

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 СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ЛІЦЕЮ У МІСТІ КОВЕЛЬ

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Здобувач:

Антон ЖИВОТЧЕНКО

гр. СДС2023-1у

Керівник:

Анастасія КОЛЕСНИК

к.т.н., доц.

Харків – 2026

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

«14» червня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Животченко Антон Андрійович

1.Тема роботи: Розробка системи освітлення ліцею у місті Ковель

керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи:

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

затверджені наказом університету № 440-03 від « 22 » травня 2026р.

2. Строк подання студентом бакалаврської кваліфікаційної роботи:

8.06.2026 р.

3. Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Результати переддипломної практики, поверхові плани споруди навчального закладу.

4. Зміст бакалаврської кваліфікаційної роботи:

4.1 Аналітична частина. Проаналізовано сучасні тенденції у проектуванні освітлювальних установок для навчальних закладів, а також досліджено актуальні напрямки розвитку сучасних джерел світла та світильників.

4.2 Світлотехнічна частина. Виконано комплексну оцінку параметрів аналізованих приміщень та проведено аналіз зорових завдань. На основі отриманих даних аргументовано вибір системи освітлення, типів джерел світла та світлотехнічного обладнання. Здійснено світлотехнічні розрахунки з визначенням показників дисконфорту.

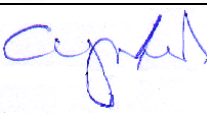
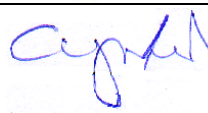
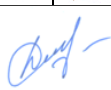
4.3 Електротехнічна частина. Завданням даної дипломної роботи було проектування системи освітлення для ліцею місті Ковель. Виконано електротехнічний розрахунок освітлювальних мереж. Виконані розрахунки показали, що розроблене рішення відповідає чинним нормам, забезпечує належні умови для зорової діяльності та створює сприятливе світлове становище у навчальних приміщеннях.

4.4 Охорона праці. У цьому розділі дипломної роботи проведено аналіз несприятливих та небезпечних виробничих факторів, що виникають у процесі монтажу та експлуатації системи освітлення. Розроблено заходи, створені задля забезпечення безпечних умов праці персоналу. Крім того, розглянуто та систематизовано питання, пов'язані із забезпеченням пожежної безпеки.

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

1 – поверхові плани з нанесеною груповою електричною мережею; 2 – схема (план) електричної мережі.

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 04.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	12.05.26 – 16.05.26	виконано
2	Світлотехнічна частина	17.05.26 – 19.05.26	виконано
3	Електротехнічна частина	20.05.26 – 23.05.26	виконано
4	Охорона праці	24.05.26 – 26.05.26	виконано
5	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	27.05.26 – 29.05.26	виконано
6	Підготовка доповіді та презентації	30.05.26 – 01.06.26	виконано

Здобувач



Антон ЖИВОТЧЕНКО

Керівник бакалаврської

кваліфікаційної роботи



Анастасія КОЛЕСНИК

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці та проєктуванню системи штучного освітлення для будівлі ліцею.

В аналітичному розділі досліджуються функціональні та нормативні вимоги до формування комфортного світлового середовища, при цьому враховуються особливості організації робочого простору, а також психофізіологічні особливості зорового сприйняття людиною параметрів освітленості, включаючи рівень яскравості, рівномірність розподілу світлового потоку та перенесення кольорів.

У другій частині дипломної роботи проведено світлотехнічні розрахунки, під час яких проаналізовано параметри проєктованого об'єкта та характеристики зорових завдань. За результатами аналізу виконано обґрунтування вибору джерел світла та освітлювального обладнання, проведено розрахунок перевірки показника дискомфорту.

У розділі, присвяченому аналізу результатів та розробці рекомендацій щодо застосування, виконано комплекс електротехнічних розрахунків, що включає визначення параметрів напруги живлення, а також обґрунтування вибору принципової схеми електропостачання. У цій частині роботи аргументовано визначено марки провідників, способи їх укладання та вибрано групові щити розподілу.

У розділі, присвяченому питанням охорони праці, виконано дослідження потенційно небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища, а також вивчені способи запобігання пожежам та ураженням електричним струмом.

Основний підсумок бакалаврської кваліфікаційної роботи – розроблена система освітлення ліцею.

Ключові слова: світлові прилади, система освітлення, комфортне світлове середовище.

Загальний обсяг бакалаврської кваліфікаційної роботи становить: сторінок – 80; формул – 14; рисунків – 9; таблиць – 2; літературних джерел – 17.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Стан освітлення шкіл.....	10
1.2 Вимоги до організації освітлення в освітніх установах	11
1.3 Рекомендації по влаштуванню освітлення окремих приміщень	13
1.4 Оптимізація енергоспоживання у навчальних закладах із застосуванням «розумного» освітлення.....	21
2 СВІТЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	23
2.1 Стисла характеристика об'єкту та аналіз зорових задач.....	23
2.2 Вибір нормованих значень освітленості	24
2.3 Вибір джерел світла	25
2.4 Визначення типу світлових приладів	27
2.5 Визначення системи освітлення та типів освітлення	29
2.6 Світлотехнічний розрахунок.....	32
2.7 Розрахунок показника дискомфорту	37
2.8 Розміщення світлових приладів.....	40
3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	43
3.1 Вибір напруги та джерел живлення.....	43
3.2 Вибір схеми живлення	44
3.3 Вибір марки проводу та способу прокладання	47
3.4 Вибір групових щитків.....	48
3.5 Електротехнічний розрахунок	50
3.6 Захист електричних мереж та вибір апаратів захисту	56
3.7 Керування освітленням.....	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	62
4.1 Основні завдання з охорони праці.....	62
4.2 Аналіз умов праці. Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	63
4.3 Розробка організаційно-технічних заходів та вибір засобів захисту працівників.....	66
4.4 Вимоги електробезпеки при монтажі електрообладнання та призначення освітлювальної установки.....	68
4.5 Забезпечення пожежної безпеки.....	71
ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
Додаток А Світлотехнічна відомість	78

ВСТУП

У сучасних умовах життя пріоритетне значення набувають завдання формування, зміцнення та збереження здоров'я людини, а також забезпечення комфортного життєвого середовища, в тому числі за рахунок раціонального та якісного освітлення.

Дослідження підтверджують, що існує тісний взаємозв'язок між успішністю навчання, станом здоров'я учнів та якістю освітлення. Достатній рівень природного та штучного світла, його рівномірність та відповідність санітарним вимогам безпосередньо впливають на зорове навантаження, концентрацію уваги та загальне самопочуття учнів, знижуючи стомлюваність та ризик розвитку зорових патологій [3].

Саме тому створення сприятливих, безпечних та комфортних умов в освітніх установах слід розглядати не просто як організаційне завдання, а як важливий довгостроковий внесок у здоров'я та розвиток суспільства загалом.

Одним із пріоритетних аспектів у даному контексті виступає дотримання принципів гігієни зору, що зумовлено вкрай несприятливою ситуацією, що склалася щодо стану зорової функції у дитячого та юнацького населення країни.

Штучне освітлення у навчальних закладах грає ключову роль організації навчального процесу, забезпечуючи сприятливі умови до виконання зорово напруженої роботи та сприяючи раціональному витрачання електроенергії.

Необхідно враховувати, що фізіологічний вплив освітлення на організм людини визначається не лише його кількісними параметрами (рівнем освітленості), а й якісними характеристиками світлового середовища. Істотне значення мають рівномірність розподілу світлового потоку, контрастність, спектральний склад, а також відсутність сліпучої дії, відблисків та пульсацій. Наприклад, нерівномірне освітлення може порушувати процеси зорової адаптації, підвищувати зорову напругу та знижувати точність сприйняття об'єктів.

Навчання в умовах недостатньої освітленості або при використанні джерел світла низької якості може призводити до зорової втоми, що виявляється у вигляді перенапруги м'язів ока, що відповідають за фокусування, та зниження зорової працездатності. Це, у свою чергу, сприяє загальному зниженню ефективності навчальної діяльності та працездатності. В окремих випадках тривала зорова напруга може супроводжуватись головними болями. У шкільній сфері низький рівень висвітлення особливо важливий, оскільки він погіршує умови сприйняття навчальної інформації, знижує концентрацію уваги та збільшує навантаження на зорову систему учнів.

Для покращення умов навчальної та трудової діяльності велике значення має правильно організоване висвітлення робочих місць, у тому числі у шкільних класах. Його основними завданнями є забезпечення чіткого розрізнення об'єктів, що розглядаються, зниження зорової напруги і профілактика втоми органів зору, що особливо важливо для підтримки працездатності учнів у процесі навчання [2].

Отже, виникає виражена необхідність забезпечення належного світлового режиму у шкільних установах, що передбачає дотримання базових нормативних вимог до освітленості у впровадженні сучасних технологічних рішень.

Системи освітлення зобов'язані гарантувати енергоефективну та безпечну експлуатацію, включаючи етапи обслуговування та ремонту. Основними напрямками підвищення результативності освітлювальних установок є продовження терміну служби ламп та світлових приладів, впровадження автоматизованих рішень для регулювання інтенсивності штучного світла, а також коректне проектування та раціональне використання електричних мереж та світлотехнічного обладнання.

Школа в сучасній системі освіти розглядається як центр навчально-виховної роботи в соціумі і в ідеалі функціонує як школа повного дня, де учні навчаються, виконують домашні завдання, займаються в гуртках і секціях,

проводять дозвілля, а освітній процес активно спирається на технічні засоби навчання для його організації та контролю, при цьому та штучне висвітлення навчальних аудиторій.

З урахуванням вищевикладеного архітектурно-планувальні рішення та інженерні системи будівель, а також технологічне обладнання повинні повною мірою відповідати вимогам освітнього процесу, а фахівці, які займаються проектуванням сучасних систем освітлення в школах, зобов'язані мати комплексні знання в галузі світлотехніки.

Темою цієї дипломної роботи є «Розробка системи освітлення ліцею у місті Ковель».

Дипломна робота відповідає задачі, сформульованій в пояснювальній записці.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Стан освітлення шкіл

У сучасних умовах особливу значущість набуває не тільки загального благополуччя людини, а й якість середовища, в якому він знаходиться постійно. У контексті освітніх установ це означає необхідність приділяти особливу увагу освітленню шкільних приміщень як важливому фактору, що впливає на самопочуття та працездатність учнів. Комфортно організоване світлове середовище сприяє збереженню зору, знижує стомлюваність та формує більш здорову та безпечну атмосферу для навчання дітей.

Стан освітлення у школах України є частиною більш масштабної проблеми якості освітнього середовища, яке значно загострилося після початку повномасштабної війни у 2022 році. Військові дії призвели до руйнування та пошкодження шкільних будівель, перебоїв з електропостачанням та необхідності адаптації навчального процесу до умов нестабільної енергетичної ситуації. У зв'язку з цим освітлення набуває ще більш важливого значення: воно впливає не тільки на комфорт та працездатність учнів, але й на їхню безпеку та можливість повноцінного навчання навіть за обмежених ресурсів. Таким чином, питання освітлення виходить за межі технічного завдання і стає частиною ширшої соціальної та гуманітарної проблеми, пов'язаної із забезпеченням права дітей на якісну освіту у військових умовах.

Встановлено, що недостатня чи неякісна освітленість у навчальних приміщеннях сприяє розвитку короткозорості у школярів, оскільки при зоровому напруженні формується вимушена робоча поза з наближенням очей до навчальних матеріалів (при читанні, письмі, виконанні малюнків та завдань). Це зумовлено прагненням збільшити кутові розміри об'єктів, що розглядаються, для полегшення їх сприйняття, що при систематичному повторенні може несприятливо впливати на зорову систему дитини.

У зв'язку з цим у період зростання організму пред'являються особливо високі вимоги до оздоровчого впливу світла, оскільки саме в цей час відбувається формування функцій зорових, розвиток очного апарату і становлення оптичної рефракції. Завершення формування рефракційних властивостей ока в дітей віком, зазвичай, відбувається лише до 18–24 років [3]. В умовах освітнього середовища, в тому числі в Україні, ця проблема набуває особливої значущості у зв'язку з високим зоровим навантаженням у дітей та підлітків у процесі освіти, що потребує дотримання санітарно-гігієнічних норм висвітлення та профілактики порушень зору.

Моніторинг параметрів штучного освітлення у загальноосвітніх установах має здійснюватися регулярно. Результати обстежень низки шкіл Києва та Львова свідчать про суттєву невідповідність фактичних рівнів освітленості встановленим нормативам. Так, освітленість класних дощок становить лише 150-180 лк за гігієнічно регламентованого значення 500 лк. На робочих місцях учнів фіксуються значення освітленості в діапазоні від 50-100 лк до 250-260 лк за нормативу 300 лк [6].

Крім того, у частині освітніх установ досі використовується технічно застарілі світильники на основі люмінесцентних ламп, що характеризується підвищеним коефіцієнтом пульсації світлового потоку, що перевищує допустимі санітарні норми у 2,5–3 рази.

Враховуючи дані обставини, актуалізується необхідність забезпечення правильного висвітлення у школах, що базується на дотриманні встановлених вимог до освітленості при використанні сучасних рішень у галузі освітлення.

1.2 Вимоги до організації освітлення в освітніх установах

Організація освітлення у школах – це не просто необхідність, а важлива частина середовища, що впливає на увагу, самопочуття та комфорт учнів.

Сучасні системи освітлення проєктується з урахуванням гігієнічних, екологічних та енергетичних параметрів. Воно має забезпечувати безпеку та

комфорт зорового сприйняття, мінімізувати вплив на навколишнє середовище та бути енергоефективним.

Гігієна освітлення передбачає нормування ключових параметрів світлового середовища, які забезпечують зорову працездатність при зниженні втоми.

Енергетичний та екологічний параметри досягаються завдяки впровадженню сучасних методів та систем керування світлом, що дозволяє знизити загальне енергоспоживання.

За рахунок цього зменшується необхідність інтенсивного використання джерел світла і пов'язаних з ними процесів, що веде до зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу. У результаті сприяє поліпшенню екологічної ситуації та зменшення загального забруднення довкілля [2].

Встановлені величини нормованих параметрів освітлення обумовлені дією низки факторів різної природи, у тому числі функціонального призначення та просторово-планувальних особливостей приміщення, а також характеристик зорової роботи, включаючи її тип, рівень складності, тривалість та вимоги до зорової точності.

Норми освітленості в школі залежать від складності та точності зорової роботи, а також від того, наскільки вона стомлююча для зору. Чим більше часу учні виконують завдання, які потребують постійної уваги до тексту або зображень на парті, тим вище має бути рівень освітлення для зниження втоми та збереження комфорту під час навчання.

Системи освітлення в освітніх закладах повинні забезпечувати виконання встановлених санітарно-гігієнічних вимог до рівня освітленості у різних функціональних зонах. Так, у навчальних кабінетах, аудиторіях та лабораторіях освітленість на робочих поверхнях столів має знаходитися в межах 300–500 лк. У приміщеннях для креслення та образотворчого мистецтва норматив складає 500 лк. У класах інформатики рівень освітленості на робочих місцях також має бути не нижчим за 500 лк. В актових та спортивних

залах мінімальна освітленість на рівні підлоги встановлена на позначці 200 лк, а в зонах відпочинку – не менше 150 лк.

Освітленість встановлюється в межах робочої зони, при цьому для забезпечення комфортних умов зорового сприйняття та запобігання надмірним перепадам яскравості в полі зору додатково нормується освітленість у зоні безпосереднього оточення. Зазвичай її рівень приймається нижче, що сприяє більш рівномірному розподілу світлового потоку та зниження зорової втоми [2-5].

