

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

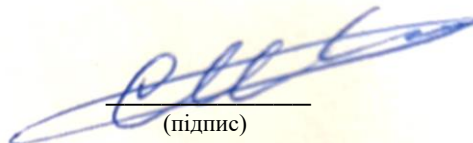
До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Чепіжний А. В.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція системи вуличного освітлення вул. Г.Кондратьєва м. Суми з розробкою заходів підвищення надійності, автономності роботи освітлювальних приладів».

Виконав:



(підпис)

Шевченко С.М.
(Прізвище, ініціали)

Група:

ЗЕТЕ 2001

(Науковий) керівник:

(підпис)

Чепіжний А.В.
(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

енергетики та електротехнічних систем

_____ Чепіжний А.В.

«__» _____ 202__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Шевченко Сергій Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Реконструкція системи вуличного освітлення вул. Г.Кондратьєва м. Суми з розробкою заходів підвищення надійності, автономності роботи освітлювальних приладів,

керівник роботи: Чепіжний Андрій Володимирович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «07» січня 2025 року № 32/ос.

2. Строк подання здобувачем роботи: «15» травня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: нормативні документи, технічні паспорти та технічна характеристика обладнання.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ. Аналіз особливостей об'єкту проектування. Технологічна частина організації вуличного освітлення. Технологічні розрахунки основних параметрів освітлювальних установок та мереж. Особливості організації освітлення ділянки вулиці та вибір необхідного обладнання з розробкою заходів підвищення показників надійності. Охорона праці. Техніко-економічні показники проекту. Висновки. Список використаної літератури. Додаток.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Вуличне освітлення. Установка світильника на опорі. Вуличне освітлення. Карта монтажу. Вуличне освітлення. Схема електрична принципова. Вуличне освітлення. Розрахунок струмів КЗ та відхилення напруги. Схема електрична. Показники техніко-економічні. Таблиця.

6. Консультанти розділів роботи:

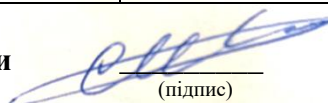
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Семерня О.В., ст. викладач		
Економічне обґрунтування	Шашков С.В., к.е.н., ст. викладач		
Нормоконтроль	Чепіжний А.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання: «04» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Збір інформації про діяльність господарстві	6.09.2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики та	до 13.09.2024 р.	
3.	Складання плану роботи	до 27.09.2024 р.	
4.	Написання вступу	до 04.10.2024 р.	
5.	Підготовка розділу «Розділ 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування»	до 18.10.2024 р.	
6.	Підготовка розділу «Розділ 2. Технологічна частина»	до 01.11.2024 р.	
7.	Підготовка розділу «Розділ 3. Розрахунки освітлювальних установок та мереж»	до 15.11.2024 р.	
8.	Підготовка розділу «Розділ 4. Особливості організації освітлення»	до 20.12.2024 р.	
9.	Підготовка розділу «Розділ 5. Охорона праці»	до 24.01.2025 р.	
10.	Підготовка розділу «Розділ 6. техніко-економічні показники»	до 21.02.2025 р.	
11.	Написання висновків та пропозицій	до 25.04.2025 р.	
12.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 15.05.2025 р.	
13.	Подання роботи на рецензування	до 23.05.2025 р.	
14.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2025 р.	

Здобувач вищої освіти


(підпис)

Шевченко С.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Чепіжний А.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Шевченко С.М. Реконструкція системи вуличного освітлення вул. Г. Кондратьєва м. Суми з розробкою заходів підвищення надійності та автономності роботи освітлювальних приладів. Суми : СНАУ, 2025 р.

Кваліфікаційний проект зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

В роботі проведено аналіз особливостей організації освітлення по вулиці Герасима Кондратьєва, що є фактично центральною вулицею міста Суми. Наведено основне обладнання, що використовується для виконання освітлення вулиці.

Наведено особливості та шляхи підвищення показників надійності системи вуличного електричного освітлення вулиці. Виконано вибір місць розміщення основного обладнання для освітлення та визначено особливості показників освітленості вулиці.

Виконано розрахунки основних показників освітлення вулиці та вказано основне обладнання, що має вплив на показники надійності. Наведено основні схеми підключення вуличного освітлення ділянки вулиці, що аналізується.

Ключові слова: освітлення, прилади освітлення, СП, надійність, коротке замикання, опора, захисна апаратура, трансформатор.

SUMMARY

Shevchenko S.M. Reconstruction of the street lighting system on G. Kondratiev Street, Sumy, with the development of measures to increase the reliability and autonomy of lighting devices. Sumy: SNAU, 2025

Qualification project for specialty 141 «Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics», educational and professional program «Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics».

The paper analyzes the features of the organization of lighting on Gerasym Kondratiev Street, which is actually the central street of the city of Sumy. The main equipment used to perform street lighting is presented.

The features and ways to increase the reliability of the street electric lighting system are presented. The locations of the main lighting equipment are selected and the features of the street illumination indicators are determined.

The calculations of the main street lighting indicators are performed and the main equipment that has an impact on reliability indicators are indicated. The main street lighting connection schemes for the analyzed street section are presented.

Keywords: lighting, lighting devices, SIP, reliability, short circuit, support, protective equipment, transformer.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ.....	8
1.1 Кліматичні умови міста Суми.....	8
1.2 Визначення норм освітленості вулиць міста та особливостей вулиці Г. Кондратьєва.....	9
1.3 Стан об'єкту проектування та огляд існуючих показників надійності вуличного освітлення вулиці Г. Кондратьєва.....	11
1.4 Пропозиції до проекту.....	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ОРГАНІЗАЦІЇ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ..	14
2.1 Загальні відомості про систему вуличного освітлення.....	14
2.2 Особливості освітлення ускладнених ділянок дороги.....	16
2.3 Освітлювальні прилади для освітлення вулиці.....	19
3 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ТА МЕРЕЖ.....	23
3.1 Особливості розрахунку середнього значення освітленості вулиці.....	23
4 ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТЛЕННЯ ДІЛЯНКИ ВУЛИЦІ ТА ВИБІР НЕОБХІДНОГО ОБЛАДНАННЯ З РОЗРОБКОЮ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ.....	28
4.1 Особливості підвищення показників надійності освітлення вулиці Г. Кондратьєва.....	28
4.2 Технічна організація освітлення вулиці Г. Кондратьєва.....	29
4.3 Організація захисту від перенапруги та організація заземлення.....	32
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	36
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ.....	38
ВИСНОВКИ.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	45
ДОДАТОК А.....	48

ВСТУП

Освітлення вулиць, як і електропостачання міста відіграє доволі важливу роль в створенні благоустрою міста. В подальшому підвищення благоустрою міста має позитивний вплив на життя людей та відповідно загальний комфорт міста Суми.

Місто Суми знаходиться є на сьогодні великим містом обласного значення, що межує з прикордонням. В результаті постійних обстрілів та різного роду аварій застарілого обладнання система електропостачання та освітлення прийшла в несправний стан та є малоефективною. В результаті чого освітленість вулиць та проїжджих частин міста знаходиться в незадовільному стані.

Іншою проблемою системи освітлення на більшості вулиць міста Суми, в тому числі і на вулиці Герасима Кондратьєва є те, що освітлювальні прилади повростали в дерева. Ці дерева своїми кронами перекривають освітлювальні опори особливо в літні періоди року та затіняють їх.

