

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**бакалавр**

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Модернізація системи освітлення парку в центрі м. Кисва**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТ-41

напряму підготовки (спеціальності)

**141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»**

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

**Дорошенко С.С.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

**Белякова І.В.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

**Мовчан Л.Т.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

**Коваль В.П.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

**Шелестовський Б.Г.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії  
(повна назва кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Коваль В.П.

«    »      2026 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(шифр і назва)

студенту Дорошенку Сергію Сергійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація системи освітлення парку в центрі м. Києва

Керівник роботи Белякова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від 31 грудня 2025 року № 4/7– 1162

2. Термін подання студентом роботи 19 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи генеральний план та топографічна зйомка території, технічні умови на підключення до електромережі.

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

1. Аналітичний розділ.

2. Проектно-конструкторський розділ.

3. Розрахунковий розділ.

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.

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

Презентація з наведеними результатами роботи, порівняльні таблиці, рисунки з елементами системи освітлення парку в центрі м. Києва.



## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТ – 41. - Т.: ТНТУ, 2026.

Обсяг кваліфікаційної роботи становить 61 сторінку. В роботі міститься 18 рисунків, 7 таблиць, 21 літературне джерело.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: модернізація системи освітлення парку в центрі м. Києва.

**Метою роботи** є розробка та обґрунтування проєкту модернізації системи зовнішнього освітлення парку м. Києва шляхом впровадження енергоефективних технологій.

Для досягнення поставленої мети було виконано комплексний аналіз просторово - планувальних особливостей міського парку та специфіки його перспективного енергоспоживання.

### **Перелік ключових слів :**

ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ВУЛИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ, СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ, СВІТИЛЬНИК, РЕКОНСТРУКЦІЯ, ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ.

**ЗМІСТ**

<b>ВСТУП</b>	<b>6</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>8</b>
1.1 Основні етапи планування та проектування модернізації системи освітлення в центрі м. Києва	8
1.2 Роль освітлення у формуванні архітектурно-ландшафтного середовища сучасного мегаполісу	9
1.3 Аналіз технічних рішень та загальна характеристика обладнання для модернізації системи освітлення парку	11
<i>1.3.1. Класифікація систем зовнішнього освітлення міських парків</i>	13
<i>1.3.2. Типи світлових опор та особливості їх застосування в паркових зонах</i>	20
<i>1.3.3. Вимоги до якості електроенергії в системах зовнішнього освітлення</i>	23
1.4 Висновки до розділу 1	24
<b>2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>25</b>
2.1 Опис об'єкта реконструкції	25
2.2 Опис існуючого світлотехнічного обладнання парку	27
2.3 Реалізація проєкту з модернізації системи освітлення парку	29
<i>2.3.1 Вибір освітлювальних приладів</i> .....	29

	5
<i>2.3.2 Електричні мережі модернізованої системи освітлення</i>	38
<i>2.3.3 Кабельні мережі освітлення</i>	40
2.4 Висновки до розділу 2	42
<b>3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ</b>	44
3.1 Розрахунок живлення	44
3.2 Вибір апаратів захисту	48
3.3 Монтаж кабелю	50
3.4 Техніко-економічний розрахунок	51
3.5 Висновки до розділу 3	54
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	55
4.1 Характеристика об'єкта модернізації та аналіз потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів	55
4.2 Організаційні та технічні заходи із забезпечення електробезпеки та безпечного виконання робіт на висоті	56
4.3 Пожежна безпека модернізованої системи освітлення та заходи з цивільного захисту	57
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ</b>	59
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	60

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Міські паркові зони та громадські площі є ключовими елементами просторової структури й екологічного каркаса сучасного мегаполісу, які забезпечують соціальну та рекреаційну активність населення як у денний, так і у вечірній чи нічний час. Сталий розвиток цих територій вимагає комплексної модернізації застарілих інженерних систем. Зокрема, впровадження інтелектуальних технологій зовнішнього освітлення (Smart Lighting) дозволяє оптимізувати нічну інфраструктуру міста, суттєво підвищуючи рівень громадської безпеки та покращуючи візуальний комфорт міського середовища.

У межах такої реновації здійснюється заміна технічно застарілих та енергоємних газорозрядних натрієвих ламп на сучасні світлодіодні (LED) системи з функцією адаптивного керування. Реалізація цього підходу забезпечує не лише масштабне технічне переоснащення кабельних та комутаційних мереж, а й призводить до суттєвого зниження обсягів споживання електричної енергії. Економічний ефект досягається завдяки динамічному регулюванню інтенсивності світлового потоку (димуванню) залежно від часу доби, щільності пішохідного потоку та погодних умов.

Реконструкція – це процес, спрямований на цілеспрямовану зміну технічних параметрів наявної системи. Зокрема, реконструкція системи вуличного освітлення паркових зон має на меті підвищення рівня комфорту та безпеки відвідувачів у темну пору доби, а також оптимізацію роботи освітлювальної інфраструктури. Цей етап передбачає заміну застарілих світильників, встановлення сучасних аналогів і прокладання нових інженерних комунікацій.

У процесі тривалої експлуатації система електропостачання зазнає не лише фізичного зношення, але й потребує адаптації до нових експлуатаційних

вимог об'єкта. Унаслідок цього наявна мережа може перестати відповідати початковим

проектним рішенням і чинним нормативним стандартам. Це, зі свого боку, ставить під сумнів надійність електропостачання та безпеку функціонування об'єкта.

Оптимальним рішенням за таких умов є проведення комплексної реконструкції або повної заміни системи електропостачання. У всіх випадках роботи необхідно розпочинати з фахового перегляду наявної технічної документації або розроблення нового проекту, який повністю відповідатиме сучасним технічним вимогам та стандартам.

Розробка та реалізація проекту реконструкції існуючої системи вуличного освітлення в Центральному парку вимагає значного фінансування, оскільки ресурсів муніципального бюджету для комплексної модернізації комунальних об'єктів часто буває недостатньо. Тривала відсутність оновлення інфраструктури призводить до зниження рівня соціальної безпеки та втрати парковими зонами своєї рекреаційної привабливості.

З огляду на це, метою кваліфікаційного проекту є розробка плану реконструкції системи вуличного освітлення в Центральному парку м. Києва. Необхідність такої реконструкції зумовлена невідповідністю поточного стану електромереж сучасним стандартам якості освітлення, а також потребою забезпечити належний рівень безпеки та комфорту містян. Проектна пропозиція передбачає організацію високоякісного освітлення ключових об'єктів парку, зокрема: зелених насаджень, фонтанів, дитячих майданчиків, пам'яток культури, комерційних павільйонів, пішохідних алей, альтанок та інших елементів благоустрою.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку посилань.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Основні етапи планування та проектування модернізації системи освітлення в центрі м. Києва

Процес модернізації зазвичай можна поділити на кілька етапів: планування, проектування (інжиніринг), ремонт несучих конструкцій, реалізація та завершення. Розвиток технологій суттєво вплинув на процес модернізації, підвищивши вагомість та надійність етапу планування. Ця кваліфікаційна робота охоплює перші два етапи - планування та проектування (інжиніринг).

На першому етапі (планування) необхідно провести комплексний аналіз та обстеження об'єкта дослідження - парку м. Києві. Під час обстеження передбачається здійснити вимірювання поточного рівня освітленості, класифікувати наявні світильники та визначити шляхи підвищення ефективності системи вуличного освітлення парку.

На другому етапі (проектування) пропонується виконати комплекс розрахунків для вибору оптимальної структури та складу системи вуличного освітлення. Завданням цього етапу є вибір найефективніших джерел світла, визначення місць їхнього встановлення, а також вибір трас кабельних ліній і способів їхнього прокладання. Крім того, передбачено здійснити економічну оцінку витрат на обладнання для системи вуличного освітлення парку м. Києва.

Основна увага під час модернізації системи електропостачання парку приділятиметься оновленню системи освітлення із заміною кабелів живлення та вуличних світильників. Розробка комплексного проекту реконструкції дозволить не лише підвищити привабливість парку для відвідувачів, але й залучити нових орендарів.

Крім того, ключовим аспектом сучасної модернізації є впровадження енергоощадних технологій. Використання сучасних світлодіодних (LED)

джерел світла та потенційне впровадження автоматизованих систем управління дозволить суттєво знизити витрати на електроенергію та експлуатаційне обслуговування. Належний рівень освітленості також сприятиме підвищенню безпеки відвідувачів у вечірній та нічний час. Таким чином, комплексна реконструкція не лише вирішить технічні проблеми застарілої інфраструктури, але й створить комфортне міське середовище, що відповідає сучасним стандартам урбаністики.

## **1.2 Роль освітлення у формуванні архітектурно - ландшафтного середовища сучасного мегаполісу**

З настанням сутінків та нічної пори доби, грамотно спроектоване вуличне освітлення відіграє ключову роль у створенні комфортної атмосфери, забезпеченні достатньої видимості та підтримці рівня безпеки на пішохідних маршрутах.

Сучасний підхід до урбаністичного освітлення вимагає переходу від простого утилітарного підсвічування до створення продуманого світлового середовища.

***Нижче наведено основні напрямки застосування освітлення в міському середовищі :***

***Ландшафтний дизайн:*** Використання дрібних світлодіодних гірлянд на деревах стало поширеною практикою в міському просторі незалежно від святкових сезонів. Дослідники зазначають, що таке освітлення формує естетично привабливе середовище, підвищує інтерес до громадських просторів і створює психологічно комфортну атмосферу. Важливою умовою при цьому є дотримання екологічних норм, аби мінімізувати світлове забруднення та шкоду для флори і фауни.

***Зупинки громадського транспорту:*** Якісне освітлення автобусних, трамвайних чи тролейбусних зупинок є критичним фактором для суб'єктивного

відчуття безпеки пасажирів. Окрім психологічного комфорту, належне світло знижує ризики вандалізму та забезпечує кращу видимість пасажирів для водіїв, що є важливим елементом профілактики ДТП.

**Вхідні групи будівель:** Локалізоване вечірнє освітлення входів до будівель, зокрема під'їздів багатоквартирних будинків, ефективніше сприяє безпеці прилеглої території, ніж використання надмірно яскравого загального заливного світла. Спрямоване освітлення створює безпечні транзитні зони та дозволяє уникнути ефекту осліплення.

**Межі рекреаційних зон:** Периметри парків і скверів – зокрема ворота, огорожі та дерева, що проглядаються з прилеглих вулиць – потребують акцентного освітлення для чіткого просторового зонування. Це допомагає пішоходам краще ідентифікувати межі безпечного простору, а будівлі, розташовані по краях парку, створюють плавний візуальний перехід до міської забудови.

**Комерційні вітрини:** Практика залишення вітрин роздрібної торгівлі освітленими після закриття магазинів виконує подвійну функцію. Окрім демонстрації асортименту, м'яке розсіяне світло створює ефект «очей на вулиці» (відповідно до теорії безпеки міських просторів Джейн Джейкобс). Ця тактика залучає пішоходів, стимулює вечірню активність і забезпечує пасивний нагляд за вулицею, що знижує рівень злочинності.

**Архітектурні деталі:** Архітектурне підсвічування фасадів, арок, карнизів та колон підкреслює історичну чи естетичну унікальність забудови. Це сприяє формуванню локальної ідентичності (так званого «генія місця») та підвищує туристичну і візуальну привабливість району.

**Навігаційні елементи:** Освітлені інформаційні стенди, карти та вказівники є обов'язковою умовою для інклюзивного та комфортного орієнтування в темну пору доби. Світловий акцент на навігації мінімізує стрес пішоходів та водіїв у незнайомому середовищі.

**Міські орієнтири (домінанти):** Ілюмінація скульптур, фонтанів, мостів, веж та інших знакових об'єктів створює візуальні орієнтири. Вони діють як

маяки, значно полегшуючи ментальне мапування міста і пошук маршрутів (пошук шляху простором за концепцією Кевіна Лінча).

**Елемент заспокоєння дорожнього руху:** Зміна інтенсивності, кольору або типу освітлення слугує ефективним засобом невербальної комунікації з водіями. Наприклад, різниця у світловому оформленні між швидкісною автомагістраллю та пішохідною вулицею автоматично сигналізує про зміну функціональної зони простору. Це рефлекторно змушує водіїв знижувати швидкість та підвищує їхню пильність.

### **1.3 Аналіз технічних рішень та загальна характеристика обладнання для модернізації системи освітлення парку**

Вуличне освітлення –це інфраструктурна система штучного освітлення, яка використовується на автомобільних дорогах, пішохідних вулицях, площах та в інших громадських просторах. Автоматизовані системи зазвичай вмикають освітлення з настанням сутінків і вимикають після світанку, реагуючи на рівень природної освітленості за допомогою фотореле або працюючи за заданим астрономічним таймером .

#### ***Функції та вимоги до обладнання:***

Головна функція вуличних ліхтарів – забезпечення нормативної видимості та безпеки пересування. Додатково їх застосовують для архітектурного підсвічування, виділення орієнтирів та навігаційних знаків. Оскільки світильники експлуатуються просто неба, вони піддаються агресивному впливу навколишнього середовища. Тому їхні корпуси повинні мати високий ступінь захисту від пилу та вологи (як правило, не нижче стандарту IP65 або IP66).

#### ***Еволюція технологій освітлення:***

Тривалий час стандартом у вуличному освітленні були газорозрядні лампи високої інтенсивності, зокрема натрієві лампи високого тиску (HPS). Вони

забезпечували високий рівень світловіддачі при відносно низькому споживанні електроенергії. Однак сьогодні глобальним стандартом стало впровадження світлодіодних (LED) систем. LED-технології є значно енерго-ефективнішими, мають довший термін служби, краще передають кольори (індекс CRI) та дозволяють гнучко керувати інтенсивністю освітлення (димінг).

### ***Соціально-економічний вимір та безпека:***

Якісне світло є критично важливим, хоча часто недооціненим інструментом розвитку суспільства. Відсутність належного освітлення, особливо в сільських чи периферійних районах, суттєво обмежує вечірню соціальну та економічну активність. Крім того, освітлення є ключовим фактором кримінальної безпеки. Згідно з концепцією запобігання злочинності через проектування середовища (CPTED), належне освітлення усуває «сліпі зони», покращує видимість та знижує ризик нападів і пограбувань у темну пору доби.

### ***Світлотехнічні характеристики:***

Проектування освітлення вимагає різних типів світильників залежно від категорії вулиці чи простору. Якість світлового середовища визначається трьома основними параметрами:

Світловий потік (випромінювання джерела): Загальна кількість світла, яку випромінює лампа в усіх напрямках; вимірюється в люменах (лм).

Освітленість (яскравість на поверхні): Кількість світлового потоку, що падає на одиницю площі поверхні дороги чи тротуару; вимірюється в люксах (лк, що дорівнює 1 лм/м<sup>2</sup>).

Колірна температура та світлорозподіл: Характеристика відтінку світла (від теплого до холодного білого) та геометрія розсіювання світла, яка допомагає уникнути ефекту осліплення пішоходів та водіїв.

### ***Електричні параметри та стандарти живлення:***

Переважає більшість систем вуличного освітлення живиться від мереж змінного струму. Історично (за часів радянських стандартів) номінальна напруга в побутових та дрібнопромислових мережах становила 220 В. Однак, у зв'язку з гармонізацією вітчизняних стандартів з європейськими нормами

(відповідно до чинного в Україні ДСТУ EN 50160:2014), стандартною номінальною напругою сьогодні є 230 В . У даній роботі для проведення розрахунків номінальна напруга приймається на рівні 230 В (або 220 В, якщо досліджується існуюча застаріла мережа).