Підвищити енергоефективність шкільних систем освітлення та покращити екологічну ситуацію можна за рахунок впровадження сучасних світлових джерел, енергоефективних світильників та інтелектуальних систем керування освітленням, що забезпечує досягнення оптимальних енергетичних параметрів.

Найбільш раціональним та сучасним рішенням для організації освітлення у шкільних класах, коридорах, спортивних та адміністративних приміщеннях є застосування світлодіодних світильників, які забезпечують рівномірне, комфортне для зору світло та створюють сприятливі умови для навчального процесу.

Світлодіодні освітлювальні системи відповідають усім нормам і вимогам, що пред'являються, завдяки чому можуть ефективно використовуватися в освітніх закладах, створюючи сприятливі умови для навчання, знижуючи енергоспоживання та забезпечуючи стабільну якість освітлення в навчальних класах.

1.3 Рекомендації по влаштуванню освітлення окремих приміщень

В освітніх установах України організація навчальних приміщень, як правило, характеризується фіксованою просторовою структурою: розміщення парт та учнівських столів є заздалегідь визначеним та не передбачає

варіативності у повсякденній практиці. Погляд учнів спрямовано класну дошку, а столи зазвичай орієнтовані паралельно віконним отворам.

У зв'язку з постійною взаємодією між викладачами та учнями необхідно забезпечення нормативних рівнів вертикальної та горизонтальної освітленості, а також підтримання високої зорової комфортності. У разі застосовується система загального освітлення з рівнем освітленості 300 лк [3].

Окремого акценту потребує освітлення класної дошки (500 лк). Для забезпечення необхідної освітленості доцільно використовувати світильники з несиметричним розподілом сили світла в поперечній площині, які монтуються в ряд, паралельно площині дошки. На рисунку 1.1 показано приклад освітлення шкільної дошки у підземній школі Харкова.



Рисунок 1.1 – Освітлення шкільної дошки у підземній школі Харкова

Щоб забезпечити рівномірне освітлення, необхідно узгоджувати висоту розміщення світильника з віддаленістю від поверхні дошки. Сучасні інтерактивні дошки, які все ширше застосовуються в школах, не потребують окремого підсвічування.

У навчальних аудиторіях, як правило, є значна кількість природного освітлення. Щоб знизити витрати електроенергії, рекомендується застосовувати інтелектуальні системи регулювання світла. Найчастіше це освітлювальні прилади, оснащені датчиками рівня освітленості, які

автоматично включають лампи та налаштовують інтенсивність світлового потоку залежно від відстані до вікон та ступеня природного освітлення приміщення [2]. Для підсвічування демонстраційних об'єктів на стінах застосовуються акцентні світильники, які не просто виділяють експозицію, а й формують більш виразне та насичене світлове сприйняття простору. На рисунку 1.2 наведено приклад організації системи освітлення класного приміщення (навчальної аудиторії загальноосвітньої школи).



Рисунок 1.2 – Освітлення класної кімнати, аудиторії школи

Розглянемо, як організується система освітлення у кабінеті інформатики та обчислювальної техніки. Швидке впровадження комп'ютерних технологій у школах та оснащення спеціалізованих класів вимагають індивідуального підходу до проектування освітлення, оскільки його норми та вимоги суттєво

відрізняються від тих, що застосовуються у звичайних навчальних приміщеннях.

Важливим є запобігання впливу прямого та відбитого освітлення, що досягається або бічним розташуванням світильників прямого світла щодо робочих місць з комп'ютерами, або використанням світильників стельових відбитого світла, розміщених безпосередньо над робочою зоною (рисунок 1.3).

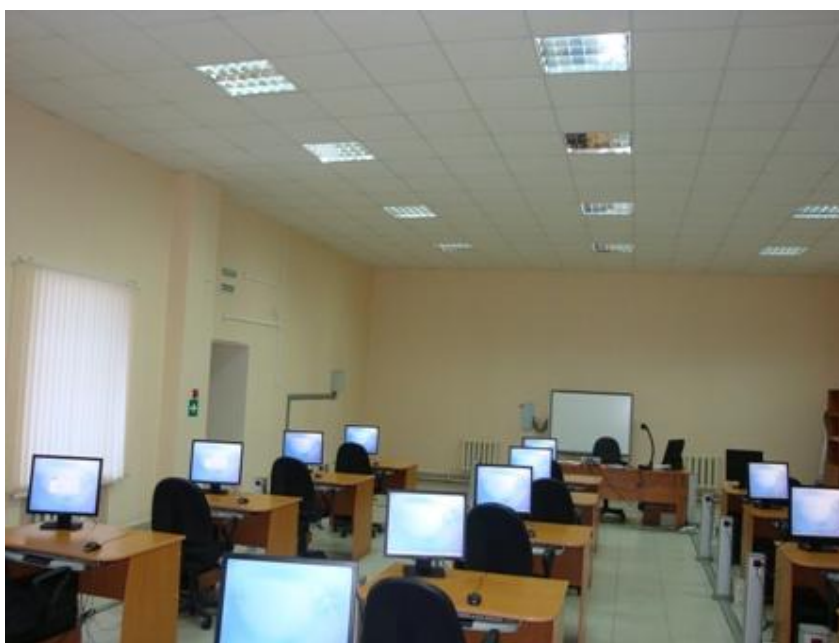


Рисунок 1.3 – Освітлення класу інформатики

При використанні комбінованого освітлення для локального освітлення столу з паперовими матеріалами рекомендується встановлювати світильники з непрозорим відбивачем, що забезпечує захисний кут щонайменше 40° .

У класах для занять малюванням потрібна висока точність виконання візуальних завдань, що зумовлює підвищені нормативні вимоги до рівня освітленості не менше 500 лк. Особливу увагу необхідно приділити забезпеченню точної передачі кольору. У зв'язку з цим слід застосовувати виключно джерела світла з колірною температурою в діапазоні 5000-6000 К та індексом кольору не нижче 80. Для цих кабінетів використовується система

загального освітлення із застосуванням світильників, аналогічних тим, що використовуються у навчальних аудиторіях.

У навчальних майстернях необхідно забезпечити якісну видимість робочої зони, яка досягається за рахунок високих рівнів освітленості при використанні комбінованої системи освітлення. Необхідно мінімізувати сильні відблиски та різкі контрасти, при цьому поява чітких тіней неприпустима, особливо в зонах, де використовуються небезпечні інструменти [5].

Освітлення у бібліотеці. Оскільки традиційні картотеки практично повністю замінені комп'ютерами, основна увага приділяється вимогам освітлення робочих місць, оснащених відеотерміналами.

Крім загальних параметрів освітлення, необхідно окремо передбачити підсвічування книжкових стелажів, забезпечивши достатню вертикальну освітленість рахунок світильників, розміщених уздовж осі кожного проходу між стелажими (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Приклад освітлення стелажів у бібліотеці



Рисунок 1.5 – Освітлення бібліотеки

На рисунку 1.5 наведено приклад світлотехнічного рішення освітлення шкільної бібліотеки, розташованої у місті Вінниця.

Актові зали зазвичай служать для проведення різноманітних заходів, тому важливо передбачити систему управління освітленням, а також окреме сценічне освітлення. Підвищений рівень вертикальної освітленості на сцені забезпечує кращу видимість промовця. Як загальне освітлення (300 лк) найчастіше застосовуються ряди світлодіодних світильників, вбудованих у підвісні стельові конструкції, а також системи відбитого освітлення. При одночасному перебування у приміщенні понад 100 учнів потрібна обов'язкова установка світлових покажчиків евакуаційних виходів, інтегрованих у систему аварійного (евакуаційного) освітлення [1-3].

На рисунку 1.6 представлений приклад освітлення шкільного актового залу.

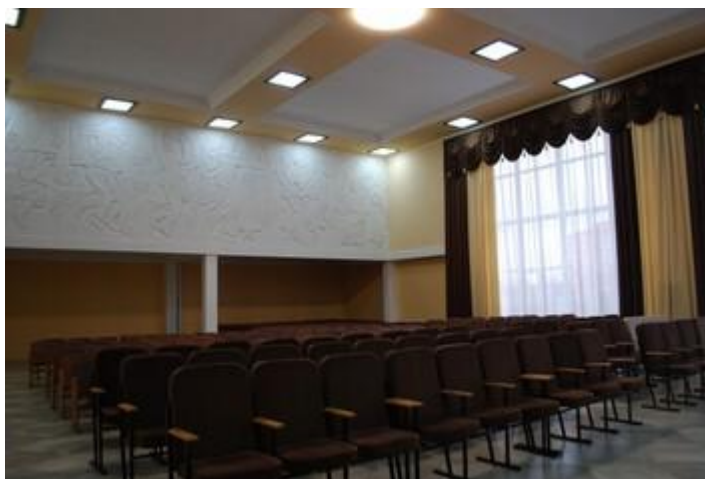


Рисунок 1.6 – Освітлення актової зали

Освітлення шкільного спортивного залу має забезпечувати безпечне та комфортне середовище для занять, створюючи рівномірний світловий фон з достатнім рівнем вертикальної освітленості та мінімальною кількістю відблисків, щоб умови у приміщенні були зручними та відповідали вимогам спортивної активності (приклад, рисунок 1.7).

У спортивному залі передбачається система загального освітлення на основі світлодіодних світильників, що забезпечують рівномірний та енергоефективний розподіл світла. Світильники встановлюються на стелі вздовж бічних стін, а також можуть монтуватися під нахилом на бічних поверхнях для додаткового підсвічування окремих зон зали, що дозволяє створити комфортні умови для занять та проведення спортивних заходів. Для захисту від ударів м'яча світильники закриваються металевими ґратами, при цьому освітленість підлоги має становити 200 лк.

У шкільних басейнах зазвичай застосовують світильники з прямим або переважно спрямованим донизу світлом, щоб забезпечити хорошу видимість під час занять. Їх найчастіше розміщують на стелі або на стінах над обхідними доріжками – це робить обслуговування безпечнішим та зручнішим. При цьому в таких приміщеннях нерідко використовують і відбите освітлення: світло

направляють на стелю або стіни, щоб зробити освітлення м'якшим і рівномірнішим, без різких тіней та відблисків на воді [3].

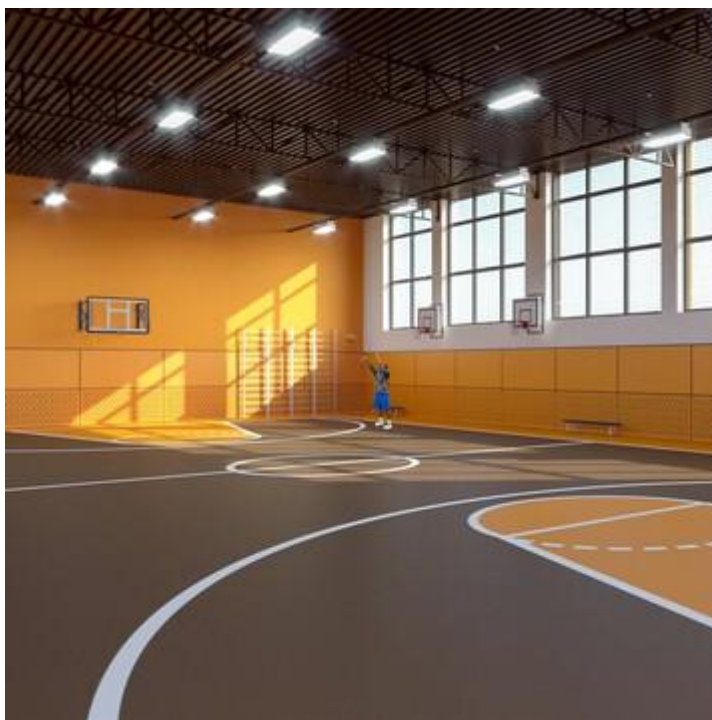


Рисунок 1.7 – Освітлення спортзалу

Вчительські, кабінет директора, методистів та секретаріат належать до адміністративно-службових приміщень функціонального призначення, призначених для організації та забезпечення навчального процесу; їм нормується рівень освітленості щонайменше 300 лк.

Освітлення робочих місць викладачів, оснащених комп'ютерною технікою, має відповідати встановленим вимогам, що забезпечують мінімізацію відбитої блискості та виключення відблисків на екранах. У зоні комунікативної взаємодії в умовах шкільного простору слід застосовувати світлові прилади, які забезпечують нормативно-достатній рівень циліндричної освітленості, необхідний для якісного сприйняття осіб та комфортної візуальної обстановки.

У рекреаційній зоні передбачено влаштування сходового маршу. Добре освітлений коридор у поєднанні зі світлою сходовою клітиною формує відчуття психологічного комфорту, впевненості та безпеки, а також сприяє зниженню ризику травматизму. Раціонально застосовані світлі оздоблювальні рішення стель і стін забезпечують підвищення рівня природної та штучної світлової відбивності, що позитивно впливає на візуальне сприйняття простору та загальну орієнтованість у приміщенні [2].

Для школярів особливо важливим є безпечне пересування по будівлі, тому сучасні світлодіодні підсвічування, вбудовані в сходи, а також настінні світильники вздовж прольотів, істотно знижують ризик падінь і роблять переміщення по школі безпечнішим. Також у будівлі школи необхідно організувати евакуаційне освітлення.

Розглянемо питання організації зовнішнього висвітлення шкільної території. З метою профілактики травматизму територія, що прилягає до школи, повинна бути забезпечена достатнім рівнем освітленості, при цьому освітлювальні прилади повинні гармонійно поєднуватися з архітектурним виглядом будівлі та навколишнім ландшафтом.

З метою підвищення енергоефективності системи зовнішнього освітлення рекомендується впровадження рішень з управління світловим потоком, таких як автоматичне регулювання рівня яскравості залежно від часу та фактичної необхідності освітлення.

1.4 Оптимізація енергоспоживання у навчальних закладах із застосуванням «розумного» освітлення

Незважаючи на ускладнено військово-політичне становище, що нині зберігаються, нині сформовано достатній науково-технічний потенціал, що забезпечує можливість проектування освітлювальних систем шкільних будівель України на сучасному рівні розвитку світлотехнічної науки та інженерних технологій.

В Україні вимоги до освітлення регламентуються державними будівельними нормами (ДБН), які є обов'язковими для проектування, будівництва та реконструкції будівель різного призначення, зокрема навчальних закладів. ДБН встановлюють нормативні параметри природного та штучного освітлення: мінімальні рівні освітленості, вимоги до рівномірності світлового потоку, допустимі показники засліплення та інші гігієнічні характеристики. Ці норми розроблені на основі фізіологічних особливостей зорового навантаження дітей та підлітків [5].

Сучасні джерела світла та типи світильників гарантують ефективніше використання електроенергії, одночасно підвищуючи якість освітлення. Електронні пускорегулюючі пристрої зменшують енерговтрати та усувають мерехтіння світлового потоку.

Датчики рівня освітленості автоматично коригують інтенсивність штучного світла в залежності від кількості природного освітлення, а датчики присутності вимикають світло у приміщеннях, де відсутні люди. Все це сприяє зменшенню витрати електроенергії і, як наслідок, позитивно впливає на стан навколишнього середовища.

Незважаючи на це, при проектуванні нових шкіл та модернізації вже існуючих будівель значення системи освітлення нерідко недооцінюється. У цій роботі розглядається проблема енергозбереження та раціонального освітлення у навчальних закладах.

2 СВІЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Стисла характеристика об'єкту та аналіз зорових задач

Ліцей, розташований у місті Ковель, є двоповерховою капітальною будовою з підвальним рівнем, функціонально призначеною для здійснення освітнього процесу; загальна площа об'єкту складає 2050 м². Територія характеризується переважно рівнинним, слабохвилястим рельєфом, типовим для Поліської низовини, що створює сприятливі умови для розміщення та експлуатації об'єктів соціальної інфраструктури.

