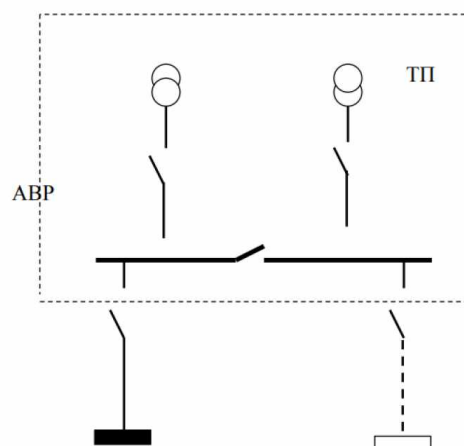


Рисунок 3.2 – Схема живлення освітлення від однієї двотрансформаторної підстанції

Для даного проєкту обрана схема живлення II категорії, з якою допускається перерва в електропостачанні на час, необхідний для ручного вмикання резерву черговим персоналом або виїзною бригадою.

2.2 Вибір марки проводу та способу прокладання

Для надійної та безпечної роботи системи електричного освітлення важливим етапом є правильний вибір марок електричних проводів, а також способу їх прокладання. Від цих параметрів залежить не лише довговічність та ефективність функціонування мережі, а й пожежна безпека, простота монтажу та подальшого обслуговування електроустановок.

Під час проєктування внутрішніх електромереж враховуються такі основні фактори: навантаження, умови експлуатації (вологість, температура, агресивне середовище), клас пожежної безпеки будівлі, вимоги нормативних документів, а також естетичні й конструктивні особливості приміщень.

У сучасному проєктуванні систем освітлення найчастіше застосовуються такі способи прокладання електропроводки:

- відкрите прокладання по стінах або стелі (у коробах, лотках або на роликах) - зручне для технічних приміщень, дозволяє швидкий доступ до мережі, ремонтпридатність;
- приховане прокладання в штробах або під штукатуркою — забезпечує естетичний вигляд, захищає провід від механічних пошкоджень;
- прокладання в гофрованих або пластикових трубах - дозволяє захистити кабель від механічних пошкоджень та вологи, полегшує заміну провідника у разі пошкодження;
- прокладання в кабель-каналах або лотках - використовується в адміністративних будівлях, де можливо часте перепланування або модернізація мережі.

Для реалізації системи електроживлення в даному проєкті передбачено

використання наступних марок проводів:

Провід ВВГ (рис. 3.3) (мідний, з ізоляцією з ПВХ, у ПВХ-оболонці) – використовується для живильної та розподільчої мережі. Цей кабель має високу стійкість до механічних пошкоджень, не підтримує горіння, може застосовуватися як у сухих, так і у вологих приміщеннях. Він підходить для стаціонарного прокладання в стінах, каналах, трубах та на лотках. ВВГ випускається в одно- або багатожильному виконанні, а також з різною кількістю жил (2, 3, 4 або 5) і перерізом залежно від навантаження.

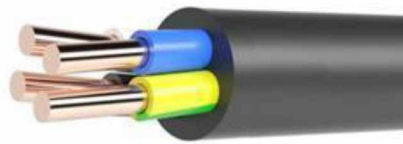


Рисунок 3.3 – Провід марки ВВГ

2. Провід ППВ (рис. 3.4) (мідний, з ПВХ-ізоляцією) – використовується для групових ліній в освітлювальних мережах, зокрема для підключення світильників, вимикачів, розеток усередині приміщень. Провід ППВ гнучкий, легкий у монтажі, добре підходить для прокладання в трубах, коробах і каналах. Завдяки своїм компактним розмірам зручно монтується в місцях зі складною конфігурацією або в обмеженому просторі.



Рисунок 3.4 – Провід марки ППВ

Марки провідників обрано з урахуванням максимальної робочої температури, допустимого навантаження, опору ізоляції та відповідності вимогам ПУЕ [7] і ДБН [8]. Мідні жили гарантують високу провідність та довговічність мережі,

а використання стандартних типів кабелю полегшує постачання матеріалів та подальше технічне обслуговування.

Виходячи з вищесказаного, для монтажу електричного освітлення адміністративної будівлі банку обрані такі види електричних проводів:

- на живильну і розподільчу мережу – кабелі і захищені провідники з гумовою та пластмасовою ізоляцією, прокладання в повітрі марки ВВГ (прокладання в повітрі, оболонка з полівінілхлоридного пластикату, ізоляція з гуми, чотирьохжильний).

- на групову мережу – провід з гумовою та пластмасовою ізоляцією марки ПГВ, з трьома жилами, спосіб прокладання в кабель-каналах.

3.3 Вибір групових щитків та апаратів захисту

Розподільні й групові шафи, пристрої, пункти і щитки призначені для розподілу електричної енергії, захисту електричних установок при перевантаженнях і коротких замиканнях, а також для нечастих (до 6 разів в год.) оперативних включень і відключень електричних ланцюгів.

За призначенням групові щитки діляться на дві групи:

- для промислових, адміністративних і суспільних будівель і споруд;
- для житлових будівель.

За родом захисту від дії навколишнього середовища щитки можуть мати наступні конструктивні виконання: захищене, закрите, брызконепроникне, пилонепроникне, вибухозахищене і хімоустійке.

За способом установки групові щитки підрозділяються:

- для відкритої установки на стінах, колонах, конструкціях;
- для втопленої установки.

Для відкритої установки застосовуються щитки будь-якого з вище перелічених виконань по роду захисту від дії навколишнього середовища. Для втопленої установки щитки виготовляються тільки в захищеному виконанні.

Щитки в захищеному виконанні можуть встановлюватися у всіх

приміщеннях, окрім сирих, запованих, вибухо- і пожежобезпечних, а також приміщень з хімічно активним середовищем. У такому виконанні виготовляють щитки для житлових будинків і більшості приміщень адміністративних і суспільних будівель.

При виборі щитків для проектування освітлення адміністративного приміщення банку в першу чергу необхідно орієнтуватися на допустиме для даного середовища конструктивно найпростіше і дешевше їх виконання.

Розміщуючи щитки, слід по можливості вибирати для їх установки приміщення з кращими умовами середовища. Конструкція щитка повинна допускати заміну захисних комутаційних апаратів без демонтажу щитків.

Повинна бути забезпечена можливість введення і виведення ліній як зверху, так і знизу щитка. Дверці щитка повинні вільно відкриватися на кут не менше 120° для забезпечення зручності експлуатації.