Необхідно зазначити, що більшість опор з освітлювальними приладами розміщуються в на одній лінії з деревами. При цьому гілки зачіпляють проводи та призводять до знеструмлення чи аварійних ситуацій. Вирізання гілок чи навіть дерев призводить до значного зменшення привабливості вулиць міста.

Іншою не менш важливою причиною зменшення надійності приладів освітлення є використання застарілого типу ламп, що доволі швидко виходять з ладу.

Всі ці перелічені проблеми доволі сильно впливають на надійність системи освітлення міста Суми та вулиці Г. Кондратьєва. Вирішення цих питань потребує значної уваги з точки зору покращення освітленості та підвищення показників надійності вуличного освітлення.

1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Кліматичні умови міста Суми

Одним з основних показників, що мають вплив на показники надійності та показники освітленості вулиці є кліматичні умови. Додатково необхідно розглянути і кількість годин світлового дня чи сумерків.

Отже характеризуючи місто Суми, можна сказати, що літній період характеризується довгими та комфортним по температурному режиму днями. Зимовий період відповідно характеризується довгими але морозними, вітряними та сніжними днями. Протягом року температурний режим регіону коливається від мінус 9°C до плюс 25°C. Слід зазначити, що доволі рідко буває температура нижче мінус 20°C, а також вище плюс 31°C. Такі періоди значних температур є аномальними для даного регіону. Загалом теплий сезон в м. Суми триває майже 4 місяці з травня по вересень. Найбільш жарким є липень відповідно до температурного розподілу протягом року. Ну і відповідно найбільш холодний місяці – січень.

Хмарність району проектування носить фактично коливальний характер протягом року. Найменша хмарність спостерігається 5,6 місяці з квітня по жовтень, а найбільш ясний місяць – серпень. Найбільша хмарність спостерігається з жовтня до квітня та триває 6,4 місяці, а найбільш хмарним місяцем є січень.

Опади на території м. Сум значно коливаються протягом року. Найбільш вологим є період з травня по червень та триває 2,4 місяці. В цей період йдуть більшість дощів весняно-літнього періоду. Найбільш сухим є період з липня по травень та триває 9,6 місяців.

Вологий період в м. Суми характеризується не лише дощами, а і значними снігопадами. Необхідно зазначити, що саме великі снігопади сприяють обриву проводів в більшій ступені через налипання.

Снігова частина року триває 5,5 місяці в період з жовтня по квітень. Середня кількість снігових опадів становить 131 мм. В аномальні періоди

відбуваються снігові буревії зі значною швидкістю вітру та снігу. Подібні періоди сприяють значним пошкодженням ліній електропередачі та інших елементів силових та освітлювальних мереж.

Тривалість дня в місті Суми доволі сильно змінюється протягом року. Найбільш коротким днем є 21 грудня з світлою частиною доби – 7 год. 56 хв. Найдовшим днем є 21 червня з тривалістю світлої частини доби – 16 год. 32 хв. Найбільш ранній схід сонця зафіксовано о 4:26, що відбувається фактично 17 червня. При цьому найбільш пізній схід сонця припадає на 7:43 при цьому дата коли це було зафіксовано 31 грудня. Виходячи з таких даних світлового дня на території м. Суми необхідно враховувати при проектуванні вуличного освітлення.

Іншим кліматичним параметром є швидкісні показники вітрів. Необхідно зазначити, що найбільш вітряним є період з жовтня по квітень коли середня швидкість вітру становить 16,1 км/год. Найбільш вітряним є лютий. коли середня швидкість вітру складає 18,9 км/год. Вітряний період триває 5,4 місяці на рік. При значних швидкостях виникає доволі велика ймовірність пошкодження повітряних ліній та ліній освітлення.

1.2 Визначення норм освітленості вулиць міста та особливостей вулиці Г. Кондратьєва

При виконанні проектування освітлення вулиці міста висуваються наступні вимоги:

- мінімальне споживання електроенергії за умови забезпечення комфортної освітленості;
- гарні показники довговічності освітлювального устаткування та надійність;
- легке обслуговування та забезпечення безпечної експлуатації;
- дотримання всіх стандартів та нормативних документів освітлення вулиць.

Необхідно зазначити, що доволі великої уваги потребує останній пункт даних вимог, адже кожного разу розвиток нових технологій та обладнання потребує вивчення. Виходячи з цього в нормативних документах вказано перелік основних меж для різних категорій вулиць.

Вулиця Г. Кондратьєв, а саме її проїжджа частина є міською автомобільною дорогою загального користування, а отже норма світла для неї повинна становити 15...20 лк. Такі ж вимоги по яскравості висуваються і для перехресть вулиць міського призначення.

Іншою зоною для організації освітлення є пішохідні зони. Вулиця Герасима Кондратьєва є доволі протяжною вулицею, що має свій початок з центру міста та виходить на виїзд. Загальна протяжність вулиці Г. Кондратьєва та її розміщення на загальній карті м. Суми наведено на рисунку 1.1.

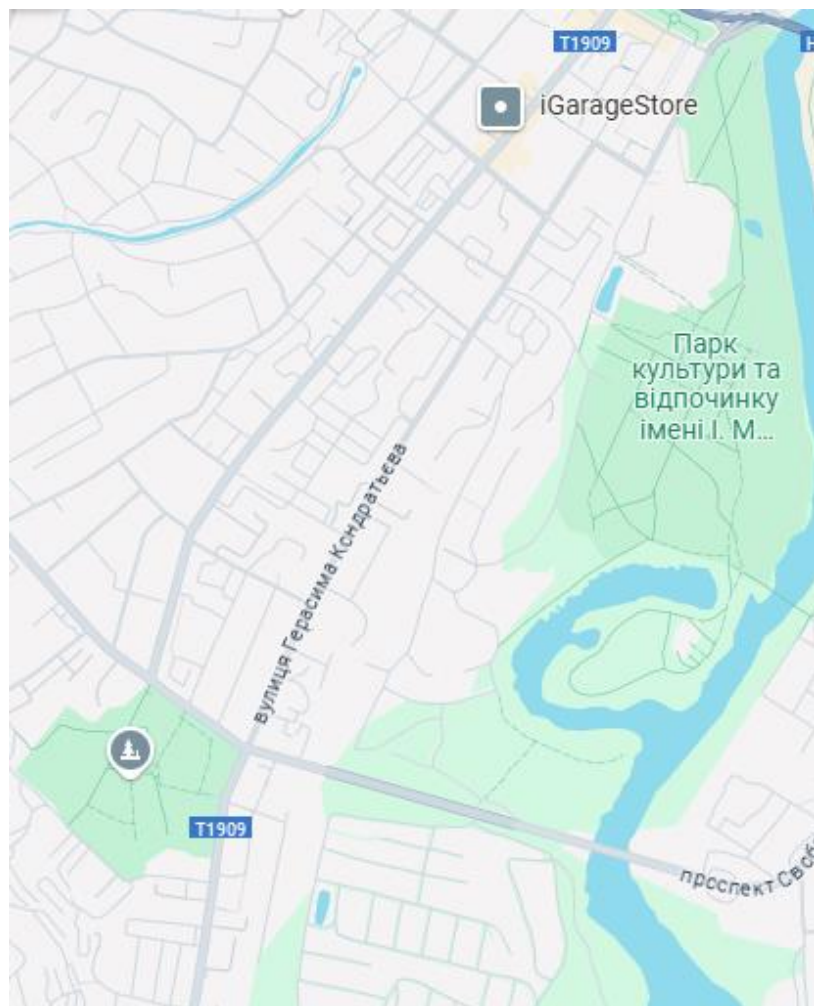


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд вулиці Г. Кондратьєва на карті

Пішохідна зона з центру міста освічується частково від освітлювальних приладів, що освітлюють проїжджу частину. Загалом освітлення пішохідних зон по вулиці Г. Кондратьєва фактично повністю відсутнє.