Дана споруда є капітальною цегляною будовою, в якій як конструктивні елементи перекриттів використані залізобетонні плити; висота внутрішніх приміщень становить 3 метри.

У всіх приміщеннях ліцею оздоблювальні поверхні стін, стель і підлог характеризуються високими коефіцієнтами відбиття світла. У навчальних та основних приміщеннях стіни та стелі оформлені у світлій колірній гамі, а як підлогове покриття використовується лінолеум бежевого відтінку під паркет.

На першому поверсі розміщені навчальні аудиторії, адміністративні приміщення (кабінет директора та заступника директора), приймальня, вбиральня зона, робоче місце секретаря, службові та коридорні простори, тамбур, пост охорони, санітарні кімнати та вхідний вестибюль.

На другому поверсі ліцею розміщуються бібліотека, навчальні кабінети, лабораторні приміщення, спортивна зала та актова зала, а також коридорні зони та санітарно-гігієнічні приміщення. Підвальне приміщення включає підсобні приміщення, електрощитова, вузол обліку води та тепловий пункт.

Навчальні аудиторії, класи, лабораторії, актова зала та приймальня належать до третьої категорії зорових робіт. Водночас коридори, санітарні вузли, тамбури та інші допоміжні приміщення, де люди лише короткочасно, класифікуються як приміщення восьмої категорії.

2.2 Вибір нормованих значень освітленості

Визначення нормативного рівня освітленості для виконуваних робіт та робочих зон є одним із ключових етапів проєктування освітлювальних систем. Особливої уваги це питання набуває в освітніх закладах, зокрема в ліцеях, де висвітлення безпосередньо впливає на працездатність учнів, рівень зорового комфорту та ефективність засвоєння навчального матеріалу. Підвищення вимог до освітленості у таких закладах обумовлено необхідністю забезпечення сприятливих умов для навчального процесу.

Створення ефективної системи штучного освітлення ґрунтується на нормативних вимогах, метою яких є досягнення найкращих умов для зорової роботи людини у повсякденному середовищі [3].

При визначенні нормативних рівнів освітленості в приміщеннях адміністративних будівель першої та другої груп доцільно спиратися на критерії та принципи, прийняті для виробничих споруд, з урахуванням сумісності функціонального призначення та зорових завдань.

Освітленість робочої поверхні у приміщеннях кожної групи встановлюється та контролюється відповідно до нормативних вимог ДБН.

Результати проведеного детального аналізу робіт, що виконуються у приміщеннях громадсько-адміністративних будівель, дозволили встановити їх специфіку порівняно з зоровими роботами у виробничих приміщеннях. До особливостей відносяться: мінливість характеру зорового навантаження в часі, наявність різних за тривалістю періодів зорової роботи протягом робочого дня, а також відносно обмежений діапазон змін розмірів об'єктів та їх контрасту щодо фону та ін. [5].

Для обґрунтованого вибору значень освітленості необхідно детально вивчити особливості зорового сприйняття. З урахуванням цих особливостей слід визначити параметри, що характеризують точність зорових робіт, що виконуються, а також врахувати специфічні умови середовища, які відповідно

до нормативних вимог впливають на встановлення необхідного рівня освітленості.

Нормована освітленість визначається трьома основними параметрами: ступенем точності зорової роботи, контрастом об'єкта щодо фону і здатністю робочої поверхні, що відображає. Фонові робочі поверхні прийнято розділяти за рівнем їхньої відбивної здатності на три категорії: темні (коефіцієнт відбиття $p < 0,2$), проміжні або середні ($0,2 < p < 0,4$) та світлі ($p > 0,4$).

У процесі експлуатації систем освітлення неминуче відбувається поступове зниження рівня освітленості. Щоб врахувати цю проблему та компенсувати можливі втрати, на етапі проектування вводять коефіцієнт запасу, який зазвичай приймають у діапазоні $K_z = 1,3-2,0$. Цей коефіцієнт враховує поступове зниження рівня освітленості та яскравості в процесі роботи освітлювальних приладів, що виникає внаслідок забруднення, а також через погіршення відбивних та світлопропускних характеристик оптичних та інших компонентів світильників.

Відповідно до вимог ДБН, для приміщень ліцею встановлюються такі нормативні рівні освітленості:

- 300 лк – для навчальних аудиторій, кабінетів, приймальної зони та бібліотечного фонду;
- 200 лк – для актової зали та спортивної зали ліцею;
- 150 лк – для поста охорони, вестибюльної зони та холів;
- 75 лк – для другорядних приміщень, коридорів, тамбурів та санітарно-гігієнічних вузлів.

Прийняті нормативні рівні освітленості всім приміщень ліцею зведено у світлотехнічну відомість, наведену у додатку 1.

2.3 Вибір джерел світла

Зорова система людини чутлива до електромагнітного випромінювання в діапазоні довжин хвиль приблизно 380-760 нм, що відповідає видимій

частині спектра. Недолік або тривала відсутність освітлення негативно позначається на фізіологічному стані: уповільнюються обмінні процеси, погіршується функціонування зорового аналізатора, зростає стомлюваність. У виробничих умовах це також підвищує ймовірність помилок та травматизму. Аналогічні фізіологічні та функціональні реакції індукує монохроматичне випромінювання з обмеженим спектральним складом. Надмірна інтенсивність освітлення також надає несприятливий вплив на організм [2]. Відбувається гіперстимуляція нервової системи, погіршуються зорові функції; зростає ризик розвитку патологій органу зору, включаючи катаракту, фототравматичні ураження (опіки очей) та інші порушення.

Особливого значення проблема організації раціонального освітлення набуває у навчальних закладах в осінньо-зимовий період, коли внаслідок скорочення тривалості світлового дня основна частина навчального та повсякденного навантаження здійснюється в умовах переважно штучного освітлення.

При виборі джерел світла слід враховувати комплекс взаємопов'язаних параметрів, що включають електричні характеристики (напруга живлення, потужність, тип і силу струму), а також оптичні показники (світловий потік, сила світла, колірна температура і спектральний склад випромінювання). Крім того, важливе значення мають конструктивні особливості (габаритні розміри колби та загальна довжина лампи), показники надійності та довговічності (середній термін служби), а також ергономічні характеристики [1-3]. Необхідно також брати до уваги економічну ефективність експлуатації, що визначається вартістю джерела світла та його світловою віддачею, а також вимоги безпеки під час використання.

Виходячи з викладених даних, у системі освітлення ліцею доцільно та переважно застосування світлодіодних джерел світла як найбільш ефективного рішення.

Світлодіодні джерела світла відрізняються низьким енергоспоживанням, тривалим терміном служби, екологічністю і швидким

включенням, проте мають більш високу вартість, можуть бути чутливі до перепадів напруги і іноді характеризуються неякісним світлом або мерехтінням при використанні дешевих зразків, але поряд з цим вони якісніші за люмінесцентні лампи. служби.

В ліцеї застосування сучасних світлодіодних технологій освітлення сприяє створенню комфортного та енергоефективного освітнього середовища.

У всіх приміщеннях об'єкта, що проектується, передбачено використання світлодіодних ламп.

2.4 Визначення типу світлових приладів

У процесі проектування системи освітлення для установ освіти особливе значення набуває вибір світильників, оскільки вони безпосередньо впливають на якість освітнього середовища. Від правильно підбраного освітлення залежить не тільки комфорт учнів та педагогів, а й їхня працездатність, концентрація уваги та загальне самопочуття протягом усього дня.

Грамотно організоване світло допомагає створити сприятливе середовище для навчання, сприяє зниженню зорового навантаження та підвищує ефективність сприйняття навчального матеріалу. Крім того, за допомогою світлових приладів можна акцентувати увагу на функціональних зонах ліцею та зробити простір більш гармонійним та зручним для освітнього процесу [3].

При виборі світильників важливо орієнтуватись на функціональне призначення приміщення. Зазвичай їх підбирають із врахуванням трьох ключових груп параметрів: світлотехнічних характеристик, економічної ефективності та конструктивних особливостей виконання.

Конструктивне виконання світлового приладу визначає його експлуатаційну довговічність та надійність, рівень електробезпеки (включаючи захист від ураження електричним струмом), рівень

вибухобезпеки, а також особливості монтажної установки та технологічність технічного обслуговування.

При виборі освітлювальних приладів з урахуванням умов експлуатації обов'язковим є неухильне дотримання вимог, які пред'являються до їх застосування в приміщеннях з підвищеною пожежною та вибуховою небезпекою.

У приміщеннях з особливо високою вологістю (а також частково в сирих зонах) найбільш вразливим елементом світильників є вузол кабелю. У зв'язку з цим слід використовувати світильники, конструктивно оснащені герметизованим чи роздільним введенням кожного провідника, які забезпечують надійний захист від проникнення вологи. В умовах підвищеної запиленості приміщень, в залежності від кількості та властивостей пилу, можуть використовуватися як повністю, так і частково захищені від пилу виконання, включаючи пиленепроникні варіанти.

Ключовим фактором при виборі типу світильника є форма кривої сили світла, оскільки визначає просторовий розподіл світлового потоку і, відповідно, ефективність його використання в заданих умовах освітлення.

У приміщеннях з великою висотою при порівняно малій площі (низький індекс приміщення) рекомендується застосовувати світлові прилади з концентрованим або глибоким світлорозподілом, що забезпечують напрямок основної частини світлового потоку безпосередньо на робочі поверхні [2].

Навпаки, у просторах з великою або, навпаки, невеликою висотою (тобто за високих значень індексу приміщення) доцільно застосовувати світильники з ширшим кутом розподілу світла. Це дозволяє досягти рівномірного освітлення розрахункової поверхні навіть за збільшених відстанях між світловими приладами.

Оптимальний тип світлового приладу слід підбирати з урахуванням техніко-економічних характеристик різних варіантів освітлення аналогічних об'єктів.

Більшість приміщень ліцею використовуються для щоденного використання, тому застосовуються стандартні вимоги до освітлення. Для освітлення будівлі ліцею слід використовувати світлодіодні світильники VIDEX.

Для кожного приміщення вибрані типи освітлювальних приладів вносяться до світлотехнічної відомості (додаток А).

2.5 Визначення системи освітлення та типів освітлення

Головна мета при підборі освітлення - створити на робочому місці рівень освітленості, що оптимально підходить для конкретного виду виконуваної роботи. Будь-яка діяльність, пов'язана з освітленням промислових об'єктів, будівель, житлових та адміністративних приміщень, потребує гарантії певного рівня освітленості у зоні її виконання. Як правило, чим складніші умови зорового сприйняття, тим більш високим має бути середній рівень освітленості.

Під час проектування системи освітлення необхідно визначити, який тип освітлення доцільно застосовувати – загальне (рівномірне чи локалізоване) чи комбіноване, у якому до загального освітлення приміщення додатково використовується місцеве освітлення. В умовах навчальних приміщень ліцею вибір системи особливо важливий, оскільки він повинен забезпечувати комфортні зорові умови для учнів та відповідати вимогам до організації навчального процесу.

Рівномірність освітлення простору забезпечується за допомогою рівномірного розміщення стельових освітлювальних приладів на однаковій відстані один від одного по всій площі приміщення. Таке розташування освітлювального обладнання сприяє формуванню однорідної світлової зони без виражених затемнень та перепадів яскравості.

Робоче освітлення являє собою систему освітлення, призначену для створення нормативно встановлених умов зорового сприйняття, включаючи

необхідний рівень освітленості та відповідну якість світлового середовища у приміщеннях, а також у зонах виконання виробничих або інших видів робіт поза будівлями [1].

Цей вид освітлення може бути реалізований у вигляді загального або комбінованого. Загальне освітлення відрізняється рівномірним розподілом світлового потоку по всіх поверхнях приміщення, включаючи робочі зони, забезпечуючи їхню однакову освітленість. Загальне освітлення за спектральними та просторовими характеристиками максимально наближено до природного освітлення, що забезпечує оптимальні умови для зорового сприйняття.

Загальне освітлення буває двох типів: рівномірне, при якому світло розподіляється однаково по всьому простору незалежно від розміщення обладнання, і локалізоване, де світловий потік спрямовується з урахуванням розташування робочих зон.

Використання лише місцевого освітлення в будинках заборонено, оскільки в цьому випадку залишаються без світла проходи, коридори та службові приміщення. У системах загального локалізованого освітлення розміщення світильників визначається необхідністю раціонального розподілу світлового потоку та усунення тіней на робочих місцях та залежить від компонування виробничого обладнання.

Комбінована система освітлення складається з місцевих світильників, що забезпечують спрямоване освітлення робочої поверхні в зоні виконання операцій, і приладів загального освітлення, які використовуються для вирівнювання яскравості в полі зору та створення необхідного рівня освітленості в проходах та інших частинах приміщення.

Відповідно до вимог ергономіки та зручності експлуатації система комбінованого освітлення має суттєві переваги в порівнянні з системою загального освітлення. Локальні освітлювальні прилади на робочих місцях простіше в експлуатації та обслуговуванні: очищення, заміна ламп та поточний ремонт виконуються без труднощів [5].

Комбінована система освітлення є одним із найенергоефективніших варіантів організації світлового простору. Її застосовують, як правило, у великих за площею приміщеннях з обмеженою кількістю робочих місць, а також в умовах, коли зорові завдання, що виконуються, вимагають високого рівня освітленості.

Різноманітність варіантів комбінованого освітлення робить його універсальним у використанні. При цьому можна поєднувати різні типи світильників, розміщених на стелі, стінах, підлозі та стільниці. Як варіанти освітлення можна використовувати різні типи світильників: вбудовані точкові та рухливі трекові системи, декоративні та функціональні світлодіодні стрічки, настенні бра, торшери для підлоги, а також настільні лампи для локального світла. Оцінка переваг та недоліків цих систем освітлення дозволяє застосовувати комбіноване освітлення у приміщеннях, що належать до I–IV категорій відповідно до нормативних вимог [3].

Загальне освітлення можна використовувати у ситуаціях, у яких використання місцевих систем освітлення або технічно нездійсненне, або виправдано з погляду ефективності і затрат. Пристрій робочого освітлення є обов'язковою вимогою і має забезпечуватися незалежно від наявності аварійного освітлення.

Аварійне освітлення - дублююча освітлювальна система, що спрацьовує автоматично при відмові основної системи освітлення або вимкнення електроенергії. При відключенні робочого освітлення аварійне освітлення має створювати на робочих поверхнях в приміщеннях, що обслуговуються, освітленість, що становить не менше 5% від встановленої норми [2].

Аварійне освітлення в освітніх установах призначене для використання при виході з ладу основного (робочого) висвітлення та живиться від незалежного джерела енергії, не пов'язаного із системою робочого освітлення.

Світлодіодні освітлювальні пристрої можуть використовуватися лише за умови забезпечення їх роботи у високому діапазоні напруги.

Якщо чисельність персоналу в адміністративній будівлі або виробничому цеху перевищує 100 осіб, аварійне евакуаційне освітлення передбачається у всіх травмонебезпечних та виробничих зонах, а також у приміщеннях, задіяних у маршрутах евакуації.

У приміщеннях без природного освітлення евакуаційні маршрути мають бути позначені світловими покажчиками напрямку аварійного виходу. Покажчики розміщуються в зоні видимості на стінах або стелі з інтервалом не більше 25 м та встановлюються на ділянках зміни напрямку руху [5].

У навчальних та адміністративних приміщеннях ліцею доцільно організовувати комбіновану систему висвітлення, що включає загальне рівномірне робоче освітлення. Для світильників місцевого освітлення необхідно передбачати встановлення розеток (у кабінетах та навчальних класах). У інших приміщеннях ліцею організується система загального рівномірного освітлення. Світильники аварійного освітлення передбачаються до встановлення у коридорних зонах, напередодні, вестибюлі та актовому залі. Їхнє розміщення спрямоване на забезпечення безпечної евакуації людей, запобігання їх накопиченню та зниження ризику травматизму при можливому відключенні основного (робочого) освітлення.