При вирішенні питань розміщення групових щитків враховують наступні рекомендації:

а) щитки повинні розташовуватися по можливості в центрі зосередження навантаження, оскільки тим самим скорочується протяжність групової мережі і полегшується переріз дротів; допускається зсув групових щитків у бік джерел живлення;

б) щитки повинні встановлюватися в місцях, вільних від устаткування і зручних для обслуговування. Рекомендується, особливо в будівлях без цілодобової роботи, розташовувати щитки поблизу основних входів. У цехах з хімічно активним, запованим і несприятливим середовищем рекомендується встановлювати щитки в цехових електроприміщеннях;

в) щитки повинні, як правило, забезпечувати живленням ті поверхи будівель, на яких вони встановлені; виняток допускаються для щитків аварійного освітлення;

г) щитки з вимикачами треба розташовувати так, щоб були видні керовані ними світильники;

д) в будівлях з технічними поверхами для живлення світильників,

обслуговуваних з технічного поверху, допускається установка щитків на тому ж технічному поверсі.

Виходячи з вищезазначеного, обираємо щиток робочого освітлення для прихованого монтажу внутрішнього типу MAKEL 63006, розрахований на шість автоматів. Цей щиток виготовлений із пластику, має прозорі дверцята, ступінь захисту IP40 та розміри 375×505×310 мм.

Відповідно з Правилами улаштування електроустановок [7], всі електричні мережі мають бути обладнані захистом від короткого замикання. Цей захист повинен забезпечувати мінімальний час відключення та мати можливість селективного вимкнення. Апарати захисту, які відповідають цим критеріям, автоматично відключають електричну мережу в разі виникнення ненормальних умов.

Основною характеристикою електричного автомату являється залежність повного часу вимкнень мережі від значення прохідного струму. В автоматах з тепловими та комбінованими розмикачами час спрацювання залежить від струму перенавантаження або короткого замикання: чим більший струм, тим швидше автомат вимикає лінію. Автомати з миттєво діючими розмикачами починають діяти тільки після того, як струм досягає визначеного для даного розмикача значення: звичайно цей струм в 6-8 разів більший номінального.

Для захисту освітлювальних мереж використовуються автомати з тепловими та комбінованими нерегулюючими розмикачами і лише на щитах підстанцій використовуються автомати з комбінованими регульованими розмикачами. Апарати захисту повинні надійно вимикати значні перенавантаження та не створювати несправжніх вимикань.

Апарати захисту варто розташовувати по можливості в доступних для обслуговування місцях таким чином, щоб була виключена можливість їхнього механічного ушкодження. Апарати захисту встановлюються в наступних пунктах освітлювальної мережі:

- у місцях приєднання мережі до джерела живлення; – на вводах в

будинок; – на групових щитках;

– у місцях зменшення перетину проводу в напрямку електричного приймача. Апарати захисту в освітлювальних мережах допускається не встановлювати в наступних місцях:

– при зменшенні перетину лінії по її довжині і на відгалудженні, якщо захисний апарат захищає ділянки зі зниженим перетином;

– при зниженні перетину по довжині лінії і на відгалудженнях від неї, якщо знижений перетин складає не менше 0,5 перетину, початкової ділянки лінії;

– у місцях відгалудження від лінії до малопотужних електроприймачів, якщо живильна лінія захищена апаратом з вставкою не більше 25 А без обмеження довжини і перетину;

– у місцях відгалудження від лінії до електроприймачів малої потужності, якщо лінія захищена апаратом з вставкою більше 25 А, але не більше 63 А при довжині відгалудження до 3 м при будь-якому способі прокладання, крім прокладання в сталевій трубі, де довжина лінії не обмежується.

Захисні апарати повинні встановлюватися на всіх нормально не заземлених фазах чи полюсах.

Номінальні струми апаратів захисту повинні бути не менші розрахункових струмів ділянок мережі, що захищені, близькими до них, і не вимикати електроустановку при вмиканні ламп.

При установці кількох автоматів з тепловими або комбінованими розмикачами в шафах або ящиках їх номінальні струми повинні бути знижені на 10-20% в залежності від числа та завантаження автоматів.

Захисні пристрої миттєво вимикають лінії у випадку коротких замикань, забезпечуючи мінімальний час реакції та враховуючи принцип селективності. У мережах, які захищені від перевантажень, захист під час коротких замикань забезпечується за допомогою спеціально відібраних пристроїв, які відповідають вимогам важливих навантажень.

У мережах без захисту від перевантажень, особливо в системах з глухим заземленням нейтралі, вимикачі відреагують лише тоді, коли струм короткого замикання перевищить номінальну робочу ємність плавкої вставки або розмички автоматичного вимикача не менше ніж в три рази [4, 7].

В мережах, що захищаються від перенавантаження, плавкі вставки запобіжників і роз'єднувачі автоматів повинні вибиратися рівними чи найближчими до розрахункового робочого струму мережі, тобто повинні витримуватися співвідношення (3.1) [4]:

$$I_b \geq I_p, I_a \geq I_p \quad (3.1)$$

де I_b – струм плавкої вставки, А;

I_a – струм роз'єднувача автоматичного вимикача, А;

I_p – розрахунковий струм, А.

Перевірка відповідності апаратів захисту струму навантаження зводиться до розрахунку струму на кожній ділянці живильної, розподільчої та групової мережі, а потім за цим струмом вибирається струм апарату захисту і порівнюється з тривало допустимим струмом $I_{дд}$ вибраного кабелю чи проводу.

При розрахунку струму користуються (3.2, 3.3):

для трифазної мережі з нулем

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}, \quad (3.2)$$

для кожної з фаз дво- та трифазної мережі з нулем

$$I = \frac{P}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (3.3)$$

де $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності навантаження;

$U_{\text{л}}, U_{\text{ф}}$ – відповідно лінійна та фазна напруга мережі, кВ;

P – активний опір навантаження, кВт.