Відповідно до нормативних документів за умови примикання пішохідної до центральної дороги або до автомобільної дороги освітленість приймають на рівні 10 лк. З такою ж інтенсивністю підсвічуються і зупинки громадського транспорту.

Зазначимо, що вулиця Г. Кондратьєва співпадає з трасою територіального значення в Сумській області Т 1909, та виходить на виїзд з міста в бік Лебединського району.

По вулиці Г. Кондратьєва доволі значний рух різноманітного транспорту, в тому числі і маршрутного. Також по даній вулиці на виїзд з міста курсують тролейбуси, а отже необхідно враховувати і тролєї для них при проектуванні вуличного освітлення. Тролейбусні тролєї фіксуються в більшості своїй на освітлювальних опорах, а отже при виборі опор необхідно враховувати і навантаження, на них з боку тролєї.

1.3 Стан об'єкту проектування та огляд існуючих показників надійності вуличного освітлення вулиці Г. Кондратьєва

Як вже зазначалось, вулиця Г. Кондратьєва є однією з центральних вулиць, що веде до центру міста. При цьому вона має доволі жвавий рух маршрутного транспорту, а отже і має складний устрій в організації вуличного освітлення.

Також необхідно сказати, що частина опор та проводи освітлювальної лінії по вулиці Г. Кондратьєва мають незадовільний стан. При цьому по всій вулиці встановлено застарілі освітлювальні прилади з неефективними лампами такі, як ДРЛ чи ДРІ. Також спостерігається проведення заміни даних ламп на більше ефективне LED освітлення.

На сьогодні проводиться часткова заміна на нове енергоефективне вуличне освітлення. При цьому значна частина освітлення вулиці залишається в незадовільному стані.

Загальна протяжність вулиці Г. Кондратьєва складає 4,6 км. Протягом всієї вулиці встановлене вуличне освітлення. При цьому протяжність тролєї для руху тролейбусів складає 2,7 км та виходить на вулицю на перехресті з вулицею Сумської Артбригади та йде на виїзд з міста де біля кінцевої зупинки на закільцьована на кільці.

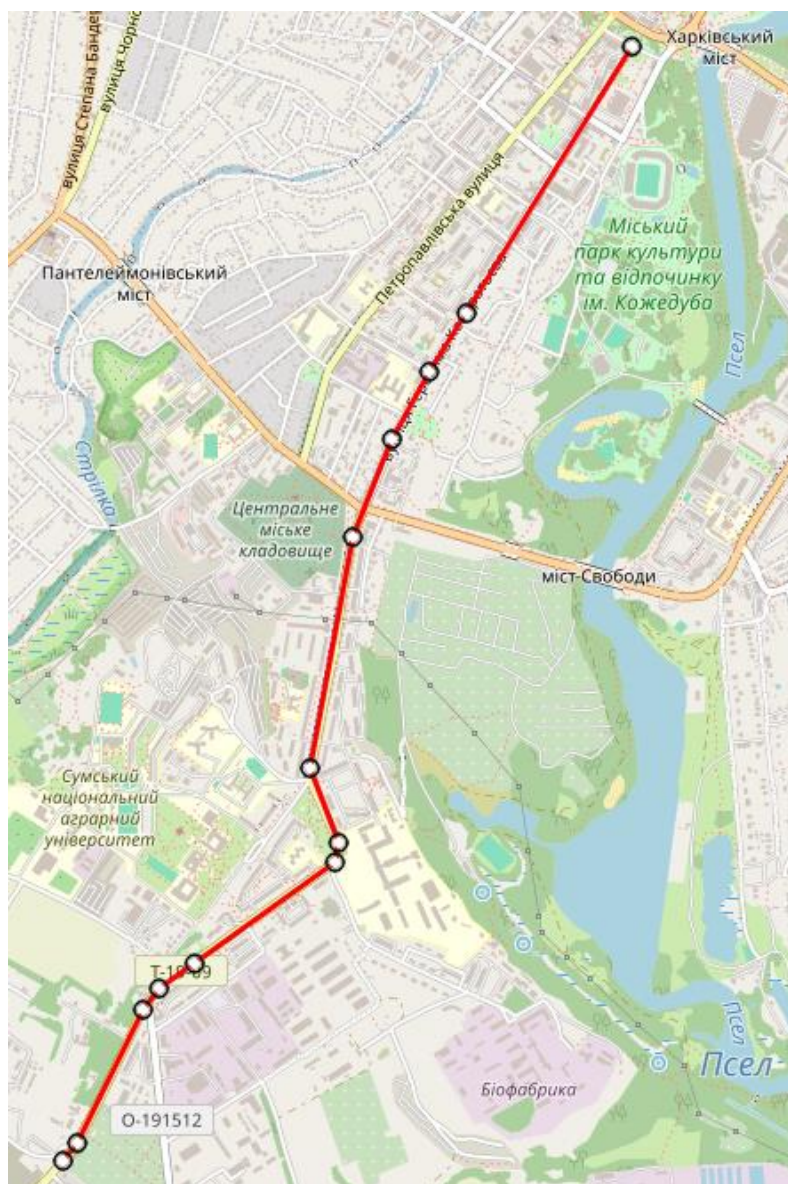


Рисунок 1.2 – Протяжність вулиці Г. Кондратьєва

Загалом протягом всієї вулиці поруч з освітлювальними пристроями вулиці доволі велика кількість дерев, що з одного боку затіняють освітлення, з іншого боку частково сприяють замиканню освітлювальних проводів (де немає заміни на СПП). Також частина проводів освітлювальної мережі вулиці виконана застарілими проводами, що значно знижує показники надійності системи вуличного освітлення загалом. Також частина опор освітлювальної мережі експлуатується досить довго та вже прийшли в незадовільний стан.

Все це доволі сильно призводить до зменшення рівня освітленості та значного зниження загальних показників надійності системи освітлення вулиці Г. Кондратьєва.

1.4 Пропозиції до проекту

Виходячи з проведеного аналізу для подальшого аналізу необхідно провести розрахунки та поставити перед подальшою роботою наступні задачі:

1. Виконати аналіз можливих варіантів організації вуличного освітлення для автомобільних доріг.
2. Виконати модернізацію системи вуличного освітлення з врахуванням покращення рівня надійності системи.
3. Провести аналіз можливості використання автономних систем вуличного освітлення.
4. Навести вимоги до охорони праці відповідно до робіт по модернізації лінії вуличного освітлення.
5. Виконати економічне обґрунтування запропонованих рішень.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ОРГАНІЗАЦІЇ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

2.1 Загальні відомості про систему вуличного освітлення

Освітлення вулиць проектується з врахуванням рівномірності в розташуванні приладів освітлення, що в результаті формують систему вуличного освітлення. Рівномірне встановлення освітлювальних приладів здійснюється на прямих ділянках дороги, а на перехрестях, примиканнях та різноманітних відгалуженнях необхідно встановлювати додаткові освітлювальні прилади. Це необхідно для збільшення яскравості, що в результаті дозволить зменшити аварійність доріг.