2.6 Світлотехнічний розрахунок

Світлотехнічний розрахунок приміщення спрямований на визначення типу, кількості та встановленої потужності світильників. Розрахунки виконуються на попередньому етапі, оскільки отримані результати є базою для подальшого проектування та реалізації електротехнічних робіт.

У рамках виконання розрахункової частини в навчальному закладі визначається раціональна кількість освітлювальних приладів, а також оцінка їх ефективності при різних варіантах розміщення. Отримані результати можуть бути використані для вибору найбільш доцільної схеми освітлення і, у ряді випадків, сприяють зниженню експлуатаційних витрат на об'єкті.

Розрахункова частина займає ключове місце в процесі проектування системи освітлення, так як дозволяє враховувати специфіку об'єкта, що розглядається, і пред'являються до нього вимоги [7].

Розрахунок виступає базовим етапом розробки системи освітлення, в рамках якого враховуються характеристики об'єкта, що проектується, і встановлені вимоги. Розрахунок полягає в математичному зіставленні світлотехнічних показників світлових приладів з підсумковими світловими показниками, що формуються в процесі їх роботи.

Приклад виконання світлотехнічного розрахунку гімнастичного залу проектного об'єкта з використанням точкового методу. Схематичне зображення даного приміщення представлено рисунку 2.1.

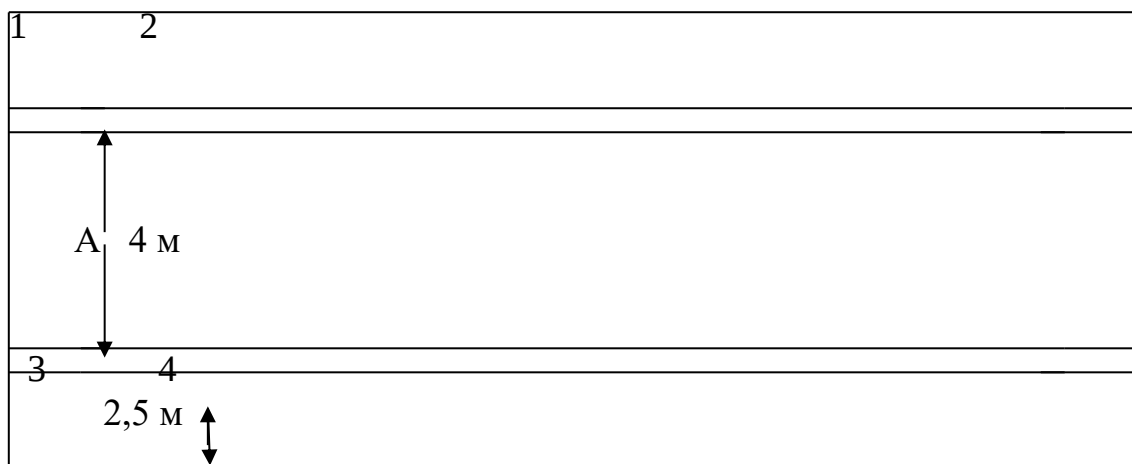


Рисунок 2.1 – Приміщення гімнастичного залу

Гімнастичний зал з габаритами 8×15 м та висотою 3 м освітлюється світильниками типу VIDEX.

Знаходимо розрахункову висоту приміщення, використовуючи формулу:

$$h_p = H - h_{rp} - h_{zs}, \quad (2.1)$$

де h_p – розрахункове значення висоти, м

H – висота гімнастичного залу, м;

h_{rp} – висота розташування робочої поверхні, м;

h_{zc} – висота встановлення світильника, м.

$$h_p = 3 - 0 - 0 = 3 \text{ м}$$

За довідковими даними відношення λ оптимальної відстані L_{opt} до розрахункової висоти h_p для КСС типу Д1 становить 1,4 та 0,95 [2].

Розраховуємо оптимальний інтервал між світильниками:

$$L_{opt} = \lambda \cdot h_p \quad (2.2)$$

$$L_{opt} = 1,4 \cdot 3 = 4,2 \text{ м}$$

Розбиваємо ряди світильників на ділянки 1, 2, 3 та 4 (рисунок 2.1) та виконуємо розрахунок відносних параметрів P та L згідно з заданими формулами:

$$P' = \frac{P}{h_p} \quad (2.3)$$

$$L' = \frac{L}{h_p} \quad (2.4)$$

« P » є найменшою відстанню від осі (лінії) розміщення світильників до розрахункової точки A (м); L позначає протяжність лінійної ділянки світильників, що розглядається (м). Далі, використовуючи криві рівної освітленості для світильників з КСС типу Д1, спочатку визначають освітленість ϵ , що створюється всіма ділянками в точці A , після чого за табличними даними обчислюють сумарну освітленість $\Sigma\epsilon$ [2].

Результати наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок сумарної освітленості, що формується в розрахунковій точці А

№ півряду	L, м	L', м	P, кВт	P', кВт	ε, лк	Σε, лк
1,3	2	0,71	2	0,67	71	131
2,4	15	3,75	2	0,71	49	92

Отже, сумарна освітленість у точці А дорівнює:

$$\Sigma \varepsilon = 131 + 92 = 223 \text{ лк}$$

Розрахунок необхідної щільності світлового потоку виконується згідно з формулою (2.5):

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E \cdot K \cdot h}{\mu \cdot \Sigma \varepsilon} \quad (2.5)$$

де E – встановлена нормами освітленість, лк;

K – це коефіцієнт запасу, що приймається рівним 1,4;

h – розрахункова (проектна) висота, м;

μ – безрозмірний коефіцієнт багаторазових відображень зі значеннями 1,1-1,2;

Σε - інтегральна освітленість у точці А за розрахунком, лк.

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot 223 \cdot 1,4 \cdot 3}{1,2 \cdot 223} = 3500 \text{ лм/м}$$

Визначаємо світловий потік, створюваний лінією:

$$\Phi_{\text{лін}} = \Phi' \cdot \ell, \quad (2.6)$$

де ℓ – протяжність лінії, м;

$$\Phi_{\text{лін}} = 3500 \cdot 15 = 52500 \text{ лм}$$

$$\Phi_{\text{св}} = \Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta \quad (2.7)$$

де $\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік джерела світла, лм;

n – число ламп у світловому приладі, шт;

η – світлова ефективність світильника.

Світловий потік, що створюється однією лампою, становить 1400 лм.

$$\Phi_{\text{св}} = 1400 \cdot 4 \cdot 0,75 = 4350 \text{ лм}$$

Обчислюємо кількість світильників у кожному ряді:

$$N = \frac{\Phi_{\text{лін}}}{\Phi_{\text{св}}} \quad (2.8)$$

де N – кількість світлових приладів в одному ряду;

$$N = \frac{52500}{4350} = 12,06$$

Рохраховуємо довжину ряду:

$$\ell_{\text{ряду}} = N \cdot \ell_{\text{св}} \quad (2.9)$$

$$\ell_{\text{ряду}} = 12,06 \cdot 0,68 = 8,2 \text{ м}$$

Визначаємо відстань між світильниками за такою формулою:

$$\lambda = \frac{\ell - \ell_{\text{ряду}}}{n_{\text{пром}}} \quad (2.10)$$

де λ – інтервал між світильниками, м;

ℓ – довжина гімнастичного залу, м;

$n_{\text{пром}}$ – кількість проміжків (інтервалів) між світильниками.

$$\lambda = \frac{15-8,2}{12} = 0,56$$

Виконуємо розрахунок потужності освітлювальної установки для приміщення, що проектується:

$$P_{\text{со}} = Nn P_{\text{л}}, \quad (2.11)$$

де $P_{\text{со}}$ – потужність системи освітлення, кВт;

N – кількість освітлювальних приладів у приміщенні;

n – кількість джерел світла у світловому приладі;

$P_{\text{л}}$ – потужність джерела світла, кВт;

$$P_{\text{оу}} = 25 \cdot 5 \cdot 0,018 = 2,25 \text{ кВт}$$

2.7 Розрахунок показника дискомфорту

У рамках даної дипломної роботи необхідно провести оцінку показника дискомфорту та зіставити отримані результати з нормативними значеннями.

M - критерій дискомфорту блискості є показником, що характеризує рівень зорового дискомфорту, що виникає при нерівномірному розподілі яскравості в полі зору. Він використовується з метою оцінки додаткової напруги зорової системи, викликаного контрастними перепадами яскравості за умов штучного освітлення об'єкта [1]. Цей показник підлягає нормуванню виключно для житлових, громадських та адміністративно-побутових приміщень.

Нижче наведено приклад визначення показника дискомфорту приміщення методичного кабінету. Розглянуте приміщення має площу 30 м² і висоту 2,5 м, прийняту з урахуванням рівня монтажу підвісної стельової

конструкції. Передбачається організація системи штучного висвітлення на базі світильників VIDEX. Поверхня стелі приміщення виконана у світлих тонах із коефіцієнтом відображення $\rho = 0,8$. Стіни мають світле лакофарбове покриття з коефіцієнтом відбиття $\rho_s = 0,5$. Покриття для підлоги представлено ламінованим матеріалом з текстурою паркету, для якого прийнятий коефіцієнт відображення $\rho_p = 0,3$.

Розрахунок показника дискомфорту, обумовленого впливом лінійних та смугових джерел світла, виконується за такою формулою:

$$M_{\text{л}} = \frac{L_0 \cdot b^{0,5}}{h^{0,5} \cdot L_{\text{ад}}^{0,5}} \cdot f(\gamma, \alpha, P) \quad (2.12)$$

де L_0 – середня габаритна яскравість світильника в напрямку оптичної осі (при $\alpha = 0$ і $\gamma = 0$), кд/м²;

b – поперечний розмір світлової смуги, м;

h – висота розташування світлової смуги щодо лінії зору спостерігача, м;

$L_{\text{ад}}$ – яскравість, до якої адаптовано око, кд/м²;

$f(\gamma, \alpha, P)$ – функція, що змінюється в залежності від розміру та розташування світлової лінії у полі зору.

Для смуг, що світяться з перекритими розсіювачами, що характеризуються об'ємним розсіюванням, допускається прийняти, що $L_0 = \gamma$, $L_{\text{ад}} = \alpha$.

Результати розрахунків показані в таблиці 2.2 цього розділу.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку

γ^0	γ , рад	I_γ	$\Phi_\gamma = I_\gamma \cdot L \cdot \frac{\pi \cdot \gamma}{2}$	k_i	$\Phi_{\gamma 1} \cdot k_i$	$\Phi_{\gamma 2} \cdot k_i$	$\Phi_{\gamma 3} \cdot k_i$
1	2	3	4	5	6	7	8
0-10	0,174	360	215	0,76	163	149	152
10-20	0,175	350	199	0,76	151	144	143
20-30	0,175	335	192	0,76	146	133	139

Продовження таблиці 2.2.

1	2	3	4	5	6	7	8
30-40	0,175	270	142	0,76		95	97
40-50	0,175	175	98	0,65		67	68
50-60	0,175	75	37	0,66		20	
60-70	0,175	50	22	0,61		15	594

$$\Phi'_p = \sum \Phi_\gamma \cdot n_{\text{рядів}} \cdot \frac{\sum \Phi_{\text{ламп}}}{1000} = (460 + 623 + 594) \cdot 2 \cdot \frac{5600}{1000} = 18782 \text{ лм}$$

Світловий потік, що припадає на стіни, розраховується як різниця між загальним світловим потоком світильника та потоками, спрямованими на підлогу та стелю:

$$\Phi'_{\text{стіни}} = \Phi_{\Sigma \text{ліній}} - (\Phi'_p + \Phi'_{\text{стеля}}) \quad (2.13)$$

$$\Phi'_{\text{стіни}} = 122911 \text{ (лм)}$$

Сталий світловий потік на підлозі з урахуванням багаторазових відбитків розраховується за таким виразом:

$$\Phi_p = A_z \cdot \Phi'_{\text{стеля}} + B_z \cdot \Phi'_{\text{стіни}} + C_z \cdot \Phi_p \quad (2.14)$$

де A_z , B_z , C_z – відносні коефіцієнти використання прямих світлових потоків для розрахункової поверхні;

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{5 \cdot 6}{3(5 + 6)} = 0.9$$

$$A_z = 0,41, \quad B_z = 0,295, \quad C_z = 1,1$$

$$\Phi_p = (0,295 \cdot 122911 + 1,1 \cdot 18782) = 56919 \text{ (лм)}.$$

Визначимо яскравість адаптації поля наступним чином:

$$L_{ad} = \frac{\rho_p \cdot \Phi_p}{\pi \cdot S_p} = \frac{0,3 \cdot 56919}{3,14 \cdot 30} = 181,3 (Kd / m^2)$$

$$\text{Встановимо } f(\gamma, \alpha, \rho) = \frac{\cos \gamma \cdot (\sin \alpha)^{0,5}}{\rho} \cdot 10^3$$

Графічно показано зміну функції залежно від від h/a та L/a

$$\frac{h}{a} = \frac{2,5}{1,5} = 1,6;$$

$$\frac{L}{a} = \frac{6}{3} = 2.$$

$$f_{||}(\gamma, \alpha, \rho) = 45.$$

Розраховуємо показник дискомфорту для однієї світлової лінії:

$$M = \frac{L_0 \cdot b^{0,5}}{h^{0,5} \cdot L_{ad}^{0,5}} \cdot f(\gamma, \alpha, \rho) \cdot 10^{-3} = \frac{2500 \cdot 0,597^{0,5}}{2,5^{0,5} \cdot 181,3^{0,5}} \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 4,06.$$

Показник М, обумовлений сукупним впливом трьох ліній, що у полі зору спостерігача, дорівнює:

$$M_{\Sigma} = \left[\sum_i^n M_i^2 \right]^{0,5} = 7,03$$

Аналіз розрахункового значення показника дискомфорту для кабінету методистів показує, що установка, що проєктується, відповідає встановленим вимогам, оскільки показник дискомфорту знаходиться в межах допустимих нормативних значень $M=7,03 < 40$.

2.8 Розміщення світлових приладів

Розміщення світильників повинно здійснюватися з урахуванням двох ключових факторів: забезпечення нормативних параметрів якості освітлення при мінімізації ефекту сліпучого, а також формування оптимальної спрямованості світлового потоку на робочу поверхню [2-4].

У практиці проєктування систем загального освітлення застосовуються два основні принципи розміщення освітлювальних приладів: рівномірний

розподіл за площею приміщення та локалізоване розміщення в межах окремих функціональних зон.

При локалізованому розміщенні освітлювальних приладів визначення їх просторового положення здійснюється індивідуально для кожного конкретного випадку з урахуванням особливостей зорової роботи, що виконується, і характеру виробничого процесу.

Розміщення та встановлення світильників повинні забезпечувати нормативну якість та рівномірність освітлення, обмеження сліпучої дії та інших несприятливих світлотехнічних факторів, безпечний доступ для технічного обслуговування, надійність кріплення, а також економічність та раціональність побудови групової освітлювальної мережі [5].

Для організації рівномірного загального освітлення світлодіодні світильники доцільно розташовувати регулярними структурами - лінійно вздовж поздовжніх осей приміщення, в шаховому порядку або за вузлами прямокутної сітки, що формується на площині стелі, з урахуванням світлорозподільних характеристик та вимог до рівномірності освітленості.

Коректно спроектована система освітлення забезпечує досягнення нормативних рівнів освітленості на робочих поверхнях за одночасної оптимізації енергоспоживання, що дозволяє знизити витрату електроенергії порівняно з нераціональними схемами розподілу світлового потоку. Характер розподілу освітленості у просторі формується, насамперед, кривої сили світла застосовуваних світильників, і навіть геометричним співвідношенням між кроком установки освітлювальних приладів і висотою їх підвісу щодо робочої поверхні.