Зробимо вибір струму автоматичного вимикача та його перевірку для ділянки АБ (3.2). Загальна потужність цієї ділянки складає $P_{\text{тр}} = 66,64$ кВт. Трансформаторна підстанція знаходиться поблизу будівлі на відстані 50 метрів. Потужність трансформатора = 250 кВт·А; $\cos\varphi=0,95$. Тоді $I_{\text{АБ}} = \frac{66,64}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 106,6$ А

Для виконання поставлених задач вибираємо трилюсний автоматичний вимикач типу HAGER 3P HDA125L 18kA, що має струм апарату захисту $I_{\text{а.з.}} = 125$ А. Для кабелю ВВГ, що прокладається в повітрі і має площу перерізу жил 25 мм² тривало допустимий струм по додатку Е [4] становить $I_{\text{дд}} = 85$ А. В нашому випадку переріз проводу малий для допустимо значення струму, тоді збільшуємо переріз до 50 мм², тоді тривало допустимий струм становить 130 А. Аналогічно розраховуємо розподільчі лінії і заносимо дані в додаток Б.

Для ліній щитка робочого освітлення формула змінюється (3.4). Для прикладу розраховуємо 3 лінію.

$$I_3 = \frac{P_3}{U_{\text{ф}} \cdot \cos\varphi} \quad (3.4)$$

де $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності навантаження (0,95);

$U_{\text{ф}}$, – фазна напруга мережі, кВ (на даній ділянці 0,220 кВ);

P_3 – активний опір навантаження, тобто потужність першої лінії щитка робочого освітлення, кВт

$$I_3 = \frac{0,356}{0,22 \cdot 0,95} = 1,7 \text{ А}$$

За асортиментом автоматичних вимикачів вибираємо однополюсний

автоматичний HAGER, що має струм апарату захисту $I_{a.з.} = 10$ А. Для кабелю ПГВ, що прокладається відкрито і має площу перерізу жил $2,5$ мм² тривало допустимий струм становить $I_{дд} = 30$ А.

Аналогічно розраховуємо струми апаратів захисту на кожній ділянці групової мережі та заносимо дані в електротехнічну відомість (Додаток Б).

3.4 Електротехнічний розрахунок мереж

Електротехнічний розрахунок розпочинаємо із виділення робочих та аварійних світильників в приміщеннях та розміщення розеток (приблизно на 10 м² необхідна одна розетка, але не в кожному приміщенні встановлені розетки). Виходячи з креслення в нашій будівлі буде встановлюватись 106 розеток. Розраховуємо загальну потужність, що буде витратиться на розетки за (3.5)

$$P_{\text{розеток}} = N_{\text{розеток}} \cdot 0.06 \text{ (кВт)} \quad (3.5)$$

де $N_{\text{розеток}}$ – кількість розеток.

$$P_{\text{розеток}} = 106 \cdot 0,06 = 6,36 \text{ кВт}$$

В даному випадку обов'язково аварійне освітлення встановлено в коридорах, сходах, в буфеті та конференц-залі. Світильники аварійного освітлення беруться із ряду робочого освітлення. Ці світильники мають задовільнити освітленість 50 % від робочого освітлення.

Наступним кроком ми розподіляли рівномірно навантаження на кожен лінію робочого щитка. Всього вийшло 6 групових щитків робочого (ОЩ-1, ОЩ-2, ОЩ-3, ОЩ-4, ОЩ-5, ОЩ-6) і 3 щитки аварійного освітлення (ОЩА-1, ОЩА-2, ОЩА-3). Для прикладу розрахуємо щиток ОЩ-1. Згідно з кресленням в щитку ОЩ-1 має 5 робочих ліній, які пронумеровані від 1 до 6. Перші 2 лінії

– розеточні, 3 інші розраховані на освітлення. За світлотехнічною відомістю до 3 лінії входять приміщення під №: 1 (1 світильник, потужністю 0,024 кВт), 2 (3 світильника – 0,044 кВт), 3 (4 світильника – 0,144 кВт), 4 (4 світильника – 0,144 кВт). Розраховуємо навантаження на 3 лінію: $P_1 = 0,024 + 0,044 + 0,144 + 0,144 = 0,356$ кВт

За таким принципом розраховуємо всі лінії робочого щитка та лінію аварійного й заносимо дані в електротехнічну відомість (Додаток Б).

Далі визначаємо значення моменту навантаження, яке визначається добутком потужності навантаження на відстань як для групових, так і для живильних і розподільчих мереж. Формула (3.6) послідовно застосовується до всіх ділянок мережі, починаючи від головної ділянки. Виходячи з рис. 3.3 та (3.3) розраховуємо момент навантаження для освітлювальної установки 3 лінії.

$$m = L_1 \cdot (P_1 + P_2 + P_3) + L_2 \cdot (P_2 + P_3) + L_3 \cdot P_3 \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned} m_3 &= (l_1) \cdot P_1 + (l_2 + l_3) \cdot P_1 \cdot P_2 + (l_4 + l_5) \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 + (l_5 + l_6) \cdot P = \\ &= 17,44 \text{ кВт} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

Далі розраховуємо навантаження, що буде йти на освітлення ($P_{\text{ощ}} = 13,098$ кВт ; $P_{\text{оща}} = 0,23$ кВт (Додаток Б, таблиця Б.1)):

$$P_{\text{осв}} = P_{\text{ощ}} + P_{\text{оща}} \quad (3.7)$$

$$P_{\text{осв}} = 13,098 + 0,23 = 13,328 \text{ кВт}$$

Перед початком розрахунку приведених моментів живильної освітлювальної мережі, знайдемо потужність силового навантаження. При цьому будемо враховувати, що зазвичай силове навантаження складає 80% від освітлювального. Тоді знаючи, що $P_{\text{осв}} = 13,328$ кВт і склавши пропорцію,

визначимо силове навантаження за (3.8):

$$P_{\text{сил}} = P_{\text{осв}} \cdot 4, \quad (3.8)$$

де 4 – коефіцієнт силового навантаження.

Підставимо значення у (3.8) $P_{\text{сил}} = 13,328 \cdot 4 = 53,312$ кВт

Тоді, загальна потужність трансформатора буде становити за (3.9):

$$P_{\text{тр}} = P_{\text{сил}} + P_{\text{осв}} \quad (3.9)$$

Підставимо значення у (3.9) $P_{\text{тр}} = 53,312 + 13,328 = 66,64$ кВт

Згідно з нашого креслення є ділянки мережі з позначеннями: АБ (живильна ділянка від трансформатора до ввідного щитка, який розташований біля будівлі банку); БВ (розподільча ділянка від ввідного щитка до щитка робочого освітлення); БК (розподільча ділянка від ввідного щитка до щитка аварійного освітлення) та групові мережі (від перших щитків освітлення, далі з'єднуємо послідовно з наступним) – ВГ, ГД, ДЕ, ЕЖ, ЖК (робоче освітлення), БЛ, ЛМ (аварійне освітлення).

