

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ,
ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

КАФЕДРА СВІЛОТЕХНІКИ І ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

**РОЗРОБКА ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ
КОЛЕДЖУ У МІСТІ ХАРКІВ**

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Здобувач:

Микита МАНЕЦЬ

гр. СДС 2023-1у

Керівник:

Анастасія КОЛЕСНИК

к.т.н., доц.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. Бекетова

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури

Кафедра світлотехніки і джерел світла

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Світлотехніка та дизайн світлового середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СДС

Віталій ГЕРАСИМЕНКО

 «13» червня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Манець Микиті Олександровичу

1. Тема роботи: Розробка освітлювальної установки коледжу у місті Харків

керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи:

Колесник А. І., к.т.н., доцент кафедри СДС

затверджені наказом університету 440-03 від «22» травня 2026 р.

2. Строк подання студентом бакалаврської кваліфікаційної роботи:
10.06.2026 р.

3. Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Креслення поверхів будівлі коледжу, концепція освітлювальної установки.

Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст бакалаврської кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналітична частина присвячена огляду сучасних систем внутрішнього освітлення та їх основних характеристик. Виконано аналіз умов експлуатації освітлювальних установок у навчальних приміщеннях. Надано оцінку основних вимог до якості та ефективності освітлення.

4.2 Світлотехнічна частина. У розділі обґрунтовано вибір світлотехнічних параметрів освітлювальної системи. Виконано розрахунок освітленості з використанням сучасних методів та програмного забезпечення. Також розглянуто принципи керування освітленням та його автоматизації. Визначено типи світильників і джерел світла відповідно до функціонального призначення приміщень. Проведено моделювання світлового середовища для перевірки відповідності нормативним вимогам.

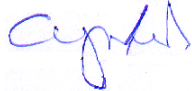
4.3 Електротехнічна частина. У цьому розділі розглянуто побудову електричної мережі системи освітлення. Виконано розрахунок навантажень, вибір перерізів кабелів та схем живлення. Також підібрано апарати захисту та комутаційне обладнання для забезпечення надійної роботи системи.

4.4 Охорона праці. Проведено аналіз небезпечних і шкідливих факторів під час монтажу та експлуатації системи освітлення коледжу. Розглянуто вимоги електробезпеки, засоби захисту працівників і заходи пожежної безпеки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових слайдів):

Титульний слайд. План будівлі коледжу з експлікацією приміщень. Схема розміщення світильників у навчальних аудиторіях та допоміжних приміщеннях. Результати світлотехнічних розрахунків освітленості. 3D-візуалізація освітлення приміщень, виконана в програмі DIALux. Однолінійна схема електроживлення освітлювальної установки. Схема групової освітлювальної мережі. Результати розрахунку електричних навантажень та вибору захисної апаратури. Заходи з охорони праці та пожежної безпеки під час експлуатації системи освітлення. Висновки.

6. Консультанти розділів бакалаврської кваліфікаційної роботи:

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Анастасія КОЛЕСНИК, доцент		
Охорона праці	Яків СЕРІКОВ, доцент		
Антиплагіат	Олена ДІДЕНКО, ст. викладач		
Нормоконтроль	Роман ВОРОНОВ, доцент		

7. Дата видачі завдання 01.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	07.05.26 – 11.05.26	виконано
2	Світлотехнічна частина	12.05.26 – 21.05.26	виконано
3	Електротехнічна частина	22.05.26 – 25.06.26	виконано
4	Охорона праці	26.05.26 – 30.06.26	виконано
5	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	31.06.26 – 03.06.26	виконано
6	Підготовка доповіді та презентації	04.06.26 – 08.06.26	виконано

Здобувач  **Микита МАНЕЦЬ**

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи  **Анастасія КОЛЕСНИК**

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська робота присвячена розробці системи внутрішнього освітлення будівлі коледжу із застосуванням сучасних енергоефективних технологій освітлення та відповідно до чинних нормативних вимог. Основною метою проєкту є створення безпечного, комфортного та економічно ефективного світлового середовища для навчального процесу.

Основними завданнями роботи є виконання світлотехнічного розрахунку приміщень коледжу, вибір сучасного освітлювального обладнання, розроблення системи електропостачання освітлювальної установки та забезпечення вимог охорони праці під час її монтажу й експлуатації.

У першому розділі розглянуто сучасні тенденції розвитку освітлювальних систем, основні вимоги до освітлення навчальних закладів, характеристики світлодіодних джерел світла та нормативну базу, що регламентує проєктування освітлення.

У другому розділі виконано світлотехнічний розрахунок приміщень коледжу та здійснено комп'ютерне моделювання системи освітлення за допомогою програмного комплексу DIALux EVO. На основі отриманих результатів обрано типи світильників та визначено їх оптимальне розташування для забезпечення нормативних показників освітленості.

У третьому розділі проведено розрахунок електричних навантажень системи освітлення, виконано вибір кабельної продукції, захисної апаратури та схем електроживлення. Також розроблено структуру живильних і групових мереж освітлення будівлі коледжу.

У розділі «Охорона праці» проаналізовано небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що можуть виникати під час монтажу й експлуатації освітлювальної установки. Розроблено організаційні та технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки, пожежної безпеки та безпечного виконання робіт на висоті.

Основним результатом бакалаврської кваліфікаційної роботи є розроблена система внутрішнього освітлення коледжу, яка забезпечує нормативний рівень освітленості навчальних приміщень, відповідає сучасним вимогам енергоефективності, електробезпеки та створює комфортні умови для навчання і роботи персоналу.

Ключові слова: освітлення коледжу, світлодіодні світильники, DIALux EVO, світлотехнічний розрахунок, електропостачання, енергоефективність, електробезпека.

Загальний обсяг бакалаврської роботи становить: сторінок – 92, рисунків – 5, таблиць – 1, формули - 29, літературних джерел – 20.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	10
1.1 Огляд формування світлотехнічного простору міських навчально-адміністративних комплексів.....	11
1.2 Організація простору навчально-адміністративних комплексів	12
1.3 Основи світлової композиції навчально-адміністративних об'єктів.....	13
1.4 Архітектурна композиція й світлове середовище внутрішніх просторів, особливості сприйняття	15
1.5 Освітлення як частина єдиної композиції суспільно-адміністративного комплексу.....	18
1.6 Висновки до розділу 1	21
2 СВІТЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	22
2.1 Коротка технічна характеристика об'єкта.....	22
2.2 Аналіз зорових завдань	22
2.3 Вибір системи освітлення	24
2.4 Вибір виду освітлення.....	26
2.5 Вибір нормованих значень освітленості і коефіцієнта запасу.....	27
2.6 Вибір джерел світла	29
2.7 Вибір освітлювальних приладів	29
2.8 Розміщення світлових приладів	32
2.9 Світлотехнічний розрахунок.....	35
2.10 Розрахунок якісних показників освітлення	37
2.10.1 Розрахунок циліндричної освітленості.....	37
2.10.2 Перевірка пульсації освітленості	40
2.11 Висновки до розділу 2	41
3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	43
3.1 Вибір напруги джерел живлення.....	44
3.2 Надійність дії електроустановок	46
3.3 Вибір схеми живлення ОУ	47

3.4 Компонування групової мережі	48
3.5 Керування освітленням	50
3.6 Вибір роду проводки і способів прокладки живильної і групової мережі	51
3.7 Розрахунок електричних мереж	52
3.7.1 Визначення розрахункових навантажень	53
3.7.2 Вибір припустимих втрат напруги мережі	55
3.7.3 Розрахунок мережі на найменшу витрату провідникового матеріалу	57
3.7.4 Розрахунок мережі по тривалому допустимому струмі навантаження	58
3.7.5 Вибір автоматів захисту й місця їхньої установки	60
3.8 Рекомендації з індустріалізації й монтажу освітлювальної установки .	61
3.9 Висновки до розділу 3	62
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	64
4.1 Задачі розділу	64
4.2 Характеристика розробленої освітлювальної установки	65
4.3 Аналіз умов праці, виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів при монтажі й експлуатації освітлювальної установки коледжу .	67
4.4 Розроблення організаційних заходів та вибір технічних засобів захисту персоналу під час монтажу й експлуатації системи освітлення коледжу ...	69
4.5 Пожежна безпека	76
4.6 Висновки до розділу 4	78
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81
ДОДАТОК А Світлотехнічна відомість коледжу	85

ВСТУП

Тенденція сьогодення свідчить про наявність тісного взаємозв'язку між успішністю навчання здобувачів освіти коледжів, станом їхнього здоров'я та якістю освітнього середовища. Відповідно, створення належних умов для навчання розглядається як важлива інвестиція у формування професійного та інтелектуального потенціалу молоді.

Штучне освітлення будівель коледжів відіграє суттєву роль у забезпеченні ефективного освітнього процесу, створенні комфортних умов для виконання складних зорових завдань, а також у раціональному використанні електроенергії. Особливого значення набуває питання збереження зорового здоров'я студентів, оскільки інтенсивне навчальне навантаження потребує тривалої концентрації зору.

Дослідження підтверджують, що значна частка молоді завершує навчання із порушеннями зору, причому ці показники мають тенденцію до зростання протягом періоду навчання. Однією з ключових причин вважається недостатній рівень або низька якість природного й штучного освітлення. Невідповідні світлові умови змушують користувачів наближати очі до об'єктів спостереження під час читання чи роботи з навчальними матеріалами, що сприяє розвитку короткозорості. У зв'язку з цим підвищуються вимоги до якості освітлення в період активного формування зорових навичок, який триває до раннього дорослого віку.

Незважаючи на впровадження нормативних обмежень щодо використання застарілих джерел світла, у частині навчальних закладів досі експлуатуються неефективні освітлювальні системи. Це призводить до перевитрат електроенергії та зниження якості світлового середовища, що вказує на наявність значного потенціалу для модернізації.

У сучасних умовах особливої актуальності набуває впровадження енергоефективних та якісних систем освітлення в коледжах, які відповідають чинним нормативним вимогам. Освітлення повинно враховувати гігієнічні,

екологічні та енергетичні аспекти, а також забезпечувати високий рівень візуального комфорту.

Гігієнічні вимоги передбачають нормування параметрів освітлення, що гарантують високу зорову працездатність при мінімальному стомленні. Енергетичні та екологічні аспекти пов'язані із застосуванням сучасних енергоефективних джерел світла та систем керування освітленням, що дозволяє зменшити споживання електроенергії та скоротити негативний вплив на довкілля.

Інтегральною характеристикою освітлення виступає його комфортність, яка визначає сприятливість сприйняття світлового середовища. Конкретні параметри освітлення залежать від функціонального призначення приміщень коледжу, характеру та складності виконуваних зорових завдань, а також тривалості перебування у них.

Сучасний коледж розглядається як багатofункціональний освітній простір, у якому поєднуються навчальна, наукова, соціальна та рекреаційна діяльність. У таких умовах студенти не лише здобувають освіту, але й працюють із цифровими ресурсами, беруть участь у практичних заняттях, відпочивають і розвивають особисті компетентності.

У зв'язку з цим архітектурно-планувальні рішення, інженерні системи та технологічне оснащення будівель коледжів, зокрема системи освітлення, повинні відповідати сучасним вимогам освітнього процесу. Проектування освітлення потребує комплексного підходу та високого рівня професійної підготовки фахівців у галузі світлотехніки, що забезпечує створення безпечного, ефективного та комфортного освітнього середовища.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Навчальні приміщення коледжу є середовищем, у якому студенти та викладачі проводять значну частину часу, пов'язаного з освітнім процесом. Кожна функціональна зона закладу освіти – навчальні аудиторії, лабораторії, коридори, конференц-зали, бібліотеки та адміністративні кабінети – повинна формувати комфортну та сприятливу атмосферу для навчання, роботи й комунікації.

До організації освітлення навчальних приміщень у сучасних закладах освіти висуваються підвищені вимоги, оскільки якість освітлення безпосередньо впливає на працездатність, концентрацію уваги, зоровий комфорт і ефективність сприйняття інформації. Під час роботи з документами, комп'ютерною технікою та мультимедійними засобами людина багаторазово переводить погляд між різними об'єктами, що створює значне навантаження на органи зору. Недостатній або неправильно організований рівень освітлення може призводити до зниження продуктивності навчального процесу, підвищення втомлюваності та погіршення самопочуття користувачів приміщення.

При проєктуванні систем освітлення для навчальних приміщень коледжу особливу увагу приділяють функціональності, енергоефективності та гармонійному поєднанню освітлювальних приладів із архітектурою інтер'єру. Важливими параметрами є рівень освітленості, передача кольору, розподіл яскравості, колірна температура джерел світла та обмеження сліпучої дії світильників. Правильний вибір цих характеристик забезпечує створення комфортного світлового середовища та сприяє підвищенню ефективності освітнього процесу.

Для навчальних приміщень коледжу найбільш важливими факторами є рівномірність освітлення, зменшення блискавості, створення візуально комфортного світлового середовища та забезпечення нормативного рівня

освітленості на робочих поверхнях відповідно до вимог сучасних стандартів і норм.

1.1 Огляд формування світлотехнічного простору міських навчально-адміністративних комплексів

Протягом останніх десятиліть підходи до проектування навчально-адміністративних комплексів зазнали суттєвих змін. Сучасна архітектура поступово відійшла від традиційних типових рішень та жорстких композиційних схем, що тривалий час застосовувалися при створенні громадських будівель [3]. Натомість сформувався новий концептуальний підхід, який поєднує використання класичних архітектурних принципів із сучасними технологіями будівництва, інженерного забезпечення та організації внутрішнього простору навчальних закладів.

Зміна підходів до формування суспільного середовища спричинила трансформацію принципів просторової організації міських об'єктів [6,7]. Активний розвиток міст, збільшення масштабів забудови та впровадження новітніх технологій зумовили необхідність створення більш гнучких, адаптивних і функціональних освітніх просторів. При цьому сучасне архітектурне середовище повинно враховувати не лише технічні та економічні аспекти, але й психологічний комфорт користувачів, забезпечуючи зручну орієнтацію, комфортне сприйняття простору та сприятливі умови для навчання і роботи.

Якщо раніше головним завданням архітектора було формування чітко визначеного та статичного простору, то сьогодні основна увага приділяється створенню варіативних планувальних рішень, здатних адаптуватися до сучасних освітніх потреб без втрати функціональності та естетичної виразності. У зв'язку з цим значно зріс інтерес до формування комфортного внутрішнього середовища, у якому важливу роль відіграють композиційні засоби, ергономіка, кольорове оформлення та система освітлення [5].

Сучасні навчально-адміністративні комплекси характеризуються багатофункціональністю та інтеграцією різних типів приміщень у межах єдиного простору. Поєднання навчальних аудиторій, лабораторій, адміністративних кабінетів, конференц-залів, бібліотек і зон відпочинку формує складну просторову структуру, що потребує комплексного підходу до архітектурного та світлотехнічного проектування. Багатофункціональність таких будівель відображає сучасну тенденцію до розвитку інноваційних освітніх технологій, удосконалення внутрішнього середовища та підвищення ефективності взаємодії між усіма функціональними зонами закладу освіти.

1.2 Організація простору навчально-адміністративних комплексів

У великих навчально-адміністративних комплексах одним із головних завдань є забезпечення зручної та зрозумілої навігації студентів, викладачів і відвідувачів між різними функціональними зонами будівлі. Важливу роль у цьому процесі відіграє система освітлення, яка повинна не лише забезпечувати нормативний рівень освітленості, а й сприяти візуальному орієнтуванню в просторі.

Більшість навчальних приміщень мають прямокутну або квадратну форму, що формує природний маршрут пересування користувачів переважно вздовж периметра приміщення. За таких умов функціональні елементи або інформаційні зони, розташовані у центральній частині, можуть залишатися недостатньо помітними. Для привернення уваги до окремих ділянок простору використовуються спеціальні композиційні акценти та локальні світлові елементи, які виділяються за допомогою спрямованого або акцентного освітлення [6]. Такі світлові рішення дозволяють ефективно акцентувати увагу студентів і викладачів на окремих функціональних зонах навчального середовища.

Особливу увагу необхідно приділяти освітленню комунікаційних зон, які з'єднують різні поверхи будівлі. Сходові клітки, переходи та коридори

повинні мати достатній рівень освітленості та чітке світлове виділення, що забезпечує комфортне та безпечне пересування користувачів. Використання сучасних світлових рішень для оформлення сходів і міжповерхових переходів сприяє покращенню візуального сприйняття простору та створює більш комфортне середовище.

Недостатній рівень освітленості є однією з основних причин зниження ефективності сприйняття внутрішнього простору навчальних комплексів. У таких випадках доцільно застосовувати локальне спрямоване освітлення для виділення окремих зон, інформаційних стендів або елементів навігації. Додатковий візуальний ефект може бути досягнутий завдяки використанню декоративного та кольорового освітлення, яке підвищує естетичну привабливість інтер'єру та формує сприятливу атмосферу для навчального процесу.