### 1.3.1 Класифікація систем зовнішнього освітлення міських парків

Сучасні вуличні світильники часто оснащуються датчиками освітленості (фотореле), які автоматично вмикають або вимикають світло залежно від рівня природної освітленості, наприклад, під час сутінків, світанку або в умовах значної хмарності. У старих системах освітлення функція контролю часу вмикання виконувалася за допомогою механічних таймерів або ручного керування. Щодо електроживлення, значна частина мереж вуличного освітлення прокладається під землею (кабельні лінії) замість використання традиційних повітряних ліній електропередачі між опорами. Принципові схеми підключення вуличних світильників наведено на рисунку 1.1.

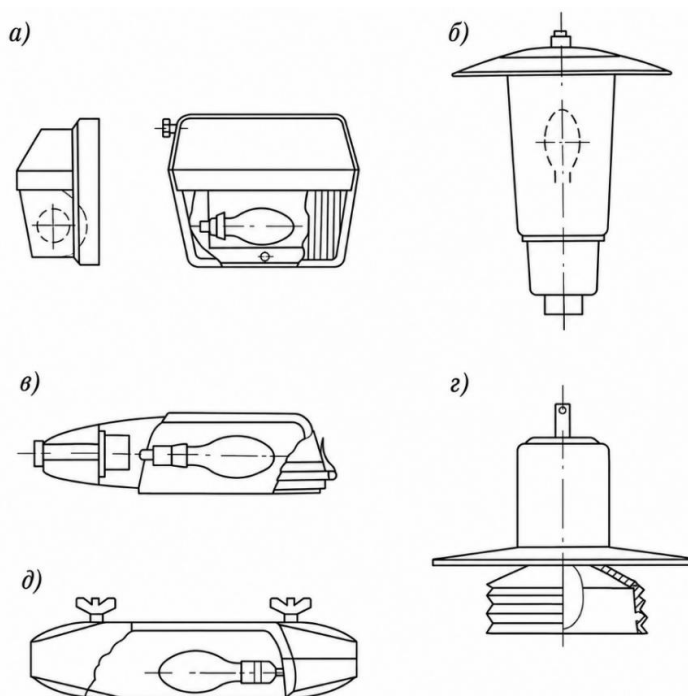


Рисунок 1.1 – Конструкція світильників

а) РБУ, б) СВР, в) РКУ, г) СППР, д) РСУ.

Перші електричні системи вуличного освітлення базувалися на використанні вугільних дугових ламп, проте вони мали два суттєві експлуатаційні недоліки. По-перше, вони випромінювали надто інтенсивне та різке світло. Хоча це було перевагою на великих промислових об'єктах або під час освітлення з високих щогл, для звичайних міських вулиць таке світло було некомфортним (засліплювало пішоходів). По-друге, через пропускання струму великої сили між двома вугільними електродами, стрижні швидко вигорали. Це вимагало значних витрат на регулярне обслуговування та щоденну заміну електродів.

Через ці недоліки, з появою наприкінці XIX століття дешевих і надійних ламп розжарювання, дугові світильники поступово вийшли з ужитку на вулицях міст. Однак їх ще довго використовували там, де був потрібен потужний спрямований світловий потік: у промисловості, на маяках, а також у кінематографі та для сценічного освітлення. На сьогоднішній день відкриті вугільні дугові лампи практично не експлуатуються.

### ***Перехід до ламп розжарювання та централізованого керування***

Наступним етапом розвитку міської інфраструктури стало масове впровадження ламп розжарювання з вольфрамовою ниткою. Це були перші масові електричні ліхтарі малої та середньої потужності, які домінували на вулицях міст усього світу аж до появи більш енергоефективних високоінтенсивних газорозрядних ламп (НІД).

Особливістю інфраструктури того часу була система керування живленням. До винайдення та широкого впровадження автоматизованих фотоелектричних елементів (фотореле) системи освітлення часто будувалися за принципом послідовних кіл або використовували централізовані комутатори, де один ручний перемикач міг керувати вмиканням та вимиканням ліхтарів цілого міського району.

Тривалий час стандартні лампи розжарювання були основою вуличного освітлення, проте через низьку енергоефективність та короткий термін служби їх поступово замінили спочатку газорозрядними лампами, а згодом —

світлодіодними (LED). Сьогодні лампи розжарювання в міській інфраструктурі практично не використовуються, за винятком окремих специфічних сигнальних пристроїв або світлофорів (де також спостерігається тенденція до повної заміни на світлодіоди).

Історично для систем вуличного освітлення, що працювали за принципом послідовного з'єднання, виникала проблема: при перегорянні однієї лампи розривався весь електричний ланцюг, і гасло ціле освітлювальне коло. Щоб запобігти цьому, кожен ліхтар оснащували спеціальними пристроями — ізолювальними трансформаторами. Це забезпечувало безперервність електричного кола: струм продовжував проходити через трансформатор навіть у разі виходу лампи з ладу, підтримуючи роботу інших елементів системи.

#### ***Газокалильні лампи: обмеження використання***

Окремим типом освітлювальних приладів є газокалильні лампи, в яких світло випромінюється завдяки розжарюванню сітки (мантії) при спалюванні газу. Вони не придатні для сучасного автоматизованого вуличного освітлення через низку причин:

Ризики безпеки: існує ймовірність витоку газу, якщо полум'я випадково згасне, що створює загрозу займання або вибуху.

Експлуатаційні обмеження: такі пристрої потребують постійного нагляду, тому їх використання обмежується специфічними умовами, наприклад, при виїздах на природу (полювання, риболовля) або як резервне переносне джерело світла.

#### ***Люмінесцентні лампи***

Люмінесцентна лампа - це газорозрядна лампа низького тиску, в якій ультрафіолетове випромінювання розряду в парах ртуті перетворюється на видиме світло за допомогою шару люмінофора, нанесеного на внутрішню поверхню скляної колби. Завдяки значно вищій світловій віддачі порівняно з лампами розжарювання, вони свого часу набули широкого поширення у вуличній

інфраструктурі. Хоча згодом їх витіснили досконаліші джерела світла, люмінесцентні світильники досі ефективно використовуються для освітлення паркувальних зон та прилеглих територій придорожніх установ.

### ***Металогалогенні та натрієві лампи***

Металогалогенні лампи (МГЛ) — це тип газорозрядних ламп високого тиску, що випромінюють світло, близьке до природного білого спектра, що забезпечує високу якість кольоропередачі. Вони широко застосовуються для освітлення автомагістралей, паркінгів, а також внутрішніх приміщень громадських будівель (школи, лікарні, офіси).

Попри переваги у якості світла, у зовнішньому освітленні вони часто поступаються натрієвим лампам високого тиску, які мають вищу енергоефективність. Хоча натрієві лампи дають характерне жовто-помаранчеве світло, їхня економічна ефективність тривалий час залишалася визначальною для муніципального освітлення.

### ***Світлодіодні технології (LED)***

Світлодіоди (Light Emitting Diode, LED) здійснили революцію у світлотехніці, поступово замінюючи лампи розжарювання та люмінесцентні аналоги у всіх сферах, від сигнальних систем (світлофори, дорожні знаки) до вуличного освітлення. Основні переваги LED-технологій:

### ***Ртутні лампи високого тиску (ДРЛ)***

Ртутні лампи стали одними з найбільш розповсюджених джерел світла вуличного освітлення після появи їхніх перших серійних зразків у 1948 році.

Вони забезпечували значно вищий світловий потік порівняно з лампами розжарювання та люмінесцентними лампами. Проте на початкових етапах експлуатації населення сприймало їх негативно через специфічний спектр випромінювання (блакитно-зелений), що спотворював сприйняття кольорів. До основних технічних недоліків ртутних ламп належать:

Низька якість кольоропередачі: спотворення відтінків шкіри та навколишніх

об'єктів.

Деградація світлового потоку: з часом інтенсивність світла суттєво знижується, тоді як споживання електроенергії залишається незмінним.

Ультрафіолетове випромінювання: значна частина енергії втрачається через випромінювання в УФ-діапазоні, що потребує використання спеціальних фільтрів або люмінофорного покриття.

### ***Керамічні металогалогенні лампи (CDM)***

Керамічні металогалогенні лампи стали ефективною альтернативою ртутним та натрієвим лампам високого тиску. Їхньою ключовою перевагою є високий індекс кольоропередачі (CRI до 90) та стабільність колірної температури протягом усього терміну служби. Маючи високу світлову віддачу (в середньому 80 – 117 лм/Вт), вони забезпечують упр'ятеро більше світла, ніж лампи розжарювання. Сфери їх застосування охоплюють архітектурне підсвічування, освітлення спортивних споруд, вітрин та територій, де важлива точна передача кольору.

### ***Індукційні лампи (без електродів)***

Індукційні лампи – це сучасний тип газорозрядних джерел світла, що характеризується винятковим ресурсом експлуатації (до 100 000 годин). Принцип їхньої дії базується на електромагнітній індукції: високочастотне електромагнітне поле (радіочастотне або мікрохвильове) збуджує інертний газ, що міститься в колбі, змушуючи його випромінювати світло.

### ***Переваги індукційних світильників:***

Миттєвий запуск: на відміну від багатьох інших газорозрядних ламп, вони працюють на повну потужність одразу після ввімкнення.

Стабільність характеристик: висока ефективність та якість спектра.

Водночас слід враховувати експлуатаційне обмеження: на тривалість служби індукційних ламп критично впливає перегрів (понад 35°C), що вимагає належної

вентиляції корпусів світильників. Окрім вуличного освітлення, стабільний спектр цих ламп зумовив їх використання у спеціалізованих технічних галузях, зокрема у спектрометрії.

### ***Натрієві джерела світла та сучасні стратегії модернізації***

Натрієві лампи високого (HPS) та низького (LPS) тиску

Натрієві лампи високого тиску (High Pressure Sodium, HPS) стали стандартом для вуличного освітлення, починаючи з 1970-х років. Хоча спочатку їх характерне жовто-помаранчеве світло викликало неоднозначну реакцію, висока енергоефективність та довговічність зробили їх домінуючим типом світильників у світовій інфраструктурі.

### ***Основні відмінності:***

HPS (Високого тиску): Найбільш поширений тип. Вони забезпечують оптимальний баланс між ефективністю та якістю освітлення. Існують версії з "покращеною передачею кольору" (White HPS), проте вони мають дещо менший термін служби та нижчу енергоефективність порівняно зі стандартними моделями.

LPS (Низького тиску): Мають найвищу енергоефективність серед усіх газорозрядних ламп. Проте вони випромінюють монохроматичне жовте світло (одна довжина хвилі), що майже повністю нівелює здатність розрізняти кольори, через що їх застосування обмежене.

### ***Програми модернізації інфраструктури***

Місцеві органи влади періодично впроваджують схеми капітального оновлення систем освітлення для заміни світильників, ресурс яких вичерпано. Ці процеси включають:

Локальну модернізацію: заміну окремих світильників (наприклад, переоснащення старих корпусів під сучасні HPS або LED лампи).

Комплексне оновлення: повну заміну опор (стовпів) та світильників на нові, що відповідають сучасним європейським та національним стандартам (наприклад, BS EN 13201). Цей процес супроводжується світлотехнічним моделюванням для забезпечення рівномірності освітленості та безпеки руху.

Нижче наведено порівняльну характеристику основних типів світильників,

Таблиця 1.1 – Відмінні індикатори вуличних світильників

<b>Класифікація за висотою вуличного світильника:</b>				
<b>Високе вуличне світло (15 ~ 40 м)</b>	<b>Середній вуличний світильник (12 ~ 15 м)</b>	<b>Дорожня лампа (6 ~ 12 м)</b>	<b>Вуличний садовий світильник (2,5 ~ 5 м)</b>	<b>Світильник галівини (0,6 ~ 0,8 м)</b>
<b>Матеріал стовпа світильника</b>				
3 оцинкованої сталі		Гальванізована сталь		3 нержавіючої сталі
<b>Сортування за джерелом світла</b>				
Напрієвий вуличний світильн.	Світлодіодний вуличний світильник	Енергозберігаючий вуличний ліхтар	Ксенонова лампа	Неполярне вуличне світло
<b>Класифікація за формою</b>				
Китайський вуличний світильн.	Антикварний вуличний світильник	Ландшафтний світильник	Одинарний вуличний світильн.	Подвійний вуличний світильн.
<b>Класифікація на основі методу СІЕ (фр. Commission internationale de l'éclairage)</b>				
Проекція світла: показує, що світло, випромінюване люмінофором, поширюється вертикально вздовж дороги.	Розширення світла: показує ступінь, в якій світло, випромінюване світильником, поширюється горизонтально через дорогу. Вона включає вузькі, нормальні, широкі світильники.			Управління освітленням

### **1.3.2 Типи світлових опор та особливості їх застосування в паркових зонах**

На відміну від повнорозмірних магістральних опор, які забезпечують загальне освітлення великих площ, малогабаритні (парково-декоративні) опори виконують локальну функцію. Низькі декоративні світильники торшерного типу встановлюють уздовж пішохідних доріжок для маркування маршрутів або використовують як світлові акценти біля архітектурних споруд і пам'яток.

Попри візуальну стилізацію деяких опор під старовину (епоху газових ліхтарів), сучасне обладнання базується на передових технологіях. Для підвищення енергоефективності муніципальних мереж застосовують:

Світлодіодні джерела світла (LED): дозволяють мінімізувати експлуатаційні витрати завдяки низькому енергоспоживанню та тривалому ресурсу.

Автономні системи на сонячних батареях: акумулюють сонячну енергію протягом світлового дня для живлення світильників у нічний час, що виключає потребу в прокладанні кабельних мереж.

#### **Конструкційні матеріали опор**

Для виготовлення опор зовнішнього освітлення застосовують широкий спектр матеріалів: сталь, чавун, залізобетон, композитні матеріали (пластик), мідь та алюміній. У сучасній практиці проектування перевага часто надається алюмінієвим опорам завдяки їхнім високим експлуатаційним характеристикам:

Низька питома вага (легкість конструкції): спрощує логістику та монтаж без залучення важкої спецтехніки.

Довговічність: термін служби перевищує 30 років завдяки природній корозійній стійкості.

Естетичний зовнішній вигляд: лаконічний дизайн, який не потребує регулярного фарбування.

Висока пожежна безпека та вогнетривкість.

Стійкість до температурних коливань та зносу в агресивному міському середовищі.

### *Технічні та геометричні параметри проектування*

Відповідно до чинних стандартів, висота опор зовнішнього освітлення варіюється в діапазоні від 3 до 13 метрів.

Для благоустрою паркових зон оптимальним є використання алюмінієвих опор заввишки 4,0 – 4,5 м із діаметром посадкового місця 60 – 76 мм. Такі конструкції комплектуються одним або кількома вінчаючими (торшерними) світильниками, які фіксуються на оголовках типу WA. Загальний вигляд та конструкційні розміри типової опори наведено на рисунку 1.2.