За (3.10) визначаємо моменти на кожній ділянці мережі.

$$M_{\text{АБ}} = P_{\text{тр}} \cdot L_{\text{АБ}} \quad (3.10)$$

де $L_{\text{АБ}}$ – довжина кабелю від трансформаторної підстанції до вводу в будівлю, в нашому випадку це 50 м.

Для прикладу, визначимо момент навантаження на ділянці АБ:

$$M_{\text{АБ}} = 66,64 \cdot 50 = 3332 \text{ кВт}$$

Потім визначаємо площу перетину провідників кожної ділянки освітлювальної мережі і дійсні втрати напруги в них за (3.11).

$$S = \frac{\sum M + \sum \alpha m}{c \Delta U}, \quad (3.11)$$

де S – перетин даної ділянки мережі, мм^2 ;

M – сума моментів даного і всіх наступних ділянок з тим же числом провідників, що і на даній ділянці, кВт;

m – сума моментів відгалуджень, що живляться через дану ділянку і мають відмінне число ліній від числа ліній даної ділянки, кВт;

c – коефіцієнт приведення моментів, що залежить від числа проводів на даній ділянці і відгалуджень [3];

U – розрахункові втрати напруги, що допускаються від початку даної лінії до кінця відгалужень, %;

c – коефіцієнт, що залежить від напруги мережі і матеріалу провідників [3].

Для прикладу зробимо розрахунок для ділянки АБ.

$$S_{AB} = \frac{3332 + 1,85 \cdot 550,66}{72 \cdot 5} = 19,86$$

Визначаємо найближче стандартне значення перерізу кабеля в сторону збільшення зі стандартного ряду:

– для проводів та кабелів з мідними жилами: 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150.

Обираємо найближче число від розрахованого: $S_{стAB} = 25 \text{ мм}^2$

Знаходимо втрати напруги на ділянці АБ за (3.12):

$$U = \frac{M}{c \cdot S_{ст}} \quad (3.12)$$

де M – момент навантаження відповідної ділянки, кВт.

$$\text{Підставимо значення у (3.12)} \quad U_{AB} = \frac{3332}{72 \cdot 25} = 3,03 \%$$

Тоді можемо визначити допустимі втрати напруги, які будуть на ділянці, починаючи з точки Б (3.13)

$$U_B = 5,0 - U_{AB} \quad (3.13)$$

де 5,0 – втрати напруги в трансформаторі.

$$\text{Підставимо значення у (3.13): } U_B = 5,0 - 3,03 = 1,97 \%,$$

При розрахунку наступних ділянок замість цього значення підставляємо значення втрат напруги попередньої ділянки.

Далі переходимо до визначення площі перетину ліній робочого щитка (3.14).

$$S_3 = \frac{\alpha \cdot m_3}{C \cdot U_B}, \quad (3.14)$$

де α – коефіцієнт приведення моментів, що залежить від числа проводів на даній ділянці і відгалуджень [3]; в даному випадку = 1,33;

m_3 – приведений момент для 3 ліній робочого щитка, кВт, (додаток Б);

U_B – розрахункові втрати напруги, (додаток Б);

C – коефіцієнт, що залежить від напруги мережі і матеріалу провідників [3] (таблиця 3), в даному випадку = 12.

Всього 6 ліній (ОЩ-1) для прикладу за (3.14) розраховуємо 1 лінію:

$$S_3 = \frac{1,33 \cdot 17,44}{12 \cdot 1,69} = 1,14 \text{ мм}^2$$

$$S_{3\text{ст.}} = 1,5 \text{ мм}^2$$

Аналогічно розраховуємо площі перетину та знаходимо стандартні значення для робочих ліній та для лінії аварійного щитка (формула та сама, але змінюється лише приведений момент для ліній, а у випадку аварійного щитка ще й втрати напруги беруться в точці Г U_L).

Заносимо дані в електротехнічну відомість (додаток Б).

3.5 Керування освітленням

Способи керування освітленням, тобто його вмиканням та вимиканням, вибирають з врахуванням зручності експлуатації, простоти та економічності. Завжди необхідно враховувати наявність природного освітлення і характер його використання. Залежно від забезпечення зон приміщення природним освітленням вирішується, якими способами повинно вимикатися штучне освітлення. Апарати керування рекомендується встановлювати в місцях, зручних для використання, а також в найбільш сприятливих умовах середовища; інколи для цього передбачається спеціальне приміщення.

Розглянемо найбільш поширені способи керування освітленням:

1. Вимикачі. Це найпростіший спосіб керування освітленням, при якому використовується вимикач, щоб ввімкнути або вимкнути світло в приміщенні. Вимикач може бути одноклавішним або багатоклавішним, залежно від того, скільки джерел світла потрібно керувати.

2. Датчики руху – спрацьовують, коли вони виявляють рух у приміщенні, і вмикають світло. Це ефективний спосіб керування освітленням в приміщеннях, де люди не постійно перебувають, таких як коридори, східні та туалети. Датчики руху можуть бути налаштовані на автоматичне вимкнення світла через певний час після того, як не виявляється жодного руху.

3. Диммери – дозволяють змінювати яскравість світла в приміщенні. Це дуже зручно, коли потрібно змінювати настрій приміщення або створювати різні ефекти освітлення. Диммери можуть бути встановлені для керування окремими джерелами світла або групами джерел світла.

4. Інтелектуальні системи керування – дозволяють автоматизувати керування освітленням в приміщенні. Ці системи можуть використовувати датчики руху, диммери та інші пристрої для керування освітленням відповідно до різних параметрів, таких як час доби, погода, настрої користувача та інші.

Способи керування освітленням поділяються на чотири види: місцеве, централізоване, дистанційне та автоматичне керування.

Місцеве керування використовується для невеликих приміщень та виконується вимикачами, перемикачами або іншими простими апаратами. Прилади керування розміщують біля входів в приміщення зі сторони дверної ручки або всередині приміщення на висоті близько 1,5 метри від підлоги. Поза приміщеннями вимикачі встановлюють, якщо всередині умови середовища гірші, ніж зовні, а також для приміщень, що часто знаходяться зачиненими.

Для місцевого керування найбільш розповсюджені однополюсні вимикачі на 6 та 10 А для відкритого й закритого прокладання. Місцеве керування трифазними понижуючими трансформаторами зазвичай виконується триполюсними вимикачами, встановленими поблизу трансформаторів.