Практика показує, що окреме проектування елементів внутрішнього середовища без урахування загальної концепції будівлі часто призводить до неефективного використання технічних та фінансових ресурсів. Тому найбільш доцільним є комплексний підхід до проектування, за якого архітектурні, світлотехнічні та дизайнерські рішення розробляються у взаємозв'язку між собою для створення сучасного, функціонального та енергоефективного освітнього простору.

1.3 Основи світлової композиції навчально-адміністративних об'єктів

Основне завдання сучасного освітлення полягає не лише у забезпеченні наявності світла в приміщенні, а у створенні ефективного, комфортного та функціонального світлового середовища. Перед проєктувальниками, дизайнерами та світлотехніками постає необхідність формування сприятливих візуальних умов для студентів, викладачів і персоналу закладу освіти. Штучне освітлення повинно забезпечувати комфортне орієнтування у просторі, підкреслювати функціональне призначення окремих зон та сприяти

створенню позитивної атмосфери для навчання і роботи [6]. Крім того, правильно організоване світлове середовище позитивно впливає на комунікацію, концентрацію уваги та загальне сприйняття внутрішнього простору.

Раціонально підібрана система освітлення є одним із ключових факторів ефективного функціонування навчального закладу. Саме тому важливого значення набуває правильний вибір освітлювальних приладів та їх відповідність сучасним вимогам енергоефективності, ергономіки та візуального комфорту.

Незважаючи на різноманіття світлотехнічних рішень, системи освітлення умовно поділяють на три основні підсистеми:

- загальне освітлення – забезпечує необхідний рівень освітленості та формує загальний світловий образ приміщення;
- периметральне освітлення – використовується для підсвічування стін і вертикальних поверхонь, а також покращує орієнтацію у просторі великих приміщень;
- акцентне освітлення – застосовується для виділення окремих функціональних зон, інформаційних елементів або архітектурних деталей.

Загальне освітлення є основним типом освітлення у навчальних корпусах коледжу та використовується практично в усіх приміщеннях. Найбільшого значення воно набуває у навчальних аудиторіях, лабораторіях і кабінетах, де необхідно забезпечити нормативний рівень освітленості для роботи з документами, комп'ютерною технікою та навчальними матеріалами [1,4].

Периметральне освітлення використовується рідше та реалізується за допомогою додаткових світильників, розташованих уздовж стін або інших вертикальних поверхонь. Таке освітлення покращує візуальне сприйняття простору, а у неробочий час може виконувати функцію чергового освітлення. Для його реалізації переважно застосовують енергоефективні LED-світильники та світлодіодні джерела світла з тривалим терміном експлуатації.

Акцентне освітлення використовується для привернення уваги до окремих зон приміщення, інформаційних стендів, експозицій або архітектурних елементів. Для цього застосовують прожекторні світильники, регульовані LED-прилади типу downlight або світильники зі спрямованим світловим потоком. Такі освітлювальні прилади можуть монтуватися на струмопровідних шинах або рівномірно розміщуватися по поверхні стелі. Їх встановлення повинно забезпечувати мінімізацію тіньових зон та створення комфортного візуального сприйняття простору [7].

Акцентне освітлення, як правило, забезпечує високу якість світлового середовища та дозволяє ефективно зонувати простір, однак потребує більш ретельного проєктування та може характеризуватися підвищеним рівнем енергоспоживання порівняно із системами загального освітлення.

1.4 Архітектурна композиція й світлове середовище внутрішніх просторів, особливості сприйняття

Масове впровадження освітніх, адміністративних та соціально-комунікаційних функцій у структуру сучасних навчально-адміністративних будівель суттєво трансформує традиційні моделі поведінки студентів, викладачів і відвідувачів. Поєднання навчальних просторів із зонами відпочинку, громадського харчування, інтерактивними та інформаційними елементами формує багатофункціональне середовище, у якому діяльність користувачів виходить за межі виключно прагматичних завдань і набуває соціально-комунікативного характеру.

У архітектурному проєктуванні основним об'єктом формування є просторове середовище. Різноманітність функцій сучасного навчально-адміністративного комплексу зумовлює необхідність використання різних типів просторових структур та композиційних рішень. Для забезпечення цілісності складного архітектурного об'єкта необхідним є чітке визначення ієрархії композиційних засобів та їх узгоджене застосування на всіх рівнях

проектування – від загальної об'ємно-просторової структури до окремих архітектурних деталей.

У сучасній архітектурній практиці виділяють такі рівні композиційної організації простору [3,5]:

- загальна композиція внутрішнього середовища будівлі;
- композиція окремих функціонально-просторових зон;
- композиція окремих приміщень;
- композиція архітектурних елементів та деталей.

Характерною особливістю сучасних навчально-адміністративних комплексів як багатофункціональних споруд є поєднання загальної композиційної єдності простору з індивідуальними особливостями окремих функціональних зон.

На сучасному етапі розвитку архітектури традиційні метричні та симетричні схеми організації внутрішнього простору поступово втрачають ефективність. Натомість дедалі ширше використовуються складні просторові ритми, контрастні співвідношення ущільнених і відкритих зон, багаторівневі вертикальні домінанти та гнучкі планувальні структури. Ускладнення функціонального наповнення навчально-адміністративних будівель супроводжується застосуванням більш виразних і динамічних архітектурних засобів.

На відміну від будівель попередніх десятиліть, у сучасних коледжних комплексах симетричні просторові рішення застосовуються значно рідше [5]. Це пояснюється тим, що симетрія обмежує можливість подальшої адаптації простору до змін функціонального призначення, розвитку нових комунікаційних зв'язків та розширення внутрішнього середовища. Жорстко організована структура ускладнює модернізацію будівлі та може негативно впливати на ефективність функціонування просторової системи.

Таким чином, сучасний внутрішній простір навчально-адміністративного комплексу характеризується складною, динамічною та

водночас структурованою організацією, у якій поєднуються мобільність, варіативність і композиційна цілісність.

У загальному вигляді внутрішнє середовище навчально-адміністративного комплексу являє собою багаторівневу просторову систему, елементи якої взаємодіють між собою, формуючи єдине динамічне середовище. Завдяки візуальному сприйняттю користувачі освоюють окремі фрагменти простору, проте загальний архітектурний образ будівлі зберігає свою цілісність незалежно від конкретної ситуації сприйняття.

Розвиток сучасного освітнього середовища вимагає забезпечення індивідуальної орієнтації користувачів у просторі при одночасному формуванні єдиної соціально-комунікаційної структури, яка сприяє інтеграції учасників освітнього процесу.

У зв'язку з цим аналіз внутрішнього простору навчально-адміністративних комплексів доцільно здійснювати за такими напрямками:

- визначення типів просторової неоднорідності;
- аналіз композиційних зв'язків між окремими функціональними зонами;
- дослідження особливостей формування просторової структури відповідно до архітектурного стилю та концепції;
- визначення методів композиційної організації внутрішнього середовища.

Проведений аналіз свідчить про наявність стійкого взаємозв'язку між принципами функціонального зонування простору та засобами його композиційної організації у сучасній практиці проєктування навчально-адміністративних будівель.

Гармонійність внутрішнього середовища забезпечується завдяки поєднанню просторової цілісності основних комунікаційних зв'язків і варіативності функціонально-планувальних структур, що досягається шляхом застосування гнучких планувальних схем та універсальних конструктивних рішень.

Ієрархія просторових зон формується відповідно до основних напрямків руху студентів, викладачів і персоналу з урахуванням особливостей їх поведінкових моделей. Система композиційних осей при цьому визначається архітектурними домінантами та структурою навколишнього середовища [5,7].

1.5 Освітлення як частина єдиної композиції суспільно-адміністративного комплексу

Система освітлення відіграє визначальну роль у формуванні композиції внутрішнього простору навчально-адміністративних будівель. Вибір принципів організації освітлення здійснюється індивідуально для кожного об'єкта з урахуванням функціонального призначення споруди, особливостей контингенту студентів і викладачів, вимог до візуального комфорту, способів організації простору, а також економічних та енергетичних показників.

Одним із ключових принципів формування сучасного світлового середовища є гнучкість систем освітлення. Реалізація цього принципу забезпечується шляхом застосування різноманітних композиційних прийомів, характерних для сучасної архітектурної та світлотехнічної практики.

З композиційної точки зору найбільш ефективними є рішення, у яких освітлення розглядається як невід'ємний елемент архітектурної структури будівлі. Значна частина таких рішень пов'язана із застосуванням нестандартних конструкцій перекриттів, що дозволяють інтегрувати природне та штучне освітлення у єдину просторову систему.

На відміну від традиційних інтер'єрів із плоскими підвісними стелями та рівномірним штучним освітленням, у сучасних навчально-адміністративних комплексах дедалі частіше використовуються криволінійні поверхні, склепінчасті конструкції, оболонки та похилі перекриття. Такі архітектурні рішення сприяють ефективнішому використанню верхнього природного освітлення, забезпечують різноманітність світлового середовища та підвищують естетичну виразність інтер'єру.

Завдяки використанню прозорих огорожувальних конструкцій та світлопрозорих перекриттів сучасні навчально-адміністративні комплекси можна віднести до багатосвітлових просторів [8]. Значна кількість природного світла позитивно впливає на психоемоційний стан користувачів, сприяє покращенню орієнтації у просторі та створює сприятливі умови для навчального процесу.

Природне освітлення є одним із найбільш комфортних для сприйняття людиною. Тому у сучасних будівлях воно широко застосовується в атриумах, рекреаційних просторах, через системи верхнього світла та світлові ліхтарі. Встановлено, що приміщення з високим рівнем природної освітленості є більш привабливими для студентів та викладачів порівняно з просторами, освітленими виключно штучними джерелами світла.

Аналіз сучасної практики проектування світлового середовища дозволяє сформулювати основні принципи організації гнучких систем освітлення [9]:

1. Максимальне використання природного освітлення забезпечує просторову орієнтацію людини, покращує її зв'язок із навколишнім середовищем та позитивно впливає на психологічний стан користувачів.

2. Перехід між природним і штучним освітленням повинен здійснюватися за допомогою адаптивних систем керування освітленням. Використання датчиків освітленості та систем автоматичного регулювання дозволяє зменшити рівень відблисків і забезпечити комфортну адаптацію зору.

3. Загальний рівень освітленості не повинен бути надмірно рівномірним. Формування світлових контрастів є необхідною умовою створення виразного та візуально привабливого інтер'єру.

4. Візуальна структура простору повинна містити композиційні акценти. Основні функціональні або інформаційні зони мають виділятися за допомогою світлових засобів для підвищення їх привабливості та покращення навігації.

5. Для зменшення небажаних відбиттів від дзеркальних, глянцевих або полірованих поверхонь доцільно застосовувати розсіяне освітлення, спеціальні відбивачі або матеріали з оптимальними коефіцієнтами відбиття.



Рисунок 1.1 – Освітлення як засіб посилення уваги при навчальному навантаженні

Відповідно до нормативних вимог, для виділення окремих функціональних зон акцентне освітлення повинно перевищувати рівень навколишнього освітлення у декілька разів. Згідно з українськими нормами, це перевищення має становити не менше трикратного значення, тоді як міжнародна практика передбачає збільшення освітленості у 5 разів і більше. Для відкритих інформаційних або експозиційних зон рекомендовано забезпечувати рівень освітленості, що у 3-5 разів перевищує фонове освітлення, а для закритих зон – у 4-6 разів.

1.6 Висновки до розділу 1

У результаті проведеного аналізу сучасних принципів формування навчально-адміністративних просторів встановлено, що система освітлення є одним із ключових елементів забезпечення ефективного та комфортного освітнього середовища. Раціонально організоване освітлення безпосередньо впливає на рівень зорового комфорту, працездатність, концентрацію уваги студентів і викладачів, а також на загальне сприйняття внутрішнього простору навчального закладу.

Сучасні тенденції проектування освітлювальних установок для коледжів орієнтовані на поєднання енергоефективності, ергономічності та архітектурної виразності. Використання світлодіодних джерел світла, адаптивних систем керування освітленням, комбінованого використання природного й штучного освітлення, а також функціонального зонування простору дозволяє створити сприятливі умови для навчального процесу та підвищити ефективність використання енергетичних ресурсів.

Актуальність розробки сучасної освітлювальної установки для коледжу обумовлена необхідністю забезпечення нормативних параметрів освітлення відповідно до сучасних вимог ДБН та міжнародних стандартів. Особливого значення набуває створення комфортного світлового середовища у навчальних аудиторіях, лабораторіях, коридорах та адміністративних приміщеннях, де якість освітлення безпосередньо впливає на безпеку, продуктивність навчання та психофізіологічний стан користувачів.

Таким чином, впровадження сучасних освітлювальних систем у навчальних закладах є важливим напрямком підвищення якості освітнього середовища, забезпечення енергоефективності будівель та створення комфортних умов для організації освітнього процесу.

2 СВІЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Коротка технічна характеристика об'єкта

Адміністративно-навчальна будівля коледжу у місті Харкові, являє собою сучасний багатофункціональний триповерховий комплекс, який об'єднує значну кількість навчальних, адміністративних та допоміжних приміщень.

На першому поверсі розміщені навчальні аудиторії, кабінети адміністрації та викладачів, приміщення для роботи зі студентами, зони відпочинку, складські приміщення, тамбури, санітарні вузли, приміщення для зберігання прибирального інвентарю, службові приміщення персоналу, коридори, технічні приміщення, їдальня та вестибюль зі сходовими клітками. Загальна площа першого поверху становить 2059,79 м².

На другому та третьому поверхах розташовані навчальні аудиторії, лабораторії, кабінети викладачів і адміністративні приміщення. Загальна площа кожного з поверхів складає 2064,54 м².

На всіх поверхах будівлі передбачені санітарно-побутові приміщення, зокрема санітарні вузли та приміщення для обслуговуючого персоналу.

Під час формування інтер'єру будівлі враховано сучасні технічні та ергономічні вимоги до організації освітнього середовища. Значна частина внутрішнього простору представлена двосвітним залом, а основне оздоблення приміщень виконане у світлих пастельних тонах, що сприяє покращенню візуального сприйняття простору та підвищенню ефективності системи освітлення.

2.2 Аналіз зорових завдань

Будівлю коледжу можна віднести до категорії громадських навчально-адміністративних споруд. Під час проєктування систем освітлення для таких

об'єктів необхідно враховувати особливості функціонального призначення приміщень та характер виконуваних у них зорових робіт [1]. Основними приміщеннями коледжу є навчальні аудиторії, лабораторії, кабінети викладачів і адміністративні приміщення як відкритого, так і закритого типу організації робочого простору. У кожному з приміщень здійснюються різні види зорової діяльності, що потребує індивідуального підходу до вибору параметрів освітлення. З метою забезпечення комфортних умов навчання та роботи проводиться аналіз зорових завдань для кожного типу приміщень.

Відповідно до характеру зорової діяльності приміщення громадських будівель поділяються на чотири основні групи [10]:

- **Група А** – приміщення, у яких виконується точна зорова робота при фіксованому напрямку погляду на робочу поверхню;
- **Група Б** – приміщення, де розрізнення об'єктів здійснюється при нефіксованому напрямку зору та одночасному сприйнятті навколишнього простору;
- **Група В** – приміщення, у яких орієнтація в просторі супроводжується короточасним епізодичним розпізнаванням об'єктів;
- **Група Г** – приміщення, призначені переважно для загальної орієнтації у внутрішньому просторі будівлі.

Для оцінки ефективності освітлювальних установок у приміщеннях груп А та Б, де виконуються зорові роботи різного ступеня складності, можуть застосовуватися критерії нормування освітленості, аналогічні вимогам до виробничих приміщень.

До приміщень перших двох груп належать навчальні аудиторії, лабораторії, комп'ютерні класи, кабінети викладачів та адміністративні приміщення. До групи В можна віднести студентські зони відпочинку, санітарно-побутові приміщення та допоміжні технічні кімнати. До групи Г належать коридори, сходові клітки, комори та приміщення для зберігання прибирального інвентарю.

2.3 Вибір системи освітлення

Для приміщень коледжу використано сучасні системи загального та комбінованого освітлення відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018. Загальне освітлення забезпечує рівномірний розподіл світлового потоку у навчальних аудиторіях, лабораторіях і коридорах, а комбіноване освітлення застосовується у приміщеннях із підвищеними вимогами до точності зорових робіт. У навчальних кабінетах рекомендовано використання світлодіодних світильників із високим коефіцієнтом передачі кольору та низьким рівнем пульсацій. Для зменшення енергоспоживання передбачено локалізоване керування освітленням та застосування енергоефективних джерел світла.