При симетричному встановленні стельових освітлювальних приладів слід забезпечувати однакові відстані між усіма світильниками, а також витримувати рівні відступи від кожного приладу до стін приміщення.

За наявності робочих місць вздовж стін відстань від крайнього ряду світильників до стіни повинна становити 0,25–0,3 міжосьової відстані між

світильниками. За відсутності робочих місць біля стін допускається збільшення цієї відстані до 0,4–0,5 міжосьового інтервалу [3].

Таким чином, у приміщеннях ліцею освітлювальні прилади, що формують безперервні ряди, розташовуються з передбаченими розривами, при цьому джерела світла у світильниках орієнтуються паралельно віконним отворам.

3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вибір напруги та джерел живлення

При визначенні рівня напруги для освітлювальних систем необхідно враховувати сукупність критеріїв, таких як забезпечення електричної та експлуатаційної безпеки, економічна доцільність рішення, а також відповідність обраної напруги технічним можливостям та асортименту застосовуваних джерел світла та освітлювальних приладів.

Відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), максимально допустима напруга в освітлювальних установках, що визначається умовами електробезпеки, обмежується значенням 250 В щодо землі. У зв'язку з цим для живлення світильників загального освітлення не допускається застосування напруги, що перевищують зазначену межу щодо заземлювального потенціалу [7]. У системах загального освітлення застосовуються, як правило, дві основні системи розподілу напруги: 380/220 В та 220/127 В. Вибір тієї чи іншої системи визначається вимогами електробезпеки та особливостями побудови освітлювальних мереж. При цьому система 380/220 В допускається до використання виключно за наявності глухо заземленої нейтралі джерела живлення, що забезпечує зниження потенціалу щодо землі та підвищення безпеки експлуатації освітлювальних систем.

Мережі з ізольованою нейтраллю, як правило, знаходять застосування у спеціальних електроустановках, до яких висуваються підвищені вимоги до електробезпеки. Джерела постійного струму, у свою чергу, використовуються для організації резервного живлення систем освітлення особливо відповідальних об'єктів та установок.

Напруга 380 В допускається для живлення світильників загального освітлення при висоті їх установки не менше 2,5 м від підлоги у випадках, коли використовуються джерела світла на 380 В, електричні схеми світильників

розраховані на цю напругу, або лампи багатолампових світильників підключаються до різних фаз.

В умовах навчальних закладів застосування малої напруги (42 В) є кращим у приміщеннях з підвищеним та особливим ступенем електричної небезпеки, при розміщенні світильників на висоті менше 1,8 м від рівня підлоги, а також для організації місцевого освітлення робочих зон [9].

Допустимі відхилення напруги від номінального значення найбільш віддалених світильників електричного освітлення обмежуються такими нормами: у нормальному режимі роботи – не більше $\pm 5\%$, а в післяаварійних режимах при максимальних розрахункових навантаженнях – не більше $\pm 10\%$.

Освітлювальні мережі отримують живлення від освітлювальних трансформаторів або від загальних трансформаторів, які живлять одночасно силове навантаження.

Окремі освітлювальні трансформатори встановлюють у випадках, коли силове навантаження викликає неприпустимі коливання напруги в освітлювальних ланцюгах.

Оскільки всі світильники, що використовуються для освітлення приміщень ліцею, розраховані на стандартну мережну напругу, живлення даної освітлювальної системи доцільно здійснювати від мережі змінного струму 380/220 В. Як джерело електропостачання приймається трансформатор потужністю 400 кВА.

3.2 Вибір схеми живлення

Надійність роботи системи освітлення є інтегральною характеристикою, що істотно залежить від прийнятої схеми електроживлення, яка визначає структурну стійкість системи, рівень її резервування, а також здатність забезпечувати безперервність та стабільність світлотехнічного функціонування в умовах можливих відмов елементів мережі та зовнішніх збурень.

В умовах освітньої установи вибір схеми живлення освітлювальних установок здійснюється з урахуванням комплексу факторів, що забезпечують надійність та ефективність освітлення навчальних та допоміжних приміщень. До них відносяться: величина освітлювального навантаження будівлі; тип та організація аварійного освітлення, необхідного для безпечної евакуації учнів та персоналу; наявність та розташування найближчої трансформаторної підстанції, що визначає умови підключення до системи електропостачання; а також рівень природної освітленості навчальних приміщень, що залежить від архітектурних рішень та орієнтації будівлі.

Освітлювальні мережі в електричних системах класифікуються як живильні та групові.

Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) передбачають поділ електроприймачів на три категорії за ступенем надійності електропостачання.

Електроприймачі першої категорії – це обладнання, відключення якого може створити загрозу життю людей, а також призвести до збоїв у функціонуванні ключових систем життєзабезпечення міста. Електроприймачі I категорії характеризуються наявністю двох незалежних джерел електроживлення, при цьому короточасне порушення електропостачання допускається лише в період автоматичного включення резервного живлення [8-10].

Електроприймачі другої категорії являють собою сукупність споживачів електричної енергії, для яких перерва в електропостачанні викликає суттєві негативні наслідки у вигляді суттєвого зниження обсягів випуску продукції, масової зупинки виробничих процесів та обладнання, зайнятості персоналу, технологічного обладнання та промислового транспорту, а також призводить до порушення нормального функціонування значних груп міського та сільського. До другої категорії електропостачання, поряд з промисловими підприємствами, належать

об'єкти соціальної та інфраструктурної сфери, включаючи дошкільні та загальноосвітні заклади (дитячі садки, ясла та школи, у тому числі розташовані в сільській місцевості), медичні організації (лікарні, аптеки), установи міського адміністративного призначення, великі торгові та спортивні центри, котельні, вузли обліку газу та насосні станції, не класифіковані як відносяться до першої категорії.

Електропостачання споживачів другої категорії передбачає живлення двох незалежних джерел електроенергії. Водночас для споживачів другої категорії дозволяється тимчасове припинення електропостачання тривалістю до двох годин. Вказаний термін пов'язаний з діями аварійно-ремонтної служби: фахівцям необхідно у найкоротші терміни прибути на місце та виконати переведення живлення з одного джерела на резервний [10]. Освітлювальні системи II категорії повинні оснащуватися схемою електропостачання, що забезпечує підвищений рівень надійності.

До III категорії електропостачання відносяться всі споживачі електроенергії, не класифіковані як споживачі I та II категорій надійності електропостачання. До цієї категорії належать об'єкти, котрим короткочасне припинення електропостачання не призводить до виникнення значних матеріальних, соціальних чи технологічних наслідків. До них входять житлові будівлі різного типу, об'єкти комунально-побутового призначення, а також індивідуальні та кооперативні господарські споруди. Споживачі третьої категорії забезпечуються електроенергією від джерела живлення. Допустиме відключення електропостачання цієї категорії зазвичай становить трохи більше 24 годин і пов'язані з проведенням аварійно-відновлювальних робіт.

Категорювання споживачів електроенергії є необхідною умовою раціонального проектування елементів електричної мережі та забезпечення їхньої ефективної взаємодії з об'єднаною енергосистемою. Класифікація споживачів за категоріями на етапі проектування сприяє оптимізації структури електричних мереж, забезпечуючи створення енергосистеми з

раціональною конфігурацією, високою ступенем надійності та ефективністю функціонування.

Таким чином, система електропостачання освітлення ліцею відноситься до споживачів III категорії за надійністю. З урахуванням вимог даної категорії для електроживлення об'єкта прийнято схему з використанням однієї однострансформаторної підстанції, представлені на рисунку 3.1.

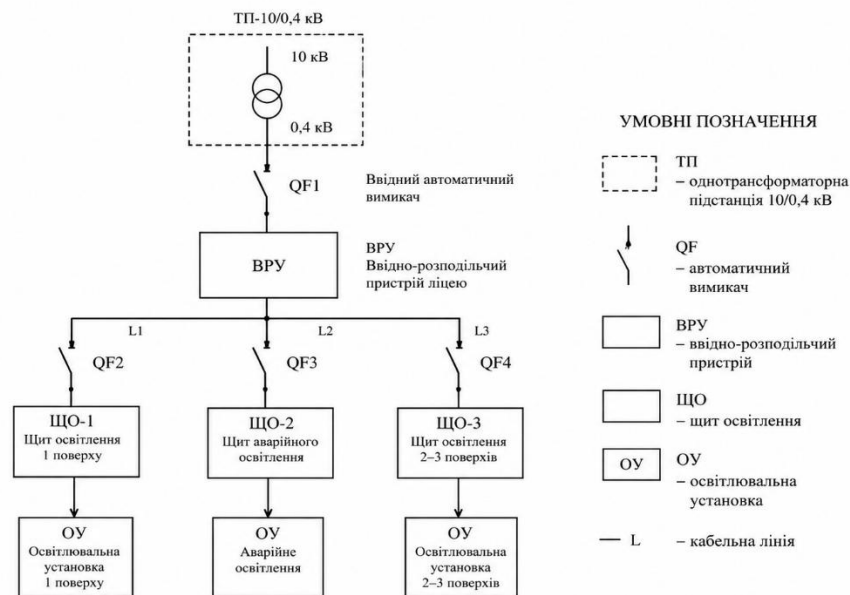


Рисунок 3.1 – Схема електропостачання системи освітлення від однострансформаторної підстанції

3.3 Вибір марки проводу та способу прокладання

У освітлювальних електроустановках широке застосування отримали шинопроводи різних типів, вибір яких визначається призначенням та величиною навантажень мережі. Для мереж живлення, як правило, використовуються шинопроводи серії ШРА-73, розраховані на номінальні струми 250, 400 і 630 А. У групових освітлювальних мережах застосовуються

шинопроводи серій ШОС-67 з номінальним струмом 25 А, а також ШОС-73, допускають [11].

У громадських, адміністративних та побутових будинках переважно передбачається прихований спосіб прокладання електричних проводів.

При виконанні прихованої прокладки групових ліній освітлення в будинках масового призначення рекомендується застосування плоских проводів різних марок, зокрема ППВ, ПН, ПППС та аналогічних типів, що відповідають вимогам експлуатації та монтажу.

Плоскі дроти переважно використовуються у системах електропостачання та розподілу електричної енергії громадських, адміністративно-господарських, науково-дослідних, технічних та інших об'єктів аналогічного функціонального призначення. При виконанні прихованої прокладки групових освітлювальних ліній в адміністративних будинках масового будівництва слід, як правило, застосовувати плоскі дроти марок АППЗС, АПН, АПППС та інші аналогічні конструкції [8].

При виконанні закритої прокладки рекомендується використовувати дроти без сполучної плівки типів ППВС та ПППС. Для відкритого способу прокладання застосовуються дроти ППВ і ППП, а при монтажі на дерев'яних та інших горючих основах - дроти марки ППР.

Таким чином, у приміщеннях проектного об'єкта живлення здійснюватиметься кабелем марки ВВГ, що прокладається у сталевих трубах. Розподільна мережа виконується кабелем ВВГ у пластикових трубах, а групові лінії - проводом марки ПВ, що прокладається приховано у шарі штукатурного покриття.

3.4 Вибір групових щитків

Ключова функція розподільних щитів полягає у забезпеченні надійного захисту електричних мереж від навантажень за рахунок раціонального розподілу навантаження між окремими ланцюгами. Додатково запобіжні

елементи та автоматичні вимикачі виконують функцію аварійного захисту, оперативно розриваючи електричний ланцюг у разі виникнення струмів короткого замикання, тим самим запобігаючи пошкодженню обладнання та знижуючи ризик аварійних ситуацій.

Додатковою перевагою є можливість роздільного відключення освітлення у різних зонах та повного відключення всієї мережі, що особливо актуально при керуванні освітленням кількох приміщень через зовнішній щит.

Залежно від умов навколишнього середовища у приміщенні використовуються групові щитки у виконанні без захисту, із захистом, а також із ущільненим захистом.

При визначенні кількості та розміщення групових щитків необхідно враховувати низку проектних вимог. Щитки доцільно встановлювати поблизу центру електричних навантажень, оскільки це дозволяє скоротити довжину групових ліній та знизити витрату провідникового матеріалу. Крім того, обладнання має розміщуватися в зонах, що забезпечують вільний доступ та зручність експлуатації та обслуговування. Не допускається встановлення групових щитків, призначених обслуговування конкретного поверху будівлі, інших поверхах. При виборі місць встановлення слід враховувати сприятливі умови довкілля та виключати можливість їхнього випадкового механічного пошкодження. Розміщення має забезпечувати часткову візуальну доступність керованих світильників, а також враховувати можливість раціонального підведення повітряних ліній електропостачання [7-11].

Установку групових освітлювальних щитків потрібно виконувати в приміщеннях з нормальними умовами навколишнього середовища, що забезпечують зручність обслуговування та експлуатації, переважно поблизу центру електричних навантажень, що підключаються до них. Розміщення щитків у кабінетах, складських та інших допоміжних приміщеннях не допускається.

Для забезпечення робочого та аварійного освітлення в будівлі ліцею застосовуються групові щитки ELEKTRO-PLAST типу ABB, виконані у

шестимодульному форматі та оснащені вступними автоматами з електромагнітним вимкненням.

3.5 Електротехнічний розрахунок

Електротехнічний розрахунок передбачає вибір схеми електропостачання та рівня напруги живлення освітлювальної установки, розробку розрахункової схеми, визначення марки і перерізу провідників, а також способу їх прокладання, підбір захисної апаратури та проектування схеми управління всією системою освітлення.

Завдання розрахунку полягає в оптимізації розподілу допустимих відхилень напруги за окремими елементами електричної мережі з метою забезпечення мінімально необхідного перерізу струмопровідних жил при дотриманні встановлених технічних та експлуатаційних вимог.

Перетин проводів освітлювальних мереж суспільно-адміністративних будівель вибирають з урахуванням тривалого допустимого струму навантаження, допустимої втрати напруги та необхідної механічної міцності проводів та кабелів. При цьому провідники не повинні перегріватись, а напруга на лампах повинна відповідати встановленим нормам [10].

Підсумковий переріз провідників визначають за максимальним з розрахованих значень. У ряді випадків після підбору захисних апаратів виконують додаткове уточнення перерізу з урахуванням умов забезпечення надійної та безпечної роботи мережі.

$$S = \frac{\sum M + \sum \alpha m}{C \Delta U} \quad (3.1)$$

де S – поперечний переріз проводів даної ділянки, мм^2 ;

ΣM – сумарне навантаження даного та наступних ділянок з тією ж кількістю провідників, кВт;

Σm – сумарний момент відгалужень, що живляються через дану ділянку і мають кількість ліній, відмінну від кількості ліній даної ділянки, кВт;

α – коефіцієнт еквівалентного наведення моментів, що визначається числом проводів та відгалужень на ділянці;

ΔU – розрахункове падіння напруги на ділянці мережі від точки початку ділянки до найбільш віддаленого електроприймача, %;

C – коефіцієнт, що визначається системою напруг та фізико-механічними властивостями досліджуваного матеріалу.

Співвідношення (3.1) послідовно використовується для розрахунку всіх ділянок мережі, починаючи з магістрального ділянки.