В великих приміщеннях краще централізоване керування, що здійснюється з групових щитків автоматами, що захищають групові лінії. Якщо ж експлуатація допускає вмикання освітлення всього приміщення одночасно, то для цього можна використовувати ввідні апарати на щитках або апарати на початку живильних ліній.

Дистанційне керування здійснюється магнітними пускачами або контакторами, встановленими на щитах станції керування, ввімкненими в ланки ліній живильною освітлювальною мережею. В пункті керування передбачається сигналізація стану освітлення, що живиться через кожний з пускачів чи контакторів.

При автоматичному керуванні вмикання та вимикання штучного освітлення створюється без участі людини залежно від зміни освітлювальних умов, що створюються в приміщеннях штучним освітленням, або по

підсумковому добовому графіку. Для місцевого освітлення використовуються індивідуальні вимикаючі апарати, що встановлюються на робочих місцях.

При проектуванні загального робочого освітлення слід: в приміщеннях з бічним природним освітленням передбачати вимикання світильників рядами, паралельними вікнам; на один вимикач об'єднувати світильники, що потребують одночасної дії за умовами виробництва; в приміщеннях з кількома входами, що відвідуються спеціальним персоналом, передбачати керування освітленням від кожного входу або частини входів.

При струмах навантаження, що перевищують допустимі для перемикачів, а також при дво- та трифазних лініях керуються не світильники, а котушки магнітних пускачів, реле або контакторів, де використовується перемикач однополюсний з нульовим положенням.

З вищесказаного, при проектуванні освітлення адміністративної будівлі обираємо місцеве керування за допомогою вимикачів, та в коридорах за допомогою датчиків руху.

Висновки до розділу 3

Розглянуто основні етапи проектування електротехнічної частини системи внутрішнього електричного освітлення адміністративної будівлі. Виконано вибір напруги живлення 380/220 В, обґрунтовано застосування схеми живлення другої категорії надійності.

Здійснено вибір марок електричних проводів (ВВГ, ПГВ) та способів їх прокладання з урахуванням вимог безпеки, експлуатаційної надійності та конструктивних особливостей приміщень. Проведено обґрунтування вибору групових щитків для розподілу навантажень освітлення та розеток.

Виконано електротехнічний розрахунок мереж: визначено необхідні перерізи кабелів, навантаження на кожну групу, моменти навантаження та втрати напруги в мережах.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Економічна частина

4.1.1. Складання кошторису витрат на обладнання та монтаж освітлювальної установки. Складання кошторису витрат є важливим етапом проектування освітлювальної установки, який дозволяє оцінити економічну доцільність проекту та забезпечити ефективне планування фінансових ресурсів. У цьому розділі визначаються витрати на закупівлю необхідного електротехнічного обладнання (світильники, джерела світла, електропроводка, щитове обладнання тощо), а також на виконання монтажних робіт. Розрахунок кошторису проводиться з урахуванням нормативних документів, чинних цін та тарифів, а також специфіки об'єкта освітлення. Такий підхід забезпечує обґрунтованість фінансових витрат та сприяє оптимізації процесу реалізації проекту [11].

Переліки необхідних матеріалів складаємо із таких груп:

електроконструкції та обладнання: щитки; трансформатори і апарати; штепсельні розетки; вимикачі двополюсні; освітлювальні прилади; джерела світла (світильники);

матеріалів для монтажу: кабельна продукція; монтажні конструкції та деталі; освітлювальні коробки, кронштейни, металовироби.

У таблиці 4.1 відповідно до індивідуальних завдань виконуємо розрахунки вартості матеріальних затрат M_i , грн, за (4.1)

$$M_i = H_m \cdot K_{\text{відх}} \cdot C_m \cdot K_{\text{тр}} \quad (4.1)$$

де H_m – норма витрат матеріалу або електроконструкцій;

$K_{\text{відх}}$ – коефіцієнт, що враховує відходи. Для визначення відходів використовуємо показники кошторисних норм.

C_m – вартість одиниці матеріалу або електроконструкції, грн;

K_{mp} – коефіцієнт, що враховує транспортні витрати ($K_{mp} = 1,15$).

Подальші розрахунки проводимо у табличній формі у такій послідовності:

- складаємо перелік монтажних робіт;
- розраховуємо трудомісткість монтажних робіт відповідно до Кошторисних норм України. Збірник 21 «Електроосвітлення будинків», [12];
- розраховуємо вартість монтажних робіт.

Таблиця 4.1 – Розрахунок вартості матеріальних затрат

Найменування матеріалів та конструкцій	Одиниця виміру	Норма витрат	Кількість матеріалів і конструкцій з урахуванням норм відходів	Вартість, грн	
				Одиниці матеріалу, конструкції	загального обсягу затрат з урахуванням транспортних витрат
1. Щиток освітлення makel	шт.	8	8	620	5704
2. HAGER 3P HDA125L	шт.	1	1	3900	4485
3. HAGER 3P MCN325	шт.	2	2	590	1357
4. HAGER 3P MCN316	шт.	2	2	550	1265
5. HAGER 10A	шт.	40	40	180	8280
6. Вимикачі Schneider	шт.	28	28	89	2865,8
7. Розетки Schneider	шт.	95	95	95	10378,75
8. Світильник enerlight aura	шт.	7	7	317	2551,85
9. Світильник enerlight meridian	шт.	6	6	149	1028,1
10. Світильник enerlight arosa	шт.	176	176	330	66792
11. Світильник enerlight linear	шт.	18	18	223	4616,1
12. Кабель ВВГ – 4(1*50)	м	50	51	1214	71201,1
13. Кабель ВВГ – 4 (1*16) мідний	м	60	61,2	380	26744,4
14. Кабель ВВГ – 4 (1*10) мідний	м	40	40,8	270	12668,4

15. Кабель ВВГ – 4 (1*6) мідний	м	20	20,4	170	3988,2
16. Кабель ПГВ	м	1250	1275	80	117300
17. Монтажна коробка	шт.	60	62	84	5989,2
18. Кабель канал 20x10мм	м	1150	1184,5	13,5	18389,3625
19. Обойма для труб і кабелю D20-22	50 шт.	200	200	161	740,6
20. Вінілопластичова труба	м	100	102	38,1	4469,13
Всього	-	-	-	-	370813,99

Керуючись наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 20.10.2016 № 281 «Про затвердження Порядку розрахунку розміру кошторисної заробітної плати, який враховується при визначенні вартості будівництва об'єктів» із внесеними змінами, на 2025 рік встановлений граничний розмір кошторисної заробітної плати при визначенні вартості будівництва об'єктів за рахунок коштів бюджету комунальних підприємств та установ, кредитів, наданих під державні гарантії, інших джерел, а саме нового та розпочатого будівництва, реконструкції, реставрації, ремонту, технічного переоснащення на рівні 24240,0 грн., що відповідає середньому розряду складності робіт 3,8 для звичайних умов будівництва [13] Розрахунки проводимо у табличній формі (табл. 4.3) у такій послідовності:

- складаємо перелік, обсяг, складність (розряд) монтажних робіт;
- розраховуємо трудомісткість монтажних робіт на одиницю вимірювання та на обсяг;
- розраховуємо вартість монтажних робіт (заробітну плату).