При проектуванні освітлювальних установок використовуються згідно [10] дві системи освітлення. Перша система – система загального освітлення – призначена не тільки для освітлення робочих поверхонь, але й усього приміщення в цілому, у зв'язку із чим, світильники загального освітлення розміщуються під стелею приміщення на досить великій відстані від робочих поверхонь.

У системі загального освітлення існує два способи розміщення світильників: рівномірне й локалізоване освітлення [11]. Рівномірне розміщення світильників загального освітлення застосовується в тих випадках, коли бажано забезпечити однакові умови освітлення по всій площі приміщення в цілому. Локалізоване розміщення світильників дозволяє одночасно зі зменшенням питомої встановленої потужності в порівнянні з рівномірним розміщенням забезпечити кращу якість освітлення, зокрема створити бажаний напрямок світлового потоку на робочій поверхні і відсторонити падаючі тіні від біля розташованого встаткування або самого робітника.

Друга система – система комбінованого освітлення - містить у собі як світильники, розташовані безпосередньо біля робочого місця і призначені для освітлення лише робочої поверхні (місцеве освітлення), так і світильники

загального освітлення, призначені для вирівнювання розподілу яскравості в полі зору й створення необхідної освітленості по проходах приміщення .

Місцеве освітлення забезпечується світильниками, розташованими безпосередньо на робочих місцях. Основним елементом системи комбінованого освітлення є світильник місцевого освітлення, правильним вибором типу й розташування якого щодо робочої поверхні, можна досягти важливого збільшення рівня видимості рельєфних об'єктів розрізнення за рахунок підвищення контрасту їх із фоном, збільшення продуктивності роботи. При цьому спостерігається різке зниження витрати електроенергії й капітальних витрат на монтаж освітлення.

При виборі системи освітлення необхідно враховувати фактори, пов'язані з економією електроенергії. Численні розрахунки показали, що система комбінованого освітлення більше енергоефективна. Застосування системи загального локалізованого освітлення в багатьох випадках дозволить зменшити кількість необхідних ОП, і цим домогтися економії електроенергії.

У приміщеннях коледжу широко використовуються системи, як загального, так і комбінованого освітлення. Система загального освітлення застосовується для приміщень із короткочасним перебуванням у них людини і роботами, що не вимагають високої точності виконання (проходів, коридорів, комор для більших предметів і ін.). застосовується також система загального локалізованого освітлення. Звичайно для загального освітлення використовують ОП рівномірного і переважно відбитого світла.

Відповідно призначенню й характером зорових робіт визначаються принципи освітлення кожної зони, вибираються прийоми освітлення [11]. Однак існує комплекс вимог, виконання яких необхідно при освітленні будь-якої зони: відповідність рівня освітленості складності виконуваних зорових робіт, виключення з поля зору найбільш яскравих частин ОП і незахищених ДС, які викликають відчуття дискомфорту.

2.4 Вибір виду освітлення

Існує чотири види освітлення [12]: робоче, охоронне, аварійне та чергове.

Робоче освітлення передбачається для всіх видів приміщень, а також ділянок відкритих просторів, призначених для роботи, проходу людей.

Аварійне освітлення розділяється на освітлення безпеки і евакуаційне. Перше повинне забезпечувати мінімальну освітленість для можливості продовження роботи у випадках, коли відсутність штучного освітлення може викликати важкі наслідки для людей, виробничих процесів, порушити нормальне функціонування життєво важливих центрів підприємства й вузлів обслуговування масових споживачів. Освітлення безпеки повинне створювати на робочій поверхні в приміщенні й на території освітленість рівну 5% освітленості, нормованої для робочого освітлення, але не менш 2 Лк усередині будинків і не менш 1 Лк для територій підприємств.

Евакуаційне освітлення служить для безпечної евакуації людей із приміщень і з відкритих просторів, у випадку відключення робочого освітлення. Це освітлення повинне забезпечувати найменшу освітленість на підлозі або на землі й на щаблях сходів; у приміщеннях - не менш 0,5 Лк, на територіях - 0,2 Лк. Нерівномірність евакуаційного освітлення (відношення максимальної освітленості до мінімального) по осі евакуаційних проходів повинна бути не більше 40:1.

Охоронне освітлення - різновид робочого освітлення. Воно передбачається по лінії охоронюваних границь території промислових підприємств і території деяких промислових будинків. Цей вид освітлення повинен передбачатися уздовж границь території, охоронюваних у нічний час. Нормована освітленість не менш 0,5 Лк на рівні землі в горизонтальній площині.

Чергове освітлення - це освітлення в неробочий час. Область застосування, величини освітленості, вимоги до рівномірності і якості

чергового освітлення не нормується. Для установок зовнішнього освітлення також може передбачатися пристрій чергового освітлення на територіях підприємств або нічного освітлення в містах і населених пунктах.

У будинку коледжу передбачене робоче освітлення, евакуаційне (на виходах із будинку коледжу встановлені орієнтуючі світлові прилади «вхід-вихід» які приєднані до системи робочого освітлення).

2.5 Вибір нормованих значень освітленості і коефіцієнта запасу

У якості основної регламентованої кількісної характеристики прийнята освітленість робочої поверхні [12]. Під робочою поверхнею розуміють поверхню, на якій проводиться робота й або нормується вимірюється освітленість, а під умовною робочою – горизонтальна поверхня, розташована на висоті 0,8 м від підлоги площадки, на якій перебувають робочі місця.

Вибір рівня нормованої освітленості перебуває також у тісному зв'язку із прийнятою системою освітлення. З огляду на особливості системи комбінованого освітлення, що включає поруч зі світильниками загального освітлення і світильниками місцевого освітлення, які встановлюються біля робочих місць і що дозволяють створювати високі рівні освітленості на робочій поверхні, норми освітленості в системі комбінованого освітлення істотно підвищують у порівнянні з нормами освітленості в системі одного загального освітлення.

Слід зазначити, що прийнято роздільне нормування освітленості залежно від застосовуваних джерел світла й системи освітлення [12]. Для світлодіодів норми освітленості вище, ніж для ЛР, через більшу світлову віддачу цих ламп.

При визначенні норм освітленості варто враховувати ряд умов, які викликають необхідність або підвищення або зниження рівня освітленості, вибраного по точності зорових робіт.

Для полегшення завдання вибору освітленості, у проектній практиці прийнято становити галузеві норми, які являють собою розклад значень освітленості для основних приміщень і робочих місць по областях або промисловостям різним категоріям суспільних будинків [17]. При виборі освітленості для приміщень коледжу керувалися прийнятими нормами для суспільно - адміністративних будинків і підприємств. Приймаючи до уваги обрані типи ДС, групу приміщень, систему освітлення, був виконаний остаточний вибір освітленості для кожного конкретного приміщення. Значення освітленості представлені на кресленнях 1÷3.

У процесі експлуатації ОУ, освітленість на робочих поверхнях буде знижуватися за рахунок зменшення світлового потоку ДС, забруднення ламп, освітлювальної арматур, стін і стелі освітлюваного приміщення. Для компенсації спаду освітленості в процесі експлуатації ОУ необхідно при розрахунку вводити коефіцієнт запасу, значення якого приймають по галузевих нормах, а при їх відсутності, по вказівках [10] залежно від умов середовища в освітлюваному приміщенні й типі використовуваного ДС. Відповідно до діючих норм на ЛР і на LED зменшення світлового потоку ЛР у процесі експлуатації може бути прийнято рівним 15 %, а LED - 30-40 %.

Для світильників із LED, які піддаються більш інтенсивному запиленню, зниження світлового потоку в процесі експлуатації може бути припустимо небагато більшим, ніж для світильників із ЛР. Втрати світлового потоку за рахунок забруднення поверхонь приміщення не повинні становити більше 5 %, що гарантується своєчасною побілкою (заміною) стель, а також фарбуванням стін і виробничого встаткування [11].

Виходячи з того, що в приміщеннях коледжу повинні підтримуватися нормальні умови середовища, а в якості ДС експлуатуються LED, у відповідності із [10], вибираємо величину коефіцієнта запасу рівну 1,5 (50 %).

Коефіцієнт запасу передбачається тільки для загального освітлення не залежно від вибраної системи освітлення.

2.6 Вибір джерел світла

Для системи освітлення коледжу доцільно використовувати світлодіодні джерела світла, які характеризуються високою світловою віддачею, тривалим терміном служби та низьким рівнем енергоспоживання. LED-світильники забезпечують стабільні параметри освітлення, комфортне сприйняття кольорів та відповідають сучасним вимогам енергоефективності. У навчальних аудиторіях рекомендовано використовувати світильники з колірною температурою 4000–5000 К, що сприяє підвищенню концентрації уваги та створенню комфортного освітлювального середовища.

Вибір типу джерела світла за колірними характеристиками здійснюють із урахуванням вимог технологічного процесу кольоророзрізнення, а так само до комфортності світлового середовища [10]. Так для того, щоб був колірний контраст, використовують монохроматичне світло, що здатне підсилювати одні кольори й послабляти інші.

З огляду на всі вимоги, у більшості приміщень були обрані компактні світлодіодні джерела світла потужністю 20 Вт. У приміщеннях, де не проводиться відповідальна зорова робота і на сходах обрані компактні світлодіодні джерела світла потужністю 8, 20 та 26 Вт.

2.7 Вибір освітлювальних приладів

Ефективним варто вважати такий освітлювальний прилад, що створює якісне освітлення й зберігає свої характеристики протягом тривалої роботи при найменших експлуатаційних і капітальних витратах, а також при мінімальному енергоспоживанні.

Обираючи світильники, у першу чергу, необхідно враховувати призначення приміщення, а також загальну тенденцію інтер'єра. Основний штрих в оформленні інтер'єра - освітлення - здатне підкреслити

індивідуальність приміщення. Ділова обстановка переговорних кімнат, дружній спокій віталень вимагає певного стилю освітлення.

Все сімейство світлових приладів ділитися на світлосигнальні і на освітлювальні прилади. По типу застосування освітлювальні прилади підрозділяються на світильники, прожектори й проектори, а світлосигнальні прилади на світильники й прожектори [13].

Світильники призначені для освітлення близько розташованих об'єктів або для сигналізації на невеликі відстані. По призначенню світильники підрозділяються на шість груп: 1. загального ; 2. місцевого ; 3. комбінованого; 4. декоративного ; 5. що орієнтує ; 6. експозиційного.

По способу установки виділяють світильники стельові, підвісні (на підвісах до стелі), що вбудовують (у підвісних стелях), настінні, підлогові і настільні.

По співвідношенню світлових потоків у верхню й нижню півсферу всі світильники діляться на п'ять класів:

- світильники прямого світла (П)- внутрішня поверхня, що відбиває, направляє весь світловий потік у нижню півсферу;
- світильники переважного прямого світла (Н)- більше 80% усього світлового потоку направлено в нижню півсферу, а 20 %- на стелю;
- світильники розсіяного світла (Р): 40% усього потоку направлено в нижню півсферу, 60%- нагору;
- світильники переважно відбитого світла - більше 80% світлового потоку направлено на стелю; - світильники відбитого світла (ВС)- весь потік спрямований на стелю.

Кожна із груп цих світильників може створювати різне сприйняття інтер'єру за рахунок певного розподілу яскравості.

Прагнення до виконання норм із погляду збільшення освітленості й обмеження блискавості приводить до витиснення світильників розсіяного світла світильниками прямого й відбитого світла в різних комбінаціях. Світильники відбитого світла по своїм світлотехнічним якостям у багатьох

випадках взагалі є найкращими, тому що повністю виключають блискавість і практично не створюють тіней.

Умови середовища освітлюваного приміщення істотно впливають на вибір типу світильника. До світильників, що встановлюються у приміщеннях з нормальними умовами середовища (сухі опалювальні приміщення), наприклад адміністративні приміщення, студентських зон відпочинку не пред'являється спеціальних вимог. У вологих приміщеннях, якщо волога невеликої концентрації, допускається вологонепроникне виконання світильників. Відкриті світильники як більш дешеві і з більш високим ККД повинні застосовуватися в тих випадках, коли волога локалізується в основному в нижній частині приміщення. Для освітлення коледжу обираємо світильники ERGO 4x18, OPL/R4x18 та PRS/R 4x18 для загального освітлення залів та адміністративних приміщень. Ступінь захисту IP-20. Для службово-побутових приміщень – RG18.

Основні характеристики світильників використаних у системі освітлення коледжу відпочинку наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристики світильників використаних у розробленій системі освітлення

Тип світильника	Тип лампи	Кіл-ть СП	Вага, кг	КСС	Ступінь захисту
OPL/R	LED	13	4,7	К	IP20
ERGO	LED	95	3,2	К	IP20
PRS/R	LED	17	3,5	К	IP20
PRB/R	LED	3	1.7	К	IP20
PRS/R	LED	15	--	К	IP20
DLG	LED	8	3,5	Д	IP40
RG18	LED	30	1.8	Д	IP40
PRG3W	LED	7	1.7	Д	IP20

2.8 Розміщення світлових приладів

Існує два способи розміщення світильників загального освітлення - рівномірне й локалізоване.

При локалізованому розміщенні питання вибору місця розташування повинні вирішуватися в кожному конкретному випадку індивідуально на основі докладного знайомства з поставленим завданням.

Рівномірне розміщення світильників загального освітлення призначено для створення рівномірного розподілу освітленості по всій площі освітлювального приміщення в цілому. Прагнення до рівномірності розподілу освітленості визначається не тільки бажанням забезпечити найкращі умови для роботи очей, а й економічними міркуваннями.

Розподіл освітленості по освітлювальній поверхні визначається формою КСС і розміщенням світильників, тобто це відношення Lh відстані між світильниками до висоти підвісу над освітленою поверхнею [10].

На рівномірність розподілу освітленості впливає не тільки відносна відстань між світильниками, але й форма кривої. Найпоширенішими варіантами розміщення світильників загального освітлення є розміщення по кутах прямокутника й шахове розміщення.

Для будь-якого світильника з відомою КСС можна визначити оптимальне значення Lh , що гарантує розподіл освітленості або найменшу питому потужність. Збільшення відносної відстані між світильниками порівняно з оптимальним значенням Lh викликає зменшення рівномірності освітлення. Найбільша рівномірність освітлення має місце при розміщенні світильників по кутах квадрата ($L_a = L_B$).

Знайдена оптимальна відносна відстань між світильниками $L_{\text{опт}}$ дозволяє знайти відстань між світильниками L , якщо попередньо певна висота їхнього підвісу.

При розміщенні світильників загального освітлення для зберігання рівномірності розподілу освітленості по приміщенню необхідно

регламентувати відстань від крайнього ряду світильників до стін $(0,3-0,5)L_{\text{опт}}$. Світильники із LED розміщуються, як правило, рядами паралельними стінам і вікнам, і залежно від рівня нормативної освітленості можуть розміщатися або безперервними рядами, або рядами з розривами. Напрямок світла в цьому випадку наближається до напрямку природного світла. Природне світло падає на робочу поверхню ліворуч, зменшується пряма й відбита блискість і зменшується довжина групової мережі.

Світильники, призначені для освітлення ліфтів-холів і площадок перед ліфтами, повинні бути встановлені так, щоб частина їх світлового потоку попадала безпосередньо на двері ліфтових шахт. Освітлення приміщень, які обладнані дисплеями, потрібно виконувати люмінесцентними світильниками прямого світла, у яких обмежена яскравість у зоні від 50 до 90 від вертикалі.

Для визначення оптимальної відстані між світильниками визначаємо розрахункову висоту приміщення.

Вона визначається як відстань від світильника до площини на якій нормується освітленість. Якщо світильник має звіс, то розрахункова висота визначається так:

$$h_p = h_{\text{СТ}} - h_c - h_{\text{Р.П.}} \quad (2.1)$$

Оптимальна відстань між світильниками розраховується за формулою:

$$L_{\text{опт}} = h_p \cdot \lambda, \quad (2.2)$$

де : значення λ визначається залежно від типу КСС світильника.

На підставі теорії найвигіднішого розташування світильників для кожного типу кривої сили світла були визначені числові значення відносини $L_{\text{опт}} / h_p = \lambda$, що дозволяють при відомому значенні розрахункової висоти визначити $L_{\text{опт}}$ [13]. Де $L_{\text{опт}}$ – оптимальна відстань між світильниками.

При рівномірному розміщенні світильників по вершинах квадрата $L_A = L_B$. Це співвідношення може бути порушене за певних умов (наприклад, світильники можуть бути розміщені тільки на фермах, тоді $L_B < L_A$). У цьому випадку бажано, щоб відношення $L_A : L_B$ не перевищувало 1,5. Відстань від крайнього світильника (ряду світильників) до стіни приміщення лежить у межах $l = (0,3 \div 0,5) L_{\text{опт}}$ ($l = 1/3 L$ – «правило третьої»).