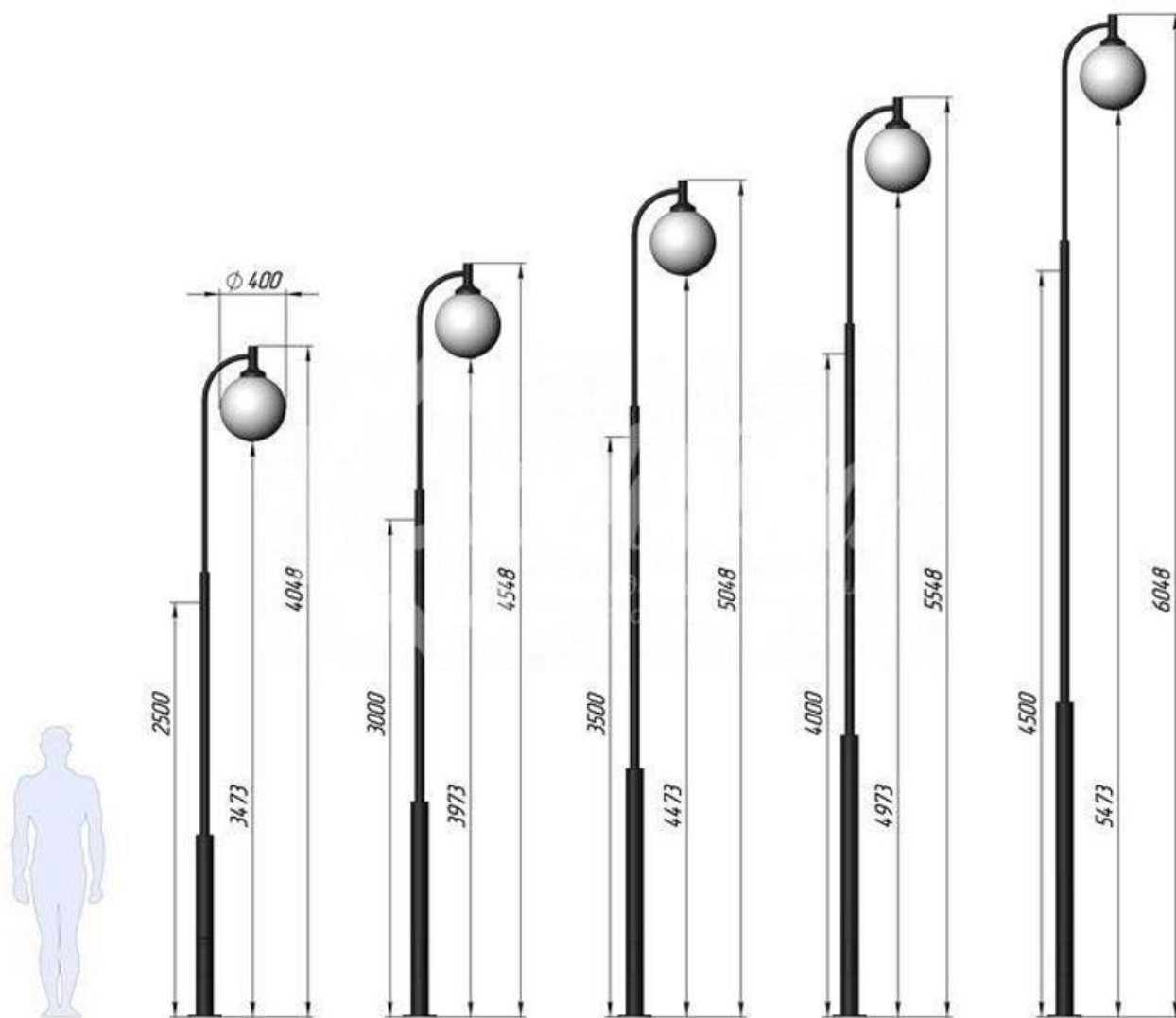


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд та конструкційні розміри опор освітлення

Окрім світлотехнічних завдань, алюмінієві опори мають універсальне застосування в дорожній інфраструктурі та ландшафтному дизайні. Їх викорис-

товують для прокладання повітряних ліній зв'язку, монтажу дорожніх знаків, інформаційних та рекламних щитів, а також як флагштоки.

При проектуванні системи освітлення парку Центрального району з лінійними розмірами території 438 м × 301 м крок розстановки силових опор встановлено на рівні 30 метрів. Цей параметр забезпечує необхідну рівномірність розподілу світлового потоку та нормативний рівень освітленості пішохідних зон згідно з вимогами діючих будівельних норм.

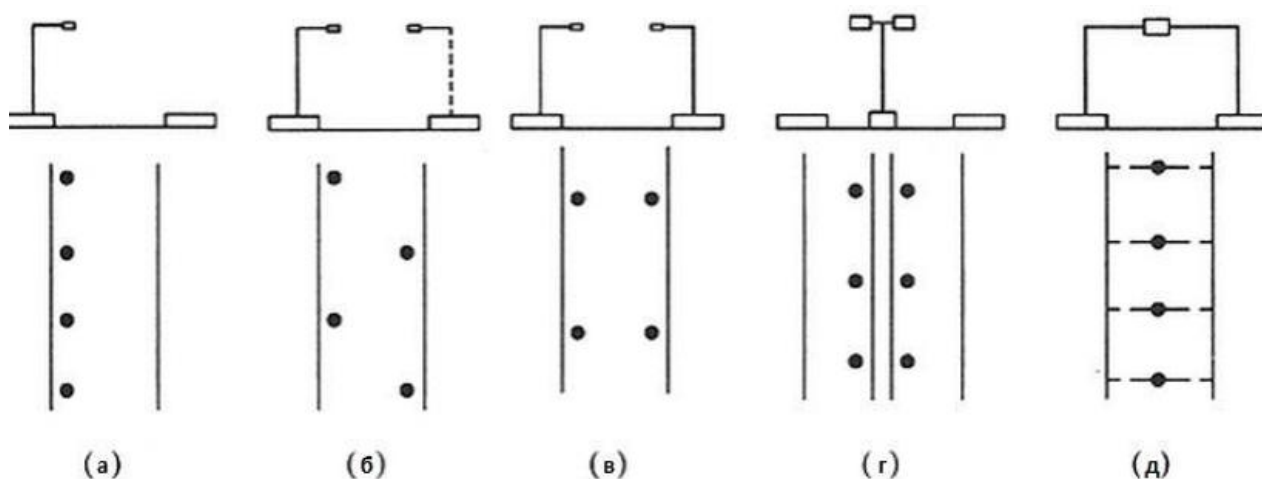


Рисунок 1.3 – Схема просторового розміщення та кроку опор паркового освітлення

а) одностороннє освітлення; б) двостороннє освітлення в шаховому порядку; в) двостороннє симетричне освітлення; г) симетричне освітлення; д) бічні підвісні світильники.

При проектуванні та монтажі елементів системи зовнішнього освітлення ключовим пріоритетом є дотримання вимог безпеки дорожнього й пішохідного руху, а також обмеження засліплювальної дії світильників. Відповідно до будівельних та інженерних норм, встановлюються такі жорсткі обмеження: Просторова безпека: Опори освітлення заборонено розташовувати в потенційно небезпечних місцях (наприклад, на критично близькій відстані до проїжджої частини без захисних бар'єрів, у зонах обмеженої видимості) або на ділянках, де їх наявність суттєво ускладнює чи блокує рух транспортних засобів і пішоходів. Світлотехнічні обмеження: Для запобігання засліпленню учасників

дорожнього руху кут між напрямком випромінювання максимальної сили світла світильника та його вертикальною віссю (надиром) не повинен перевищувати  $65^\circ$ .

### **1.3.3 Вимоги до якості електроенергії в системах зовнішнього освітлення**

Якість електроенергії визначається ступенем відповідності параметрів електричної енергії (напруги, частоти та форми кривої струму) встановленим нормативним стандартам. Такі деструктивні чинники, як вищі електричні гармоніки, низький коефіцієнт потужності, нестабільність та асиметрія (дисбаланс) трифазної напруги, критично знижують ефективність роботи електрообладнання. Це призводить до таких негативних наслідків: Зростання енергоспоживання та фінансових витрат: через додаткові втрати потужності в мережі та трансформаторах. Збільшення витрат на технічне обслуговування: внаслідок прискореного старіння ізоляції та перегріву компонентів. Нестабільність роботи та передчасні відмови обладнання: зокрема чутливої мікропроцесорної техніки та пускорегулювальних апаратів (ПРА). З огляду на це, енергетичний менеджмент є стратегічно важливим фактором для будь-якого підприємства чи муніципалітету. Аудит та моніторинг якості електроенергії мають бути обов'язковою складовою будь-якої комплексної стратегії енергоефективності. Комплексний підхід до вибору систем освітлення. Хоча кількісні показники (рівень освітленості та світловий потік) є базовими, існує низка інших важливих факторів, які необхідно враховувати під час проектування та вибору систем зовнішнього освітлення. До них належать: Енергетична ефективність (світловіддача, лм/Вт): співвідношення світлового потоку до споживаної потужності. Коефіцієнт потужності світильника: мінімізація споживання реактивної потужності. Електромагнітна сумісність (ЕМС): рівень генерації вищих гармонік у мережу драйверами або баластами ламп. Експлуатаційна надійність: тривалість терміну служби та стійкість до коливань напруги. Якісні показники світла: індекс кольоропередачі (CRI), колірна темпе -

ратура та рівень пульсації світлового потоку.

Під час розгляду всіх вищезазначених елементів освітлення, слід зробити висновок про те, що найбільш підходящим для вуличного освітлення, а зокрема для парку, доцільним буде застосування світлодіодного освітлення (LED). Оскільки воно має найбільший термін служби, найменше енергоспоживання і є найбільш безпечним в експлуатації.

#### **1.4 Висновки до розділу 1**

1. Історичний розвиток вуличного освітлення демонструє послідовну заміну неефективних дугових ламп, ламп розжарювання та ртутних аналогів сучасними світлодіодними (LED) системами. Завдяки найдовшому терміну служби, високій енергоефективності та безпеці в експлуатації, LED-освітлення є найбільш доцільним вибором для модернізації паркових зон.

2. Сучасне урбаністичне освітлення виконує не лише утилітарну функцію забезпечення видимості, а й виступає інструментом підвищення безпеки за концепцією CPTED, усуваючи «сліпі зони» та знижуючи рівень злочинності. Крім того, правильне підсвічування ландшафтних елементів, рекреаційних меж та вітрин створює психологічно комфортне середовище й пасивний нагляд за вулицями.

3. Для благоустрою паркових територій найбільш ефективним є використання легких, довговічних та стійких до корозії алюмінієвих опор висотою 4,0 – 4,5 метра, які обладнуються торшерними світильниками. При проектуванні просторового розміщення опор із кроком у 30 метрів ключовим пріоритетом залишається безпека руху та обмеження засліплювальної дії світлового потоку.

4. У зв'язку з переходом України на європейський стандарт номінальної напруги 230 В, розрахунки сучасних мереж орієнтуються на цей показник із обов'язковим контролем якості електроенергії. Комплексний підхід до вибору світлотехнічного обладнання вимагає врахування не лише рівня освітленості, але й показників енергоефективності, електромагнітної сумісності та експлуатаційної надійності.

## 2 ПРОЕКТНО - КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Опис об'єкта реконструкції

Міський сад (парк) – це затишна зелена оаза та популярний центр відпочинку, розташований у самісінькому центрі м. Києва. Парк, загальна площа якого сягає близько 11,5 гектара, має чіткі просторові межі. Від площі конституції на заході. З південного боку територія обмежена Садовою вулицею, зі сходу межує зі стадіоном «Динамо», а з півночі до парку прилягає паркінг головного корпусу столичної адміністрації. Офіційна адреса локації - вул. Садова, 6.

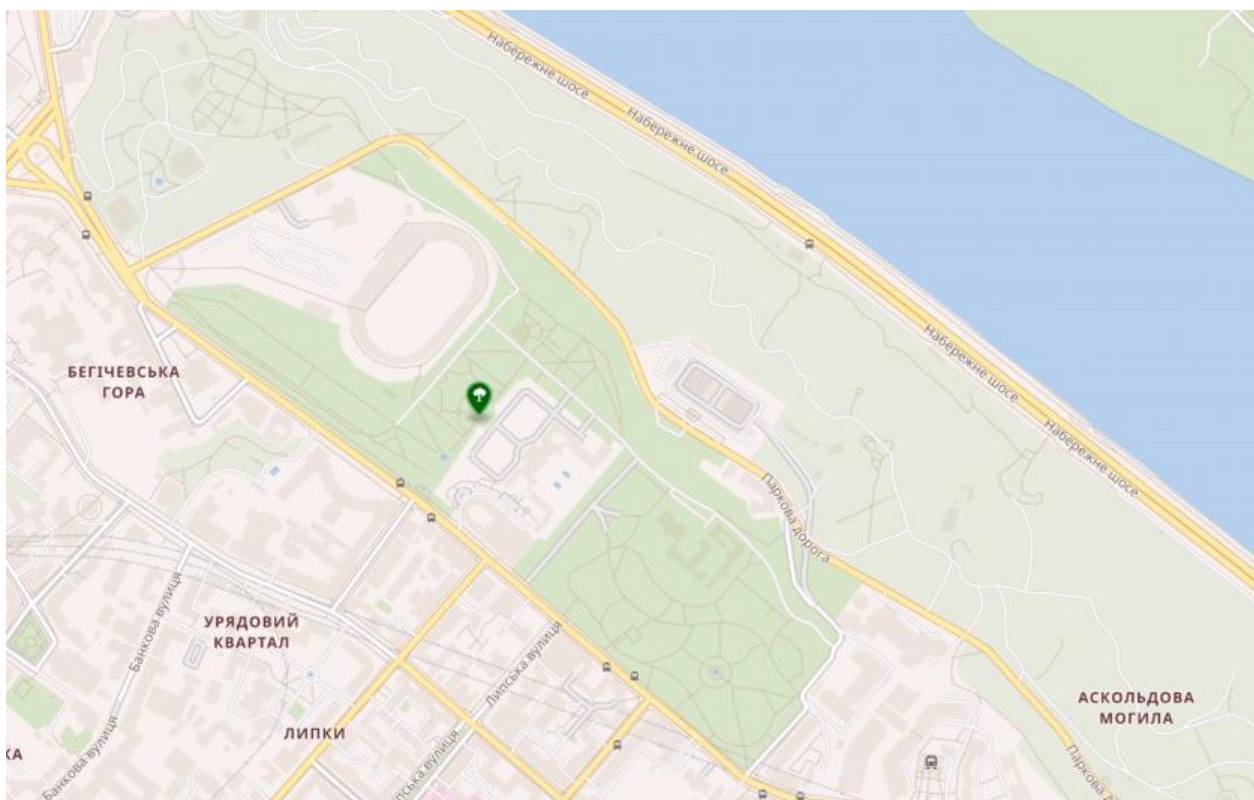


Рисунок 2.1 – Центральний парк культури і відпочинку

Більшість території парку вкрита розкішним гаєм, де переважають листяні породи дерев. Для малечі тут збудовано стилізоване дерев'яне дитяче містечко, обнесене частоколом із казковими вежами. Крім того, у парку працюють різноманітні атракціони, заклади для перекусу та розміщені

адміністративні приміщення.