Зазвичай в вуличних освітлювальних приладах застосовують доволі потужні джерела світла, потужність яких не більше 400 Вт. При цьому встановлення більш потужних джерел світла в свою чергу потребує збільшення висоти їх встановлення, а також значною мірою удорожчує загальну вартість системи освітлення.

Освітлювальні установки в основному поділяють за двома параметрами: висота на якій змонтовані освітлювальні прилади; загальна висота опори. Виходячи з цих параметрів опори поділяються на типи:

- звичайні з висотою опори від 8 до 12 м;
- проміжні з висотою опори до 20 м;
- високоматчеві з висотою опор більше 30 м;
- поздовжньо-підвісні з підвішуванням освітлювальних пристроїв по середині вулиці;
- парапетний з монтажем в різного роду огороженнях;
- настінний з монтажем на стінах або дахах будинків біля дороги.

Необхідно зазначити, що по вулиці Г. Кондратьєва використання парапетних, настінних, поздовжньо-підвісних, високоматчевих чи проміжних опор неможливо. По всій вулиці використовується звичайний тип опор. Всі

опори, що застосовуються в освітленні вулиці є залізобетонними. Загальна схема освітлювальної установки на опорі наведена на рисунку 2.1.

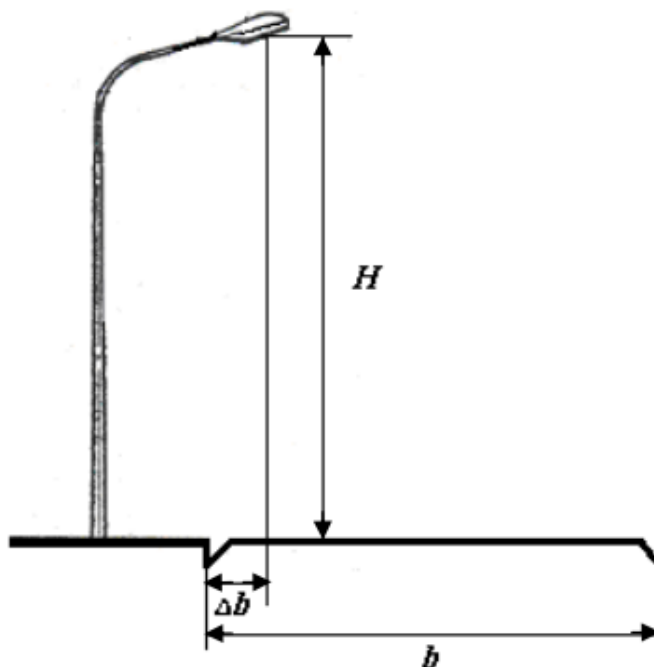


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд опори для вуличного освітлення

Всі світильники, що використовуються на опорах для освітлення вулиці Г. Кондратьєва підвішені за допомогою кронштейнів. Відповідно до рисунку 2.1, положення світильника регламентується двома параметрами. Першим параметром є висота його розміщення, а другим параметром відповідно його виліт. Опори з приладами освітлення встановлені з певним кроком, а також певним кутом до обрію (поверхні дороги).

Необхідно також зазначити, що існують певна кількість різновидів встановлення опор з освітлювальними приладами (таблиця А1, додатку). Фактично по всій протяжності вулиці опори розміщуються в вигляді дворядної прямокутної схеми, що дозволяє також підвішувати до них тролєї.

При проведенні розрахунків вуличного освітлення виконують визначення яскравості поверхні для дорожнього покриття. При цьому користуються фактично величинами, що наведені на рисунку 2.1.

За умови середнього значення яскравості $0,4 \text{ кд/м}^2$ співвідношення $\frac{L_{\text{мін}}}{L_{\text{сп}}}$ має бути в межах $0,3-0,4$. За умови середнього значення $0,6 \text{ кд/м}^2$ дане співвідношення має становити $0,4-0,6$. Додатково зазначимо, що для груп вулиць чи автомобільних доріг існують і інші нормативи, що враховуються в залежності від світлового потоку, кривої сили світла та інших параметрів.

2.2 Особливості освітлення ускладнених ділянок дороги

Всі нормативні документи в основному регламентують освітлення прямолінійних доріг без врахування ускладнених ділянок, таких як, схили, повороти, підйоми, перехрестя та інше. З рисунку 1.2 видно, що вулиця Г. Кондратьєва є доволі звислою та має доволі велику кількість примикань то необхідно враховувати особливості освітлення даних елементів вулиці. Також доволі багато зупинок автомобільного транспорту на всій її протяжності.

Оскільки при перетинанні даних елементів у водіїв та пішоходів можуть виникати певні проблеми з видимістю в темну пору року, то необхідно для даних ділянок посилювати рівень освітленості та відповідно освітлювальними приладами. При цьому розрахунок подібних ділянок проводиться окремо для кожної з них та враховуються всі основні їх особливості. Більшої уваги в плані освітленості потребують перехрестя, що ускладнюються пішохідними переходами. З точки зору правил дорожнього руху та організації дорожнього руху необхідно встановлювати додатково жовтий мигаючий сигнал над пішохідним переходом або з використанням додаткового підсвічування над пішохідними переходами, особливо для нерегульованих.

В діючих нормах вказується, що при організації освітлення перехресть рівень освітленості досягається фактично за рахунок обох пересічень доріг. При цьому фактично здійснюють дублювання освітлювальних установок, як це показано на рисунку 2.2.

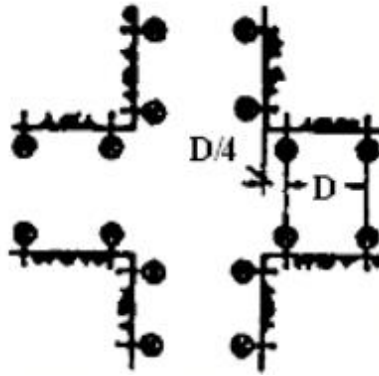


Рисунок 2.2 – Особливості організації освітлення перехресть

На перехрестях або інших перешкодах доволі часто використовують освітлення відмінне від основного. Так наприклад перехрестя або інші об'єкти можуть підсвічуватись особливими кольорами світлового потоку від джерел випромінювання джерел світла. Доволі розповсюдженим на перехрестях є комбінація різних типів ламп, наприклад ДРЛ та ДРІ. Також можуть використовуватись більші опори для збільшення локальної освітленості.

Іншими проблемними ділянками є заокруглення доріг, а також підйоми та спуски. При цьому підйоми та спуски можуть освітлюватись так само, як прямі дороги. За умови заокруглення дороги або комбінації заокруглення та підйому (спуску) освітлювальні прилади розміщують таким чином, щоб забезпечувалось освітлення границь дороги та узбічч. Особливості розташування освітлювальних приладів на заокруглених вулицях розглянуто на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Розміщення освітлювальних опор на заокругленнях вулиці

Слід зауважити, що в більшості випадків для кращого освітлення заокруглення вулиці часто використовують шахове розташування освітлювальних приладів. Таке рішення характерне для заокруглень радіусом більше 250 м. При цьому для заокруглень радіусом 60-250 м необхідно виконувати зменшення кроку розміщення освітлювальних опор.

Дещо іншої організації освітлення потребують примикання доріг. Проблема примикань схожа з заокругленнями. Але більш за все виникає проблема освітлення транспортних засобів, що рухаються по основній дорозі. При цьому організація освітлення даних примикань потребує в більшій мірі освітлення саме основної вулиці. Приклади освітлення примикань наведено на рисунку 2.4.