Таблиця 4.3 – Визначення трудомісткості та вартості монтажних робіт

Найменування робіт з монтажу електрообладнання	Вимірник	Кількість робіт за проектом	Трудомісткість, люд.-год.		Середній розряд робіт	Вартість людино-години, грн.	Заробітна плата, грн.	
			одиниці вимірювання за нормами	обсягу робіт за проектом			За одиницю вимірювання	за обсяг робіт
Прокладання вінілопластикових труб	м	100	0,478	47,8	3	133,66	63,89	6388,95
Прокладання кабелю у вінілопластикових трубах	м	100	0,7444	74,44	3,8	146,02	108,7	10869,73
Прокладання кабель каналів	м	1150	0,478	549,7	3	133,66	63,89	73472,9
Затягування проводу у кабель канали	м	1150	0,1628	187,22	3	133,66	21,76	25023,83
Монтаж світлодіодних світильників	шт.	207	2,2348	462,60	3,8	146,02	326,3	67549,38
Встановлення вимикачів	шт.	28	0,293	8,204	3	133,66	39,16	1096,55
Встановлення розеток	шт.	95	0,2782	26,42	3	133,66	37,18	3532,5
Монтаж освітлювальних щитків	шт.	8	4,44	35,52	4	150,51	668,3	5346,12
Монтаж апаратів захисту	шт.	45	3,91	175,95	4	150,51	588,5	26482,23
Всього монтажних робіт	–	–	–	1567,87	–	–	–	219762,17

Визначаємо чисельність працівників $Ч_{пл}$, чол., за (4.2)

$$Ч_{пл} = \frac{T_{пл.заг}}{F_{еф.пл}} \quad (4.2)$$

де $T_{пл.заг}$ – загальна планова виробнича трудомісткість, людино-годин (табл. 3.3);

$F_{еф.пл}$ – ефективний фонд часу роботи працівника за запланований календарний період, год. (у розрахунку 40 годин на тиждень, 166 год. за місяць).

Визначаємо середньомісячну заробітну плату працівників $ЗП_{см}$, грн, за формулою (4.3)

$$ЗП_{см} = \frac{ЗП_{заг}}{K_{міс} \cdot Ч_{пл}} \quad (4.3)$$

де $ЗП_{заг}$ – розмір нарахованої заробітної плати за загальний обсяг монтажних робіт;

$K_{міс}$ – кількість місяців, протягом яких будуть виконуватися роботи;

$Ч_{пл}$ – чисельність працівників, яких планується залучати до виконання робіт.

Виконуємо розрахунки: $Ч_{пл} = \frac{1567}{166} = 10$ чол.;

$ЗП_{см} = \frac{219762,17}{10} = 21976,21$ грн.

Далі складаємо кошторис витрат на обладнання та монтаж освітлювальної установки на підставі попередніх розрахунків та заносимо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Кошторис витрат на монтаж освітлювальної установки

Номенклатура обладнання та перелік монтажних робіт	Кількість	Кошторисна вартість, грн							
		Одиниці				Загальна			
		Обладнання (матеріали)	Монтажних робіт			Обладнання (матеріали)	Монтажних робіт		
			Зар. плата	Нарахування на зарп. плату	Всього		Заробітна плата	Нарахування на зар. плату	Всього
Розділ 1 Електроконструкції та матеріали									
1. Щиток освітлення makel	8	620	–	–	–	5704	–	–	–
2. HAGER 3P HDA125L	1	3900	–	–	–	4485	–	–	–
3. HAGER 3P MCN325	2	590	–	–	–	1357	–	–	–
4. HAGER 3P MCN316	2	550	–	–	–	1265	–	–	–
5. HAGER 10A	40	180	–	–	–	8280	–	–	–
6. Вимикачі Schneider	28	89	–	–	–	2865,8	–	–	–

7. Розетки Schneider	95	95	-	-	-	10378,75	-	-	-
8. Світильник enerlight aura	7	317	-	-	-	2551,85	-	-	-
9. Світильник enerlight meridian	6	149	-	-	-	1028,1	-	-	-
10. Світильник enerlight arosa	176	330	-	-	-	66792	-	-	-
11. Світильник enerlight linear	18	223	-	-	-	4616,1	-	-	-
12. Кабель ВВГ – 4(1*50)	51	1214	-	-	-	71201,1	-	-	-
13. Кабель ВВГ – 4 (1*16) мідний	61,2	380	-	-	-	26744,4	-	-	-
14. Кабель ВВГ – 4 (1*10) мідний	40,8	270	-	-	-	12668,4	-	-	-
15. Кабель ВВГ – 4 (1*6) мідний	20,4	170	-	-	-	3988,2	-	-	-
16. Кабель ПГВ	1275	80	-	-	-	117300	-	-	-
17. Монтажна коробка	62	84	-	-	-	5989,2	-	-	-
18. Кабель канал 20x10мм	1184	13,5	-	-	-	18389,36	-	-	-
19. Обойма для труб і кабелю D20-22	4	161	-	-	-	740,6	-	-	-
20. Вінілопластикова труба	102	38,1	-	-	-	4469,13	-	-	-
Всього по розділу 1	-	-	-	-	-	370813,99	-	-	-
Номенклатура обладнання та перелік монтажних робіт	Кількість	Кошторисна вартість, грн							
		Одиниці				Загальна			
		Монтажних робіт				Монтажних робіт			
		Обладнання	Заробітна плата	Нарахування на заробітну плату	Всього	Обладнання	Заробітна плата	Нарахування на заробітну плату	Всього
Розділ 2 Монтаж електроконструкцій та матеріалів									
Прокладання вінілопластикових труб	100	-	63,889	14,1	77,945	-	6388,95	1405,6	7794,52
Прокладання кабелю у вінілопластикових трубах	100	-	108,7	23,9	132,61	-	10869,7	2391,3	13261,1
Прокладання кабель каналів	1150	-	63,889	14,1	77,945	-	73472,9	16164	89636,9
Затягування проводу у кабель канали	1150	-	21,76	4,79	26,547	-	25023,8	5505,2	30529,1