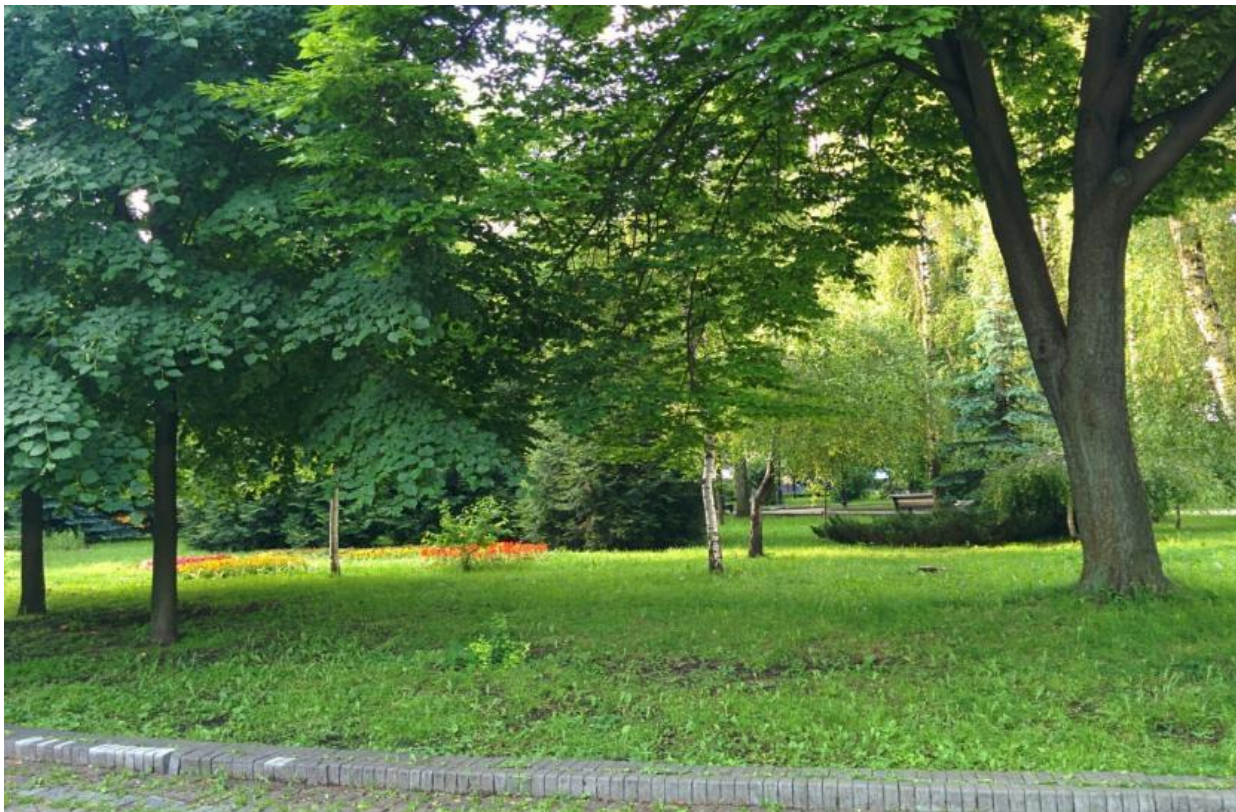


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд алей міського парку

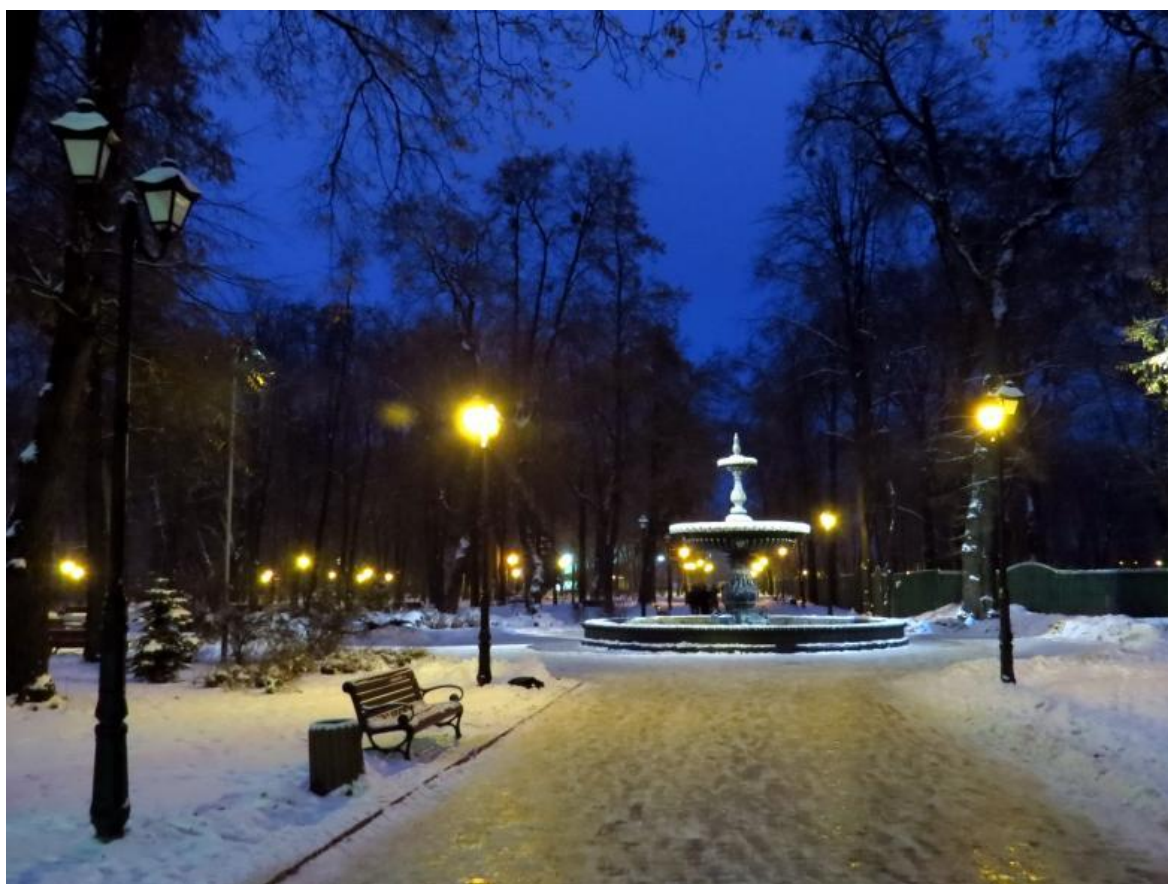


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд алей в зимку

Зимова казка. У холодну пору року тут розгортають справжнє зимове містечко. Для активного відпочинку заливають ковзанку та крижані доріжки, зводять дерев'яні основи для снігових гірок. Територію прикрашають скульптурами з льоду, святковими ялинками та яскравою художньою ілюмінацією. Відвідувачам не обов'язково мати власне спорядження — працюють пункти прокату ковзанів. Атракціони запускають залежно від температури надворі, а на свята тут регулярно проходять масові гуляння.

Літній сезон. У теплу пору епіцентр розваг зміщується просто неба. На повну потужність працюють атракціони. За сприятливої погоди на галявинах влаштовують пікніки, організують масштабні фестивалі, концерти, інтерактивні ігри та благодійні ярмарки. А доброю традицією для гостей поважного

## 2.2 Опис існуючого світлотехнічного обладнання парку

Щоб об'єктивно оцінити стан паркової інфраструктури, ми провели детальний технічний аудит наявного обладнання. Особливу увагу приділили системі зовнішнього освітлення: перерахували кількість вуличних ліхтарів, нанесли на план їх розташування та визначили технічні специфікації.

За результатами огляду з'ясувалося, що наразі головні алеї столичного парку освітлюються типовими консольними світильниками (переважно на базові натрієвих ламп потужністю до 100 Вт).

Таблиця 2.1 – Характеристика діючих світильників

<b>ЖКУ 21 – 100-001</b>	<b>Опал 01 – 125 - 002</b>	<b>ЖТУ 08-150-001</b>
Тип джерела світла: ДНаТ	Тип джерела: ДНаТ, ДРІ, ДРЛ	Тип джерела світла: ДНаТ
Колір світіння: теплий	Колір світіння: молочний	Колір світіння: теплий

Окрім базового освітлення алей, візуальний простір парку та прилеглих до нього зон доповнюють класичні декоративні ліхтарі з кулястими плафонами



Рисунок 2.3 – Алея, освітлена світильниками ЖКУ 21-100 - 001

Вони рівномірно розподілені по всій рекреаційній території і за своїми характеристиками є світильниками потужністю 125 Вт



Рисунок 2.4 – Освітлення парку світильниками Опал 01 – 125

У світильниках Опал 01 – 125 – 002 як джерело світла використовуються газорозрядні лампи високого тиску (ДРЛ).

Окрім візуального огляду світильників, були виміряні рівні освітленості у вечірній час. Аналіз отриманих показників засвідчив: наявна система суттєво не дотягує до чинних українських стандартів (зокрема, вимог ДБН щодо благоустрою територій) і конче потребує комплексної реконструкції та модернізації.

Нова концепція освітлення має будуватися на принципах безпеки та комфортної навігації. Це означає, що кожна знакова локація парку – від широких центральних алей до монументів та затишних альтанок – потребує продуманого архітектурного підсвічування. У темну пору доби світло повинно не просто розганяти темряву, а формувати для відвідувачів інтуїтивно зрозумілі візуальні орієнтири, допомагаючи легко та безпечно пересуватися територією.

## 2.3 Реалізація проєкту з модернізації системи освітлення парку

### 2.3.1 Вибір освітлювальних приладів

Наступним кроком у межах оновлення паркової інфраструктури є комплексна реконструкція світлових мереж уздовж пішохідних алей. Цей процес передбачає як ретельний підбір нових високотехнологічних приладів, так і повну модернізацію існуючих ліній. Насамперед технічні зміни торкнуться тих ділянок, де досі експлуатуються морально застарілі ртутні торшерні ліхтарі (типу РТУ) та консольні натрієві світильники (типу ЖКУ). Перелік алей на яких планується модернізація наведено в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Перелік алей на яких планується модернізація

Назва	Розрахунковий струм, А	Номінальний струм автом. вимикача, А	Марка авт. вимикача
1	2	3	4
Алея 1	4,73	6	Siemens SL 4P 6A (B) 6kA

1	2	3	4
Алея 2	3,82	4	Siemens SL 4P 4A (C) 6kA
Алея 3	3,64	4	Siemens SL 4P 4A (C) 6kA
Алея 4	2	3	Siemens SL 4P 3A (C) 6kA
Алея 5	3,64	4	Siemens SL 4P 4A (C) 6kA
Центральна алея	4,3	6	Siemens SL 4P 6A (B) 6kA
Дитяча	4,91	6	Siemens SL 4P 6A (B) 6kA
Діагональна	4,19	6	Siemens SL 4P 6A (B) 6kA
Прохідна	4,37	6	Siemens SL 4P 6A (B) 6kA

У межах модернізації застаріле освітлювальне обладнання – зокрема світильники серії ЖТУ та консольні світильники ЖКУ – заплановано повністю замінити на передові світлодіодні системи «Алюра LED». Таке рішення є технологічно та економічно обґрунтованим, адже нові прилади відзначаються низьким рівнем енергоспоживання, тривалим експлуатаційним ресурсом, високою фінансовою окупністю та потужним світловим потоком. Як додаткове (допоміжне) обладнання для локального підсвічування окремих зон передбачено використання світильників типу ДСУ10В.

Світильники лінійки «Алюра LED» (зовнішній вигляд якого представлено на рисунку 2.5) розроблені спеціально для інтеграції в сучасне урбаністичне середовище. Їхнім основним призначенням є організація якісного зовнішнього освітлення на міських площах, у відпочинкових зонах, на пішохідних та велосипедних доріжках, у житлових кварталах, а також на майданчиках для паркування автотранспорту.

З технічного погляду конструкція приладу оптимізована для зручного торцевого монтажу на стандартну опору або кронштейн із діаметром труби 60 мм. Найбільш ефективний світлотехнічний результат та рівномірне

розсіювання світла досягаються при встановленні ліхтарів на висоті від 3 до 5 метрів. Повний перелік експлуатаційних та електротехнічних параметрів цієї моделі наведено нижче у таблиці 2.3.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд світильника Алюра LED

Таблиця 2.2 – Технічна характеристика світильника Алюра LED

Напруга живлення, В	Не вказано
Діапазон потужностей, Вт	28, 43
Коефіцієнт активної потужності	Не вказано
Світловий потік, лм	4260, 6240
Світлова віддача, лм/Вт	152, 145
Тип кривої сили світла (кут випромінювання)	Д
Корельована колірна температура, К	5000
Клас електрозахисту	I
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Маса, кг	Не вказано
Температура навколишнього середовища, 120 °С	-40 ... +50

Що стосується допоміжного обладнання – світильників серії ДСУ10В –

їхній зовнішній дизайн та особливості конструктивного виконання наочно продемонстровано на рисунку 2.6. Водночас усі ключові експлуатаційні параметри, включно з детальними світлотехнічними та електричними характеристиками цього приладу, систематизовано й зведено до таблиці 2.3.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд світильника ДСУ10В

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика світильника ДСУ10В

Напруга живлення, В	220
Діапазон потужностей, Вт	25 ... 100
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Світловий потік, лм	3125 ... 14500
Світлова віддача, лм/Вт	152, 145
Тип кривої сили світла (кут випромінювання)	Ш
Корельована колірна температура, К	4000
Клас електрозахисту	I
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Маса, кг	1,9 ... 3,7
Температура навколишнього середовища, 120 °С	-40 ... +40

Щоб забезпечити максимально об'єктивне порівняння систем освітлення від різних брендів, під час проектування було зафіксовано базові параметри монтажу. Для всіх ділянок діє єдине правило просторового розміщення: відстань від зовнішнього краю пішохідної зони до осі опори має становити рівно 0,5 метра. Водночас висота розташування самих джерел світла не є сталою – вона визначається виключно специфікацією опор, доступних в асортименті конкретного виробника.

***Вибір обладнання для порівняльного розрахунку:***

ТОВ «ОСП Корпорація ВАТРА». Під час використання продукції цього відомого вітчизняного підприємства оптимальним рішенням є застосування фірмових опор модифікації КО2/1. Їхня конструкція дозволяє зафіксувати світловий прилад на висоті 3,8 метра над землею (візуалізація конструкції пред - представлена на рис. 2.7).

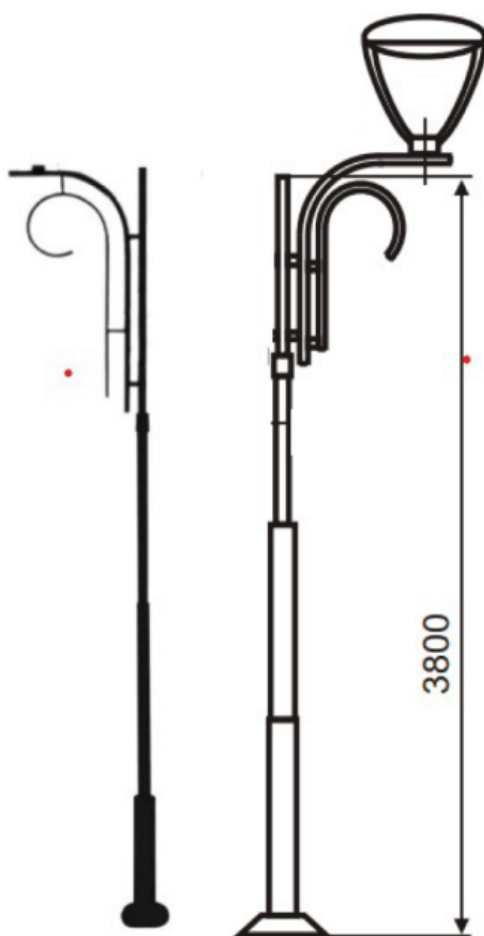


Рисунок 2.7 – Опора КО2 / 1 виробництва ТОВ ОСП «КОРПОРАЦІЯ ВАТРА»

Компанія «Schröder» (Шредер). Згідно з офіційними каталогами цього виробника, стандартна лінійка опор передбачає розміщення світильників на рівні 4, 5, 6 або 8 метрів. Для забезпечення паритетності у подальших розрахунках було вирішено зупинитися на мінімальному значенні.