При рішенні завдання вигідного розташування світильників необхідно враховувати світлотехнічні й енергетичні параметри. Якщо окремо визначати світлотехнічні вигідні, енергетично вигідні й економічно вигідні розташування світильників, то вони виявляться різними. Відношення $L_{\text{опт}} / h_p$ при обліку енергетичних факторів буде істотно вище, ніж при світлотехнічних

$$\lambda_c = \frac{2}{\sqrt{m+1}}; \quad \lambda_z = 2 \sqrt{\frac{n}{m+3-2n}} \quad (2.3)$$

де: m і n – показники ступеня у вираженнях $I_\alpha = I_0 \cos^m \alpha$;

$$\Phi = P^n \quad (n = 1,14 \text{ для ламп } 220 \text{ В}).$$

Вихідним значенням L при виборі розташування світильників, як правило, повинне прийматися відповідне значення λ_z при ЛР і λ_z – в інших випадках.

Найпоширенішими варіантами розміщення світильників загального освітлення є розміщення по кутах прямокутника і розміщення по вершинах ромба. При цьому найбільша рівномірність розподілу освітленості відповідає розміщенню світильників по кутах квадрата.

При розташуванні ОП у приміщеннях коледжу і варто враховувати саме вигідне відношення $L_{\text{опт}} / h_p$ для типу КСС світильника, беручи до уваги основні схеми розміщення й конкретних рекомендацій. Розміщення світильників наведено на кресленнях в графічних матеріалах.

2.9 Світлотехнічний розрахунок

Усі методи розрахунку освітлення можуть бути зведені до трьох основних [4]: точковий метод; метод світлового потоку (метод коефіцієнта використання) і метод трасування променів.

Точковий метод доречний для розрахунку ОУ з підвищеною нерівномірністю розподілу освітленості (локалізоване освітлення виконується світильниками прямого світла), а також для розрахунку освітлення нахилених поверхонь, які створені світильниками прямого світла. Цим методом розраховується також загальне рівномірне освітлення з істотними затемненнями.

Метод коефіцієнта використання призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення поверхонь без великих предметів, що затінюють. При розрахунку цим методом ураховується як пряме, так і відбите світло [11].

Усі сучасні програми візуалізації освітлення засновані на методі трасування променів, що дозволяє враховувати багатократне відбиття променів світла від усіх поверхонь приміщення.

При розрахунку освітлення триповерхової будівлі коледжу було використано програму Dialux EVO, засновану саме на методі трасування променів світла. Результати наведені на рисунку 2.1.

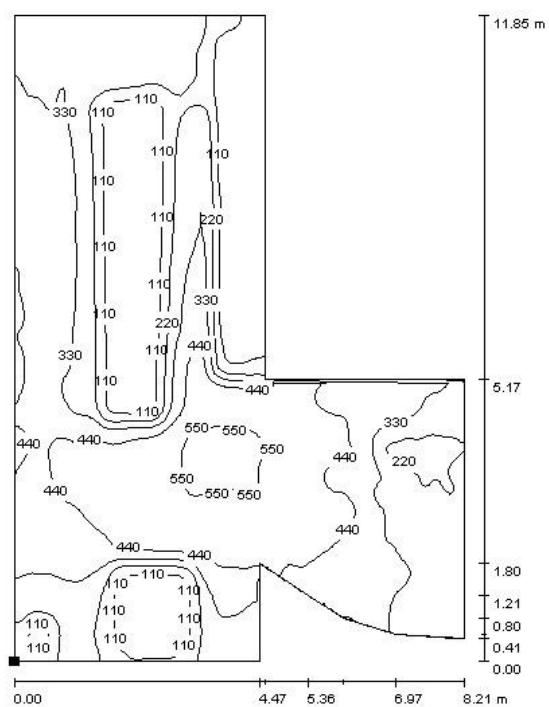


Рисунок 2.1 – Розподіл освітленості по підлозі з урахуванням технологічного обладнання

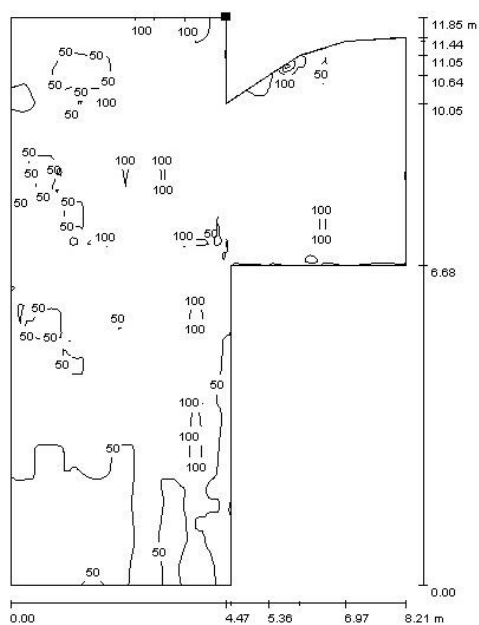


Рисунок 2.2 – Розподіл освітленості на стелі приміщення

2.10 Розрахунок якісних показників освітлення

Освітлювальна установка, що проєктується повинна створювати сприятливий і комфортний колірно-світловий простір у розглянутому приміщенні. Це досягається шляхом відповідності якісних показників освітлення нормативним вимогам [13]. Для цього проводиться розрахунок якісних показників освітлення і їх порівняння з нормативними значеннями.

2.10.1 Розрахунок циліндричної освітленості

Циліндрична освітленість, характеризує насиченість приміщення світлом [1]. Значення E_c визначається на відстані 1 м від торцевої сторони на центральній поздовжній осі приміщення на висоті 1,5 м від підлоги.

Площиною, що проходить через розрахункову точку й перпендикулярна осі кожної лінії, розбиваємо на частині. Циліндрична освітленість буде дорівнювати сумі освітленостей від всіх частин, які будуть рівні між собою.

Проведемо розрахунок циліндричної освітленості для кабінету директора. Площа приміщення 5,0 x 3,0; висота - 3,5 м; освітлюється одним рядом убудованих у стелю світильників типу PRB/R 4 – 3 шт.

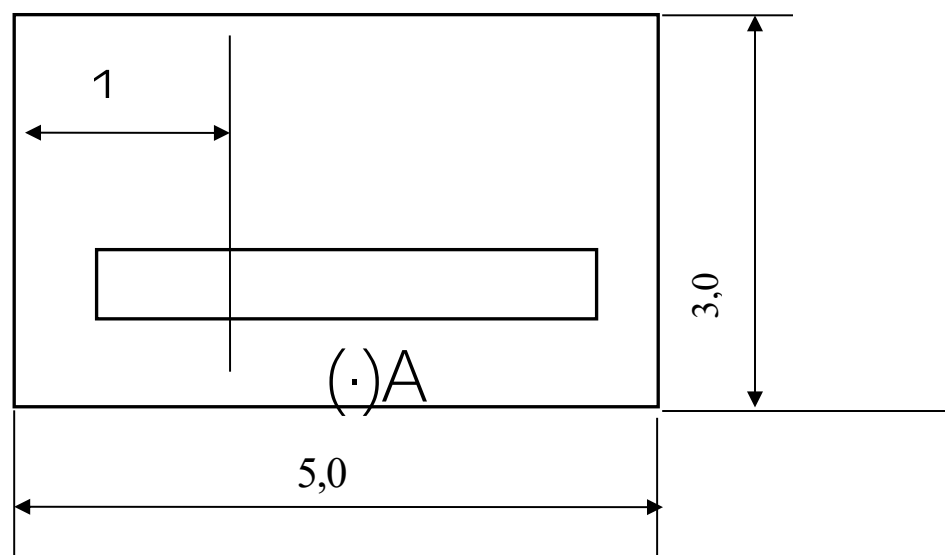


Рисунок 2.3 – До розрахунку циліндричної освітленості

Для визначення $E_{\text{ц}}$ від ділянки лінії необхідно визначити:

$$I_{\gamma}, \operatorname{tg} \gamma = a/h_p; \operatorname{tg} \alpha = A/l_1 \text{ і } l_1, \quad (2.4)$$

де I_{γ} – значення сили світла у поперечній площині під кутом γ ;

h_p – розрахункова висота, $h_p = h - h_{\text{л.з}}$ ($h_{\text{л.з}} = 2,7$ м);

A – довжина ділянки лінії;

a – найкоротша відстань від проекції ділянки лінії, що світить, на розрахункову площину до розрахункової крапки;

l_1 – відстань від ділянки лінії до розрахункової крапки

$$l_1 = \sqrt{a^2 + h_p^2}. \quad (2.5)$$

За графіком залежності $E_{\text{ц}}^1 = f(\operatorname{tg} \alpha)$ знаходимо відносну циліндричну освітленість $E_{\text{ц}}^1$.

Після цього, визначаємо значення сили світла I_{γ} за формулою:

$$I_{\gamma} = \frac{I_{\gamma}^{1000} \cdot n \cdot F_{\text{л}}}{(l_{\text{л}} + \lambda) 1000}, \quad (2.6)$$

де I_{γ}^{1000} – значення сили світла світильника із $\Phi_{\text{л}} = 1000$ Лм, у поперечній площині, під кутом γ (перебуває по кривій сили світла світильника);

$\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік лампи, Лм;

n – кількість ламп у світильнику;

$l_{\text{л}}$ – довжина лампи, м;

λ – відстань між світильниками в ряді ($\lambda = 0$ для безперервного ряду).

$E_{\text{ц1}}$ від ділянки лінії визначається по формулі:

$$E_{ц1} = \frac{l_{\gamma}}{l_1} \cdot E'_{ц}, \quad (2.7)$$

Циліндрична освітленість від лінії, що світить, визначається як:

$$E_{ц} = E_{ц1} \cdot n_1 \quad (2.8)$$

де n_1 – кількість ділянок, на які була розбита лінія, що світить, площиною, що проходить через контрольну точку.

Використовуючи зазначений порядок розрахунку, визначимо $E_{ц}$ у точці А.

Вертикальна площина, що проходить через т. А, розбиває лінію, що світить, на 2 ділянки.

Далі:

$$a_1=1,5\text{м}, A=2,5\text{м}, h_p=3,5-0,8=1,5\text{ м.}$$

Тоді:

$$l_{1_1} = \sqrt{1,5^2 + 2,7^2} = 3,08\text{м};$$

$$\text{tg}\gamma = \frac{a}{h_p} = \frac{1,5}{2,7} = 0,56, \quad \gamma_1 = 29; \text{tg}\alpha = \frac{A}{l_{1_1}} = \frac{2,5}{3,08} = 0,81;$$

За графіком визначаємо $E'_{ц}$. $E'_{ц} = 0,19$;

По формулі знаходимо I_{γ}

$$I_{\gamma_1} = \frac{I_{\gamma_1}^{1000} n \cdot F_{\text{л}} N}{l_{\text{лин}} 1000}, \quad (2.9)$$

де N - кількість світильників у лінії, шт,

$l_{\text{лин}}$ – довжина лінії, що світить м.

$$I_{\gamma_1} = \frac{300 \cdot 1 \cdot 820 \cdot 3}{3,0 \cdot 1000} = 246 \text{ Кд},$$

$$E_{\text{ц}1_1} = \frac{I_{\gamma_1}}{l_{1_1}} E'_{\text{ц}1} = \frac{246 \times 0,19}{3,08} = 15,2 \text{ Лк};$$

Циліндрична освітленість від однієї лінії $E_{\text{ц}}=15,2$ Лк.

2.10.2 Перевірка пульсації освітленості

Перевірка коефіцієнта пульсації для світлодіодних освітлювальних приладів здійснюється на основі аналізу пульсацій світлового потоку LED-джерел світла та параметрів драйверів живлення. Значення коефіцієнта пульсації залежить від типу світлодіодного світильника, якості електронного драйвера та схеми живлення освітлювальної установки.

У випадку, коли фактичне значення коефіцієнта пульсації не перевищує нормативно допустимих значень, застосування додаткових заходів щодо його зменшення не є необхідним. Якщо ж рівень пульсації перевищує встановлені норми, для його обмеження використовують світильники з високоякісними драйверами постійного струму, а також застосовують рівномірний розподіл навантаження між фазами трифазної мережі. З цією метою використовуються одно-, дво- або трифазні групові лінії з відповідною схемою підключення світильників до різних фаз мережі [11].

Наприклад, у приміщенні кабінету адміністрації, розташованому на першому поверсі коледжу, для освітлення передбачено використання трьох світлодіодних світильників типу LED Panel 36 W. Згідно з технічними характеристиками обраних освітлювальних приладів, коефіцієнт пульсації світлового потоку становить не більше 5 %. Враховуючи, що нормативне значення коефіцієнта пульсації для навчальних приміщень не повинно перевищувати 10 %, можна зробити висновок, що проєктowana освітлювальна

установка повністю відповідає вимогам чинних нормативних документів та забезпечує комфортні умови для навчального процесу.

2.11 Висновки до розділу 2

У другому розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи було виконано світлотехнічний розрахунок системи освітлення навчально-адміністративної будівлі коледжу. Проведено аналіз функціонального призначення приміщень, характеру зорових робіт та вимог до рівня освітленості відповідно до чинних нормативних документів і стандартів.

У процесі проєктування обґрунтовано вибір системи освітлення, типів світильників та джерел світла для навчальних аудиторій, лабораторій, коридорів, адміністративних і допоміжних приміщень. Для освітлення об'єкта обрано сучасні світлодіодні світильники, які характеризуються високою енергоефективністю, тривалим терміном служби, низьким рівнем пульсації світлового потоку та високими показниками передачі кольору.

На основі виконаних світлотехнічних розрахунків визначено необхідну кількість освітлювальних приладів, їх потужність, оптимальне розташування та параметри освітлювальної установки. Проведено перевірку основних якісних показників освітлення, зокрема рівня освітленості, рівномірності освітлення та коефіцієнта пульсації. Отримані результати підтвердили відповідність проєктованої системи освітлення вимогам ДБН В.2.5-28:2018.

Використання сучасних LED-світильників та раціональних схем їх розміщення дозволило забезпечити комфортні умови для навчального процесу, знизити енергоспоживання та підвищити ефективність експлуатації освітлювальної установки. Особливу увагу приділено створенню сприятливого візуального середовища, яке позитивно впливає на працездатність, концентрацію уваги та зоровий комфорт студентів і викладачів.

Таким чином, виконаний світлотехнічний розрахунок підтверджує доцільність застосування сучасних енергоефективних систем освітлення у навчальних закладах та демонструє можливість створення якісного, безпечного й функціонального світлового середовища у приміщеннях коледжу.

3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАТИНА

В електротехнічній частині проекту освітлювальної установки розглядаються питання побудови, розрахунку та експлуатації електричних мереж системи освітлення. Під час проектування мереж вирішуються задачі розподілу електричної енергії, вибору конструктивного виконання мереж, способів їх монтажу, а також здійснюється електротехнічний розрахунок елементів системи [15].

Електрична мережа являє собою сукупність електроустановок, призначених для передачі та розподілу електричної енергії. До її складу входять трансформаторні підстанції, розподільчі пристрої, струмопроводи, кабельні та повітряні лінії електропередачі, що функціонують у межах певного об'єкта або території.

Джерелом живлення освітлювальної установки є електрична мережа, через яку електрична енергія передається від електростанцій до трансформаторних підстанцій по лініях високої напруги. На підстанціях здійснюється зниження напруги до рівня, необхідного для живлення споживачів. Електричні мережі освітлення можуть мати значну протяжність і включати як внутрішні, так і зовнішні ділянки прокладання кабельних ліній.

Внутрішні освітлювальні мережі можуть прокладатися відкритим або прихованим способом – по стінах, стелях, у кабельних каналах, коробах, металевих трубах або за підвісними конструкціями. Вибір способу прокладання залежить від призначення приміщення, умов експлуатації, вимог пожежної безпеки та архітектурних особливостей будівлі.

Електричні мережі системи освітлення повинні забезпечувати:

- надійну та безперебійну роботу освітлювальної установки;
- підтримання допустимого рівня напруги на джерелах світла;
- захист користувачів від ураження електричним струмом;
- відповідність вимогам пожежної безпеки;
- економічність та енергоефективність експлуатації системи.

У межах електротехнічної частини бакалаврської кваліфікаційної роботи розглядаються такі основні питання:

- вибір напруги живлення, схем електропостачання та систем керування освітленням;
- вибір місць встановлення електрощитового обладнання;
- розробка схем електричних мереж;
- вибір типу електропроводки та способів її прокладання;
- визначення трас проходження кабельних ліній і параметрів захисної апаратури.

Основним нормативним документом, що регламентує проєктування та монтаж електроустановок, є «Правила улаштування електроустановок» (ПУЕ) [16]. Умови експлуатації електрообладнання та вимоги електробезпеки визначаються чинними правилами технічної експлуатації та нормативними документами з охорони праці й безпечної експлуатації електроустановок.