Необхідно визначити моменти навантажень кожної групової лінії. Для цього довжину ділянки провідника L множать на потужність P , підключену на даній ділянці, тобто:

$$M = \Sigma L_i \cdot P_i \quad (3.2)$$

Щиток робочого освітлення ОЩ – 1:

1-а групова лінія:

$$m = 10 \cdot 0,63 + 3 \cdot 0,32 + 4 \cdot 0,19 + 7 \cdot 0,244 + 2 \cdot 0,155 + 2 \cdot 0,11 + 5 \cdot 0,11 + 13 \cdot 0,10 + 6 \cdot 0,23 + 3 \cdot 0,05 + 6 \cdot 0,22 + 3 \cdot 0,11 + 7 \cdot 0,13 + 0,1 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,055 = 16,36 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

3-я групова лінія:

$$m = 6 \cdot 1,5 + 6 \cdot 0,191 + 0,5 \cdot 1,2 + 3 \cdot 0,18 + 2 \cdot 1,11 + 6 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,09 + 1 \cdot 0,34 + 2 \cdot 0,13 + 3 \cdot 0,041 + 6 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,161 + 3 \cdot 0,12 + 0,5 \cdot 0,43 + 1 \cdot 0,11 + 2 \cdot 0,55 + 4 \cdot 0,12 + 2 \cdot 0,24 + 2 \cdot 0,191 + 1,5 \cdot 0,14 + 4 \cdot 0,16 = 22,81 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

5-а групова лінія:

$$m = 10 \cdot 1,6 + 2 \cdot 0,8 + 3 \cdot 0,03 + 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,63 + 1 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 0,01 + 0,5 \cdot 0,012 + 2 \cdot 0,14 + 2 \cdot 0,49 + 1 \cdot 0,14 + 0,04 \cdot 0,013 + 2 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,46 + 1 \cdot 0,122 + 1 \cdot 0,021 + 2 \cdot 0,11 + 4 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,12 + 1 \cdot 0,02 + 2 \cdot 0,11 + 1 \cdot 0,21 + 1 \cdot 0,11 + 1 \cdot 0,02 + 2 \cdot 0,1 + 6 \cdot 0,13 + 1 \cdot 0,03 + 2 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,9 + 3 \cdot 0,18 + 7 \cdot 0,79 + 2 \cdot 0,19 + 2 \cdot 0,09 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,1 +$$

$$0,5 \cdot 0,012 + 2 \cdot 0,11 + 1 \cdot 0,11 + 3 \cdot 0,03 + 2 \cdot 0,44 + 7 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,22 + 2 \cdot 0,11 + 3 \cdot 0,28 + 2 \cdot 0,12 + 5 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 0,011 + 2 \cdot 0,12 + 2 \cdot 0,12 + 4 \cdot 0,01 = 45,19 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Аналогічно виконується визначення моментів для групових ліній всіх розподільчих щитків.

Отримані результати розрахунку наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку моментів групових ліній щитків робочого та аварійного освітлення

№ щитка	№ групи	Встановлена потужність, кВт	Приведений момент, кВт·м
ОЩ – 1	1	0,67	16,36
	3	1,44	24,3
	5	1,61	46,2
ОЩ – 2	1	0,74	12,1
	3	0,91	14,5
	5	1,18	22,8
ОЩ – 3	1	1,27	23,5
	3	1,11	20,5
	5	0,87	16,56
ОЩ – 4	1	1,23	16,2
	3	0,71	14,91
	5	0,87	15,6
ОЩ – 5	1	0,68	12,53
	3	0,58	11,01
	5	0,6	12,6
ОЩ – 6	1	0,53	11,2
	3	0,61	12,4
	5	0,61	12,4
ОЩА	1	0,31	5,2
	3	0,33	7,4
	5	0,16	2,11
Σ		15,68	314,02

Обчислюємо наведені моменти ліній живлення. Для цього складемо схему живильної освітлювальної мережі (рисунок 3.2):

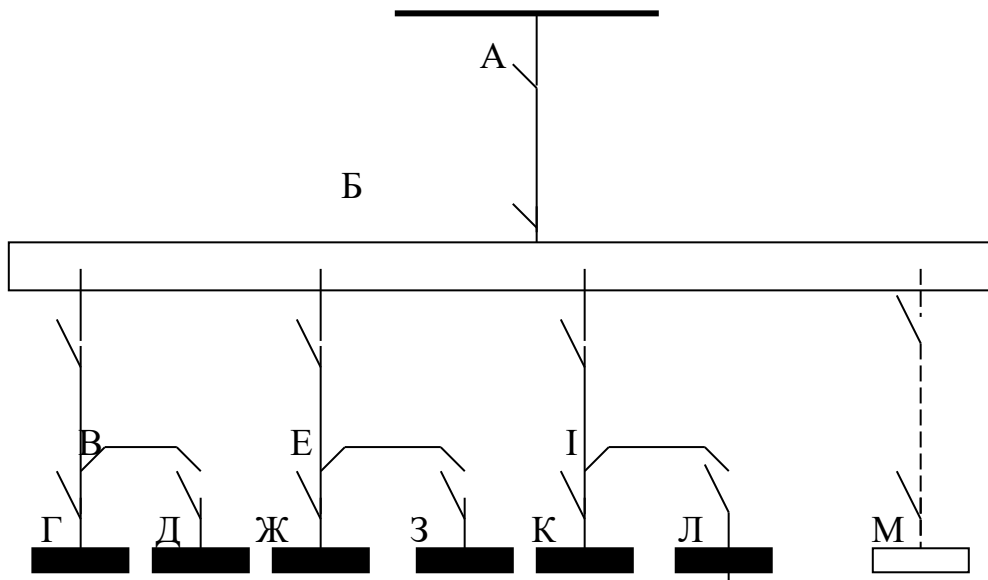


Рисунок 3.2 – Схема електропостачання освітлювальної мережі

Для розрахунку наведених моментів мережі живлення необхідно визначити потужність силового навантаження. При цьому слід враховувати, що силове навантаження освітлювальної мережі приймається 80% від освітлювального навантаження. При відомих значеннях і виходячи із заданої пропорції, визначимо величину силового навантаження:

$$P_{\text{сил}} = 16,36 \cdot 80/20 = 65,44 \text{ кВт}$$

Сумарна потужність трансформатора приймається рівною:

$$P_{\text{тр}} = 16,36 + 65,44 = 81,8 \text{ кВт}$$

Моменти на кожній ділянці мережі живлення розраховуються за формулою 3.2.

$$M_{AB} = 50 \cdot 82,1 = 4105 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

$$M_{BV} = 10 \cdot 6,54 = 65,4 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

$$M_{BG} = 5 \cdot 3,9 = 19,5 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

$$\text{МВД} = 11 \cdot 2,92 = 32,12 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

$$\text{МБЕ} = 10 \cdot 5,5 = 55 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

$$\text{МЕЖ} = 8 \cdot 3,44 = 27,52 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

$$\text{МЕЗ} = 15 \cdot 2,8 = 42 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

$$\text{МБІ} = 5 \cdot 3,91 = 19,55 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

$$\text{МІК} = 5 \cdot 1,7 = 8,5 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

$$\text{МІЛ} = 12 \cdot 1,85 = 22,2 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

$$\text{МБМ} = 10 \cdot 0,88 = 8,8 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

Виконуємо розрахунок перерізів провідників окремих ділянок освітлювальної мережі та дійсних втрат напруги та заносимо результати до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок поперечного перерізу проводів електричних мереж

Ділянка	S _{розр} , мм ²	S _{ст} , мм ²	Уділ, %	U→, %
1	2	3	4	5
АБ	14,8	16	3,15	1,85
БВ	3,95	4	0,23	0,91
ВГ	1,59	2,5	0,091	0,84
ВД	2,4	2,5	0,17	0,72
БЕ	3,32	4	0,25	0,95
ЕЖ	2,15	2,5	0,19	0,78
ЕЗ	2,4	2,5	0,27	0,64
БІ	1,53	2,5	0,28	0,93
ІК	1,42	2,5	0,17	0,81
ІЛ	1,6	2,5	0,188	0,74
БМ	0,75	1,5	0,09	1,2
ОЩ – 1:				
1	1,92	2,5	-	-
3	1,7	2,5		
5	2,3	2,5		

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4	5
ОЩ – 2:				
1	1,94	2,5	-	-
3	1,8	2,5		
5	2,4	2,5		
ОЩ – 3:				
1	2,31	2,5	-	-
3	2,76	2,5		
5	1,95	2,5		
ОЩ – 4:				
1	2,16	2,5	-	-
3	2,4	2,5		
5	2,34	2,5		
Ділянка	Срозр, мм2	Сст, мм2	Уділ, %	U→, %
ОЩ – 5:				
1	1,6	1,5	-	-
3	1,5	1,5		
5	1,7	1,5		
ОЩ – 6				
1	0,98	1,5	-	-
3	1,4	1,5		
5	0,68	1,5		
ОЩА:				
1	0,42	1,5	-	-
3	0,66	1,5		
5	0,19	1,5		

3.6 Захист електричних мереж та вибір апаратів захисту

Освітлювальні мережі повинні бути оснащені засобами захисту від струмів короткого замикання, що забезпечують запобігання аварійним режимам роботи, тепловому пошкодженню провідників та відмови електроустаткування. Крім того, залежно від експлуатаційних умов та характеру підключеного навантаження, потрібно також передбачати захист від перевантажень, що виникають при перевищенні допустимих струмових значень протягом тривалого часу.

Захист від перевантаження підлягає наступним мережам: внутрішні мережі, виконані відкритим прокладенням провідників з горючою ізоляцією або зовнішньою оболонкою; освітлювальні мережі житлових та громадсько-адміністративних будівель, торговельних та службово-побутових приміщень промислових підприємств, включаючи лінії живлення побутових та переносних електроприймачів, а також мережі у пожежонебезпечних зонах; мережі всіх типів зовнішніх вибухонебезпечних установок незалежно від особливостей технологічного процесу режиму роботи мережі [12].

Для захисту освітлювальних мереж зазвичай застосовуються автоматичні вимикачі. Рекомендується використовувати автоматичні вимикачі з розчіплювачами, що мають зворотно-часову струмову характеристику спрацьовування, при якій час відключення залежить від величини струму, що протікає.

Захисні апарати по можливості розміщують у доступних для обслуговування зонах, захищених від механічних впливів. Монтаж виконується з таким розрахунком, щоб при експлуатації та спрацюванні пристроїв виключалася небезпека для персоналу та запобігало пошкодженню навколишніх об'єктів. Апарати захисту розміщуються безпосередньо у вузлах приєднання провідників, що захищаються, до живильної лінії; при необхідності допускається виконання відгалуження довжиною до 6 м між лінією живлення і апаратом захисту [10].

Для забезпечення захисту електромереж будівлі ліцею від коротких замикань та перевантажувальних режимів були змонтовані автоматичні вимикачі: на групових лініях використані апарати захисту типу АЕ 2044, а як вступні встановлені вимикачі АЕ 2046 та АЕ 2056.

Проведено верифікацію коректності вибору захисних апаратів. Оцінка їх відповідності за навантажувальним струмом виконувалася шляхом визначення струмових навантажень на окремих ділянках живильної, розподільної та групової мереж. На підставі отриманих значень здійснювався підбір номінального струму апаратів захисту з подальшим порівнянням з тривало допустимим струмом I_{dd} вибраних кабелів та провідників.

При розрахунку струмових навантажень застосовуються такі вирази:

- для трифазної мережі з нейтральним провідником:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi} \quad (3.3)$$

- для кожного фазного ланцюга у двофазних та трифазних мережах з нейтральним провідником:

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

де $\cos \varphi$ – коефіцієнт активної потужності споживаного навантаження, що приймається рівним 0,9;

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

P – активна потужність навантаження, кВт.

Проводиться підбір номінального струму автоматичного вимикача та його подальша перевірка для ділянки АБ (рисунок 3.2). Сумарна потужність даної ділянки становить $P=83,5$ кВт, у зв'язку з чим:

$$I_{AB} = \frac{83,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,9} = 142,2 \text{ А}$$

За номенклатурою автоматичних вимикачів приймається номінальний струм захисного апарату: $I_{a.v.}=150\text{А}$. Для кабельної лінії, виконаної кабелем ВВГ і прокладеної в сталевій трубі, тривалий допустимий струм навантаження становить $I_{д.д.}=150\text{А}$.

На наступному етапі виконується розрахунок всім ділянок мережі, а отримані результати наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Перевірка струмів апаратів захисту

Ділянка	Р, кВт	Розраховане значення струму I, А	$I_{a.v.}$, А	Тип автомат. вимикача	Марка кабелю, проводу	$I_{дд.}$, А
1	2	3	4	5	6	7
АБ	83,5	142,2	150	АЕ 2056	ВВГ-4(1×16)	150
БВ	6,85	11,9	12,5	АЕ 2046	ВВГ-4(1×4)	45
ВГ	3,8	4,9	10	АЕ 2046	ВВГ-4(1×2,5)	35
ВД	2,91	6,4	10	АЕ 2046	ВВГ-4(1×2,5)	35
БЕ	6,2	11	12,5	АЕ 2046	ВВГ-4(1×4)	45
ЕЖ	3,29	5,76	10	АЕ 2046	ВВГ-4(1×2,5)	35
ЕЗ	2,93	5,35	10	АЕ 2046	ВВГ-4(1×2,5)	35
БІ	3,7	7,1	10	АЕ 2046	ВВГ-4(1×2,5)	35
ІК	1,84	3,5	6	АЕ 2046	ВВГ-4(1×2,5)	35
ІЛ	1,72	3,7	6	АЕ 2046	ВВГ-4(1×2,5)	35
БМ	0,88	1,32	10	АЕ 2046	ВВГ-4(1×1,5)	25
ОЩ –1:						
1	0,65	1,12	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×2,5)	27
3	1,55	2,94	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×2,5)	27
5	1,7	3,3	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×2,5)	27

Продовження таблиці 3.3.

1	2	3	4	5	6	7
ОЩ –2:						
1	0,81	0,95	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×2,5)	27
3	0,96	1,21	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×2,5)	27
5	1,16	2,64	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×2,5)	27
ОЩ –3:						
1	1,28	4,67	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×2,5)	27
3	1,2	4	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×2,5)	27
5	0,85	1,3	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×2,5)	27
ОЩ –4:						
1	1,3	2,75	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×2,5)	27
3	0,79	0,73	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×2,5)	27
5	0,88	1,05	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×2,5)	27
ОЩ –5:						
1	0,67	0,96	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×1,5)	19
3	0,61	0,77	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×1,5)	19
5	0,62	0,78	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×1,5)	19
ОЩ –6:						
1	0,61	0,87	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×1,5)	19
3	0,67	0,69	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×1,5)	19
5	0,62	0,85	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×1,5)	19
ОЩА:						
1	0,33	0,61	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×1,5)	19
3	0,42	0,69	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×1,5)	19
5	0,198	0,57	6,35	АЕ 2044	ПВ-2(1×1,5)	19

3.7 Керування освітленням

Споживання електроенергії на цілі освітлення може бути істотно скорочено за рахунок забезпечення оптимального режиму роботи освітлювальної системи у кожний момент часу, що передбачає її адаптацію до фактичних умов освітленості та вимог експлуатації.

Особливості побудови систем автоматичного управління освітлювальними установками значною мірою залежить від специфіки технологічного процесу, у якого вони функціонують. При цьому враховуються режими роботи обладнання, вимоги до рівня та рівномірності освітленості, а також світлотехнічні умови конкретного виробничого чи експлуатаційного простору, що дозволяє забезпечити оптимальний розподіл світлового потоку та енергоефективність системи загалом [11].

Залежно від організації системи управління освітлювальними установками, воно може здійснюватися як у місцевому режимі, безпосередньо в зоні їх розташування, так і в централізованому (дистанційному) режимі з використанням систем віддаленого контролю та управління.

Для місцевої системи управління включення та вимкнення забезпечуються комутаційними апаратами, встановленими безпосередньо біля обладнання. При неефективності місцевого управління освітленням внаслідок підвищених тимчасових витрат, а також за необхідності функціонування освітлювальної установки відповідно до заданої програми використовується система централізованого дистанційного керування (ЦДК). У системі централізованого дистанційного управління управляючі функції локалізуються у одному чи кількох пунктах управління, наприклад, на центральному диспетчерському пункті.