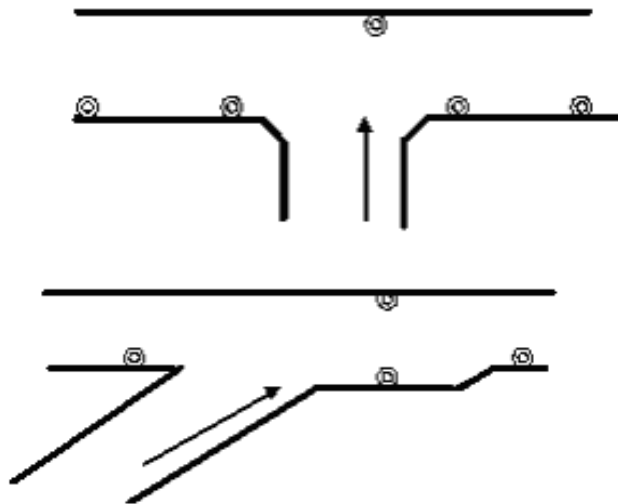


Рисунок 2.4 – Особливості освітлення різних примикань

Оскільки вулиця Г. Кондратьєва фактично не має інших проблемних ділянок та складних роз'їздів, то не доцільно розглядати особливості їх освітлення. Але слід звернути увагу на особливості освітлення пішохідних переходів, які по розглядуваній вулиці представлені як регульованими так і не регульованими. Освітлення пішохідних переходів потребує особливого розміщення освітлювальних опор. Загальний принцип організації освітлення пішохідних переходів наведено на рисунку 2.5.

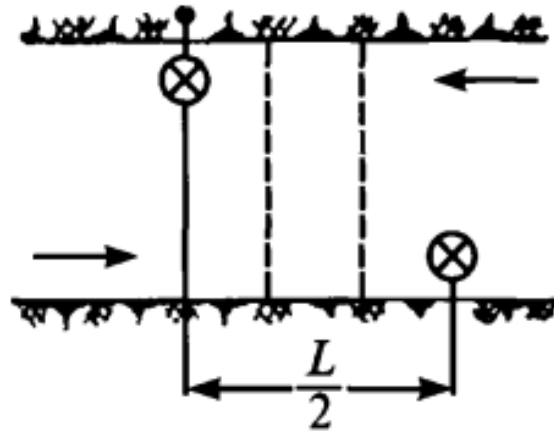


Рисунок 2.5 – Схема розміщення освітлювальних опор при освітленні пішохідних переходів

Таке розміщення освітлювальних установок (рис. 2.5) дозволяє вирішити питання гарного освітлення всього переходу. Також на фоні світлового потоку краще видно пішохода на переході.

Серед загальних особливостей організації освітлення вулиці згідно нормативних документів, необхідно забезпечити в залежності від особливостей дороги гарний огляд перешкод на відстані 300-500 м, що в результаті дозволяє сформувати для водія певного роду «світловий тунель».

2.3 Освітлювальні прилади для освітлення вулиці

Основними характеристиками освітлювальних приладів є економічні а також світлотехнічні показники їх роботи. До економічних відноситься фактично вартість їх закупівлі та споживання ними електричної енергії. До світлотехнічних відносять ККД, характеристику світлового потоку, коефіцієнт використання а також витрату енергії.

Загалом освітлювальна установка складається з трьох елементів: опори, кронштейна та світильника. Світильник складається з лампи та корпусу. Загалом вся конструкція повинна відповідати гарним показникам надійності, зручності експлуатації та довговічності. Основними функціями світильників є:

- виконання перерозподілу світлового потоку отриманого від джерела світла;

- охорона джерела світла від впливу навколишнього середовища;
- забезпечення живлення електричною енергією джерела світла.

Необхідно зазначити, що вуличні освітлювальні установки працюють в доволі складних погодних умовах, тож до них пред'являються доволі серйозні вимоги адже постійна їх заміна потребує доволі широкого комплексу робіт. При цьому доволі сильно враховується показник його тривалої експлуатації.

Виходячи з такої постановки проблеми найбільш частим елементом, що виходить з ладу є саме джерело світла, яке має найнижчий показник надійності порівняно з іншими елементами.

Обов'язковим елементом освітлювальної установки є його оптична система, що забезпечує необхідне значення переломлення, розсіювання світла та відповідно його відбиття.

По вулиці Г. Кондратьєва встановлені на певних ділянках застарілі освітлювальні прилади, з лампами



Рисунок 2.6 – Освітлювальна установка з лампами

Побідні установки (рис. 2.6) на сьогодні є застарілими та не мають такої ефективності та переваг в порівнянні з світлодіодним освітленням.

Світлодіодне освітлення вулиць, на сьогодні, є одним з найбільш перспективних напрямків організації освітлення. При значній економії електроенергії та гарному світловому потоці термін служби даних джерел світла становить фактично 100 000 годин роботи, що на сьогодні є найкращим показником.

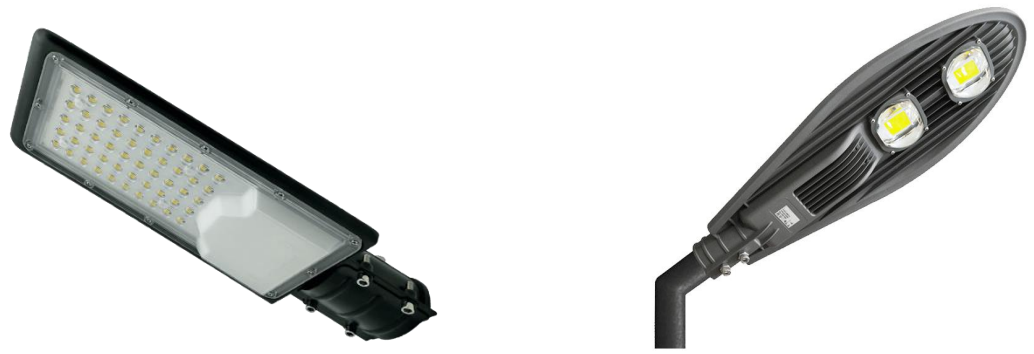


Рисунок 2.7 – Світлодіодні вуличні освітлювальні прилади

Використання світлодіодних вуличних освітлювальних приладів дає значні показники надійності системи освітлення порівняно з іншими.

Для забезпечення часткової автономності ліній освітлення можна провести встановлення LED освітлювальних установок з використанням сонячних панелей та акумуляторів. Загальний вигляд вуличного освітлювального приладу з системою акумулювання енергії та живлення від сонячної панелі наведено на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Вулична освітлювальна LED установка з сонячною панеллю та акумулятором

Основними перевагами даних освітлювальних установок, є те, що їх можна використовувати без безпосередньої близькості ліній електропередачі. Потужність даних освітлювальних приладів складає 50 Вт. В склад такої установки входить дві сонячні панелі DC-36V з потужністю 250 Вт та дві гелеві

аккумуляторні батареї ємністю 100 А. Керування даним освітлювальним приладом виконується контролером DC-24V. Автономності роботи даної установки вистачає на 3 дні за умови роботи її протягом 8 годин на добу.

Данні установки є дороговартісними та мають ряд проблем, що пов'язані з затіненням сонячних панелей в умовах міста. Так на проектуємій ділянці дороги пропонується використати дані автономні освітлювальні установки для підсвічування пішохідних переходів. При цьому розміщення їх повинно бути на ділянці де відсутні крони дерев, а також необхідно врахувати, що на даній опорі не має бути кріплення тролейбусної тролєї.