3.1 Вибір напруги джерел живлення

Для живлення освітлювальних мереж застосовуються різні системи електропостачання та значення напруги залежно від типу електроустановки, умов експлуатації та вимог безпеки.

Розрізняють такі основні системи живлення освітлювальних установок:

1. Системи трифазного змінного струму з глухозаземленою нейтраллю напругою 660/380 В, 380/220 В та 220/127 В. У таких системах мережі можуть виконуватися:

- чотирипровідними (три фазні проводи та нульовий провідник);
- трипровідними (дві фази та нульовий провідник);
- двопровідними (одна фаза і нуль або дві фази).

2. Системи трифазного змінного струму з ізольованою нейтраллю або без нейтралі напругою 3×220 В, 3×127 В, 3×36 В, 3×24 В та 3×12 В. У таких мережах застосовуються:

- трипровідні лінії для трифазного живлення;
- двопровідні лінії для двофазного живлення.

3. Системи однофазного змінного або постійного струму напругою 220 В, 127 В, 36 В, 24 В та 12 В, у яких використовуються двопровідні електричні мережі.

Для живлення світильників загального освітлення, відповідно до нормативних вимог, допускається використання змінної напруги не вище 380/220 В у мережах із глухозаземленою нейтраллю та не більше 220 В у мережах з ізольованою нейтраллю або при використанні постійного струму [12,16]. Для живлення окремих джерел світла, як правило, застосовується напруга до 220 В.

У сучасних освітлювальних установках навчально-адміністративних будівель переважно використовуються світлодіодні світильники, що працюють від мережі змінного струму 220 В через електронні драйвери живлення. Для приміщень із підвищеною вологістю, високою температурою або агресивним середовищем використовуються світильники у спеціальному захищеному виконанні з відповідним ступенем захисту IP.

У більшості громадських і навчальних будівель живлення внутрішнього освітлення здійснюється від загальних трансформаторних підстанцій для силових та освітлювальних електроприймачів із вторинною напругою 380/220 В та глухозаземленою нейтраллю.

Робоче та аварійне освітлення будівель повинні живитися від незалежних джерел електропостачання або мати можливість автоматичного перемикання аварійного освітлення на резервне джерело у випадку припинення живлення робочої мережі [14].

Живлення евакуаційного освітлення допускається здійснювати від спільного джерела з робочим освітленням через окрему незалежну мережу,

починаючи від шин трансформаторної підстанції або від ввідного пристрою будівлі у випадку наявності одного електричного вводу.

3.2 Надійність дії електроустановок

Надійність роботи системи освітлення є однією з найважливіших вимог до електричних мереж навчального закладу. Перебої в електропостачанні та відключення освітлення можуть негативно вплинути на освітній процес, створити небезпечні умови для студентів і працівників коледжу, а також ускладнити евакуацію людей у разі надзвичайних ситуацій.

Розроблена система електроживлення, правильний розрахунок електричних мереж та якісне виконання монтажних робіт забезпечують стабільну роботу освітлювальної установки. Надійність системи освітлення коледжу досягається завдяки:

- застосуванню простих і надійних схем розподілу електроенергії та керування освітленням;
- виконанню розрахунків мережі, що забезпечують необхідний рівень напруги, пожежну безпеку, селективність захисту та механічну міцність електропроводки;
- використанню конструктивних рішень, які враховують особливості приміщень навчального закладу;
- належній організації технічного обслуговування та експлуатації обладнання.

Для забезпечення безпеки та комфортних умов навчання в коледжі передбачаються різні види освітлення: робоче, аварійне та евакуаційне.

Робоче освітлення використовується в усіх аудиторіях, лабораторіях, коридорах, адміністративних і допоміжних приміщеннях для створення необхідних умов навчання та роботи.

Світильники аварійного та евакуаційного освітлення повинні живитися від незалежного джерела електроенергії або автоматично перемикатися на нього в разі відключення основного живлення. Такі системи особливо важливі для коридорів, сходових кліток та евакуаційних виходів, де вони забезпечують безпечне пересування людей під час аварійних ситуацій.

Згідно з вимогами щодо надійності електропостачання, електроприймачі поділяються на три категорії. Будівлі навчальних закладів, зокрема коледжів, зазвичай належать до III категорії електроприймачів. Для таких об'єктів допускається живлення від одного джерела електроенергії за умови, що час відновлення електропостачання після аварії або ремонту не перевищує однієї доби.

Відхилення напруги в освітлювальній мережі не повинно перевищувати встановлених нормативами значень, оскільки це впливає на якість освітлення та термін служби світильників.

У проєкті освітлення коледжу передбачено аварійне освітлення, яке забезпечує мінімально необхідний рівень освітленості для продовження роботи та безпечної евакуації людей. Крім того, спроектовано систему евакуаційного освітлення, що гарантує безпечне пересування студентів і працівників будівлею у випадку відключення основного освітлення.

3.3 Вибір схеми живлення ОУ

Електричні мережі освітлення поділяються на живильні та групові. До живильних мереж належать лінії, які передають електроенергію від трансформаторної підстанції або іншого джерела живлення до групових розподільчих щитів. Групові мережі призначені для подачі електроенергії безпосередньо до освітлювальних приладів від освітлювальних щитів.

На початку кожної живильної лінії встановлюються комутаційні та захисні апарати, які забезпечують захист мережі від аварійних режимів роботи. Для групових ліній обов'язковим є встановлення апарата захисту, тоді як

вимикаючий пристрій може не застосовуватися за наявності відповідних комутаційних апаратів у мережі або якщо керування освітленням здійснюється з боку живильної лінії.

Електропостачання системи освітлення коледжу передбачається від окремої кабельної лінії, підключеної до трансформаторної підстанції. Проектом передбачено встановлення ввідно-розподільчої шафи поблизу підстанції з підключенням її силовим кабелем необхідного перерізу. Також передбачається монтаж шафи обліку електроенергії, розташованої на зовнішній стіні трансформаторної підстанції. Розміщення обладнання повинно забезпечувати вільний доступ до вентиляційних отворів та елементів обслуговування підстанції.

Для захисту людей від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції електрообладнання передбачається система захисного заземлення. Опір заземлювального пристрою повинен відповідати нормативним вимогам і не перевищувати 4 Ом у будь-яку пору року, що гарантує ефективну роботу системи електробезпеки.

3.4 Компонування групової мережі

До групових мереж освітлення належать електричні лінії, які з'єднують групові щити з освітлювальними приладами. Під час проєктування таких мереж необхідно враховувати вимоги нормативних документів та рекомендації щодо забезпечення надійності, безпеки й економічності системи.

1. Маршрути прокладання групових ліній слід обирати таким чином, щоб їх довжина була мінімальною. При відкритому монтажі кабелі рекомендується прокладати паралельно будівельним конструкціям приміщення, а при прихованому – використовувати найкоротші можливі шляхи. За можливості лінії, що прямують в одному напрямку, доцільно об'єднувати в спільні траси. Перевагу слід надавати прокладанню кабелів уздовж стін, а не по стелі. Кабелі, розміщені на стелі відкритим способом,

необхідно прокладати перпендикулярно до стіни з віконними прорізами. Кількість проходів через стіни та перегородки бажано мінімізувати.

2. При застосуванні прихованої проводки необхідно визначити місце її розташування та спосіб монтажу. Найчастіше кабелі розміщують у спеціальних нішах, технологічних порожнинах будівельних конструкцій, над перекриттями, під стелями або в кабельних каналах і плінтусах.

3. Лінії аварійного освітлення в будівлі можуть прокладатися спільними трасами з мережами робочого освітлення. Допускається їх розміщення на зовнішній поверхні шинопроводів або на загальних кабельних конструкціях за умови дотримання нормативної відстані між кабелями не менше 20 мм, що забезпечує належний рівень безпеки та надійності.

4. Групові щити необхідно встановлювати в місцях, зручних для обслуговування та експлуатації, із забезпеченням нормальних умов навколишнього середовища та вільного доступу персоналу.

Відповідно до вимог ПУЕ, номінальний струм апаратів захисту групових ліній не повинен перевищувати 25 А. Кількість світильників, підключених до однієї групової лінії, визначається їхньою потужністю та технічними характеристиками. Розподіл освітлювальних приладів між групами виконується з урахуванням планування приміщень і рівномірності навантаження.

До групових мереж допускається підключення освітлювальних розеток та понижувальних трансформаторів. Проте за значної кількості таких споживачів доцільно передбачити для них окремі електричні групи.

У проєкті системи освітлення коледжу передбачено використання групових освітлювальних щитів із автоматичними вимикачами для захисту ліній від перевантажень та коротких замикань, а також розподільчих щитів для організації живлення окремих зон будівлі.

Схеми компонування групових мереж освітлення коледжу наведені на відповідних кресленнях проєкта.

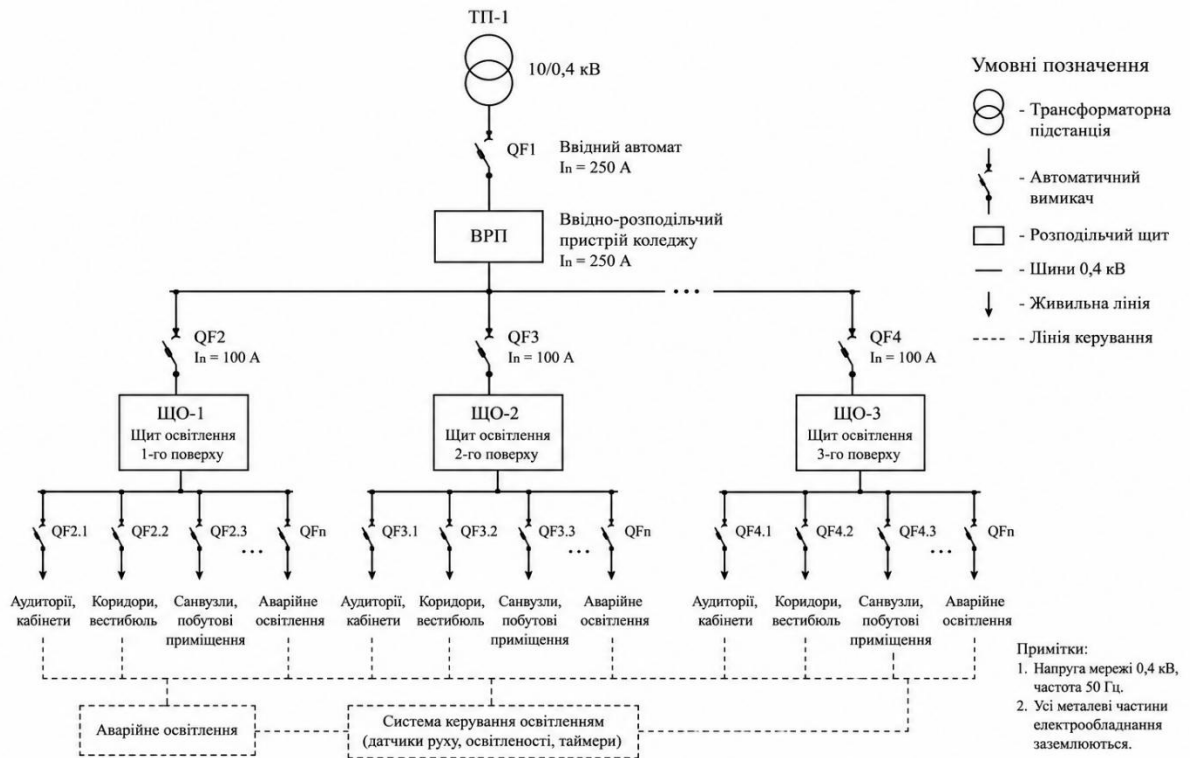


Рисунок 3.1 – Схема живлення освітлення коледжу

3.5 Керування освітленням

Більшість приміщень коледжу мають значну площу, тому для підвищення зручності експлуатації системи освітлення доцільно застосовувати місцеве керування. Пристрої керування освітленням встановлюються біля входів до приміщень, що забезпечує швидкий і зручний доступ до них.

У великих приміщеннях, таких як актова зала, спортивний зал, бібліотека або навчальні лабораторії, керування освітленням може здійснюватися за допомогою автоматичних вимикачів, розташованих у групових щитках.

В інших приміщеннях коледжу, зокрема в навчальних аудиторіях, кабінетах, адміністративних та допоміжних кімнатах, керування освітленням передбачається за допомогою однополюсних і двополюсних вимикачів відкритого монтажу, встановлених безпосередньо біля входу до приміщення. Таке рішення забезпечує зручність користування освітленням та відповідає вимогам електробезпеки.

3.6 Вибір роду проводки і способів прокладки живильної і групової мережі

Вибір способу прокладання освітлювальної мережі залежить від призначення приміщення, умов навколишнього середовища, особливостей будівельних конструкцій, вимог до експлуатації, економічної доцільності, а також норм електро- та пожежної безпеки.

Під час проєктування системи освітлення насамперед визначаються тип провідникової продукції та спосіб її прокладання відповідно до умов експлуатації. Для виконання електричних мереж можуть застосовуватися різні способи монтажу.

Одним із поширених способів є тросова проводка, яка широко використовується у великих приміщеннях. Її різновидом є струнна проводка, за якої ізольовані проводи або кабелі закріплюються на натягнутому сталевому дроті за допомогою спеціальних кріпильних елементів.

У громадських та навчальних будівлях також застосовуються відкриті й приховані електропроводки. Кабелі можуть прокладатися по стінах, перегородках і перекриттях у шарі штукатурки або всередині будівельних конструкцій. Для захисту від механічних пошкоджень проводи та кабелі нерідко розміщують у пластикових або металевих трубах.

Якщо по одній трасі необхідно прокласти значну кількість кабелів, доцільно використовувати кабельні лотки та коробки. Такий спосіб монтажу спрощує обслуговування мережі та забезпечує її впорядкованість.

Кабелі можуть прокладатися також безпосередньо по будівельних конструкціях усередині приміщень. У місцях кріплення застосовуються спеціальні ізолюючі прокладки, що запобігають пошкодженню оболонки кабелю. Прокладання кабелів у будівельних конструкціях повинно відповідати чинним нормам і вимогам безпеки.

Для живлення проєктованої освітлювальної установки коледжу передбачено використання силового кабелю ПВЗнгд з мідними жилами та полівінілхлоридною ізоляцією, розрахованого на напругу до 1 кВ. Застосування такого кабелю забезпечує необхідну надійність, довговічність і пожежну безпеку електричної мережі.

Електромережі освітлення можуть виконуватися відкритим або прихованим способом. До відкритої проводки належать мережі, прокладені по поверхні будівельних конструкцій, у трубах, кабельних лотках або на спеціальних кріпленнях. Прихована проводка розміщується всередині стін, перекриттів, підлог або інших конструктивних елементів будівлі.

Прихована проводка поділяється на змінювану та незмінювану. Змінювана проводка дозволяє виконувати заміну кабелів без пошкодження будівельних конструкцій, тоді як незмінювана прокладається безпосередньо під шаром штукатурки та не передбачає простої заміни під час експлуатації.

У проєкті освітлення коледжу електропроводка передбачена переважно в захисних трубах по стелі, стінах і перекриттях. У навчальних аудиторіях, лабораторіях та адміністративних приміщеннях кабелі прокладаються прихованим способом під шаром штукатурки. У місцях, де прихований монтаж неможливий або недоцільний, проводка виконується відкрито по стінах або стелі з дотриманням вимог електробезпеки та естетичних норм.

3.7 Розрахунок електричних мереж

Перерізи провідників освітлювальної мережі повинні бути правильно підібрані для забезпечення необхідного рівня напруги на освітлювальних

приладах. Дотримання цієї умови гарантує відповідність освітленості встановленим нормам, стабільну роботу світильників та тривалий термін їх експлуатації.

Крім того, переріз проводів має забезпечувати безпечну передачу електричного навантаження без надмірного нагрівання провідників. Це є важливою вимогою для запобігання пошкодженню ізоляції, виникненню аварійних ситуацій та забезпечення пожежної безпеки електроустановки.

Тому розрахунок електричних мереж освітлення виконується за такими основними критеріями:

- за допустимими втратами напруги в мережі;
- за тривало допустимим струмовим навантаженням провідників, яке не призводить до їх перегрівання.

Такий підхід дозволяє забезпечити надійну, безпечну та економічно ефективну роботу системи освітлення.

3.7.1 Визначення розрахункових навантажень

Розрахункове навантаження системи освітлення визначається на основі встановленої потужності освітлювальних приладів, отриманої за результатами світлотехнічного розрахунку. Для визначення розрахункової потужності на вводі будівлі та на початку живильних ліній використовується коефіцієнт попиту, який враховує ймовірність одночасної роботи всіх споживачів електроенергії.