Монтаж світлодіодних світильників	207	–	326,33	71,8	398,12	–	67549,4	14861	82410,2
Встановлення вимикачів	28	–	39,162	8,62	47,778	–	1096,55	241,24	1337,79
Встановлення розеток	95	–	37,184	8,18	45,365	–	3532,5	777,15	4309,65
Монтаж освітлювальних щитків	8	–	668,26	147	815,28	–	5346,12	1176,1	6522,26
Монтаж апаратів захисту	45		588,49	129	717,96		26482,2	5826,1	32308,3
Всього по розділу 2							219762,1	48347,6	268109,7
Кошторисна вартість (розділ 1 + розділ 2)							638923,69		

4.1.2. Визначення витрат на освітлення спроектованої освітлювальної установки. Експлуатаційні або поточні витрати – це витрати, що пов’язані з експлуатацією об’єкта, його утриманням, виконанням технічного обслуговування. Експлуатаційні витрати розраховуються щорічно і за весь період експлуатації об’єкту. Оскільки даний період є тривалим, то відповідно щорічні витрати на експлуатацію можуть змінюватись. Теоретичне обґрунтування вартості витрат проводимо виходячи з умови, що експлуатаційні витрати є незмінними.

Експлуатаційні витрати включають такі складові:

- витрати за споживану електроенергію;
- витрати на обслуговування освітлювальних приладів.

Витрати за споживану електроенергію за рік $V_{ел}$, грн, розраховуємо за формулою (4.4)

$$V_{ел} = W_{ел} \cdot T_{ел}, \quad (4.4)$$

де $W_{ел}$ – кількість спожитої електроенергії, кВт*год.,

$T_{ел}$ – тариф на електроенергію, що відповідає діючому, грн/кВт*год.

Кількість спожитої електроенергії $W_{ел,г}$, визначаємо за формулою (4.5)

$$W_{\text{ел}} = \frac{N_{\text{дж}} \cdot n_{\text{дж}} \cdot n_{\text{пр}} \cdot T_{\text{річ}} \cdot \alpha_{\text{втр}}}{1000 \cdot k_{\text{мер}}}, \quad (4.5)$$

Де $n_{\text{дж}}$ – потужність одного джерела світла (лампи), Вт;

$n_{\text{дж}}$ – кількість джерел світла в одному освітлювальному приладі, шт.;

$n_{\text{пр}}$ – кількість освітлювальних приладів, шт.;

$T_{\text{річ}}$ – кількість годин роботи установки за рік, год.;

$\alpha_{\text{втр}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії у

пускорегулюючих апаратах, $\alpha_{\text{втр}} = 1,25$

$k_{\text{мер}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати енергії в електричних мережах

(складають 5%, $k_{\text{мер}} = 0,95$).

Розрахунки виконуємо у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок витрат за споживану електроенергію

Показники	Розрахунки	Результати розрахунків
1 Кількість джерел світла в одному освітлювальному приладі/ потужність одного джерела, $n_{\text{дж}}/N_{\text{дж}}$		
Світильник enerlight aura		1/24
Світильник enerlight meridian		1/22
Світильник enerlight arosa		1/36
Світильник enerlight linear		1/26
2 Кількість освітлювальних приладів, $n_{\text{пр}}$, шт. (табл.3.1)		
Світильник enerlight aura		7
Світильник enerlight meridian		6
Світильник enerlight arosa		176
Світильник enerlight linear		18
2 Кількість годин роботи установки за рік, $T_{\text{річ}}$, год.		
		2000
3 Коефіцієнт $\alpha_{\text{втр}}$		
		1,25
4 Коефіцієнт $k_{\text{мер}}$		
		0,95

5 Тариф на електроенергію, що відповідає діючому, $T_{ел}$ грн / кВт·год.		10,5
6 Кількість спожитої електроенергії, кВт·год.	$\frac{\Sigma(1 \cdot 24 \cdot 7 + 1 \cdot 22 \cdot 6 + 1 \cdot 36 \cdot 176 + 1 \cdot 26 \cdot 18) \cdot 2000 \cdot 1,25}{1000 \cdot 0,95}$	18694,7
7 Вартість спожитої електроенергії, грн	$V_{ел} = 12421,05 \cdot 10,5$	130421,03

Розрахунок витрат на обслуговування світлових приладів (очищення)

$V_{чищ}$, грн, проводимо за формулою (4.6)

$$V_{чищ} = n_{пр} \cdot \frac{T_{річ}}{T_{чищ}} \cdot S_{чищ}, \quad (4.6)$$

де $T_{чищ}$ – період чищення, год.;

$S_{чищ}$ – вартість одного чищення світлового приладу, грн / шт.

Усі розрахунки виконуємо у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Розрахунок витрат на обслуговування освітлювальних приладів

Показники	Розрахунки	Результати розрахунків
1 Кількість освітлювальних приладів ($n_{пр}$, шт.):		207
Світильник enerlight aura		7
Світильник enerlight meridian		6
Світильник enerlight arosa		176
Світильник enerlight linear		18
2 Період очищення – один раз у три місяці ($T_{чищ}$, год.)		500
3 Вартість одного чищення світлового приладу ($S_{чищ}$, грн / шт.)		50,25
4 Витрати на очищення ($V_{чищ}$, грн)	$V_{чищ} = 207 \cdot 4 \cdot 50,25$	41607

Експлуатаційні витрати освітлювальної установки $V_{експл}$, грн, визначаються шляхом додавання витрат за споживану електроенергію та витрат на обслуговування освітлювальних приладів $V_{експл} = 130421,03 + 41607 = 172028,03$ грн

4.2. Охорона праці

4.2.1. Техніка безпеки при монтажі освітлювальної установки.

Монтаж освітлювальної системи є багатоступеневим процесом, який вимагає не лише високої кваліфікації фахівців, а й суворого дотримання правил безпеки. На старті робіт першочерговим завданням є ретельне облаштування робочої зони – встановлення огорожень, чітке визначення зон підвищеного ризику, правильне розміщення обладнання й інструментів, а також попередня оцінка інфраструктури об'єкта з метою ідентифікації можливих електричних або механічних небезпек.