Подібне рішення дозволить вирішити питання безпеки при переході пішоходами проїжджої частини. на розглядуваній ділянці по вулиці Г. Кондратьєва таких пішохідних переходів є два. Перший одразу після перетину з вулицею Лебединська. а другий перед колом розвороту тролейбусного транспорту. Оскільки дані установки використовують сонячні панелі та є більш потужними пропонується їх встановлення на висоті більше 10 м з врахуванням особливостей затінення. Виходячи з цього пропонується на кожен пішохідний переїзд встановити по дві такі освітлювальні установки. Сумарна кількість даних установок складає 4 шт для проектованої вулиці.

3 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ТА МЕРЕЖ

3.1 Особливості розрахунку середнього значення освітленості вулиці

Для визначення освітленості вулиці використовують різноманітні методи. При цьому найбільш ефективним та дієвим є метод визначення середнього значення освітлювальної поверхні. Розрахунок середнього значення освітленості вулиці проводиться відповідно до рисунку 2.1. Необхідними параметрами розрахунку є висота встановлення світильника та ширина вильоту світильника на проїжджу частину. Для подальшого розрахунку даним методом необхідно побудувати схему розрахунку освітленості вулиці (рис. 3.1).

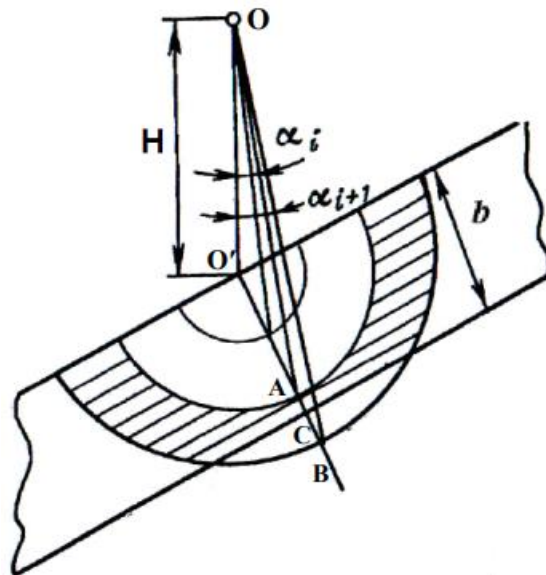


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема

Спочатку необхідно визначити корисну частину потоку світла зонального:

$$\Delta\Phi_{\text{кор}} = \frac{\gamma}{180} \Delta\Phi \quad (3.1)$$

або

$$\Delta\Phi_{\text{кор}} = \frac{\gamma}{180} I'(a)\Delta\omega \quad (3.2)$$

де γ – кут використання світлового потоку, град;

$\Delta\Phi$ – світловий потік;

$I'(a)$ – значення дійсної сили світла відповідно до довідкових даних;

$\Delta\omega$ – величина корисних потоків для всіх кутів зонування.

Корисне значення частини повного потоку світла знаходиться з рівняння:

$$\Phi_{\text{кор}} = \sum_{\alpha=0^{\circ}}^{\alpha=90^{\circ}} \Delta\Phi_{\text{кор}} \quad (3.3)$$

або

$$\Phi_{\text{кор}} = \sum_{\alpha=0^{\circ}}^{\alpha=90^{\circ}} \frac{\gamma}{180} I'(a) \Delta\omega \quad (3.4)$$

Кут γ знаходять з виразу:

$$\gamma = \arcsin \frac{b}{H \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (3.5)$$

де b – ширина освітлювальної смуги світильника, м;

H – висота розміщення світильника, м.

Значення $\Delta\omega$ визначають з рівняння:

$$\Delta\omega = 2\pi(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2) \quad (3.6)$$

де α_1 та α_2 – значення кутів утворених світловим потоком навколо вертикальної осі, град.

Значення дійсної сили світла відповідно можна визначити з рівняння:

$$I'(a) = I(a) \frac{\Phi}{1000}$$

де Φ – величина світлового потоку отриманого від джерела світла;

$I(a)$ – множник, що характеризує показник світлорозподілу.

Підставивши всі значення в рівняння (3.3) та (3.4) отримаємо:

$$\Phi_{\text{кор}} = \sum_{\alpha=0^{\circ}}^{\alpha=90^{\circ}} \frac{\gamma}{180} I(\alpha) \frac{\Phi}{1000} \Delta\omega \quad (3.7)$$

або

$$\Phi_{\text{кор}} = \frac{\Phi}{1000} \sum_{\alpha=0^{\circ}}^{\alpha=90^{\circ}} \frac{\gamma}{180} I(\alpha) \Delta\omega \quad (3.8)$$

Для визначення коефіцієнту врахування використання світлового потоку від джерела світла визначають з рівняння:

$$\eta_E = \frac{1}{1000} \sum_{\alpha=0^{\circ}}^{\alpha=90^{\circ}} \frac{\gamma}{180} I(\alpha) \Delta\omega \quad (3.9)$$

Для визначення площі поверхні, що освітлена даною установкою потрібно використати рівняння:

$$\sigma = nDb \quad (3.10)$$

де n – кількість освітлювальних установок, шт;

D – відстань між освітлювальними установками, м.

Значення середньої величини освітленості можна визначити з рівняння:

$$E_{\text{сер}} = \frac{n\Phi_{\text{кор}}}{\sigma} = \frac{\Phi_{\text{кор}}}{Db} \quad (3.11)$$

Якщо врахувати, що $\Phi_{\text{кор}} = \Phi\eta_E$, то отримуємо:

$$E_{\text{сер}} = \frac{\Phi}{Db} \eta_E \quad (3.12)$$

Для забезпечення особливостей стабільної роботи освітлювальної установки необхідно ввести певний коефіцієнт запасу – k . В результаті отримаємо:

$$kE_{\text{сер}} = \frac{\Phi}{Db} \eta_E \quad (3.13)$$

де k – величина коефіцієнту запасу.

Знання всіх отриманих даних дає можливість визначити значення величини світлового потоку.

$$\Phi = \frac{kE_{\text{сер}}Db}{\eta_E} \quad (3.14)$$

За умови освітлення вулиці двома або більшою кількістю рядів освітлювальних установок отримуємо наступні рівняння:

$$kE_{\text{сер}} = \frac{M\Phi}{Db} \eta_E; \quad \Phi = \frac{kE_{\text{сер}}Db}{M\eta_E} \quad (3.15)$$

де M – кількість рядів освітлювальних приладів, шт.

Виходячи з цього можна розрахувати основні показники освітленості вулиці за умови використання світлодіодних ламп в якості джерела світла для освітлення вулиці Г. Кондратьєва, що в місті Суми. Для встановлення в якості джерела світла пропонується встановити освітлювальні прилади, що мають світловий потік на рівні $\Phi = 2850$ лм. Висота їх розміщення $H = 6,7$ м, а ширина освітлювальної смуги світильника $b = 3,75$ м. При цьому потужність світлодіоду планується встановити на рівні 30 Вт.

Прорахунок освітленості пропонується виконати з врахуванням найбільш проблемної ділянки, що знаходиться починаючи з перехрестя вулиці Г. Кондратьєва та вулиці Лебединської до кінцевої зупинки тролейбусного транспорту на виїзд з міста. При цьому врахуємо дві гілки довжина яких

становить 1104 м та 1144 м. Більша довжина враховує опори для освітлення на колі розвороту тролейбусного транспорту. При цьому на першій гілці планується встановити 16 ліхтарів, а на другій гілці 17 ліхтарів.