Залежно від схеми застосування місцевих комутаційних пристроїв місцеве управління поділяють на індивідуальне та групове; керування може виконуватися як вручну, так і автоматично. Проектування схеми управління має здійснюватися з урахуванням експлуатаційних умов, у тому числі режимів

функціонування окремих частин системи освітлення та розташування джерел живлення щодо один одного.

Пристрої управління, зазвичай, передбачаються у всіх фазних провідниках, соціальній та обох провідниках мережі постійного струму. У двопровідних лініях напругою 12–42 установка вимикача допускається тільки в одному з фазних провідників. Незаземлені фази ліній, призначених для живлення щитів, трансформаторів та іншого електроустаткування, повинні вимикатися одночасно. Розміщення комутаційних пристроїв здійснюється, як правило, у безпосередній близькості від відповідного обладнання. У разі відсутності технічної можливості такого розміщення їх установка передбачається у зонах з обмеженим доступом, призначених виключно для експлуатаційного персоналу [7].

Оскільки в будівлі ліцею переважають приміщення невеликої площі, що не вимагають реалізації складних технологічних процесів, управління освітленням прийняте місцевим та здійснюється з використанням одно- та двоклавішних вимикачів. Вимикачі встановлюються біля входу або всередині приміщення з боку ручки на висоті 0,6 м від рівня підлоги. Управління світильниками, розташованими у проходах, холах, вестибюлях та вхідних зонах, передбачається здійснювати безпосередньо від групових щитків за допомогою автоматичних вимикачів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Основні завдання з охорони праці

Відповідно до ст. 1 Закону України «Про охорону праці», охорона праці є комплексом правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі їх трудової діяльності [13].

Охорона праці розглядається як сукупність організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та профілактичних заходів, спрямованих на виявлення, оцінку та мінімізацію професійних ризиків, що становлять загрозу для життя та здоров'я працівників. Ефективна система охорони праці є обов'язковим елементом функціонування сучасного суспільства та важливим показником рівня соціального розвитку держави загалом.

З урахуванням умов в Україні, особливо в період дії воєнного стану, охорона праці розглядається як комплексна система регулювання та практик, яка поєднує політичні, правові, соціальні, економічні та науково-технічні аспекти.

Вона розвивається з урахуванням підвищених ризиків воєнного часу, необхідності забезпечення безпеки працівників у надзвичайних умовах, а також адаптації нормативних вимог та організаційних заходів до обстановки, що змінюється.

Ключова особливість охорони праці полягає у її комплексному характері: вона визначається не лише технічними, санітарно-гігієнічними та медичними засобами, але в першу чергу включає правові, економічні та соціальні механізми забезпечення безпеки та захисту працівників.

У сучасних умовах України, особливо в період підвищених ризиків, головні засади охорони праці безпосередньо пов'язані із загальними підходами

до забезпечення безпеки та захисту людини від впливу небезпечних та непередбачуваних факторів.

Закон України «Про охорону праці» встановлює норми, спрямовані на реалізацію конституційного права громадян на захист життя та здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між роботодавцем (власником підприємства, установи або організації або уповноваженою ним особою) та працівником у сфері безпеки, гігієни праці та виробничого середовища [13].

До основних завдань охорони праці належать проведення спеціальної оцінки умов праці та професійних ризиків, контроль за дотриманням нормативних вимог, реалізація заходів щодо поліпшення умов праці, організація дотримання вимог охорони праці в колективі, профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань, а також розвиток та впровадження сучасних підходів та практик у цій галузі.

Розгляд зазначених питань та виконання відповідних завдань є необхідною умовою для забезпечення безпечних умов праці під час виконання монтажних робіт системи освітлення ліцею.

4.2 Аналіз умов праці. Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

У попередніх розділах дипломної роботи було розглянуто вибір групи приміщень залежно від характеру зорової роботи, визначення необхідної освітленості, а також вибір освітлювальних приладів, джерел світла, електропроводки та захисних пристроїв.

При монтажі системи освітлення тип світильників, їх розташування та схема керування повинні повністю відповідати встановленим нормам. Будь-які зміни слід узгоджувати з розробником документації.

При виконанні монтажу освітлювальної системи ліцею необхідно враховувати вплив факторів довкілля на електрообладнання та його

експлуатаційні характеристики. Організація та технологія монтажу освітлювальних установок повинні здійснюватися відповідно до вимог Правил влаштування електроустановок (ПУЕ), ДБН, а також чинних монтажно-технологічних нормативів, інструкцій та технічної документації підприємств-виробників обладнання [11].

Відповідно до класифікаційних вимог ДБН, приміщення, що розглядається, слід відносити до категорії приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом. Експлуатаційні умови в приміщеннях ліцею відповідають нормативним вимогам з електробезпеки: відсутні підвищена вологість, екстремальні температурні впливи, струмопровідний пил, а також хімічно активні або органічно агресивні середовища (пари, гази, рідини, корозійні відкладення, грибкові утворення, пліснява та мікро струмопровідних частин устаткування).

Однією з ключових вимог до системи освітлення є зниження показників блискості та виключення сліпучої дії освітлювальних приладів на користувачів приміщення. Для забезпечення зорового комфорту та рівномірного розподілу світлового потоку доцільно використовувати світильники з розсіювачами, виготовленими з матового, молочного або світлорозсіювального скла. Істотною вимогою до освітлювальних приладів є забезпечення належного рівня електробезпеки в умовах експлуатації.

Монтаж электропроводки с использованием неметаллических труб допускается осуществлять исключительно в помещениях, где температура окружающей среды в процессе эксплуатации не превышает 60 °С. При выполнении электромонтажных работ необходимо обеспечивать защитное заземление электрооборудования посредством подключения корпусов электротехнических устройств к заземляющей магистрали, а также применения дополнительного защитного проводника [14]. Під час прокладання електропроводки у пластикових трубах металеві елементи введення підлягають обов'язковому заземленню через корпус електроустаткування. Кріплення труб до розподільних коробок та корпусів

пристроїв виконується з використанням діелектричних сполучних та фіксуєчих елементів.

Дослідження особливостей виробничого процесу на об'єкті, що розглядається, дає можливість визначити комплекс небезпечних і шкідливих факторів, що супроводжують виконання монтажних робіт і впливають на безпеку праці працівників.

На персонал, який здійснює монтажні роботи, переважно впливають фактори фізичної природи, а також психофізіологічні навантаження, зумовлені умовами трудового процесу:

- розміщення робочого місця на суттєвому видаленні за висотою від рівня землі;
- підвищений потенціал електричного кола;
- дефіцит природного світла чи його відсутність;
- слабка освітленість робочої області;
- збільшені рівні акустичного шуму, вібраційних впливів та вологості в зоні виконання робіт;
- нештатне замикання електричного ланцюга через біологічну тканину людини;
- пошкоджені конструктивні елементи, що характеризуються наявністю гострих кромek, задирок та шорсткої поверхні на заготовках, виробках, інструменті та обладнанні;
- надмірна яскравість світлового потоку;
- навантаження організму внаслідок фізичної активності;
- забруднення та запилення повітря в межах робочої зони вище за допустимий рівень;
- надлишкова чи недостатня рухливість повітряного середовища;
- підвищене психофізіологічне навантаження, включаючи когнітивну напругу, напругу сенсорних аналізаторів, монотонність трудового процесу та емоційно-стресові впливи.

4.3 Розробка організаційно-технічних заходів та вибір засобів захисту працівників

У цьому розділі наведено рекомендації та технічні засоби, а також виконано підбір засобів індивідуального захисту працівників під час монтажу та експлуатації системи освітлення ліцею.

Персонал, що допускається до роботи з електроустановками, зобов'язаний мати професійні навички, що відповідають виконуваним обов'язкам. Якщо спеціальна підготовка відсутня, такі працівники повинні пройти необхідне навчання та отримати допуск до самостійного виконання робіт.

Організація підготовки персоналу, його професійний розвиток, регулярне підвищення кваліфікації, а також обов'язкові перевірки знань та інструктажі мають виконуватись відповідно до вимог чинного законодавства України та нормативних актів з охорони праці, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці працівників [15].

Організаційні заходи безпеки при роботі в електроустановках включають оформлення наряду на виконання робіт, встановлення переліку робіт у порядку поточної експлуатації, допуск до виконання завдань, контроль ходу їх виконання, організацію технологічних перерв, переміщення на інше робоче місце, а також фіксацію та документальне оформлення завершення робіт.

До технічних заходів щодо забезпечення безпеки робіт відносяться: відключення відповідних ділянок електроустановок, розміщення попереджувальних плакатів та огороження робочої зони, контрольне підтвердження відсутності напруги, а також встановлення заземлювальних пристроїв. Вимкнення здійснюється для повного зняття напруги з елементів електроустановки, на яких планується виконання робіт. Перевірка відсутності напруги на струмоведучих частинах, що підлягають заземленню, установка заземлювальних пристроїв (включаючи стаціонарні заземлювальні ножі або

переносні заземлення за їх відсутності), а також розміщення попереджувальних і вказівних плакатів («Заземлено» та ін.) і при необхідності огорожі.



Рисунок 4.1 – Попереджувальний плакат, який застосовується для позначення зони проведення робіт

На рисунку 4.1 представлений попереджувальний плакат, який застосовується під час виконання експлуатаційно-ремонтних робіт.

В електроустановках передбачені колективні та персональні засоби захисту.

Засоби колективного захисту включають електрозахисне обладнання, переносні огороження, заземлюючі тимчасові пристрої, сигнальні плакати і засоби занулення.

До складу індивідуальних електрозахисних засобів входять ізолюючі штанги, електровимірювальні кліщі, покажчики наявності напруги, діелектричні рукавички, взуття та покриття, а також ізолюючі накладки та опорні підставки.

4.4 Вимоги електробезпеки при монтажі електрообладнання та призначення освітлювальної установки

У приміщеннях виробничого, адміністративного та житлового призначення експлуатуються системи освітлення, що містять струмопровідні елементи, частина яких знаходиться у зоні можливого контакту з людиною. Найбільш небезпечним фактором при експлуатації систем освітлення є можливість дотику людини до елементів, що знаходяться під напругою. При виникненні аварійних режимів, пов'язаних з пробоем ізоляції та замиканням на корпус, потенційну небезпеку також становлять металеві частини обладнання, що не є струмопровідними в штатних умовах експлуатації [11].

Виробничий травматизм під час виконання електромонтажних робіт є однією з актуальних проблем у галузі охорони праці та промислової безпеки. Навіть високий рівень професійної підготовки та значний практичний досвід працівників не здатні повністю виключити ризик виникнення нещасних випадків та отримання травм. Мінімізація ймовірності небезпечних ситуацій забезпечується виключно за допомогою суворого дотримання вимог охорони праці, нормативно-правових документів і правил техніки безпеки, що регулюють проведення електромонтажних робіт.

Кожен роботодавець зобов'язаний організовувати інструктаж з безпеки для персоналу. Під час його проведення працівнику повідомляють правила виконання робіт, визначають безпечні та заборонені місця знаходження, а також інформують про частини освітлювальних систем, що знаходяться під струмом.

Виконання висотних робіт допускається лише за умови використання спеціалізованих засобів доступу та обладнання, що забезпечують безпеку персоналу. Для проведення таких робіт можуть застосовуватися переносні сходи та драбини довжиною до 5 м, будівельні риштування та робочі настили, майданчики мостових кранів з огорожею висотою не менше 1 м, а також підйомні платформи та телескопічні вежі. Переносні сходи та драбини

необхідно обладнати засобами фіксації, що забезпечують їх стійкість і запобігають зсуву, складання або падіння під час експлуатації.

Для працівників, які виконують завдання на висоті, необхідно забезпечити наявність сумок або підсумків для безпечного зберігання інструменту та дрібних деталей. Забороняється виконувати роботи на незафіксованих конструкціях, а також перелазити через огороження або іншим чином їх долати [15].

Забороняється скидати вниз інструменти або будь-які предмети під час виконання робіт на висоті. Якщо необхідно передати інструмент нагору, його закріплюють у середині мотузки: один кінець мотузки утримує працівник, що знаходиться зверху, а інший робочий знизу, забезпечуючи безпечну подачу. Габарити приставних драбин і драбин мають бути розраховані таким чином, щоб персонал міг виконувати роботи, перебуваючи в положенні стоячи на сходинці, розташованій не менше ніж на 1 м нижче верхнього торця сходів.

На початок виконання робіт на висоті виконавець зобов'язаний вивчити особливості майбутніх операцій та порядок підйому (доступу) до робочої зони. Крім того, необхідно провести огляд запобіжного поясу, переконавшись у його справності та перевіrivши актуальність терміну чергового випробування.

Інвентарні сходи і драбини підлягають обов'язковому маркуванню з присвоєнням номера і внесенням до журналу обліку та випробувань такелажного обладнання, щаблі дерев'яних приставних сходів повинні бути надійно врізані в тятиви, які через кожні 2 м слід скріплювати з'єднувальними болтами, а нижні кінці сходів. гумових наконечників залежно від матеріалу та типу поверхні [12].

Перед використанням приставних драбин і драбин слід перевірити відповідність їх опорних елементів умовам установки: на ґрунті – наявність металевих наконечників для фіксації, на гладких поверхнях – ковзаючих гумових накладок.

При проведенні робіт з використанням драбин і драбин не допускається:

- виконувати роботи з електроінструментом на висоті із застосуванням приставних сходів та допоміжних сходових конструкцій;
- працювати на неукріплених елементах конструкцій, пересуватися ними і перелазити через захисні огороження;
- виключається пересування сходами з інструментом чи вантажем до рук і експлуатація сходів, щаблі яких прибиті цвяхами;
- забороняється експлуатація несправних або забруднених слизькими речовинами драбин, а також виконання робіт та знаходження персоналу в зоні під сходовою конструкцією;
- не може бути дозволено встановлювати драбину біля механізмів, що обертаються, і працювати на ній, перебуваючи ближче 1 м від верхнього краю;
- не допускається виконання робіт з двох верхніх щаблів драбин, не обладнаних перильними огорожами, а також одночасне знаходження на сходах більше однієї людини.

Застосування електроінструментів допускається як у приміщеннях будь-якого типу, так і на відкритих майданчиках.

Допускається використання електроінструментів, що мають подвійну ізоляцію або живляться через розділовий трансформатор або пристрій захисного відключення.

Експлуатація електроінструменту з подвійною ізоляцією або живлення через розділовий трансформатор допускається без застосування додаткових засобів індивідуального або колективного захисту, при цьому його використання підлягає негайному припиненню при виявленні будь-якого дефекту. При експлуатації електроінструменту із заземлюваним корпусом штепсельна розетка має бути оснащена спеціальним заземлюючим контактом, що забезпечує підключення захисного провідника. Періодичний контроль технічного стану електроінструменту повинен здійснюватися з періодичністю не рідше ніж один раз на три місяці [16].

Робота в одязі з вільними елементами, що звисають (рукави, пояс) не допускається. Монтажні роботи під напругою заборонені. Під час пробивних робіт необхідно використовувати захисні окуляри (звичайні, «триплекс» або сітчасті без скла). Перед монтажем групових щитків та електроапаратів слід переконатися у міцності та надійності закріплення всіх несучих та монтажних конструкцій.

Професійно організоване технічне обслуговування систем освітлення є ключовим фактором забезпечення їхньої стабільної та безвідмовної роботи протягом усього експлуатаційного періоду. В рамках регламентного сервісу через встановлені інтервали часу виконується комплекс заходів, спрямованих на збереження справного технічного стану обладнання та підтримання необхідних експлуатаційних характеристик системи [15].