Для проведення монтажних робіт використовують спеціалізоване обладнання та інструменти, розроблені згідно з сучасними стандартами безпеки. Серед них – ізолюючі інструменти, рукавички з високою електроізоляцією, вимірювальні прилади для перевірки напруги та інші засоби для кріплення і монтажу конструкцій. При з'єднанні кабелів застосовуються спеціалізовані клемники та ізоляційні стрічки, що захищають контакти від впливу вологи та механічних пошкоджень. Додатково використовуються методи блокування доступу до зон, де проводяться роботи, завдяки чому мінімізується ризик випадкового контакту з електричним струмом.

Дотримання технічних процедур включає попередню перевірку електропостачання, відключення живлення або тестування ізольованості робочих контурів, а також безперервний моніторинг параметрів, зокрема температури і напруги. Для робіт на висоті застосовують спеціальні підмости чи платформу, що забезпечують необхідну стабільність, а наявність аварійних засобів (вимикачів, аптечок та іншого обладнання) дозволяє оперативно

реагувати на непередбачені ситуації. Усі роботи проводяться під наглядом кваліфікованих фахівців, що гарантують відповідність стандартам безпеки і своєчасне коригування процесів.

4.2.2. Розробка протипожежних організаційних та технічних заходів, підбір засобів пожежогасіння

Ефективна протипожежна політика починається з виявлення можливих джерел займання, що включає детальний аналіз розташування електрообладнання та особливостей будівельної інфраструктури. Основні пожежні ризики можуть виникнути внаслідок короткого замикання, перегріву кабелів, втрати властивостей ізоляційних матеріалів або механічних пошкоджень, що можуть стати каталізатором займання.

Організаційна компонента заходів передбачає створення системи швидкого реагування на пожежу. До її ключових елементів належать розробка детального плану евакуації, який враховує розташування всіх приміщень і виходів, регулярне навчання співробітників діям у надзвичайних ситуаціях, а також проведення тренувальних заходів для перевірки ефективності евакуаційних сценаріїв.

Технічний аспект охоплює встановлення систем автоматичного сповіщення, таких як датчики диму, температурні сенсори та сигналізаційні пристрої, що забезпечують раннє попередження про загрозу. Підбір пожежогасників здійснюється з урахуванням специфіки робіт і може включати пристрої на вуглекислотній, порошковій або пінній основі. Крім того, важливими є системи димовидалення та вентиляції, які сприяють своєчасному видаленню диму і зниженню ризику загострення ситуації. Об'єднання організаційних і технічних заходів створює інтегровану систему, що здатна оперативно запобігти розгортанню пожежної ситуації або ефективно ліквідувати її наслідки.

Висновки до розділу 4

У результаті проведених економічних розрахунків було визначено основні витрати, пов'язані з реалізацією проекту модернізації освітлювальної установки офісної будівлі. Загальна кошторисна вартість проекту становить 638923,69 грн, з яких: 370813,99 грн – витрати на закупівлю електротехнічного обладнання та матеріалів; 268109,70 грн – витрати на виконання монтажних робіт, у тому числі заробітна плата працівників та відповідні нарахування.

Річні експлуатаційні витрати освітлювальної системи склали 172028,03 грн, з яких: 122263,34 грн – витрати на електроенергію; 41607,00 грн – витрати на обслуговування світильників (очищення).

Чисельність працівників, задіяних у виконанні монтажних робіт, становить 10 осіб, при середньомісячній заробітній платі 21976,21 грн.

ВИСНОВКИ

За результатами проведеного дослідження та проектування були зроблені наступні ключові висновки:

- Проведений огляд та характеристика існуючої системи освітлення адміністративної будівлі виявив її недоліки. Виявлені проблеми чітко обґрунтували необхідність розробки нового проекту, спрямованого на підвищення енергоефективності, поліпшення якості освітлення та забезпечення належного рівня електробезпеки.

- На основі детального аналізу зорових задач та діючих нормативних документів (ДБН В.2.5-28:2018) було обґрунтовано вибір нормованої освітленості та коефіцієнта запасу для кожного типу приміщень, що є критично важливим для створення комфортних умов праці.

- Шляхом ретельного відбору джерел світла та освітлювальних приладів, перевага була надана сучасним енергоефективним світлодіодним технологіям, які забезпечують високу світлову віддачу, тривалий термін служби та відмінну кольоропередачу, при цьому мінімізуючи експлуатаційні витрати.

- Виконаний світлотехнічний розрахунок підтвердив, що запропоновані рішення забезпечують рівні освітленості, які повністю відповідають або перевищують нормовані значення (наприклад, не менше 500 лк для робочих місць). Розроблена схема розміщення освітлювальних приладів забезпечує високу рівномірність освітлення та мінімізує ефект засліплення.

- Моделювання освітлювальної установки за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення дозволило візуалізувати розподіл світла та перевірити відповідність усіх світлотехнічних параметрів проекту вимогам стандартів.

- Обґрунтовано вибір напруги, джерел та схеми живлення адміністративної будівлі, забезпечуючи її надійне та безперебійне електропостачання з урахуванням потужності всіх споживачів.
- На підставі розрахунків електричних навантажень було виконано коректний вибір марки та перерізу проводів та кабелів (наприклад, використання проводів типу ПГВ-3 з перерізами 1.5 мм², 2.5 мм² та 10 мм² для різних ліній), а також оптимального способу їх прокладання.
- Вибір групових захисних апаратів (наприклад, автоматичних вимикачів HAGER 1P C з номінальним струмом 10 А або 16 А та відключаючою здатністю 6 кА) був здійснений на основі розрахунків струмів короткого замикання та умов спрацювання, що є запорукою надійності захисту електромережі та безпеки експлуатації.
- У результаті проведених економічних розрахунків було визначено основні витрати, пов'язані з реалізацією проекту модернізації освітлювальної установки офісної будівлі. Загальна кошторисна вартість проекту становить 638923,69 грн. Річні експлуатаційні витрати освітлювальної системи склали 172028,03 грн. Чисельність працівників, задіяних у виконанні монтажних робіт, становить 10 осіб.
- Запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів для забезпечення безпечних умов праці під час монтажу та експлуатації електрообладнання, окреслено протипожежні заходи.