Таким чином, розрахункова потужність визначається як добуток встановленої потужності освітлювальної установки на відповідний коефіцієнт попиту. Такий підхід дозволяє більш точно оцінити фактичне навантаження електричної мережі та забезпечити правильний вибір її елементів.

$$P_{\text{расч.}} = P_{\text{уст.}} \cdot K_{\text{п}} \quad (3.1)$$

Для живильної мережі робочого освітлення побутових приміщень приймається $K_n = 1,6$.

При розрахунку групових ліній коефіцієнт попиту рівняється 1.

Установлена потужність робочого освітлення комплексу визначається як сума потужності робочого освітлення всіх приміщень будівлі.

$$P_{\text{уст.}} = \sum_i^n P_{\text{уст.}} \quad (3.2)$$

Встановлена потужність освітлювального навантаження для кожного приміщення визначається на підставі результатів світлотехнічних розрахунків, наведених у розділі 2. При розрахунку загальної встановленої потужності також враховується навантаження від штепсельних розеток, підключених до мережі освітлення.

Розглянемо порядок визначення встановленої потужності на прикладі навчальної аудиторії №21, розташованої на першому поверсі будівлі.

За результатами світлотехнічного розрахунку методом коефіцієнта використання в аудиторії передбачено встановлення 10 світильників типу PRS/R 4×18. Крім того, у приміщенні встановлено 7 штепсельних розеток. Розрахункова потужність однієї розетки приймається 50 Вт.

Тоді встановлена потужність приміщення визначається за формулою:

$$P_{\text{уст}} = 18 \cdot 10 + 50 \cdot 7 = 530 \text{ Вт} = 0,53 \text{ кВт.}$$

Отримане значення використовується при подальшому розрахунку електричних навантажень та виборі елементів системи електропостачання. Тим же методом розрахована встановлена потужність інших приміщень.

Підсумовуючи встановлену потужність приміщень будинку, одержуємо:

установлена потужність робочого освітлення – $P_{\text{уст.}} = 87,47 \text{ кВт};$

У зв'язку з тим, що $K_n = 1,6$

$$P_{\text{розр.}} = 87,47 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{роз.р}} = 55 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{уст.}} = 121 \text{ кВт};$$

Потужність розеточної групи рівняється 66 кВт.

3.7.2 Вибір припустимих втрат напруги мережі

У загальному випадку, величина втрат напруги (U) в освітлювальній мережі залежить від [4]:

- роду й частоти струму;
- потужності джерела живлення;
- схеми електричної мережі;
- потужності й коефіцієнта потужності приймача;
- перетину й матеріалу провідника;
- довжини проводів освітлювальної мережі.

Величина втрат напруги в мережі визначається:

$$\Delta U \% = U_{\text{хх}} - \Delta U_{\text{тр}} - U_{\text{д}}, \% \quad (3.3)$$

де $U_{\text{хх}}$ – напруга холостого ходу джерела живлення (105 % $U_{\text{н}}$);

$\Delta U_{\text{тр}}$ – втрати напруги у вторинній обмотці трансформатора;

$U_{\text{д}}$ – припустиме відхилення напруги в найбільш віддалених ДС ($U_{\text{д}} = 97,5 \% U_{\text{н}}$).

Значення $\Delta U_{\text{тр}}$ залежить від номінальної потужності трансформатора, коефіцієнта його завантаження й коефіцієнта потужності навантаження:

$$\Delta U_{\text{тр}} = \beta (U_{\text{а.т.}} \cos \varphi + U_{\text{р.т.}} \sin \varphi) \quad (3.4)$$

де β – коефіцієнт завантаження трансформатора;

$U_{a.т.}$ і $U_{p.т.}$ – активні й реактивна складені напруги короткого замикання (КЗ) трансформатора;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності навантаження.

$$\beta = \frac{P_{расч.}}{P_{тр.н.}}, \quad (3.5)$$

де $P_{расч.}$ - розрахункова потужність навантаження;

$P_{тр.н.}$ – номінальна потужність трансформатора.

$$U_{a.т.} = \frac{P_{кз.тр.}}{P_{тр.н.}} \cdot 100\%, \quad (3.6)$$

де $P_{кз.тр.}$ - постійна величина для трансформатора.

$$U_{p.т.} = \sqrt{U_k^2 - U_{a.т.}^2}, \quad (3.7)$$

де U_k – напруга КЗ трансформаторів, $U_k = 4,5\%$.

Для живлення освітлювального і силового навантаження комплексу коледжу обрано трансформатор ТП № 412-250кВт:

$$P_{тр.н.} = 250 \text{ кВт};$$

$$P_{кз.тр.} = 6,4 \text{ кВт}.$$

Коефіцієнт потужності навантаження $\cos \varphi = 0,9$, $\sin \varphi = 0,44$.

Коефіцієнт завантаження трансформатора ТП рівняється $=1$;

$$U_{a.т.} = \frac{6,4}{250} \cdot 100 = 2,56\%,$$

$$U_{p.т.} = \sqrt{4,5^2 - 2,56^2} = 3,7\% .$$

$$\Delta U_{т.р} = 1 \cdot (2,56 \cdot 0,9 + 3,7 \cdot 0,44) = 3,9\%,$$

Величина припустимих втрат напруги буде рівною:

$$\Delta U_{\text{доп.}} \% = 105 - 3,9 - 97,5 = 3,6 \%$$

3.7.3 Розрахунок мережі на найменшу витрату провідникового матеріалу

Розрахунок електричної мережі на найменшу витрату провідникового матеріалу здійснюється по формулі:

$$S = \frac{\sum M + \sum \alpha \cdot m}{C \cdot \Delta U \%}, \quad (3.8)$$

де S – перетин ділянки мережі;

$\sum M$ – сума моментів навантаження даної ділянки й всіх наступних ділянок з тією же кількістю проводів, що й на даній ділянці;

$\sum m$ – сума моментів навантаження ділянок електричної мережі, що живляться через дану ділянку, але із числом проводів відмінних від даної ділянки;

α – коефіцієнт приведення моментів навантаження, що залежить від кількості проводів у живильній лінії й на відгалуженнях. ($\alpha = 1,85$ – при однофазному двухпровідному відгалуженні від трифазної 4-х провідної мережі;

C – коефіцієнт, що залежить від системи напруги, марки й роду провідника;

$3 = 44$ – для 3-х фазної 4-х провідної лінії,

$3 = 7,4$ – для однофазної 2-х провідної лінії й алюмінієвих жил провідника;

$U\%$ – розрахункова величина втрат напруги від початку до кінця лінії.

Для розрахунку перерізів кабелів були прийняті довжини ділянок мережі: головна живильна ділянка АБ – 50 м, а ділянки від розподільчого щита до групових щитків – по 30 м. Момент навантаження кожної ділянки визначався як добуток розрахункової потужності на довжину лінії. Для

головної ділянки АБ момент навантаження становить 6050 кВт·м, для інших ділянок розрахунок виконувався аналогічно.

При визначенні перерізів кабелів додатково враховувалося 80 % силового навантаження. За результатами розрахунків для головної живильної ділянки обрано кабель ПВЗнгд 5(1×50) мм² з перерізом жили 50 мм². Після вибору перерізу було перевірено допустимі втрати напруги на всіх ділянках мережі.

Перерізи групових ліній визначалися за найбільш навантаженими відгалуженнями кожного щитка. Для найбільш завантаженої групової лінії розрахунковий переріз склав 5,1 мм², тому прийнято найближчий стандартний переріз 6 мм².

Аналогічним способом були розраховані всі інші живильні та групові лінії. Для виконання мережі освітлення прийнято кабелі марок ВВГнг-LS перерізом 5×6 мм² та 5×4 мм², що забезпечують допустимі втрати напруги, надійність роботи та відповідність вимогам електро- і пожежної безпеки.

3.7.4 Розрахунок мережі по тривалому допустимому струмі навантаження

За відсутності електричного струму температура жили провідника практично дорівнює температурі навколишнього середовища. Під час проходження струму через провідник відбувається його нагрівання, причому кожному значенню струму відповідає певний рівень підвищення температури жили відносно температури навколишнього середовища.

Гранично допустимі температури нагрівання провідників залежать від конструкції кабелю та типу ізоляційного матеріалу. Нормативними документами встановлені максимальні значення температури, перевищення яких може призвести до пошкодження ізоляції та зниження надійності електричної мережі. Так, для проводів і кабелів з гумовою або полівінілхлоридною ізоляцією допустима температура нагрівання жил становить до +65 °С, а для кабелів із паперовою ізоляцією – до +80 °С.

На основі теплових розрахунків визначено значення струмів, за яких температура провідників не перевищує допустимих меж з урахуванням температури навколишнього середовища. Такі струми називають тривало допустимими. Їх величини встановлені для різних типів проводів і кабелів з мідними або алюмінієвими жилами за стандартних умов експлуатації.

Освітлювальні мережі повинні бути надійно захищені від аварійних режимів роботи, зокрема від струмів короткого замикання. У ряді випадків, коли необхідно підвищити безпеку експлуатації або забезпечити додатковий захист обладнання, мережу також захищають від перевантажень.

Для цього в електричних мережах встановлюються спеціальні захисні пристрої, які автоматично відключають живлення при виникненні струмів, що перевищують допустимі значення. Основними апаратами захисту в системах освітлення є плавкі запобіжники та автоматичні вимикачі.

Номінальний струм плавкої вставки запобіжника або розчіплювача автоматичного вимикача повинен бути не меншим за робочий струм ділянки мережі, яку він захищає. Водночас значення номінального струму слід обирати максимально наближеним до робочого, що забезпечує ефективний захист мережі та її безпечну експлуатацію.

Для правильного вибору провідників і захисних апаратів насамперед необхідно визначити розрахункові значення струмів на всіх ділянках електричної мережі освітлення.

- для 3-х фазної 4-х провідної мережі:

$$I_p = \frac{P_{\text{расч.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi}, (\text{A}) \quad (3.9)$$

- для 1-фазної 2-х провідної мережі:

$$I_p = \frac{P_{\text{расч.}}}{U_{\phi} \cdot \cos} , \quad (\text{A}) \quad (3.10)$$

$$I_{AB} = \frac{55}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 97,75 \text{ A};$$

$$I_p \leq I_{\text{р.а. в}} \leq I_{\text{д.буд.}}$$

$$97,75 \leq 160 \leq 160$$

Кабель ПВЗнгд 5(1х50)мм² витримує довгостроково припустимий струм $I_{\text{д.авт.}} = 160 \text{ A}$.

Ділянка АБ захищена автоматичним вимикачем ВА 5135 на струм 160 А.

$$I_{B1} = \frac{7,31}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 11,7 \text{ A};$$

За умовою селективності вибираємо автомат на струм 40 А. Довгостроково припустимий струм кабелю ВВГнгд (5х6мм²) 42 А.

$$I_p \leq I_{\text{р.а. в}} \leq I_{\text{д.д}}$$

$$11,7 \leq 40 \leq 42$$

Аналогічним образом проведено розрахунок довгостроково припустимих струмів інших групових ліній. Результати розрахунків приведені на кресленнях.

3.7.5 Вибір автоматів захисту й місця їхньої установки

Відповідно до вимог ПУЕ, електричні мережі повинні мати надійний захист від струмів короткого замикання. При цьому захисні пристрої мають забезпечувати швидке відключення пошкодженої ділянки мережі та відповідати вимогам селективності, тобто відключати лише ту частину мережі,

де виникла несправність. Крім того, мережі громадських і навчальних будівель повинні бути захищені від можливих перевантажень.

Для захисту електричних мереж освітлення застосовуються автоматичні вимикачі з тепловими та комбінованими розчіплювачами, які забезпечують захист як від перевантажень, так і від коротких замикань.

Головна ділянка живильної мережі захищається триполюсним автоматичним вимикачем із комбінованим розчіплювачем, встановленим на початку живильної лінії. Таке рішення забезпечує захист мережі від аварійних режимів роботи та підвищує надійність електропостачання.

Живильні лінії робочого освітлення обладнуються триполюсними автоматичними вимикачами типу G63 C40A з комбінованими розчіплювачами. Аналогічні апарати використовуються для захисту групових ліній освітлювальних щитків. Для мереж аварійного освітлення передбачені автоматичні вимикачі типу G61 C25A, які забезпечують необхідний рівень захисту відповідно до навантаження цих ліній.

Усі захисні апарати розміщуються безпосередньо в групових щитках, що забезпечує зручність експлуатації, контролю та технічного обслуговування системи освітлення.

Окрім виконання захисних функцій, автоматичні вимикачі використовуються також як комутаційні пристрої для керування роботою окремих груп освітлення.

3.8 Рекомендації з індустріалізації й монтажу освітлювальної установки

Індустріальний метод виконання електромонтажних робіт передбачає максимальне використання готових заводських виробів та конструкцій. У разі відсутності необхідних елементів їх виготовлення здійснюється у спеціалізованих виробничих майстернях. За такого підходу монтажні роботи на об'єкті зводяться переважно до складання електротехнічних конструкцій, монтажу окремих вузлів та виконання електричних з'єднань.

Виготовлення каналів, ніш, отворів і прорізів безпосередньо на будівельному майданчику потребує значних трудових і матеріальних витрат. Тому всі необхідні підготовчі елементи доцільно передбачати ще на стадії виробництва будівельних конструкцій. Для цього під час проєктування системи освітлення розробляються відповідні завдання для будівельних організацій, у яких визначаються місця встановлення розподільчих пристроїв і групових щитків, розташування світильників, а також маршрути та способи прокладання електричних мереж.

Ефективна та безпечна експлуатація освітлювальної установки можлива лише за умови забезпечення зручного доступу до всіх її елементів. У протилежному випадку складно гарантувати відповідність освітлення нормативним вимогам, надійність роботи обладнання, а також необхідний рівень електричної та пожежної безпеки.

Зручність експлуатації системи освітлення коледжу забезпечується раціональною схемою електроживлення, правильним розміщенням електрообладнання та доступністю елементів, які потребують періодичного технічного обслуговування або заміни. Ці вимоги були враховані під час розроблення схеми розподілу електроенергії, вибору способів керування освітленням і конструктивного виконання електричних мереж.

Крім того, у проєкті визначено порядок технічного обслуговування світильників, електропроводки та інших елементів освітлювальної установки, що забезпечує її надійну та довготривалу роботу протягом усього терміну експлуатації.

3.9 Висновки до розділу 3

У даному розділі було розроблено електротехнічну частину проєкту системи освітлення коледжу. Визначено структуру живильних і групових мереж, обрано схеми електропостачання та способи керування освітленням для різних приміщень будівлі. Враховано вимоги нормативних документів

щодо надійності, електробезпеки та пожежної безпеки освітлювальних установок.

На основі результатів світлотехнічних розрахунків визначено встановлені та розрахункові потужності освітлювального навантаження, виконано розрахунок струмів навантаження, здійснено вибір перерізів кабелів і проводів, а також підібрано апарати захисту для живильних і групових ліній. Обрані провідники та захисні пристрої забезпечують надійну роботу мережі, допустимі втрати напруги та захист від перевантажень і коротких замикань.

Також було визначено способи прокладання електропроводки, місця встановлення щитового обладнання та вимоги до монтажу електричних мереж. Передбачені рішення забезпечують зручність монтажу, експлуатації та технічного обслуговування системи освітлення.

У результаті виконаних розрахунків і прийнятих технічних рішень розроблена система освітлення відповідає чинним нормативним вимогам, гарантує необхідний рівень освітленості приміщень коледжу, безпечну експлуатацію електрообладнання та надійне функціонування освітлювальної установки впродовж усього терміну служби.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Задачі розділу

Охорона праці в Україні є комплексною системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці, збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі виконання трудових обов'язків.

Відповідно до Конституції України, кожен громадянин має право на належні, безпечні та здорові умови праці. Основні положення у сфері охорони праці визначені Законом України «Про охорону праці», Кодексом законів про працю України та іншими нормативно-правовими актами, які регламентують питання безпеки праці на підприємствах і в установах.

Головними завданнями охорони праці є підготовка працівників до безпечного виконання робіт, створення безпечних виробничих процесів, забезпечення надійності обладнання, споруд і будівель, підтримання належних санітарно-гігієнічних умов праці, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, організація раціональних режимів праці та відпочинку, профілактика виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж і аварійних ситуацій.

На кожному робочому місці умови праці, технічний стан обладнання, безпека технологічних процесів, ефективність засобів колективного та індивідуального захисту, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати чинним нормативним вимогам з охорони праці.

У даному розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи розглянуто питання забезпечення безпечних умов праці під час монтажу та експлуатації системи освітлення коледжу. Для досягнення цієї мети були вирішені такі основні завдання:

- вибір світлотехнічного та електротехнічного обладнання з урахуванням умов експлуатації та необхідного ступеня захисту;
- розроблення заходів безпеки під час виконання електромонтажних робіт із застосуванням ручного та електрифікованого інструменту;
- забезпечення електробезпеки освітлювальної установки в процесі її експлуатації;
- організація безпечного технічного обслуговування системи освітлення, включаючи заміну джерел світла, очищення світильників та утилізацію відпрацьованих ламп;
- розроблення заходів щодо забезпечення пожежної безпеки об'єкта та попередження виникнення аварійних ситуацій.