Відтак, монтажна висота (від поверхні ґрунту до нижнього краю плафона) для LED-світильників лінійки «Алюра» становитиме 3,8 метри. Цей самий рівень висоти паралельно затверджено і для альтернативних світильників серії ДСУ10В.

Щоб модернізація мереж електропостачання та освітлення була технічно обґрунтованою, обов'язковим етапом проектування є виконання точних світлотехнічних розрахунків.

Для розробки цифрової моделі оновленої мережі було застосовано спеціалізований програмний комплекс Dialux Evo, який є індустріальним стандартом у сфері проектування зовнішнього освітлення. Функціонал цього софту дозволяє детально проаналізувати розподіл світлового потоку та визначити точні рівні освітленості в різних точках розрахункового поля безпосередньо на ділянках між сусідніми світловими опорами.

Комп'ютерне моделювання, виконане в середовищі Dialux Evo 8.1, дало змогу вирахувати оптимальні просторові параметри для центральних паркових алей. Згідно з результатами, ідеальний крок (відстань) між ліхтарними стовпами має становити 11,5 метра, а висоту розташування самих джерел світла затверджено на рівні 3,8 метра. Аналогічний комплекс індивідуальних обчислень було послідовно проведено для абсолютно всіх пішохідних зон та алей міського парку, що гарантує комфортне та безпечне підсвічування всієї території. Результати розрахунку наведені на рисунку 2.8.

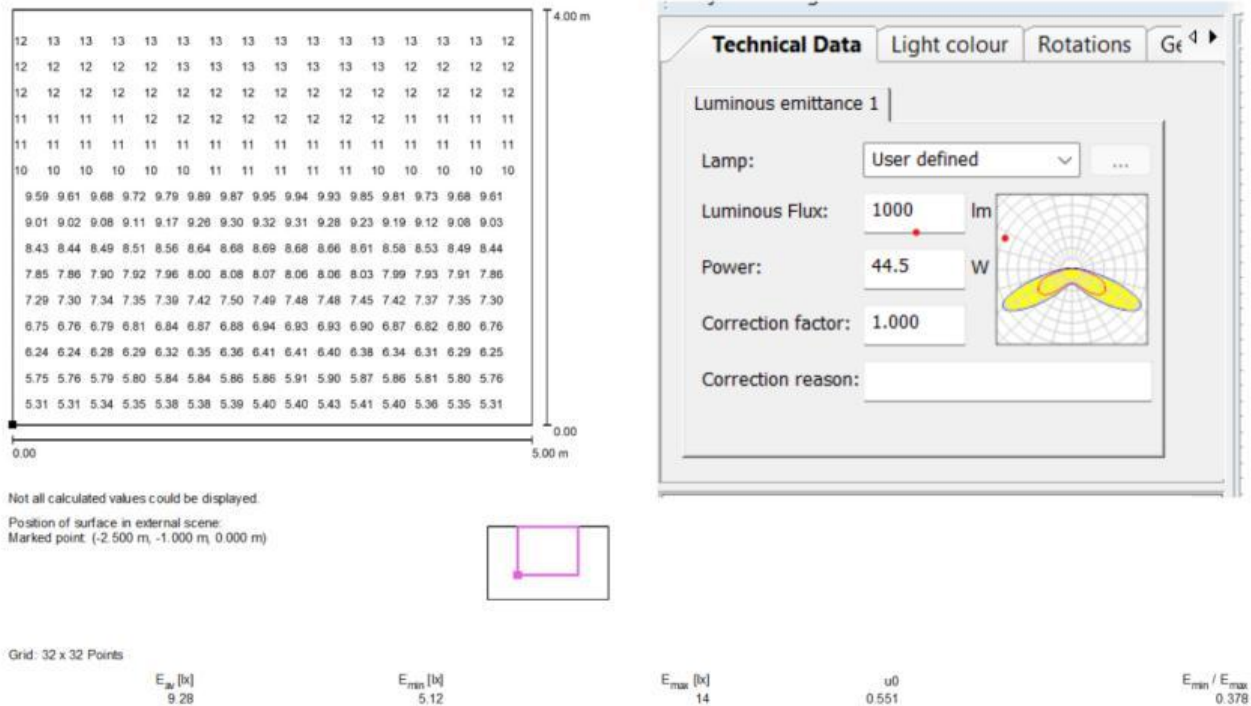
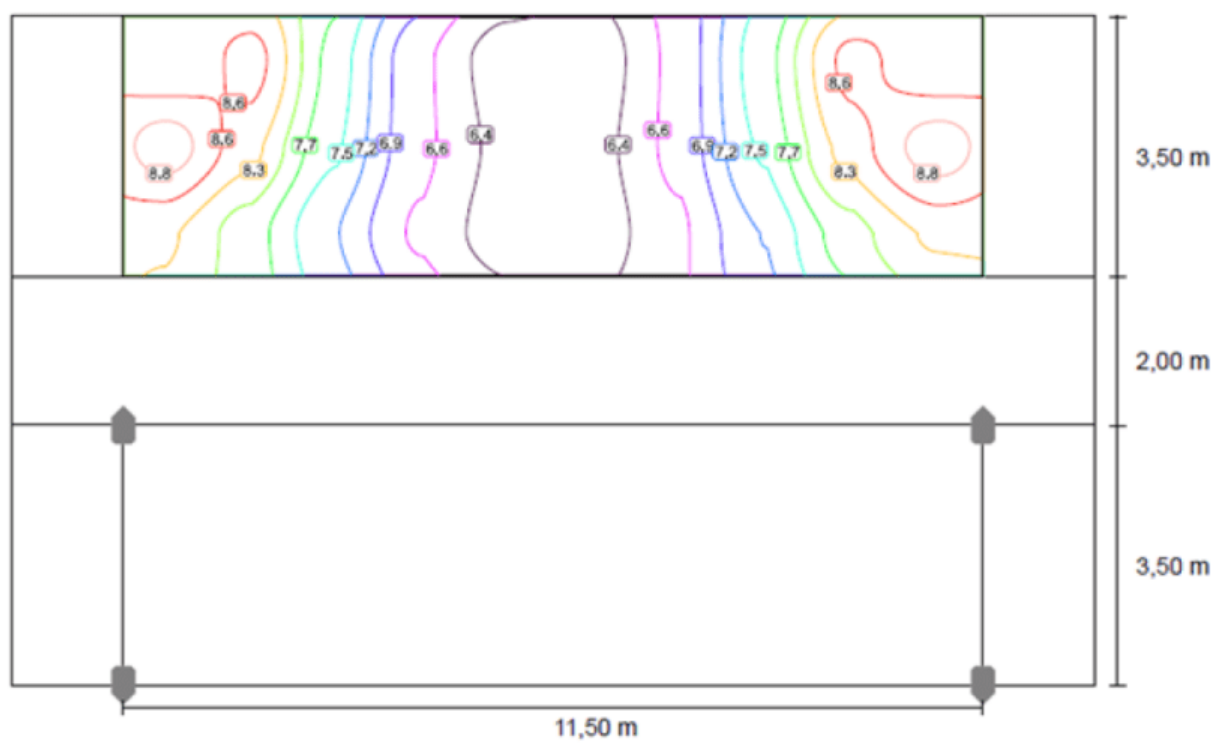


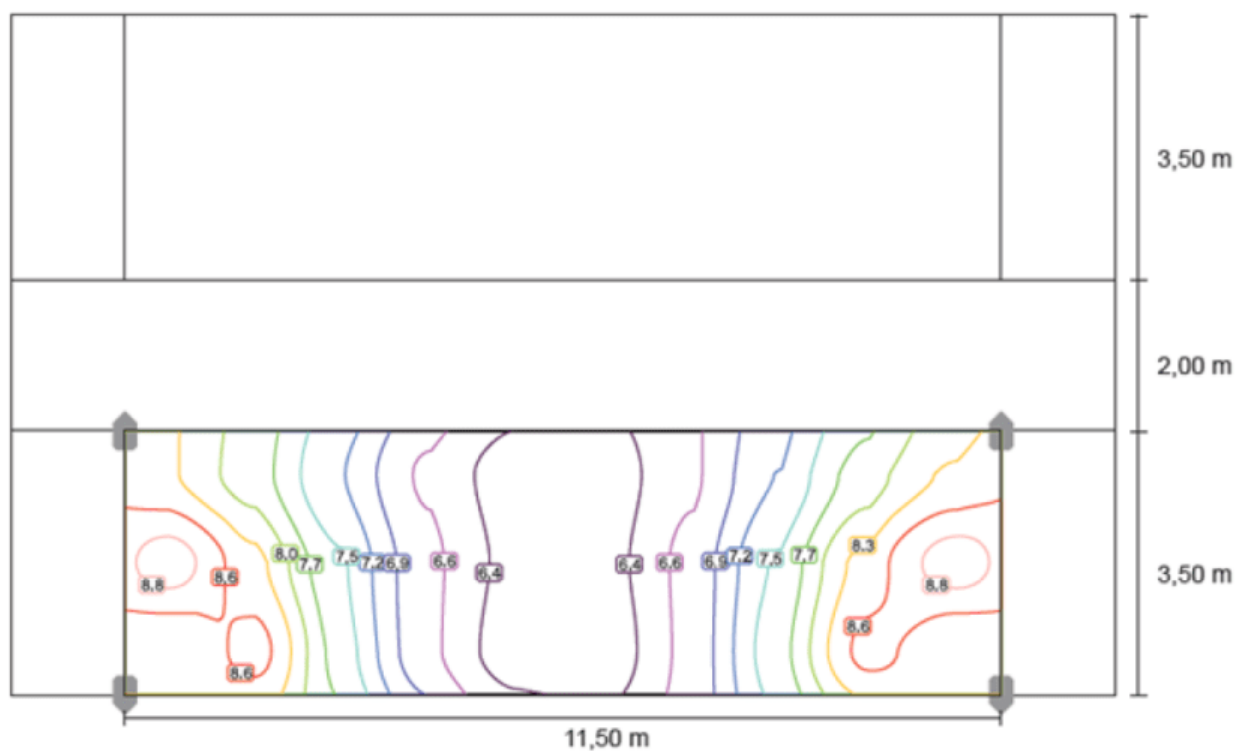
Рисунок 2.8 – Результати світлотехнічного розрахунку, отримані за допомогою пакету DIALux

На основі фінальних результатів світлотехнічного моделювання було чітко обґрунтовано та визначено точну кількість освітлювальних приладів, необхідних для монтажу на кожній окремій алеї парку. Однолінійну схему електропостачання з розташуванням опор і світильників наведено на рисунку 2.10.

Що стосується просторової організації мережі на головних пішохідних артеріях парку – Центральних алеях – тут було ухвалено рішення застосувати двосторонню симетричну схему розстановки ліхтарів. Детальна топологія та графічний план розміщення кожної світлової опори на місцевості наочно проілюстровані на рисунку 2.10 – 2.11.



а)



б)

Рисунок 2.9 – Результат розподілу освітленості для Алеї 1  
 пішохідна доріжка 1; б) – пішохідна доріжка 2.