Виходячи з таких початкових даних пропонується виконати розрахунок середнього значення освітленості вулиці.

$$\Delta\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot (\cos 0^\circ - \cos 90^\circ) = 6,28$$

$$\gamma^{30^\circ} = \arcsin \frac{3,75}{6,7 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ} = 1,33$$

$$\Phi_{\text{кор}} = \frac{1,33}{180} \cdot 6200 \cdot \frac{2850}{1000} \cdot 6,28 = 819,92 \text{ лм}$$

$$\sigma^{\text{гілка1}} = 16 \cdot 69 \cdot 3,75 = 4140 \text{ м}^2$$

$$\sigma^{\text{гілка2}} = 17 \cdot 67 \cdot 3,75 = 4271 \text{ м}^2$$

$$E_{\text{сер}}^{\text{гілка 1}} = \frac{16 \cdot 819,92}{4140} = 3,17 \text{ лм}$$

$$E_{\text{сер}}^{\text{гілка 2}} = \frac{17 \cdot 819,92}{4271} = 3,26 \text{ лм}$$

Виходячи з отриманих даних для двох різних гілок середні значення рівня освітленості відповідають заданим нормам. Загалом середнє значення освітленості вулиці Герасима Кондратьєва становить 3,2 лм, що є задовільним для даної ділянки.

Визначення рівня освітленості для запропонованих автономних установок з сонячними панелями не планується проводити, адже вони використовуються в якості аварійного точкового освітлення.

4 ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТЛЕННЯ ДІЛЯНКИ ВУЛИЦІ ТА ВИБІР НЕОБХІДНОГО ОБЛАДНАННЯ З РОЗРОБКОЮ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ

4.1 Особливості підвищення показників надійності освітлення вулиці Г. Кондратьєва

Основними методами для підвищення надійності вуличного освітлення є фактично автоматизація основних систем управління та відповідно технічні засоби для реалізації підходу протягом всієї лінії освітлення вулиці.

Основними методами, що пропонується до застосування в системі вуличного освітлення вулиці Г. Кондратьєва є відповідно технічні методи. При цьому необхідною умовою якісної роботи подібних технічних заходів є реалізація системи розумного керування освітленням міста типу Smart Lighting.

Основною особливістю даної системи Smart Lighting є те, що дана система забезпечує автоматичне регулювання та має систему контролю за споживанням електричної енергії. Але основною функцією системи Smart Lighting є можливість оперативного виявлення несправностей, з можливістю усунення певної їх кількості. При цьому усунення несправностей відбувається на програмному рівні, а механічні несправності усуваються бригадами ремонтників. При цьому дана система дозволяє чітко вказувати на місця пошкодження, що дозволяє не витратити час на їх пошуки.

Подібну систему необхідно впроваджувати не для рівня однієї вулиці, а фактично на рівні міста.

На рівні окремої вулиці, в тому числі і вулиці Г. Кондратьєва основними технічними заходами, що можна запровадити є:

- заміна звичайного проводу на СІП для освітлення з забезпеченням необхідного перерізу;
- заміна освітлювальних приладів на нові з використанням LED джерела світла.

Заміна проводів на СІП дозволить підвищити надійність та зменшити кількість замикань в складних вуличних умовах (значній рослинності та ін.). В свою чергу LED світильники мають високу ефективність, тривалий термін служби та гарні показники енергозбереження. Виходячи з цього основною пропозицією для реалізації заходів по підвищенню надійності освітлення вулиці Г. Кондратьєва є саме ці вищенаведені заходи.

4.2 Технічна організація освітлення вулиці Г. Кондратьєва

Вуличне освітлення міста виконується відповідно до існуючих вимог та нормативних документів. При цьому вуличне освітлення вул. Г. Кондратьєва виконується окремою лінією електропередачі по існуючим вже опорам.

Слід зазначити, що проблемними з точки зору надійності є ділянка від перехрестя з вул. Лебединська та до кінцевої зупинки тролейбусів. При цьому дана ділянка освітлюється від двох гілок відповідно 16 та 17 опор. При цьому більша кількість опор знаходиться на гілці, що освітлює коло розвороту.

В якості вуличного освітлення пропонується використовувати ліхтарі консольного типу, що використовують LED світильники. При цьому LED світильники планується обрати типу LED-SLF-30W з потужністю 30 Вт та світловим потоком 2850 лм. Світлотехнічна характеристика даного ліхтаря наведена на рисунку 4.1.

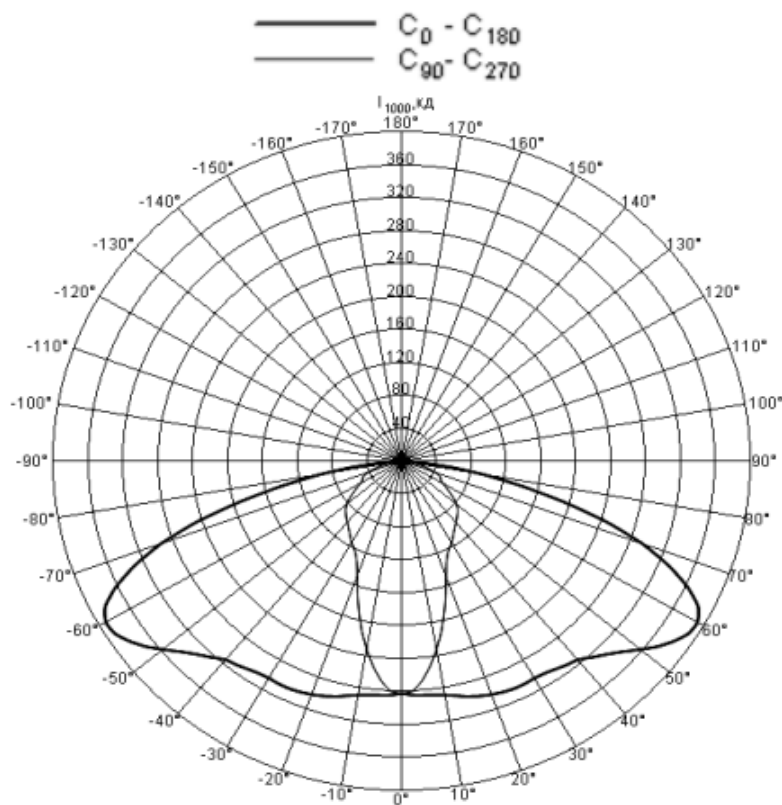


Рисунок 4.1 – Світлотехнічна характеристика світильника LED-SLF-30W

Для живлення освітлювальних приладів пропонується використати провід СП-4нг з перетином $2 \times 25 \text{ мм}^2$. СП прокладається по існуючих опорах освітлення вулиці Г. Кондратьєва. Необхідно зазначити, що всі опори мають задовільний стан.

Для виконання приєднання освітлювальних приладів до ПЛІ-0,23 кВ пропонується використати мідний гнучкий провід перерізом не менше $1,5 \text{ мм}^2$. Тип проводу пропонується Н07RN-F, що має переріз $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$.