Реалізація зазначених заходів дозволяє забезпечити безпечну експлуатацію системи освітлення, знизити ризик виробничого травматизму та створити належні умови для роботи й навчання в будівлі коледжу.

4.2 Характеристика розробленої освітлювальної установки

У даній бакалаврській кваліфікаційній роботі об'єктом розробки є система внутрішнього освітлення будівлі коледжу. Основні технічні характеристики будівлі та її приміщень наведені у другому розділі пояснювальної записки.

З урахуванням функціонального призначення приміщень, умов експлуатації та вимог чинних нормативних документів з охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки було виконано вибір світлотехнічного й електротехнічного обладнання.

Для освітлення навчальних аудиторій, лабораторій, кабінетів, адміністративних приміщень, бібліотеки, коридорів та інших приміщень із нормальними умовами середовища передбачено використання сучасних світлодіодних світильників із відповідним ступенем захисту не нижче IP20.

Використання LED-світильників забезпечує високу енергоефективність, тривалий термін служби, відсутність шкідливих речовин та відповідність сучасним вимогам охорони праці.

У санітарно-побутових приміщеннях, санвузлах, технічних приміщеннях і на сходових клітках застосовуються світильники зі ступенем захисту не нижче IP44, що гарантує безпечну експлуатацію в умовах підвищеної вологості та запобігає потраплянню пилу й води до струмопровідних частин.

Для електроживлення освітлювальної мережі передбачено використання кабельної продукції типу ВВГнг-LS або аналогічної, з мідними жилами та негорючою ізоляцією зі зниженим димо- та газовиділенням. Такий вибір сприяє підвищенню рівня пожежної безпеки будівлі та відповідає сучасним вимогам до електромотажу громадських і навчальних закладів.

Керування освітленням здійснюється за допомогою вимикачів, встановлених у зручних та доступних місцях відповідно до вимог безпечної експлуатації. Для підключення переносних електроприймачів передбачено встановлення штепсельних розеток із захисним контактом та відповідним ступенем захисту залежно від умов приміщення.

Групові та розподільчі щити розташовуються у спеціально відведених місцях із забезпеченням вільного доступу для обслуговування та виконання ремонтних робіт. Усі металеві неструмопровідні частини електрообладнання підлягають захисному заземленню, а електричні мережі обладнуються автоматичними вимикачами та іншими засобами захисту від коротких замикань і перевантажень.

Застосовані технічні рішення забезпечують безпечну експлуатацію системи освітлення коледжу, відповідають чинним вимогам охорони праці та сприяють створенню комфортних умов для навчання, роботи персоналу й перебування студентів у будівлі.

4.3 Аналіз умов праці, виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів при монтажі й експлуатації освітлювальної установки коледжу

У процесі експлуатації системи освітлення можливе зниження її ефективності внаслідок виходу з ладу джерел світла, забруднення світильників, зношування електрообладнання та втрати його технічних характеристик. Для забезпечення надійної та безпечної роботи освітлювальної установки необхідно здійснювати комплекс організаційних і технічних заходів.

До основних заходів належать:

1. Організаційно-технічні заходи – проведення контролю за технічним станом освітлювальної установки, планування та організація робіт з її обслуговування, розроблення інструкцій з безпечної експлуатації.
2. Матеріально-технічне забезпечення – своєчасне постачання джерел світла, електротехнічних виробів, запасних частин та матеріалів, необхідних для підтримання працездатності системи.
3. Технічне обслуговування освітлювальної установки – очищення світильників від пилу та забруднень, заміна несправних джерел світла, перевірка справності захисного заземлення, контроль стану електропроводки, профілактичні огляди та виконання ремонтних робіт. У разі використання люмінесцентних ламп або інших джерел світла, що містять небезпечні речовини, їх утилізація повинна здійснюватися відповідно до чинних екологічних вимог.
4. Монтажні та ремонтні роботи – усунення несправностей, модернізація обладнання та виконання робіт з монтажу або реконструкції освітлювальної мережі.
5. Енергоефективне керування освітленням – використання систем автоматичного або ручного регулювання освітленості залежно від рівня природного освітлення та режиму експлуатації приміщень.

Під час виконання монтажних, ремонтних та експлуатаційних робіт необхідно дотримуватися вимог чинних нормативних документів з охорони праці та електробезпеки. Працівники повинні пройти відповідне навчання та інструктаж, бути забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту та допущені до виконання робіт згідно з вимогами законодавства.

Перед початком робіт необхідно виконати відключення електрообладнання від мережі, вжити заходів проти випадкового подання напруги, перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах та, за необхідності, встановити переносне заземлення. Під час роботи поблизу струмовідних частин слід використовувати справні ізолювальні засоби та дотримуватися безпечних відстаней.

Монтаж і технічне обслуговування системи освітлення коледжу можуть виконуватися на висоті, оскільки частина світильників установлюється під стелею навчальних аудиторій, коридорів, спортивних і актових залів. У зв'язку з цим необхідно застосовувати справні драбини, підмостки або інші засоби доступу, що відповідають вимогам безпеки праці.

Під час монтажних і ремонтних робіт використовується ручний та електрифікований інструмент, що також потребує дотримання правил безпечної експлуатації.

У результаті аналізу умов праці під час монтажу та експлуатації освітлювальної установки були визначені такі потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Фізичні фактори:

- рухомі частини електроінструменту та обладнання;
- можливість пошкодження будівельних конструкцій або елементів освітлювальної системи під час виконання монтажних робіт;
- гострі кромки, задирки та нерівності на деталях і конструкціях;
- виконання робіт на висоті;
- підвищений рівень запиленості повітря під час свердління та інших будівельно-монтажних операцій;

- підвищений рівень шуму від роботи електроінструменту;
- небезпека ураження електричним струмом у процесі експлуатації та обслуговування електроустановок;
- недостатній рівень природного або штучного освітлення робочої зони.

Хімічні фактори:

- вплив будівельних, оздоблювальних та допоміжних матеріалів, що можуть подразнювати органи дихання або шкіру;
- можливий вплив небезпечних речовин при пошкодженні окремих типів джерел світла та неправильному поводженні з відходами електрообладнання.

Психофізіологічні фактори:

- фізичні навантаження під час монтажу та транспортування обладнання;
- підвищене нервово-емоційне навантаження, пов'язане з виконанням точних електромонтажних робіт;
- монотонність праці та тривале зосередження уваги при виконанні налагоджувальних і вимірювальних операцій.

Урахування зазначених факторів та впровадження відповідних заходів безпеки дозволяють забезпечити належний рівень охорони праці під час монтажу й експлуатації системи освітлення коледжу.

4.4 Розроблення організаційних заходів та вибір технічних засобів захисту персоналу під час монтажу й експлуатації системи освітлення коледжу

На підставі проведеного аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів було розроблено комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці під час монтажу та експлуатації системи освітлення коледжу.

Монтажні роботи в електроустановках повинні виконуватися бригадою не менше ніж із двох працівників. До виконання робіт допускаються особи, які пройшли професійну підготовку, навчання з питань охорони праці, перевірку знань з електробезпеки та мають відповідну групу допуску. Перед початком робіт працівники проходять цільовий або позаплановий інструктаж відповідно до характеру виконуваних робіт.

Під час транспортування та монтажу довгомірних конструкцій, кабелів, труб, драбин та інших матеріалів необхідно дотримуватися підвищених заходів безпеки. Такі роботи виконуються щонайменше двома працівниками з постійним контролем положення вантажу та навколишньої обстановки.

Для забезпечення електробезпеки під час виконання робіт застосовуються засоби колективного та індивідуального захисту, зокрема:

- діелектричні рукавички;
- інструмент з ізольованими ручками;
- покажчики напруги;
- переносні заземлення;
- ізолювальні підставки та килимки;
- захисні каски;
- захисні окуляри;
- страхувальні системи для роботи на висоті;
- засоби захисту органів слуху та дихання за необхідності;
- попереджувальні плакати та огороження небезпечних зон.

Працівникам забороняється самовільно знімати захисні огороження, попереджувальні знаки та інші засоби безпеки, встановлені на робочому місці.

Значна частина електромонтажних робіт виконується на висоті. Для їх проведення використовуються справні інвентарні драбини, пересувні помости або підйомні платформи, які відповідають вимогам чинних нормативних документів. Роботи поблизу відкритих струмопровідних частин, що перебувають під напругою, виконуються лише після вжиття необхідних організаційних і технічних заходів безпеки.

Під час виконання робіт на висоті забороняється використовувати несправні засоби підйому, працювати з нестійких конструкцій, переходити по незакріплених елементах будівлі або передавати інструмент шляхом його підкидання. Для зберігання та перенесення інструментів і кріпильних матеріалів працівники повинні використовувати спеціальні сумки або монтажні пояси.

До виконання робіт на висоті допускаються працівники, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання та інструктаж з безпечного виконання висотних робіт. Такі роботи виконуються відповідно до затвердженої технологічної документації та плану організації робіт.

Для монтажу та обслуговування системи освітлення застосовуються ручний і електрифікований інструмент: бокорізи, прес-кліщі, кабельні ножиці, викрутки з ізольованими ручками, електродрилі, перфоратори, штроборізи, вимірювальні прилади та інше обладнання. Усі інструменти повинні проходити періодичний огляд, перевірку технічного стану та використовуватися відповідно до інструкцій виробника.

Дотримання зазначених організаційних і технічних заходів забезпечує безпечне виконання монтажних робіт, знижує ризик виробничого травматизму та створює належні умови праці під час експлуатації системи освітлення коледжу.

Величина струму однофазного КЗ визначається з рівняння (4.1) [16]:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{(R_{\phi} + R_n)^2 + X_e^2} + \frac{Z_e}{3}} \quad (4.1)$$

де U_{ϕ} - напруга струмоведаучих проводів, В;

R_{ϕ} , R_n - активний опір фазного і нульового проводів, відповідно, Ом;

X_e - зовнішній індуктивний опір, Ом;

Z_3 - розрахунковий опір, (Ом).

Активний опір R_ϕ і R_n ($R_\phi=R_n$) визначено через питомий опір матеріалу проводу:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad (4.2)$$

$$R = \frac{0.0175 \cdot 5}{2,5} = 0.035 \cdot (\text{Ом}),$$

Зовнішній індуктивний опір на ділянці $L=5$ (Ом)

$$X_\phi = X \cdot L = 0.6 \cdot 0.05 = 0.03 \text{ (Ом)}$$

Підставивши знайдені величини у формулу (6.2), одержимо:

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{220}{\sqrt{(0.035+0.035)^2 + 0.3^2 + 0.345}} = 340(\text{А}).$$

Кратність струму:

$$K_T = \frac{I_{\text{к.з.}}}{I_n} = \frac{340}{25} = 13,6 > K_{\text{дон}}$$

Оскільки діюче значення струму однофазного КЗ (187 А) перевищує більш ніж у 3 рази найменше припустиме за умовами спрацьовування захисту значення струму (25 А), то нульовий захисний провідник обраний правильно, тобто здатність системи, що відключає, «занулення» забезпечена.

Виконання системи «занулення», розрахованої тільки на здатність до вимикання, не гарантує необхідну безпеку по наступним причинам:

1) за час спрацьовування максимального токового захисту нульовий провід і з'єднані з ним корпуси електрообладнання знаходяться під напругою стосовно землі;

2) якщо з якої-небудь причини струм замикання на корпус I_3 стане менше струму відключення, то захист не спрацює й у ланцюзі фазного проводу – через нульовий провід тривалий час буде протікати значний струм.

$$U_n = I_3 \cdot Z_n \quad (4.3)$$

Z_n - повний опір нульового проводу.

Для зниження напруги на корпусі розраховано повторне заземлення нульового проводу (навмисне з'єднання нульового проводу з пристроєм, що заземлює).

Пристрій, що заземлює (ЗП) - це сукупність заземлювачів (металевих чи провідників групи металевих, з'єднаних між собою провідників у безпосереднім зіткненні із ґрунтом) і провідників, що заземлюють, з'єднуючі частини електроустановки, заземлюються, із заземлювачем.

Розрахунок заземлення виконаний методом коефіцієнтів використання електродів.

Ґрунтом, у якому розташовується пристрій, що заземлює, є глина. Природні заземлювачі відсутні.

Припустимий опір ЗП для установок, що одержують живлення трансформатора до 100 кв·А, дорівнює 4,0 Ом. [25].

$$R_d = 4,0 \text{ (Ом)}$$

Питомий опір ґрунту:

$$\rho = \rho_{\text{вим.}} \cdot \psi$$

де $\rho_{\text{вим}}$ - питомий опір ґрунту, обчислений у результаті вимірів (для глини $\rho_{\text{вим}} = 60 \text{ (Ом} \cdot \text{м)}$);

ψ - кліматичний коефіцієнт питомого опору (для ґрунту середньої вологості $\psi = 1,3$).

$$\rho = 60 \cdot 1,3 = 78 \text{ (Ом} \cdot \text{м)}$$

Обираємо попередню конфігурацію заземлювача. У якості вертикальних заземлювачів обираємо металеві стрижні довжиною 5 м і діаметром 10 мм. Стрижні розташовані в ряд і з'єднані між собою металевою смугою ($S_{\text{сеч}} = 4 \cdot 12 = 48 \text{ мм}^2$).

Опір стрижневого заземлювача в ґрунті:

$$R_{\epsilon 1} = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) \quad (4.4)$$

де: ρ - питомий опір ґрунту;

l - довжина вертикального заземлювача;

d - діаметр стрижня;

t - відстань від середини заземлювача до поверхні ґрунту (рис. 4.1):

$$R_{\epsilon 1} = \frac{78}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,01} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 18,1 \text{ (Ом)}$$

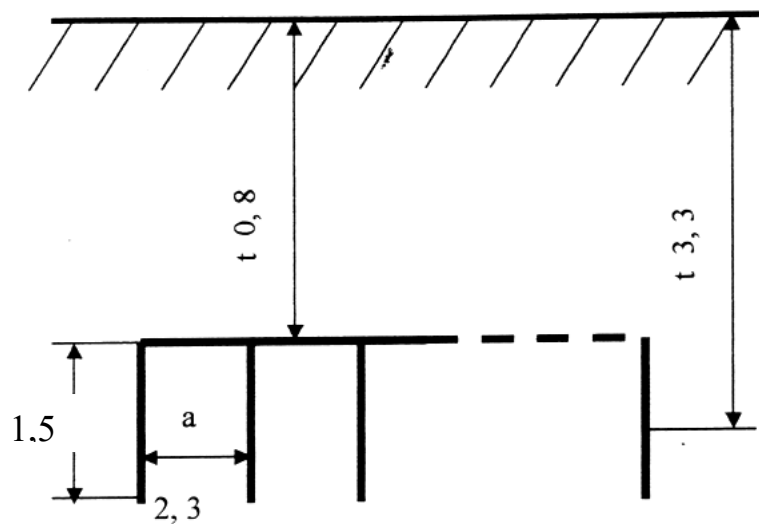


Рисунок 4.1 – Пристрій, що заземлює

Кількість рівнобіжна з'єднаних заземлювачів:

$$n' = \frac{R_{\epsilon 1}}{R_n \cdot \eta_{\epsilon}} \quad (4.5)$$

де, R_n - опір штучного заземлювача, що по визначенню повинний и менше припустимого ($R_n \leq R_d$);

$\eta_3=0,6$.- коефіцієнт використання заземлювачів, що враховує взаємне екранування,

$$n' = \frac{18.1}{4 \cdot 0.6} = 7.54 \approx 8$$

При цьому $z_y=0,56$.

Довжина горизонтального електрода (металевої порожнини), застосовуваного для зв'язку вертикальних електродів:

$$l = 1.05a(h-1), \quad (4.6)$$

де: a - відстань між вертикальними електродами, м;

h - кількість вертикальних електродів.

$$l = 1.05 \cdot 2.5(8-1) = 18.4 \text{ (м)}.$$

Опір струму розтікання горизонтального електрода R_r визначається за формулою:

$$R_r = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bt} \quad (4.7)$$

де, b - ширина металевої смуги.

$$R_r = \frac{78}{2 \cdot 3,14 \cdot 18,4} \ln \frac{2 \cdot 18,4^2}{0,012 \cdot 0,8} = 7,5 \text{ (Ом)}$$

Еквівалентний опір струму розтікання:

$$R'_n = \frac{R_{e1} \cdot R_r}{(R_{e1} \cdot \eta_r + R_r \cdot h \cdot \eta_s)}, \quad (4.8)$$

де η_r – коефіцієнт використання горизонтального електрода з урахуванням вертикальних електродів, $\eta_r=0,5$

$$R'_n = \frac{18,1 \cdot 7,5}{(18,1 \cdot 0,5 + 7,5 \cdot 8 \cdot 0,5)} = 3,4 \text{ (Ом)}$$

Отриманий опір штучних електродів не перевищує необхідного, тобто

$$R'_n \leq R_n \quad (4.9)$$

Загальний опір заземлювача складається із суми опору заземлювачів у розтікання й опору заземлюючих проводів $R_{пр}$.

$$R_z = R'_n + R_{пр}, \quad (4.10)$$

Тому що опір заземлюючих проводів мало через незначну довжину провідників, то $R_{пр} \approx 0$.