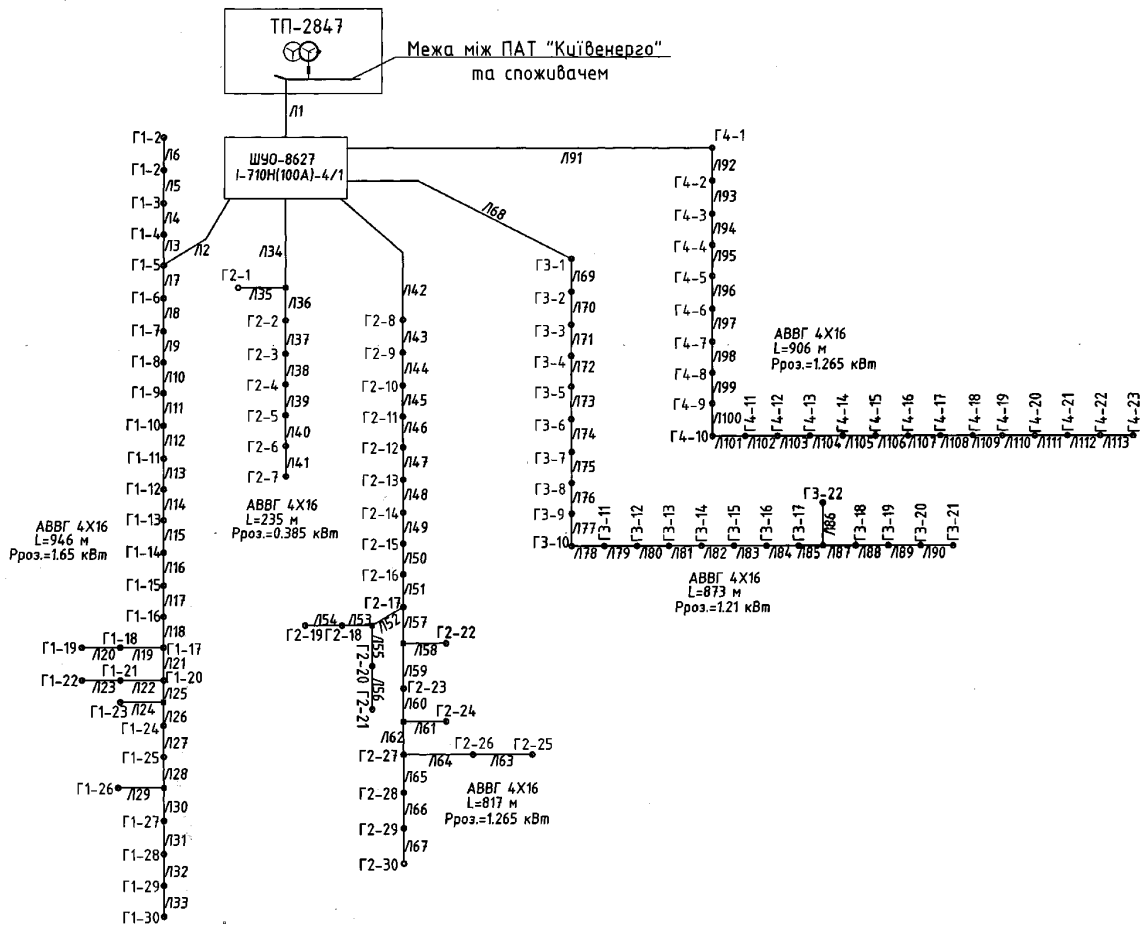


Рисунок 2.10 – Однолінійна схема електропостачання

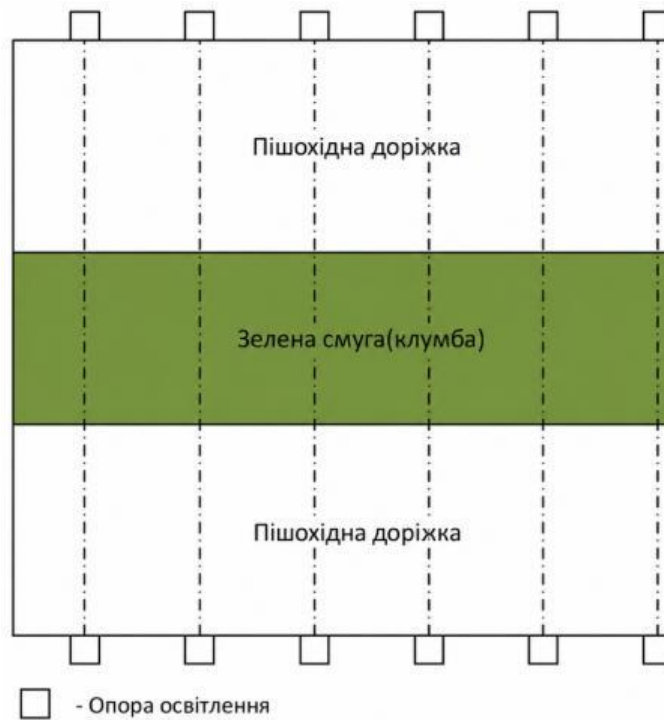
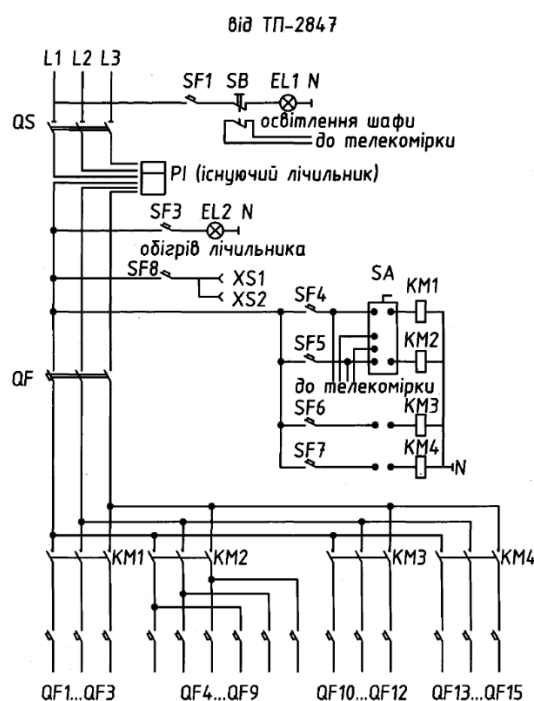


Рисунок 2.11 – Схема розташування опор на алеях

### 2.3.2 Електричні мережі модернізованої системи освітлення

Електричне живлення всієї мережі освітлення парку забезпечується від місцевої трансформаторної підстанції ТП 28477 ПАТ «Київенерго». Цей важливий інфраструктурний об'єкт розташований безпосередньо в межах самої рекреаційної зони. На рисунку 2.12 наведена схема електричної шафи керування освітленням алей парку.



№ гр.	Г1	Г2	Г3	Г4	
Рвст, кВт	1.65	1.265	0.385	1.21	1.265
Ір, А	2.7	2.0	0.6	2.0	2.1
Споживач	Світильники LED 30 шт.	Світильники LED 23 шт.	Світильники LED 7 шт.	Світильники LED 22 шт.	Світильники LED 23 шт.

Рисунок 2.12 – Схема шафи управління освітленням

#### **Повний алгоритм роботи шафи:**

Увімкнення

На ввіді з'являється напруга L1, L2, L3, N.

Вмикають QS.

Живлення проходить через лічильник РІ.

Вмикають загальний автомат QF.

Силові шини шафи отримують напругу.

Вмикають SF8 — живиться коло керування.

Вмикають потрібні автомати SF4–SF7.

Через SA або телекомірку подається команда на потрібний контактор.

Спрацьовує відповідний контактор КМ1–КМ4.

Замикаються його силові контакти.

Напруга надходить на автомати відповідної групи.

Вмикаються LED-світильники.

***Приклад роботи однієї групи:***

Наприклад, потрібно увімкнути групу Г3.

Послідовність така:

**QS** увімкнений.

**QF** увімкнений.

**SF8** увімкнений.

**SF6** увімкнений.

Через SA або телекомірку подається команда на КМ3.

Котушка КМ3 отримує живлення.

Контактор КМ3 замикає силові контакти.

Через автомати QF10...QF12 напруга подається на світильники групи Г3.

Вмикаються 22 LED-світильники.

Схема працює так: живлення від ТП через QS, лічильник РІ і загальний автомат QF подається на силову частину шафи. Групи освітлення не вмикаються напряму, а через контактори КМ1 – КМ4. Котушки контакторів отримують команди через коло керування, захищене автоматами SF8 та SF4 –

SF7. Керування може виконуватися перемикачем SA або через телекомірку. Кожна група освітлення додатково захищена власними автоматами QF1– QF15.

### 2.3.2 Кабельні мережі освітлення

Розподіл електроенергії від головної шафи управління освітленням (ШУО) здійснюється за допомогою п'яти самостійних кабельних ліній, які забезпечують безперебійне живлення освітлювальних опор та встановлених на них світлодіод-дних світильників.

Сама низьковольтна мережа зовнішнього електроосвітлення напругою 0,4 кВ проєктується з використанням чотирижильного кабелю марки АВВГ із перерізом жил 16 мм<sup>2</sup> (АВВГ 4×16).

Задля надійного захисту від механічних пошкоджень та впливу ґрунтового середовища, технологія монтажу передбачає прокладання кабельних ліній у земляній траншеї всередині спеціальних захисних ПВХ-труб діаметром 50 мм. Схематичний розріз траншеї та специфіку цього інженерного вузла наочно продемонстровано на рисунку 2.13, а також схему прокладання на плані рисунок 2.14.

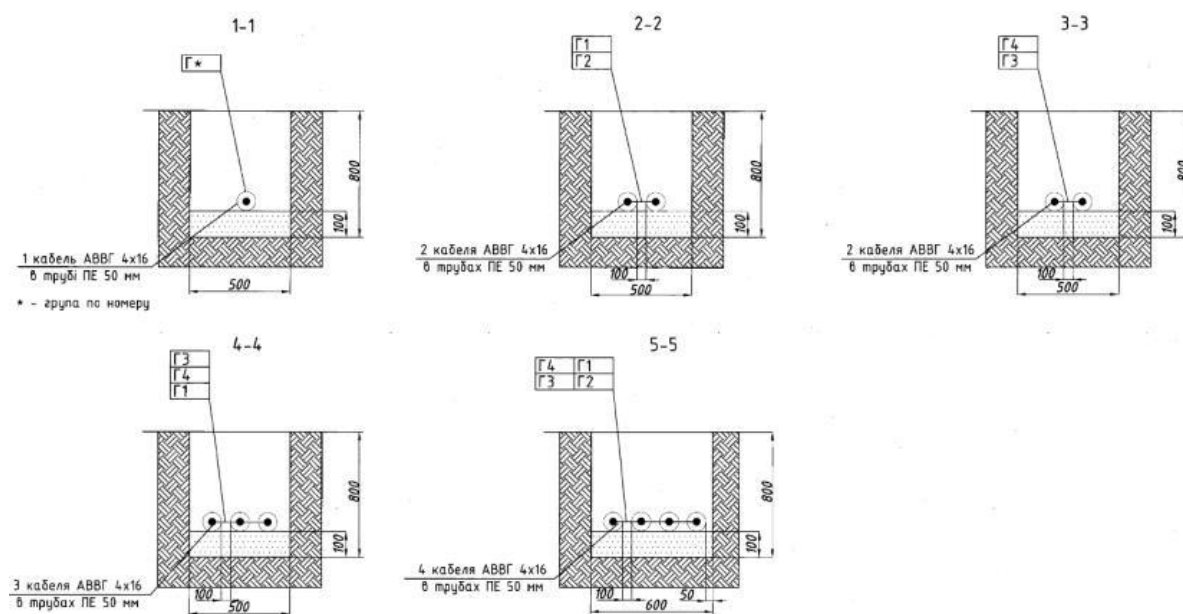


Рисунок 2.13 – Розташування КЛ - 0,4 кВ у траншеї (розрізи)

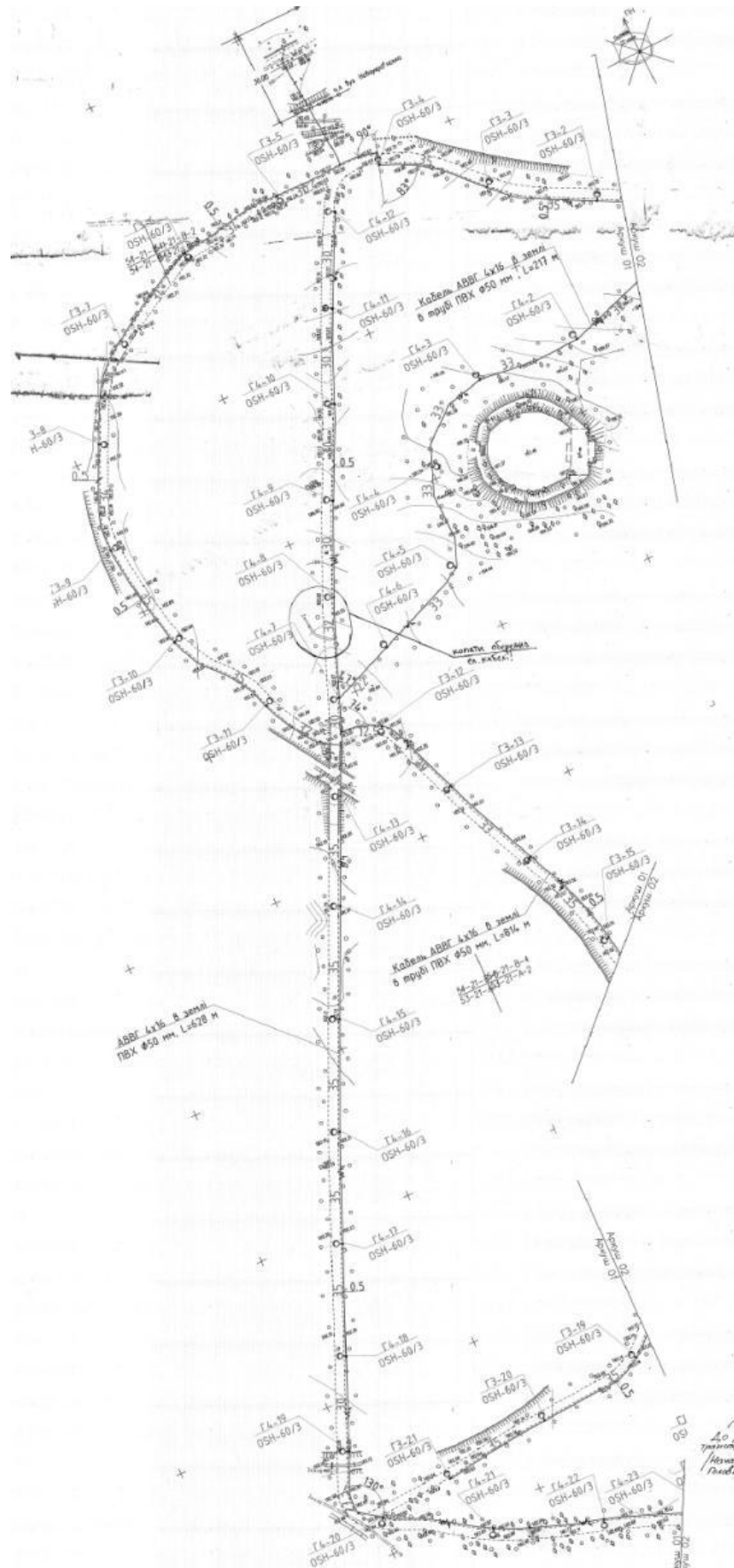


Рисунок 2.14 – Схема кабельної лінії і вуличного освітлення на плані.

Щоб гарантувати безперебійну роботу паркової системи навіть у разі непередбачуваних аварійних відключень, проектом передбачено організацію надійного резервного електропостачання. Як альтернативну точку підключення обрано діючу муніципальну повітряну лінію зовнішнього освітлення, що проходить уздовж прилеглої Садової вулиці.

Для технічного втілення цього задуму на межі ділянки заплановано монтаж додаткової перехідної металеві опори. Відгалуження резервної потужності здійснюватиметься за допомогою сучасної повітряної лінії на базі самонесучого ізолюваного проводу (стандарт ПЛІ) з класом робочої напруги 0,4 кВ. Конструктивні особливості цієї опори та загальну схему резервного вузла підключення детально проілюстровано на рисунку 2.15.

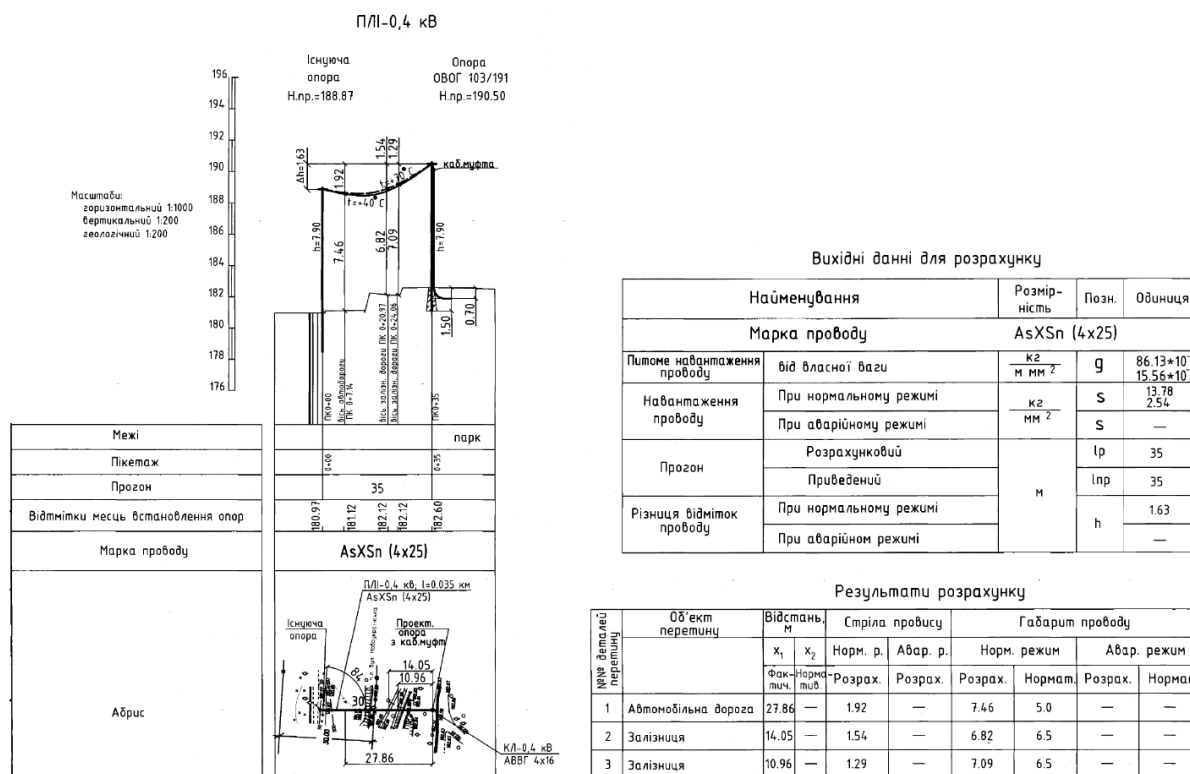


Рисунок 2.15 – ПЛІ - 0,4 кВ

## 2.4 Висновки до розділу 2

1. Проаналізовано технічний стан наявної системи зовнішнього освітлення центрального парку в м. Києві, в результаті чого виявило її

невідповідність чинним стандартам ДБН та гостру потребу в комплексній модернізації.