4.5 Забезпечення пожежної безпеки

У багатьох випадках причиною пожежі стає порушення норм пожежної безпеки під час виконання електромонтажних робіт та розміщення електроприладів та освітлювального обладнання у безпосередній близькості від горючих матеріалів та конструкцій [17].

До факторів, що сприяють виникненню пожежонебезпечних ситуацій в електротехнічних системах, відносяться аварійні режими роботи електрообладнання, включаючи струми короткого замикання, термічне перевантаження струмопровідних елементів, утворення електричної дуги і іскроутворення, наявність підвищеного контактного опору в з'єднаннях, а також виникнення теплових з'єднання.

Система пожежної безпеки в навчальних закладах України є комплексом організаційно-технічних заходів, що реалізуються відповідно до вимог національного законодавства та нормативних актів у сфері цивільного захисту та пожежної безпеки, а також внутрішніми регламентами, що затверджуються адміністрацією освітнього закладу з урахуванням специфіки його діяльності.

Розроблена документація спрямована на безпеку учасників освітнього процесу, співробітників установи, а також на запобігання шкоді будинкам, обладнанню та іншим матеріальним ресурсам у разі виникнення пожежонебезпечних ситуацій.

Керівництво ліцею має організувати належний утримання та безпечне функціонування електричних мереж та обладнання, забезпечувати своєчасне виконання технічного обслуговування, профілактичних перевірок та планових ремонтних робіт, а також експлуатацію електроустановок та апаратури відповідно до встановлених нормативів з обов'язковим оперативним усуненням виявлених несправностей та порушень. Усередині будівлі та на прилеглий території необхідно виключити всі пожежонебезпечні фактори, регулярно проводити інструктажі з пожежної безпеки, мати та підтримувати план евакуації та систему оповіщення, утримувати приміщення та територію в порядку та чистоті, а також використовувати при обробці матеріали, що не підтримують горіння.

Всі елементи протипожежного захисту будівель, споруд та приміщень - включаючи системи видалення диму, автоматичні установки пожежної сигналізації та пожежогасіння, мережі протипожежного водопостачання, а також вогнестійкі двері, клапани та інші конструктивні перешкоди в протипожежних перешкодах - повинні знаходитися в постійній готовності до роботи та зберігання [16].

У всіх адміністративних, господарських та обслуговуючих приміщеннях ліцею на видимих місцях повинні бути розміщені інформаційні таблички з номером телефону для виклику пожежної охорони, які забезпечують швидкий доступ до екстрених контактів у разі потреби.

Експлуатація приміщень повинна здійснюватись з дотриманням нормативно встановленої місткості. Розміщення меблів, обладнання та інших предметів у навчальних аудиторіях, кабінетах, майстернях, харчоблоках та інших зонах має бути організовано таким чином, щоб не створювати перешкод

для безпечної та своєчасної евакуації людей, а також не обмежувати доступ до засобів первинного пожежогасіння.

Шляхи евакуації, включаючи проходи, виходи, коридори, тамбури та сходові марші повинні постійно залишатися вільними і не використовуватися для складування будь-яких предметів або розміщення обладнання. Двері, встановлені в сходових клітках, коридорах, перехідних тамбурах і вестибюлях, повинні бути оснащені ущільнювачами в притворах та пристроями для автоматичного закривання, причому ці елементи повинні постійно підтримуватися в справному технічному стані.

При розробці плану евакуації у разі пожежі виконується графічне відображення об'єкта (підприємства, установи чи організації), на якому умовними знаками є розміщення засобів пожежної безпеки та зв'язку. На схемі відзначаються місця встановлення телефонів, вогнегасників, ручних сповіщувачів пожежної сигналізації, пожежних кранів, комплектів ключів від приміщень та електрощитових, а також пожежних сходів. Крім того, позначаються основні та резервні шляхи евакуації людей.

Протипожежний інструктаж проводиться для ознайомлення працівників із вимогами пожежної безпеки та діями під час пожежі. Відповідальні особи, призначені наказом керівника установи, забезпечують контроль за справністю, безпекою та постійною готовністю до використання первинних засобів пожежогасіння. В адміністративних будинках на кожному поверсі передбачається розміщення не менше двох ручних вогнегасників [17].

При проектуванні та експлуатації систем пожежної сигналізації в дитячих закладах потрібне суворе дотримання встановлених норм і правил пожежної безпеки, оскільки навіть короточасне загоряння при несвоєчасному реагуванні може призвести до важких наслідків, включаючи загрозу життю вихованців, які не мають достатніх навичок поведінки у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

В рамках виконання дипломної роботи вивчено та проаналізовано наукові публікації з низки дослідницьких областей:

- стан освітлення шкіл;
- вимоги до організації освітлення в освітніх установах;
- рекомендації по влаштуванню освітлення окремих приміщень;
- оптимізація енергоспоживання у навчальних закладах із застосуванням «розумного» освітлення.

У рамках розробки світлотехнічної частини роботи було виконано аналіз умов зорової роботи приміщень, підбір джерел світла та освітлювального обладнання, обґрунтування конфігурації системи освітлення, визначення нормативних параметрів освітленості, оцінка якісних та кількісних показників освітлення, розробка схеми розміщення світильників та проведення

У третій частині дипломної роботи представлені результати розгляду та обґрунтування наступних питань:

- виконано вибір параметрів системи електроживлення, проведено підбір пристроїв живлення, а також розроблена схема електропостачання з визначенням характеристик електричної мережі;
- вибір системи електропроводки, і навіть визначено способи її прокладання й установки;
- здійснено розрахунок освітлювальних мереж, виконано підбір апаратів захисту та визначено місця їх встановлення;
- методи керування освітленням.

У розділі «Охорона праці» розроблено комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних та відповідних нормативним вимогам умов праці під час виконання монтажних, ремонтних та експлуатаційних робіт системи освітлення ліцею у місті Ковель.

При реалізації цих рішень у ліцеї передбачається розробка та впровадження комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на

забезпечення безпечних умов праці під час монтажу та експлуатації системи освітлення, а також підвищення рівня пожежної безпеки та організацію ефективних заходів первинного пожежогасіння на об'єкті.

Визначено основні заходи захисту, спрямовані на забезпечення безпечного монтажу та надійної експлуатації системи освітлення із дотриманням вимог пожежної безпеки.

Система освітлення ліцею, розроблена в рамках даної дипломної роботи, відповідає чинним нормативним вимогам щодо кількісних та якісних характеристик світлового середовища. У приміщеннях забезпечено необхідний рівень зорового комфорту для ефективної навчальної та викладацької діяльності.

Проведені розрахунки підтвердили відповідність розробленої системи освітлення вимогам чинних нормативних документів щодо освітлення закладів освіти. Використання сучасних світлодіодних світильників дозволило підвищити енергоефективність освітлювальної установки та знизити експлуатаційні витрати. Запропоновані технічні рішення забезпечують рівномірний розподіл світлового потоку, зменшують зорове навантаження на учнів і викладачів та сприяють створенню комфортних умов для навчального процесу.

Розроблена система освітлення також характеризується високою надійністю, простотою обслуговування та можливістю подальшої модернізації. Передбачені заходи з електробезпеки та пожежної безпеки підвищують рівень безпечної експлуатації електрообладнання. Отримані результати можуть бути використані під час проєктування або реконструкції систем освітлення інших закладів освіти. Реалізація запропонованого проєкту сприятиме покращенню якості освітнього середовища та підвищенню енергоефективності будівлі ліцею.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Терешкевич Л. Б., Бабенко О. В. – «Освітлення промислових споруд та житлових будинків» – 2022, Видавництво: ВНТУ, Вінниця, с.93.
2. Козаков Г. В. Сучасна світлова архітектура: підручник. – Львів: Растр-7, 2013. – 530 с.
3. Прядко О. М. Світлотехніка: навч. посібник. – Київ: КНУКіМ, 2017. – 343 с. – ISBN 966-602-207-6.
4. Ляшенко О. М., Васильєва Ю. О. Світлотехнічні установки та системи: конспект лекцій (для претендентів на перший (бакалаврський) рівень вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка). – 2021. – 137 с.
5. О. І. Соловей, А. В. Чернявський, О. О. Ситник та ін. – «Споживачі електричної енергії. Електричне освітлення», Навчальний посібник – Черкаси : ФОП Гордієнко Є. І., 2018. – 132 с.
6. Матвійчук В. А., Штуць А. А., Рубаненко О. О. «Електротехнології та освітлення. Навчальний посібник з організації самостійної роботи» – 2021, Вінниця: ВНАУ. 120 с.
7. ДБН В.2.5-28-2018. Природне та штучне освітлення. – Чинний від 01.03.2019. – Київ: НДІБК, 2018.
8. Козирський В. В., Волошин С. М. – «Основи електропостачання» – 2021 Підручник. Київ: ЦП «КОМПРІНТ». 527 с.
9. Мельник О. В., Гриценко С. І. Світлотехнічні прилади та системи: навчально-методичний посібник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 110 с.
10. Іванов О. Л., Петренко С. М. Електропостачання та електроспоживання : навчальний посібник. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2022. 270 с.
11. Балічева Н. В. Основи охорони праці та безпеки життєдіяльності: навчальний посібник. – Умань: Візаві, 2023. – 273 с.

12. О. Г. Янчик, В. Ф. Райко, Н. Д. Устинова та ін. – «Організація електробезпеки в професійній діяльності» – Харків : НТУ «ХП», 2022. – 304 с.
13. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 р. № 2695-ХІІ. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 19.05.2026).
14. В. Ф. Райко, О. Г. Янчик, Ю. Г. Масікевич та ін. – «Безпека праці в надзвичайних умовах» – Харків : Факт, 2024. – 296 с.
15. Д. О. Павленко, О. А. Максименко – «Виробничий травматизм в енергетичній галузі» – Харків : Планета-Прінт, 2021. – 292 с.
16. М. Т. Лут, І. П. Радько, П. М. Ковтун, О. В. Окушко – «Охорона праці (електробезпека)» – Київ, 2017. – 355 с.
17. Правила пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2004): наказ МНС України від 19.10.2004 № 126. – Київ: МНС України, 2004. – 120 с. (дата звернення: 20.05.2026).

Додаток А Світлотехнічна відомість

№ з/п	Назва приміщення	S, м ²	h _р , м ²	Відбиваючі характеристики			Точність зорових робіт	Умови середов. приміщення	Тип джерела світла	Сис-ма освіт-ня	Нормов. освітле-ність Е _н , Лк	Тип СП і потуж-ність ламп	К-ть світл о-точок	Якісні характеристики				Встанов. потуж-ність, кВт	Пито-ма потуж-ність, кВт/м ²
				ρ _{с.}	ρ _{ст.}	ρ _{р.п.}								М	С	К _п	Е _ц		
1	Кабінет завідувача кафе	26	2,2	0,7	0,5	0,3	I	норм	СД	З.Р.	200	VIDEX	3	60	-	15	-	0,24	0,07
2	Складське приміщення	12	2,2	0,7	0,5	0,3	V	норм	СД	З.Р.	75	VIDEX	2	40	-	15	-	0,16	0,010
3	Кухня	22	2,2	0,7	0,5	0,3	V	норм	СД	З.Р.	200	VIDEX	2	40	-	15	-	0,16	0,010
4	Приміщення для зберігання товару	15	2,2	0,7	0,5	0,3	V	норм	СД	З.Р.	200	VIDEX	2	40	-	15	-	0,16	0,09
5	Венткамера	12	3	0,7	0,5	0,3	VIII	норм	СД	З.Р.	50	VIDEX	1	-	-	-	-	0,06	0,005
6	Електрощитова	3	2	0,7	0,5	0,3	IV	норм	СД	З.Р.	200	VIDEX	1	40	-	20	-	0,09	0,02
7	гардероб	10	3	0,7	0,5	0,3	VI	норм	СД	З.Р.	150	VIDEX	2	-	-	-	-	0,08	0,006
8	гардероб	15	3	0,7	0,5	0,3	VI	норм	СД	З.Р.	150	VIDEX	2	-	-	-	-	0,08	0,004
9	Сан. вузол	4	3	0,7	0,5	0,3	VIII	вол.	СД	З.Р.	75	VIDEX	2	-	-	-	-	0,04	0,01
10	Приміщення для зберігання посуду/контейнерів	12	3	0,7	0,5	0,3	VIII	норм	СД	З.Р.	75	VIDEX	1	-	-	-	-	0,02	0,002
11	Інвентарна	6	3	0,7	0,5	0,3	VIII	норм	СД	З.Р.	50	VIDEX	1	-	-	-	-	0,02	0,0025
12	Коридор	36	3	0,7	0,5	0,3	VIII	норм	СД	З.Р.	75	VIDEX	7	-	-	-	-	0,28	0,006

№ з/п	Назва приміщення	S, м ²	h _p , м ²	Відбиваючі характеристики			Точність зорових робіт	Умови середов. приміщення	Тип джерела світла	Сис-ма освіт-ня	Нормов. освітленість E _n , Лк	Тип СП і потужність ламп	К-ть світло-точок	Якісні характеристики				Встанов. потужність, кВт	Пито-ма потужність, кВт/м ²
				ρ _{с.}	ρ _{ст.}	ρ _{р.п.}								М	С	К _п	Е _ц		
13	Святкова зала	112	3	0,7	0,5	0,3	III	норм	СД	З.Р.	300	VIDEX	20	40	-	15	100	1,58	0,01 ₁
14	Коридор	33	3	0,7	0,5	0,3	VIII	норм	СД	З.Р.	75	VIDEX	7	-	-	-	-	0,28	0,00 ₆
15	Посудомийне приміщення	6	2,4	0,7	0,5	0,3	IV	вологі	СД	З.Р.	200	VIDEX	2	60	-	20	-	0,16	0,02 ₃
16	Приміщення для зберігання посуду/контейнерів	6	3	0,7	0,5	0,3	VIII	норм	СД	З.Р.	75	VIDEX	1	-	-	-	-	0,02	0,00 ₃
17	Приміщення для обслуговуючого персоналу	2	3	0,7	0,5	0,3	VIII	норм	СД	З.Р.	50	VIDEX	1	-	-	-	-	0,01	0,00 ₄

№ з/п	Назва приміщення	S, м ²	h _p , м ²	Відбиваючі характеристики			Точність зорових робіт	Умови середов. приміщення	Тип джерела світла	Сис-ма освіт-ня	Нормов. освітле-ність E _n , Лк	Тип СП і потуж-ність ламп	К-ть світл о-точок	Якісні характеристики				Встан ов. потуж-ність, кВт	Пито-ма потуж-ність, кВт/м ²
				ρ _{с*}	ρ _{ст*}	ρ _{р.п.}								М	S	K _n	E _n		
1	Великий зал	63	2,4	0,7	0,5	0,3	III	норм	СД	З.Р.	300	VIDEX	15	40	-	15	100	1,19	0,014
2	Коридор	25	3	0,7	0,5	0,3	VIII	норм	СД	З.Р.	75	VIDEX	4	-	-	-	-	0,16	0,04
3	Адмін-кабінет	18	2,4	0,7	0,5	0,3	III	норм	СД	К	300	VIDEX	4	40	-	15	-	0,32	0,014
4	Складське приміщення	5	3	0,7	0,5	0,3	VIII	норм	СД	З.Р.	50	VIDEX	1	-	-	-	-	0,01	0,002
5	Комора	5	3	0,7	0,5	0,3	VIII	норм	СД	З.Р.	50	VIDEX	1	-	-	-	-	0,01	0,002
6	Мийна	6	2,4	0,7	0,5	0,3	IV	вологі	СД	З.Р.	200	VIDEX	2	60	-	20	-	0,16	0,023
7	Малий зал	28	2,4	0,7	0,5	0,3	V	норм	СД	З.Р.	200	VIDEX	4	60	-	15	-	0,32	0,01