Виходить, $R_z = R'_n = 3,4$ (Ом).

Загальний опір заземлення (3,4 Ом) не перевищує припустимий опір (4 Ом) ($R_z \leq R_d$), тому розраховане заземлення забезпечує необхідний захист.

4.5 Пожежна безпека

Пожежна безпека системи освітлення коледжу забезпечується відповідно до чинних нормативних документів та правил пожежної безпеки. Під час експлуатації освітлювальної мережі визначено такі небезпечні фактори пожежі:

- виникнення відкритого вогню та іскор унаслідок короткого замикання електропроводки, пошкодження світильників, електрообладнання або порушення правил виконання електромонтажних робіт;
- підвищення температури електрообладнання, кабелів та освітлювальних приладів через перевантаження мережі або несправність електроустановок;
- утворення диму та токсичних продуктів горіння при загорянні ізоляції проводів, електричних щитів чи інших горючих матеріалів.

Навчальні аудиторії, лабораторії, адміністративні та допоміжні приміщення коледжу належать до категорій приміщень, у яких можливе виникнення пожеж різних класів.

Визначено такі класи пожеж:

- Клас А – пожежі твердих горючих речовин органічного походження (деревина, папір, меблі, навчальні матеріали), що можуть виникати в аудиторіях, кабінетах та архівах;
- Клас Е – пожежі, пов'язані із загорянням електроустановок, освітлювальних мереж, розподільчих щитів та іншого електрообладнання.

Для забезпечення пожежної безпеки в будівлі коледжу передбачено комплекс профілактичних і технічних заходів. Будівля обладнана системою пожежного водопостачання, засобами пожежогасіння та необхідним протипожежним інвентарем.

Гасіння можливих осередків пожежі здійснюється за допомогою пожежних кранів і первинних засобів пожежогасіння. Для ліквідації загорянь на початковій стадії використовуються:

- порошкові вогнегасники для гасіння пожеж класу А;
- вуглекислотні вогнегасники для гасіння пожеж класу Е в приміщеннях з електрообладнанням та освітлювальними установками.

Для запобігання виникненню пожеж під час експлуатації системи освітлення необхідно:

- своєчасно проводити огляд і технічне обслуговування освітлювальної мережі;
- не допускати перевантаження електропроводки та освітлювальних приладів;
- використовувати справні світильники, вимикачі та захисну апаратуру;
- забезпечувати надійність контактних з'єднань і цілісність ізоляції проводів;

- дотримуватися вимог правил улаштування електроустановок та пожежної безпеки під час експлуатації електричного обладнання.

4.6 Висновки до розділу 4

У даному розділі відповідно до поставленого завдання визначено основні напрямки забезпечення охорони праці під час монтажу та експлуатації системи освітлення коледжу. Проведено аналіз умов праці, виявлено небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що можуть виникати під час виконання електромонтажних робіт, технічного обслуговування та експлуатації освітлювальної установки навчального закладу.

На основі проведеного аналізу розроблено комплекс організаційних заходів і підібрано технічні засоби захисту працівників, спрямовані на запобігання виробничому травматизму та забезпечення безпечних умов праці. Відповідно до чинних нормативних документів визначено необхідні засоби індивідуального та колективного захисту для персоналу, який виконує роботи з монтажу та обслуговування освітлювального обладнання.

Також проведено оцінку пожежної небезпеки приміщень коледжу, визначено можливі класи пожеж та категорії пожежонебезпеки. Відповідно до отриманих результатів обрано необхідні первинні засоби пожежогасіння для забезпечення належного рівня пожежної безпеки об'єкта.

Реалізація запропонованих у розділі «Охорона праці» організаційних і технічних заходів сприятиме створенню безпечних та нешкідливих умов праці для працівників, які здійснюють монтаж, налагодження та експлуатацію системи освітлення коледжу.

ВИСНОВКИ

У даній бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблено систему внутрішнього освітлення будівлі коледжу. Проектування освітлювальної установки виконувалося з урахуванням сучасних вимог до освітлення навчальних закладів, норм енергоефективності, безпеки та забезпечення комфортних умов для навчання і роботи.

У першому розділі проекту розглянуто теоретичні питання, пов'язані з організацією освітлення навчальних приміщень, а саме:

- особливості архітектурно-планувальних рішень будівель закладів освіти;
- організацію внутрішнього простору навчального закладу;
- основи світлотехніки та формування світлового середовища;
- вплив освітлення на працездатність і комфорт учнів та викладачів;
- сучасні принципи проектування систем внутрішнього освітлення.

У другому розділі наведено результати світлотехнічних розрахунків та вирішено такі завдання:

- обрано систему освітлення для приміщень коледжу;
- визначено типи джерел світла;
- встановлено нормативні значення освітленості та коефіцієнтів запасу;
- обрано типи світильників;
- виконано розміщення освітлювальних приладів у приміщеннях;
- розраховано кількісні та якісні показники освітлення.

У третьому розділі розглянуто питання електротехнічного забезпечення освітлювальної установки, зокрема:

- забезпечення надійності роботи системи освітлення;
- вибір схеми електроживлення та робочої напруги мережі;
- компонування групових освітлювальних ліній;
- вибір типів кабелів і способів їх прокладання;

- виконання розрахунків електричних мереж;
- підбір апаратів захисту та комутаційного обладнання.

У четвертому розділі розроблено заходи з охорони праці та пожежної безпеки під час монтажу, обслуговування та експлуатації системи освітлення коледжу. Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, визначено категорію пожежної небезпеки приміщень та запропоновано відповідні заходи щодо запобігання пожежам і забезпечення безпечних умов праці.

За результатами виконаного бакалаврської кваліфікаційної роботи можна зробити такі висновки:

1. Ефективність освітлювальної установки значною мірою залежить від правильного вибору джерел світла, світильників, характеристик приміщень та якості експлуатації системи освітлення.
2. Для розроблення системи освітлення коледжу були використані сучасні комп'ютерні методи світлотехнічного моделювання, що дозволили визначити оптимальну кількість і розташування світильників відповідно до нормативних вимог.
3. За результатами світлотехнічних розрахунків створено систему освітлення, яка забезпечує необхідний рівень освітленості у навчальних аудиторіях, лабораторіях, адміністративних та допоміжних приміщеннях коледжу. Розроблена освітлювальна установка створює комфортні умови для навчального процесу та роботи персоналу.
4. Розрахована електрична мережа освітлення забезпечує надійну та безпечну роботу освітлювальної установки, а також відповідає вимогам щодо електробезпеки та захисту від аварійних режимів роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5 – 28 – 2018 : Держбуд України чинний з 01.01.2019. – К. : Держ. комітет України з будівництва та архітектури, 2018. – 76 с.
2. Технологія світлотехнічного виробництва: навч. посібник / Г. О. Петченко, А. С. Литвиненко, О. М. Ляшенко, О. М. Діденко; Харків. нац. ун-т міськ. господарства імені О.М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ імені О.М. Бекетова, 2019. – 147с.
3. ПУЕ (Правила улаштування електроустановок). URL: <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/pue.pdf> (дата звернення: 03.05.2026).
4. Методичні рекомендації для проведення практичних занять і самостійної роботи з навчальної дисципліни «Світлотехнічні установки та системи» (для студентів денної і заочної форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Ю. О. Васильєва, О. М. Ляшенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 19 с.
<https://eprints.kname.edu.ua/59191/1/2018%20печ%20267м%20МВ%20%20ПЗ%20СВУС2502.pdf>
5. Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Світлотехнічні установки та системи» (для студентів денної і заочної форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. М. Ляшенко, Ю. О. Васильєва. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 58 с.
<https://eprints.kname.edu.ua/60402/1/2018%20264М%20печ%20МВ%20ЛР%20СВ.уст.pdf>

6. Ляшенко О. М. Світлотехнічні установки та системи: конспект лекцій (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / О. М. Ляшенко, Ю. О. Васильєва ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 90 с. https://eprints.kname.edu.ua/60952/1/2016_ПЕЧ_110Л.pdf

7. Назаренко, Л.А. та Колесник, А.І. (2021) *Фізика і техніка світлодіодів: навч. посібник*. Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. ISBN 978-966-695-560-2

8. Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту за темою «Розробка електротехнічної частини проєкту освітлювальної установки» з навчальної дисципліни «Проектування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок» (для студентів денної та заочної форм навчання освітніх рівнів «бакалавр» та «магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун - т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; улад. : В. О. Салтиков , В. М. Поліщук , О. Ю. Коляда. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 38 с. <https://eprints.kname.edu.ua/57521/1/2018%20269M%20MB-%20КП%20-13.01.pdf>

9. Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту за темою «Розробка електротехнічної частини проєкту освітлювальної установки» з навчальної дисципліни «Проектування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок» (для студентів денної та заочної форм навчання освітніх рівнів «бакалавр» та «магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун - т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; улад. : В. О. Салтиков , В. М. Поліщук , О. Ю. Коляда. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 38 с. <https://eprints.kname.edu.ua/57521/1/2018%20269M%20MB-%20КП%20-13.01.pdf>

10. Суворова, К.І. та Гуракова, Л.Д. (2021) *Джерела світла: навч. посібник*. Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. ISBN 978-966-695-559-6
11. Кушлик Р.В., Яковлев В.Ф., Куценко Ю.М. та ін. Електричне освітлення та опромінення : навч. посібник. – Харків: Планета-Прінт, 2016. – 332 с. <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/4729>
12. Соловей О.І., Чернявський А.В., Ситник О.О. та ін. Споживачі електричної енергії. Електричне освітлення : навч. посібник. – Черкаси, 2018. Доступ: <https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/2635>
13. Любич М.О., Громадський Ю.С., Черкашин І.Ю. Проблеми природного і штучного освітлення : навч. посібник. – Київ: ДІА, 2019.
14. Xiao, Z. Research on the Application of Installation Art in College Campus Environment. <http://www.ijscience.org/download/IJS-12-2-59-63.pdf>
15. Gorgulu, S., & Kocabey, S. (2020). An energy saving potential analysis of lighting retrofit scenarios in outdoor lighting systems: A case study for a university campus. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121060.
16. Martínez Anton, A., Castilla Cabanes, N., Pastor Villa, R., & Blanca Giménez, V. (2011). Project-based learning used for teaching electrical installations and lighting installations in architecture. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 4(1), 123-145.
17. Zehra, F., Korkmaz, K. A., & Ahmeda, M. S. (2018). Sustainable Lighting System for University Buildings. *J. Build. Sustain*, 1, 12-22.
18. Metcalf, K. D. (1970). *Library lighting*. Association of Research Libr. https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=WssaAAAAMAAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=college+lighting+installation&ots=53wdykEzNK&sig=GGzglZ1Rwv eP3sDAqysqNVs7KeY&redir_esc=y#v=onepage&q=college%20lighting%20installation&f=false

19. Monger, B., Dorji, C., & Choda, J. (2023). Design and Estimation of Electrical Installation for Mechanical Engineering Complex. *JNEC Thruel Rig Sar Toed*, 6.
20. Сєріков Я.О. Основи охорони праці / Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. Харків. ІОЦ ХНАМГ, 2007. – 227 с.

ДОДАТОК А Світлотехнічна відомість коледжу

№ з/п	Назва приміщення	S, м²	h _p , м	гс	гс т	гр. п.	Група зорових робіт	Умови середовища	Тип джерела світла	Система освітлення	Ен, лк	Тип СП	К-ть світл оточок	М	S	Кп	Ец	Встановлена потужність, кВт
1	Вестибюль (1 поверх)	120	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	200	LED Panel 36W	12	25	-	15	-	0.72
2	Вестибюль (2 поверх)	120	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	200	LED Panel 36W	12	25	-	15	-	0.72
3	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
4	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
5	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
6	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
7	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
8	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
9	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
10	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48

11	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
12	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
13	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
14	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
15	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
16	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
17	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
18	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
19	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
20	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
21	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
22	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48

23	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
24	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
25	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
26	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
27	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
28	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
29	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
30	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
31	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
32	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
33	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
34	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48

35	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
36	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
37	Навчальна аудиторія (1 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
38	Комп'ютерний клас (1 поверх)	48	3.0	0.7	0.5	0.3	II	нормальні	LED	загальне рівномірне	400	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
39	Комп'ютерний клас (1 поверх)	48	3.0	0.7	0.5	0.3	II	нормальні	LED	загальне рівномірне	400	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
40	Комп'ютерний клас (1 поверх)	48	3.0	0.7	0.5	0.3	II	нормальні	LED	загальне рівномірне	400	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
41	Комп'ютерний клас (1 поверх)	48	3.0	0.7	0.5	0.3	II	нормальні	LED	загальне рівномірне	400	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
42	Комп'ютерний клас (1 поверх)	48	3.0	0.7	0.5	0.3	II	нормальні	LED	загальне рівномірне	400	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
43	Комп'ютерний клас (1 поверх)	48	3.0	0.7	0.5	0.3	II	нормальні	LED	загальне рівномірне	400	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
44	Лабораторія (1 поверх)	42	3.0	0.7	0.5	0.3	II	нормальні	LED	загальне рівномірне	400	LED Panel 36W	6	25	-	15	-	0.36
45	Лабораторія (1 поверх)	42	3.0	0.7	0.5	0.3	II	нормальні	LED	загальне рівномірне	400	LED Panel 36W	6	25	-	15	-	0.36
46	Лабораторія (1 поверх)	42	3.0	0.7	0.5	0.3	II	нормальні	LED	загальне рівномірне	400	LED Panel 36W	6	25	-	15	-	0.36

47	Лабораторія (1 поверх)	42	3.0	0.7	0.5	0.3	II	нормальні	LED	загальне рівномірне	400	LED Panel 36W	6	25	-	15	-	0.36
48	Лабораторія (1 поверх)	42	3.0	0.7	0.5	0.3	II	нормальні	LED	загальне рівномірне	400	LED Panel 36W	6	25	-	15	-	0.36
49	Кабінет викладача (1 поверх)	18	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	3	25	-	15	-	0.18
50	Кабінет викладача (1 поверх)	18	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	3	25	-	15	-	0.18
51	Кабінет викладача (1 поверх)	18	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	3	25	-	15	-	0.18
52	Кабінет викладача (1 поверх)	18	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	3	25	-	15	-	0.18
53	Буфет (1 поверх)	60	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	200	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
54	Буфет (1 поверх)	60	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	200	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
55	Санвузол (1 поверх)	10	3.0	0.7	0.5	0.3	VIII	нормальні	LED	загальне рівномірне	75	LED Panel 36W	2	25	-	15	-	0.12
56	Санвузол (2 поверх)	10	3.0	0.7	0.5	0.3	VIII	нормальні	LED	загальне рівномірне	75	LED Panel 36W	2	25	-	15	-	0.12
57	Санвузол (3 поверх)	10	3.0	0.7	0.5	0.3	VIII	нормальні	LED	загальне рівномірне	75	LED Panel 36W	2	25	-	15	-	0.12
58	Санвузол (1 поверх)	10	3.0	0.7	0.5	0.3	VIII	нормальні	LED	загальне рівномірне	75	LED Panel 36W	2	25	-	15	-	0.12

59	Коридор (1 поверх)	40	3.0	0.7	0.5	0.3	VIII	нормальні	LED	загальне рівномірне	100	LED Panel 36W	5	25	-	15	-	0.3
60	Коридор (1 поверх)	40	3.0	0.7	0.5	0.3	VIII	нормальні	LED	загальне рівномірне	100	LED Panel 36W	5	25	-	15	-	0.3
61	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
62	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
63	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
64	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
65	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
66	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
67	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
68	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
69	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
70	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48

71	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
72	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
73	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
74	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
75	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
76	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
77	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
78	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
79	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
80	Навчальна аудиторія (3 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
81	Навчальна аудиторія (3 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
82	Навчальна аудиторія (3 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48

83	Навчальна аудиторія 3 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
84	Навчальна аудиторія (2 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
85	Навчальна аудиторія (3 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
86	Навчальна аудиторія (3 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
87	Навчальна аудиторія 3 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48
88	Навчальна аудиторія (3 поверх)	54	3.0	0.7	0.5	0.3	III	нормальні	LED	загальне рівномірне	300	LED Panel 36W	8	25	-	15	-	0.48