2. Досліджено експлуатаційні параметри сучасних освітлювальних приладів та обрано для повної заміни застарілого обладнання енергоефективні LED-світильники лінійки «Алюра LED» і «ДСУ10В».

3. Виконано світлотехнічні розрахунки у програмному комплексі Dialux Evo 8.1, за результатами яких визначено оптимальний крок між ліхтарними стовпами (11,5 м) та висоту встановлення джерел світла (3,8 м).

4. Розроблено однолінійну схему електропостачання та детальний алгоритм роботи електричної шафи керування освітленням, яка отримуватиме живлення від місцевої трансформаторної підстанції ТП 28477.

5. Запропоновано надійну систему розподілу електроенергії підземними кабельними лініями (АВВГ 4×16 у ПВХ-трубах), а також передбачено організацію резервного підключення до діючої муніципальної повітряної лінії.

## 3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Розрахунок живлення

Під час вибору схеми електропостачання необхідно враховувати спосіб прокладання ліній електропередачі – повітряний або підземний. Кожен із цих варіантів має свої переваги та обмеження, які впливають на технічну ефективність, надійність роботи мережі та економічну доцільність проєкту.

Повітряні лінії електропередачі є найбільш поширеним рішенням завдяки відпрацьованій та надійній технології будівництва. Вони характеризуються відносно невисокою вартістю спорудження, простотою монтажу, зручністю доступу для проведення ремонтних і профілактичних робіт, а також можливістю швидкого виявлення та усунення пошкоджень. Крім того, експлуатаційні витрати таких ліній добре вивчені та прогнозовані, що спрощує планування їхнього обслуговування.

Підземні кабельні лінії, своєю чергою, мають суттєві переваги з точки зору естетики та екологічного впливу. Вони практично не змінюють зовнішній вигляд місцевості, не створюють візуальних перешкод і є більш прийнятними для густонаселених районів та територій із підвищеними вимогами до благоустрою. Також підземні кабелі менш вразливі до несприятливих погодних умов, таких як сильний вітер, ожеледь чи грозові явища. Водночас їхнє прокладання потребує застосування сучасних технологій, значних капіталовкладень і складніших ремонтно-відновлювальних робіт у разі виникнення аварійних ситуацій.

Підземні кабельні лінії під час експлуатації перебувають під впливом електричної напруги, теплових навантажень, що виникають унаслідок протікання а також зовнішніх факторів навколишнього середовища. Термін служби кабелю залежить від його конструкції, умов експлуатації та якості монтажу. Основними причинами пошкоджень можуть бути механічні впливи, спричинені земляними роботами або деформаціями ґрунту, а також електричні та теплові

перевантаження, які прискорюють старіння ізоляції.

Під час виконання монтажних робіт необхідно суворо дотримуватися вимог техніки безпеки, правил улаштування електроустановок та чинних нормативних документів. Переріз кабелю визначається на основі розрахункового навантаження та допустимих струмових навантажень, що забезпечує надійну й безпечну роботу мережі освітлення.

Парк є важливим місцем відпочинку мешканців міста та об'єктом культурного й рекреаційного значення. Використання повітряних ліній електропередачі негативно впливає на естетичний вигляд території, порушує цілісність ландшафтного дизайну та погіршує візуальне сприйняття архітектурних і природних елементів парку. З огляду на це для живлення опор зовнішнього освітлення доцільно застосувати підземне прокладання кабельних ліній.

У роботі передбачається використання трифазної мережі напругою 0,4 кВ. Навантаження між фазами розподілятиметься рівномірно, що дозволить уникнути перекосу фазних струмів, зменшити втрати електроенергії та забезпечити стабільний режим роботи системи освітлення. Керування освітлювальними установками здійснюватиметься в автоматичному режимі відповідно до заданих параметрів роботи.

Вибір перерізу кабелів у мережах напругою до 1000 В виконується шляхом порівняння розрахункового струму навантаження з тривало допустимим струмом обраної марки кабелю. При цьому враховуються спосіб прокладання кабелю, температура навколишнього середовища, умови охолодження та можливі перевантаження в процесі експлуатації.

Для електропостачання опор освітлення після реконструкції парку кабельна лінія буде прокладатися безпосередньо в ґрунті із застосуванням захисної двостінної гофрованої труби з поліетилену низького тиску (ПНД). Такі труби широко використовуються під час будівництва та реконструкції міських інженерних мереж завдяки високій механічній міцності, стійкості до корозії та тривалому терміну експлуатації. Використання ПНД-труби забезпечує додатковий захист кабелю від механічних пошкоджень, просідання ґрунту та впливу вологи.

Для підземного прокладання силових кабелів не рекомендується застосовувати гофровані труби з полівінілхлориду (ПВХ), оскільки вони мають нижчу механічну міцність і гіршу стійкість до тривалих навантажень у ґрунті порівняно з трубами з ПНД.

Розглянемо методику вибору кабелю. Основною величиною вибору є порівняння розрахункового струму.

$$I_p \leq I_{\text{доп}} \quad (3.1)$$

де:

$I_p$  – розрахунковий струм лінії, А;

$I_{\text{доп}}$  – тривалодопустимий струм кабелю, А.;

тування електроустановок (ПУЕ) за таблицями допустимих струмових наван-

Вибір перерізу кабелю здійснюється відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) за таблицями допустимих струмових навантажень з урахуванням способу його прокладання. Оскільки кабельна лінія прокладається в двостінній пластиковій трубі, при визначенні допустимого струму необхідно враховувати поправочний коефіцієнт умов прокладання, який становить 0,92. Застосування цього коефіцієнта дозволяє врахувати особливості тепловідведення кабелю та забезпечити його надійну й безпечну експлуатацію впродовж усього терміну служби.

Тому струм необхідно помножити на коефіцієнт, це дозволить врахувати погіршення охолодження кабелю.

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп}}^{\text{табл}} \cdot 0,92.$$

де:

$I_{\text{доп}}$  – допустимий табличний струм для трьохжильних кабелів, А;

0,92– коефіцієнт, що враховує струм для чотирижильних кабелів, у.о.;

Для прокладання кабельних ліній у ґрунті рекомендується застосовувати кабелі марок АВВГ та ВВГ, які мають ізоляцію та зовнішню оболонку з полівінілхлориду (ПВХ). Основною відмінністю між цими марками є матеріал струмопровідних жил: кабель АВВГ оснащений алюмінієвими жилами, тоді як кабель ВВГ має мідні жили.

З огляду на умови експлуатації системи зовнішнього освітлення, а також необхідність забезпечення високої надійності електропостачання, доцільно використовувати кабель марки ВВГ. Мідні жили характеризуються меншою питомою електричною провідністю, вищою механічною міцністю, кращою стійкістю до багаторазових навантажень і більшою довговічністю порівняно з алюмінієвими. Крім того, застосування мідних провідників дозволяє зменшити втрати електроенергії та підвищити надійність контактних з'єднань.

Після вибору перерізу кабелю необхідно виконати перевірку мережі на допустимі втрати напруги. Така перевірка є обов'язковою складовою проєктування електричних мереж і проводиться з метою забезпечення нормативного рівня напруги на затискачах електроприймачів. Величина втрат напруги не повинна перевищувати значень, встановлених нормативними документами, оскільки надмірне падіння напруги може призвести до погіршення роботи освітлювальних приладів, зниження їх світлового потоку.

Отже, остаточний вибір кабелю повинен забезпечувати не лише допустиме струмове навантаження, а й відповідність вимогам щодо втрат надійності та економічності експлуатації мережі зовнішнього освітлення.

Втрати напруги в мережі визначаються за формулою, %

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L}{U_n} \cdot \zeta_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi \div 100 \quad (3.2)$$

Якщо розраховане значення втрати напруги не перевищує 5 % від номі-

нальної напруги мережі, то обраний переріз кабелю вважається таким, що відповідає вимогам нормативних документів і забезпечує надійну роботу електроустановки. У цьому випадку кабельна лінія може бути прийнята до подальшої експлуатації без необхідності збільшення перерізу провідників.

Під час передавання електричної енергії від джерела живлення до електроприймачів частина енергії втрачається внаслідок наявності електричного опору провідників. Ці втрати проявляються у вигляді нагрівання кабелю та зменшення напруги на його кінцевих затискачах. Чим більший струм протікає через провідник, тим більшими є втрати потужності та падіння напруги в лінії.

Величина падіння напруги залежить від кількох факторів, основними з яких є струм навантаження, матеріал жил кабелю, площа їх поперечного перерізу

та довжина лінії. Зі збільшенням довжини кабелю його електричний опір зростає, що призводить до збільшення втрат напруги. Саме тому при проектуванні мереж зовнішнього освітлення особливу увагу приділяють правильному вибору перерізу кабелю та перевірці його за умовами допустимого падіння напруги.

Забезпечення нормативного рівня напруги на затискачах світильників є необхідною умовою ефективної роботи системи освітлення, оскільки від цього залежить світловий потік освітлювальних приладів, їх енергоефективність та довговічність експлуатації.

### **3.2 Вибір апаратів захисту**

Для захисту світильника, в установчій коробці опори освітлення необхідно встановити автоматичний вимикач. Вибір автоматичного вимикача здійснюється за потужністю підключеного електроприймача. У нашому випадку електроприймачем є світлодіодний світильник вуличного освітлення ДСУ10В. Потужність світильника становить 40 Вт, підключення світильника до напруги 220 В. Коефіцієнт потужності  $\cos\phi$  світильника 0,98. Тоді номінальний струм

світи -

льника складе:

$$I_{\text{ном}}^{\text{світ}} = \frac{P}{U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} = \frac{40}{220 \cdot 0,98} = 0,2 \text{ А.} \quad (3.3)$$

Оскільки робочий струм світильників є відносно низьким, для захисту електричних ліній доцільно підібрати автоматичний вимикач за каталогами виробника. Враховуючи розрахункові параметри, обрано автоматичний вимикач марки Siemens 5SL62147, який розрахований на номінальний струм 0,3 А та забезпечує надійний захист електричних кіл від перевантажень і струмів короткого замикання.

У щиті живлення системи вуличного освітлення для кожної вихідної лінії передбачається встановлення окремого автоматичного вимикача, а також обладнання для автоматичного керування режимами роботи освітлення (включення/відключення відповідно до заданого графіка або рівня освітленості). Такий підхід забезпечує селективність захисту та підвищує надійність роботи всієї системи.

Вибір автоматичних вимикачів для кожної лінії здійснюється на основі розрахункових значень струмів навантаження з урахуванням умов експлуатації та необхідного рівня захисту. Отримані результати підбору автоматичних вимикачів наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1– Вибір автоматичних вимикачів

Назва	Розрахунковий струм, А	Номинальний струм автом. вимикача, А	Марка авт. вимикача
Алея 1	4,73	6	Siemens SL 4P 6A (B) 6kA
Алея 2	3,82	4	Siemens SL 4P 4A (C) 6kA
Алея 3	3,64	4	Siemens SL 4P 4A (C) 6kA
Алея 4	2	3	Siemens SL 4P 3A (C) 6kA
Алея 5	3,64	4	Siemens SL 4P 4A (C) 6kA

Продовження таблиці 3.1.

Назва	Розрахунковий струм, А	Номинальний струм автом. вимикача, А	Марка авт. вимикача
Центральна алея	4,3	6	Siemens SL 4P 6A (B) 6kA
Дитяча	4,91	6	Siemens SL 4P 6A (B) 6kA
Діагональна	4,19	6	Siemens SL 4P 6A (B) 6kA
Прохідна	4,37	6	Siemens SL 4P 6A (B) 6kA

Для монтажу передбачено застосування чотирьохполюсних автоматичних вимикачів виробництва компанії Siemens, що забезпечує можливість одночасного відключення всіх фаз і нейтрального провідника, підвищуючи безпеку та стабільність роботи електричної мережі зовнішнього освітлення.

### 3.3 Монтаж кабелю

Монтаж кабельної лінії виконується в попередньо підготовленій земляній траншеї. Кабель прокладається в захисній двостінній ПНД трубі на глибині близько 1 м, що забезпечує його механічний захист та довговічність експлуатації. Прокладання кабельної траси здійснюється вздовж тротуарних доріжок з урахуванням планувальних рішень території.

Після укладання кабелю траншея частково засипається ґрунтом із

подальшим формуванням основи під встановлення опор освітлення. На етапі підготовки монтажних місць виводяться кінці захисних труб із кабелями, після чого встановлюється армуюча сітка та виконується бетонування фундаментів під опори. Після набору бетоном необхідної міцності виконується остаточне засипання ґрунтом і відновлення поверхні.

Наступним етапом є монтаж світильників та силових опор. Електричні кабелі та провідники підключаються через розподільні коробки, у яких виконується їх з'єднання та комутація. Для забезпечення надійної електроізоляції та захисту з'єднань застосовується заливка коробок термопластичною смолою, яка виконує функцію герметизації та електроізоляції з'єднань.

У розподільному щиті системи освітлення встановлюється таке електротехнічне обладнання:

- сутінкове реле з фотодатчиком, яке забезпечує автоматичне вмикання освітлення у вечірній час та вимикання на світанку;
- перемикач із фіксованими положеннями I–0–II для вибору режиму роботи (автоматичний/вимкнено/ручний);
- автоматичні вимикачі для захисту ліній від перевантажень і коротких замикань;
- магнітний пускач для керування силовими навантаженнями.

Окрім автоматичного режиму роботи, передбачається можливість ручного керування системою освітлення. Для цього прокладається додатковий двожильний кабель типу ВВГнг (А)  $2 \times 2,5 \text{ мм}^2$  до місця встановлення вимикача, що забезпечує можливість локального керування освітленням.

Під час встановлення фотодатчика необхідно враховувати його розташування таким чином, щоб він не потрапляв у зону дії світла від найближчих світильників, що дозволяє уникнути помилкового спрацювання системи керування. До фотодатчика підводиться двожильний кабель, кінці якого зачищаються та підключаються до відповідних клемних з'єднань згідно з вимогами монтажної схеми.

Таким чином, система паркового освітлення забезпечує можливість як автоматичного, так і ручного керування, що підвищує її функціональність, надійність та зручність експлуатації.

### 3.4 Техніко-економічний розрахунок

Середня вартість світильників ЖКУ 21 – 100 становить 1500 грн, а споживана потужність 100 Вт, Опал 01 – 125 коштують близько 1800 грн, за штуку, а споживана потужність 125 Вт, світильники ЖТУ 08 – 150 коштують близько 14000 грн. і споживають 150 Вт. Їх кількість в середньому приблизно дорівнює кількості світильників у парку. Виходячи з наявних даних, можна зробити висновок, викладений у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Аналіз діючих світильників за вартістю, загальною споживаною потужністю і кількістю.

Тип світильника	Потужність, Вт	Кількість, шт.	Вартість	Загальна споживана потужність
ЖКУ 21 – 100	100	37	1500× 37 = 55500 грн	100×37 =3,7кВт
Опал 01 – 125	125	200	1800× 200 = 360000 грн	125×200 =25кВт
ЖТУ 08-150	150	4	14000× 4 = 56000 грн	150×4 =0,6кВт
<b>Разом:</b>		<b>241</b>	<b>471500 грн</b>	<b>29,3 кВт</b>

Керуючись отриманими даними, можна провести розрахунок для обраного обладнання та порівняти отримані результати. Розрахунок викладено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Перелік обраного обладнання для парку.

Тип світильника	Потужність, Вт	Кількість, шт.
ДСУ10В	40	206
Алюра LED	28	12
<b>Разом:</b>	<b>68</b>	<b>218</b>

Загальна споживана потужність ДСУ10В:

$$P_1 = P_{\text{ДСУ}} \times N = 40 \times 206 = 8,24 \text{ кВт}, \quad (3.4)$$

де:

$P_{\text{ДСУ}}$  – потужність одного світильника, Вт;

$N$  – кількість світильників, шт.

Загальна споживана потужність Алюра LED:

$$P_2 = P_A \times N = 28 \times 12 = 0,336 \text{ кВт},$$

де:

$P_A$  – потужність одного світильника, Вт ,

$N$  – кількість світильників, шт.

Загальна споживана потужність світильників:

$$P = P_1 + P_2 = 8,24 + 0,336 = 8,576 \text{ кВт} \quad (3.5)$$

Загальна вартість світильників ДСУ10В:

$$C_{\Sigma \text{ДСУ}} = C_{\text{ДСУ}} \times N = 460 \times 206 = 94760 \text{ грн.} \quad (3.6)$$

де:

$C_{\text{ДСУ}}$  – вартість одного світильника, грн ;

$N$  – кількість світильників, шт .

Загальна вартість світильників Алюра LED:

$$C_{\Sigma A} = C_A \times N = 15400 \times 12 = 184800 \text{ грн.}$$

де:

$C_A$  – вартість одного світильника, грн ;

$N$  – кількість світильників, шт .

Загальна ціна всіх світильників:

$$C_{\Sigma} = C_{\Sigma ДСУ} + C_{\Sigma A} = 94760 + 184800 = 279560 \text{ грн.} \quad (3.7)$$

Проаналізувавши загальну споживану потужність та фінансові витрати, стає очевидною ключова перевага обраного обладнання – його висока енергоефективність. Запропоновані світильники споживають майже в 1,7 раза менше електроенергії порівняно з тими що наразі експлуатуються в парку.

### 3.5 Висновки до розділу 3

1. Обґрунтовано доцільність підземного прокладання кабельних ліній для паркового середовища, що дозволяє зберегти естетичний вигляд території та забезпечити вищий рівень захисту від несприятливих погодних умов порівняно з повітряними лініями.

2. Для електропостачання опор освітлення обрано мідні кабелі марки ВВГ у захисних гофрованих ПНД-трубах, переріз яких розраховано за струмовими навантаженнями та перевірено на допустимі втрати напруги згідно з нормативними вимогами.

3. Безпеку та стабільність роботи електричної мережі забезпечує встановлення індивідуальних автоматичних вимикачів (марки Siemens) для

кожної вихідної лінії, а сама система підтримує автоматичний та ручний режими керування.

4. Техніко-економічний розрахунок підтвердив високу енергоефективність запропонованих рішень: використання сучасних LED-світильників дозволяє зменшити загальне споживання електроенергії приблизно в 1,7 рази порівняно з наявним освітленням парку.

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1 Характеристика об'єкта модернізації та аналіз потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів**

Проект модернізації системи освітлення паркової зони в центральній частині міста Києва передбачає заміну застарілих ртутних та натрієвих світильників на сучасні енергоефективні світлодіодні системи, оновлення кабельних ліній та впровадження автоматизованої системи керування. Специфіка об'єкта полягає в тому, що він розташований у зоні інтенсивного руху пішоходів, характеризується високою щільністю зелених насаджень та наявністю розгалуженої мережі підземних комунікацій. Проведення монтажних, демонтажних та експлуатаційних робіт у такому середовищі вимагає ретельного аналізу ризиків для забезпечення безпеки як безпосередніх виконавців, так і відвідувачів парку.

Під час виконання комплексу робіт із модернізації системи зовнішнього освітлення на персонал діє низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Основним фізичним небезпечним фактором є підвищене значення напруги в електричному колі (380/220 В), замикання якого на корпус обладнання або безпосередній контакт із струмопровідними частинами може призвести до електротравматизму. Крім того, значну загрозу становить розташування робочих місць на значній висоті від поверхні землі (від 4 до 12 метрів) під час демонтажу старих і встановлення нових світильників на опорах, що створює ризик падіння працівників, а також падіння інструментів чи конструктивних елементів на людей, які перебувають внизу.

Додатковими шкідливими чинниками є несприятливі метеорологічні умови, оскільки більшість робіт виконується на відкритому просторі в різні пори року та часи доби. Вплив зниженої або підвищеної температури повітря, підвищеної вологості, вітру та опадів підвищує втомлюваність персоналу та знижує концентрацію уваги. Також слід враховувати фактор недостатньої

освітленості робочої зони при проведенні робіт у вечірній або нічний час, що є поширеною практикою для мінімізації незручностей для відвідувачів парку. Рухомі машини та механізми, зокрема автомобільні гідропідйомники (автовишки) та землерийна техніка для прокладання кабельних траншей, створюють додаткові зони підвищеної небезпеки як для робітників, так і для цивільного населення.

#### **4.2 Організаційні та технічні заходи із забезпечення електробезпеки та безпечного виконання робіт на висоті**

Для нейтралізації виявлених ризиків у проєкті передбачено комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на запобігання ураженню електричним струмом. Організаційна складова включає чітке розмежування етапів робіт, оформлення нарядів-допусків на виконання робіт у діючих електроустановках, проведення обов'язкових цільових інструктажів з техніки безпеки. До монтажу та обслуговування системи освітлення допускаються виключно особи, які пройшли спеціальне навчання, мають відповідну групу з електробезпеки (не нижче III для безпосередніх виконавців) та медичний огляд, що підтверджує відсутність протипоказань для роботи на висоті.

З технічної точки зору безпека експлуатації оновленої системи освітлення парку забезпечується застосуванням сучасної системи заземлення та занулення. Проєктом закладено використання трипровідної (для однофазних) та п'ятипровідної (для трифазних мереж) системи живлення із розділеними робочим (N) та захисним (PE) провідниками (система TN-S). Усі металеві конструкції, включаючи опори світильників та розподільні шафи, підлягають надійному приєднанню до контуру заземлення, опір якого розрахований відповідно до чинних Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) і не перевищує 4 Ом. В лініях живлення передбачено встановлення пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ) та диференційних автоматичних вимикачів із номінальним струмом спрацьовування 30 мА, що гарантує миттєве

знеструмлення ділянки мережі у разі виникнення струму витоку або випадкового дотику людини до відкритих частин.

Безпека виконання робіт на висоті забезпечується суворим дотриманням технологічних карт та використанням сертифікованого обладнання. Монтажні операції на опорах здійснюються з люльок автомобільних гідропідійомників, які пройшли планове технічне опосвідчення. Працівники обов'язково застосовують засоби індивідуального захисту: запобіжні пояси з лямками, закріплені за надійні елементи люльки, захисні каски, діелектричні рукавички та спеціалізоване взуття. Для запобігання травмуванню відвідувачів парку під час проведення робіт навколо кожної опори встановлюється тимчасове інвентарне огороження з сигнальною стрічкою та попереджувальними знаками, а роботи безпосередньо над пішохідними доріжками координуються сигнальниками.

#### **4.3. Пожежна безпека модернізованої системи освітлення та заходи з цивільного захисту**

Пожежна безпека електроустановок зовнішнього освітлення є критично важливою у зв'язку з їхнім розташуванням у зоні масового скупчення людей та великої кількості зелених насаджень. Основними причинами пожеж в таких системах є короткі замикання, перевантаження мережі та підвищений перехідний опір у місцях з'єднання провідників. Для виключення цих факторів у проекті модернізації застосовано кабелі з мідними жилами, які не підтримують горіння, мають низьке димовиділення та виділення токсичних газів при термічній деструкції (наприклад, типу ВВГнг-LS або його аналоги). Переріз жил кабелів розрахований із технологічним запасом за пропускну здатністю, що унеможливорює їхнє небезпечне нагрівання під час тривалої експлуатації.

У розподільних щитах зовнішнього освітлення передбачено встановлення сучасної комутаційної та захисної апаратури, що забезпечує селективний захист ліній від струмів короткого замикання та теплового перевантаження. Усі

кабельні з'єднання у відгалужувальних коробках опор виконуються за допомогою спеціальних герметичних стискачів або клемних блоків із високим ступенем пиловологозахисту (не менше IP66), що запобігає проникненню вологи, окисленню контактів та виникненню електричної дуги. Корпуси самих світлодіодних світильників виготовлені з негорючих матеріалів (алюмінієві сплави та ударостійкий полікарбонат), що локалізує внутрішні теплові процеси у разі відмови електронних компонентів драйвера.

Заходи з цивільного захисту розроблені з урахуванням специфіки розташування об'єкта в центрі столиці та сучасних безпекових викликів. Автоматизована система керування парковим освітленням (АСКО) інтегрується з загальноміською системою оповіщення та цивільної безпеки. Проєкт передбачає можливість оперативного централізованого вимкнення всього освітлення парку або його переведення в режим світломаскування за відповідним сигналом органів Цивільного захисту або у разі оголошення повітряної тривоги. Водночас для забезпечення безпечної евакуації громадян з території парку до найближчих захисних споруд передбачено автономне аварійне освітлення ключових алей та евакуаційних маршрутів за рахунок інтегрованих в окремі світильники акумуляторних блоків, що гарантують функціонування системи протягом не менше двох годин після відключення основного електроживлення.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У роботі розглянуто комплекс питань, пов'язаних із модернізацією системи нішнього освітлення міського парку в центрі м. Києва, зокрема:

1. Проаналізовано історичний розвиток та сучасні тенденції вуличного освітлення, що підтвердило технічну та економічну доцільність заміни застарілих неефективних ламп (зокрема натрієвих та ртутних) на сучасні світлодіодні (LED) системи. Визначено, що якісне урбаністичне освітлення виконує не лише утилітарну функцію, але й виступає інструментом підвищення безпеки згідно з концепцією CRTED, знижуючи ризики у темну пору доби.

2. Аналіз наявної системи виявив її невідповідність чинним стандартам ДБН. За допомогою спеціалізованого програмного комплексу Dialux Evo 8.1 було створено цифрову модель мережі, результати якої дозволили розрахувати оптимальні параметри для центральних алеї парку: крок розстановки світлових опор становить 11,5 метра, а висота встановлення джерел світла - 3,8 метра.

3. Для повної заміни старого обладнання обрано енергоефективні LED-світильники лінійок «Алора LED» (потужністю 28 Вт) та «ДСУ10В» (потужністю 40 Вт). Монтаж світильників передбачено на легкі, довговічні та стійкі до корозії алюмінієві опори.

4. Живлення оновленої системи освітлення забезпечуватиметься від місцевої трансформаторної підстанції ТП 28477. З метою збереження цілісності ландшафтного дизайну парку обґрунтовано підземне прокладання кабельних ліній із використанням мідних кабелів у захисних ПНД-трубах. Для резервного електропостачання спроектовано підключення до діючої муніципальної повітряної лінії на базі самонесучого ізольованого проводу. Безпека та селективність системи гарантується використанням автоматичних вимикачів марки Siemens.

5. Спроектовано систему розподілу електроенергії, яка підтримує як ручне, так і автоматичне керування. Автоматичний режим реалізовано за допомогою сутінкового реле з фотодатчиком, що самостійно вмикає світло у вечірній час і вимикає на світанку.

6. Проведений розрахунок підтвердив фінансову та енергетичну вигоду проєкту. Запропоноване нове світлодіодне обладнання споживає майже в 1,7 рази менше електроенергії порівняно з тими ліхтарями, що наразі експлуатуються на території парку.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.
2. Відновлювані джерела енергії: видання друге, доповнене / За заг. ред. С. О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2024. 492 с.
3. Стратегія розвитку міста Києва до 2025 року (затверджена рішенням Київської міської ради від 15 грудня 2011 року № 824/7060 у редакції від 18.12.2018).
4. Баранов П. О. Сучасні тенденції проектування енергоефективного зовнішнього освітлення паркових зон // Світлотехніка та електроенергетика. – 2021. – № 3 (61). – С. 12–18.
5. Волошко А. О., Ковальова Т. В. Інтелектуальні системи керування міським зовнішнім освітленням (Smart Lighting) // Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2022. – № 5 (163). – С. 24–31.
6. Говоров П. П., Кіндінова А. К. Енергоефективні системи комунального та зовнішнього освітлення міст: монографія. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 195 с.
7. Жидков В. В. Використання відновлюваних джерел енергії у системах автономного освітлення міських парків // Технічна електродинаміка. – 2023. – № 2. – С. 45–52.
8. Зайцев О. В. Світлодіодні технології в архітектурному та ландшафтному освітленні // Сучасні технології в будівництві. – 2020. – Т. 2, № 28. – С. 88–94.
9. Кожушко Г. М., Смирнова О. В. Оптимізація світлорозподілу паркових світильників торшерного типу // Електротехніка та комп'ютерні системи. – 2019. – № 31. – С. 115–122.
10. Марченко Д. І. Техніко-економічне обґрунтування модернізації мереж зовнішнього освітлення // Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. – 2022. – № 1 (90).

С. 143–150.

11. Назаренко О. В. Особливості проектування освітлення рекреаційних зон у центральних частинах мегаполісів // Містобудування та територіальне планування. – 2023. – Вип. 82. – С. 210–219.

12. Олійник В. С. Автоматизація моніторингу та управління режимами роботи мереж КП «Київміськвітло» // Комунальне господарство міст. – 2021. – Т. 4, № 157. – С. 33–39.

13. Попов М. А., Сидоренко А. В. Застосування концепції «Розумне місто» (Smart City) на прикладі модернізації інфраструктури Києва // Інформаційні технології та системи. – 2022. – № 2. – С. 57–64.

14. Савченко О. М. Ландшафтне видовищне освітлення зелених зон загального користування // Проблеми розвитку міського середовища. – 2020. – Вип. 24. – С. 75–83.

15. Соколов Ю. В. Енергетичний аудит систем зовнішнього освітлення населених пунктів: практичний посібник. – К.: Еко-Інформ, 2019. – 120 с.

16. Ткаченко В. П., Шевченко І. В. Дослідження надійності світлодіодних джерел світла в умовах значних перепадів температур // Радіотехніка. – 2021. – Вип. 204. – С. 112–119.

17. Федоренко О. В. Світовий досвід модернізації систем паркового освітлення та можливості його адаптації в Україні // Міжнародний науковий журнал 'Інтернаука'. – 2023. – № 6. – С. 41–48.

18. Харченко В. В. Інтеграція сонячних панелей та акумуляторних батарей у паркові освітлювальні комплекси // Відновлювана енергетика. – 2022. – № 4. – С. 19–27.

19. Черниш О. М. Вплив спектрального складу випромінювання сучасних джерел світла на міську флору та фауну // Український екологічний журнал. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 202–209.

20. Шаповал А. В. Методологія розрахунку окупності капіталовкладень у заходи з енергоефективності ЖКГ // Економічний вісник. – 2020. – № 3. – С. 89–96.

21. Яковенко Р. В. Використання бездротових мереж LoRaWAN для керування міським парковим освітленням // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2022. – № 3 (76). – С. 64–72.