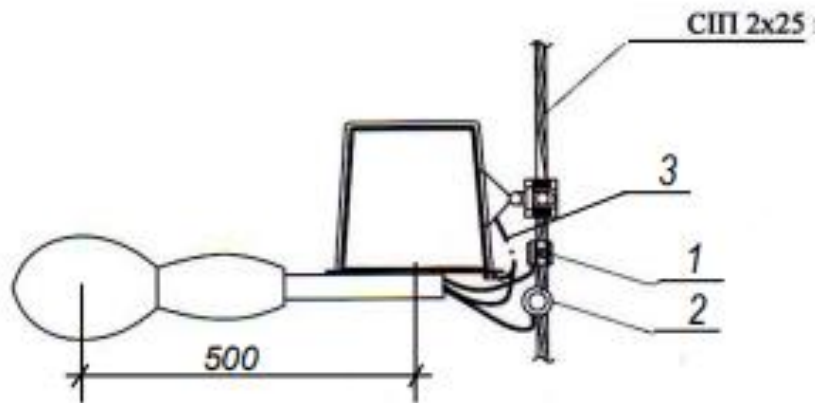
В системі автоматизованого керування вуличним освітленням міста замін не пропонується, а отже використовуємо існуючу систему в м. Суми. Живлення освітлювальної лінії електропередачі виконуємо від трансформаторної підстанції АТ «Сумиобленерго». Обране джерело знаходиться в гарному стані та відповідає всім вимогам. Також потужності трансформаторної підстанції достатньо для задоволення потреб даного типу освітлення.

Необхідно зазначити, що лінію для освітлення прокладаємо нижче від проводів ліній електропостачання з відстанню не менше 0,5 м між ними (для ліній 0,4 кВ). Для ліній 10 кВ необхідна відстань між лініями складає 1 м. При

цьому всі перетини ліній пропонується облаштовувати на опорах, що є перехрестними.

Провід СІП-4нг пропонується підвішувати на бандажних крюках. При цьому встановлюється 33 освітлювальні установки на всю довжину вулиці. Необхідно також врахувати влаштування поворотів та пристрої заземлення для нульового проводу.

Кріплення проводів та ліхтаря на існуючих опорах необхідно провести в відповідності до рисунку 4.2 з використанням ввідної апаратури.



1 – провідник типу N; 2 – провідник типу L; 3 – провідник типу PE

Рисунок 4.2 – Кріплення ліхтаря та проводів на існуючій опорі

Оскільки встановлення проводимо на існуючих опорах, то обов'язково необхідно витримати умови встановлення відповідно до рисунку 4.3.

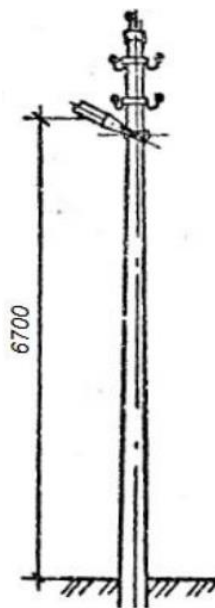


Рисунок 4.3 – Встановлення ліхтаря на опорі

Для забезпечення відповідного рівня освітлення необхідно чітко дотримуватись всіх норм встановлення освітлювальної установки, що дасть кращі результати в умовах поганої видимості. За використання даної системи прогнозуємо втрату напруги не більше 1,3 %.

Оскільки автономні освітлювальні пристрої з сонячними панелями надаються до проведення монтажних робіт вже повністю комплектними та потребують тільки встановлення опори та закріплення всіх елементів на опорі пропонується врахувати їх економічність закупівлі та встановлення.

4.3 Організація захисту від перенапруги та організація заземлення

В даній системі планується використовувати заземлюючі пристрої, що призначені:

- для організації заземлення нульового проводу для ліній освітлення;
- для захисту від різного роду атмосферного типу перенапруг;
- для виконання заземлення різноманітного устаткування;
- для виконання заземлення всіх обмежувачів перенапруги.

Для організації заземлення нульовий провід приєднуємо до заземлення, корпус освітлювальної установки приєднується до провідника типу PEN. Значення опору пристроїв заземлення повинно не перевищувати 30 Ом.

Проведення розрахунків струмів короткого замикання проводимо відповідно до схеми, що зображена на рисунку 4.4.

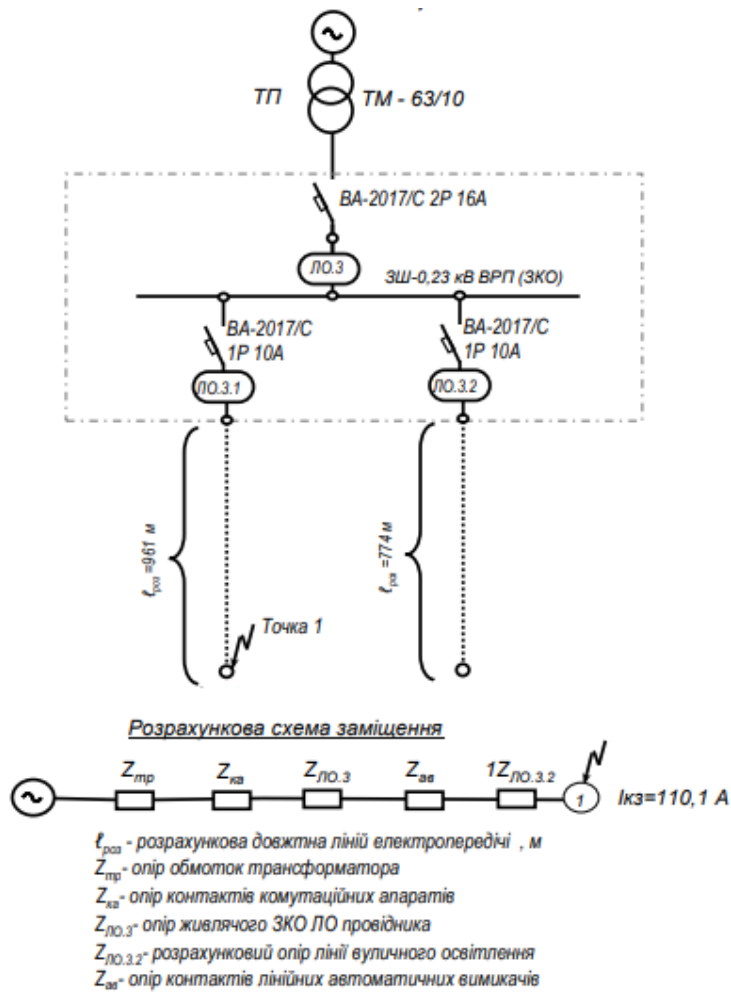


Рисунок 4.4 – Схема для визначення струмів короткого замикання на спроектованій лінії вуличного освітлення

Розрахунки виконуємо відповідно до методики, наведеної в літературних джерелах [5, 6]. В результаті отримуємо данні, що зведені до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати визначення струмів короткого замикання для освітлювальної лінії вулиці

№ гілки освітлення	$S_{тр}$, кВа	$Z_{тр\beta}$, Ом	$Z_{ка}$, Ом	$S_{нр}$, мм ²	$R_{нр}$, Ом	l , м	$Z_{ло}$, Ом	$Z_{ав}$, Ом	$U_{ном}$, В	$I_{кз}$, А
1	63	0,412	0,0068	25	1,541	961	2,96	0,0068	230	67,9
2	63	0,142	0,0068	25	1,541	774	2,96	0,0068	230	82

Додатковою умовою необхідно провести розрахунок відхилення напруги по довжині гілок для кожної з ліній освітлення. Розрахунок проводимо в відповідності до методики наведеної в літературних джерелах [8, 10] та рисунку 4.5.

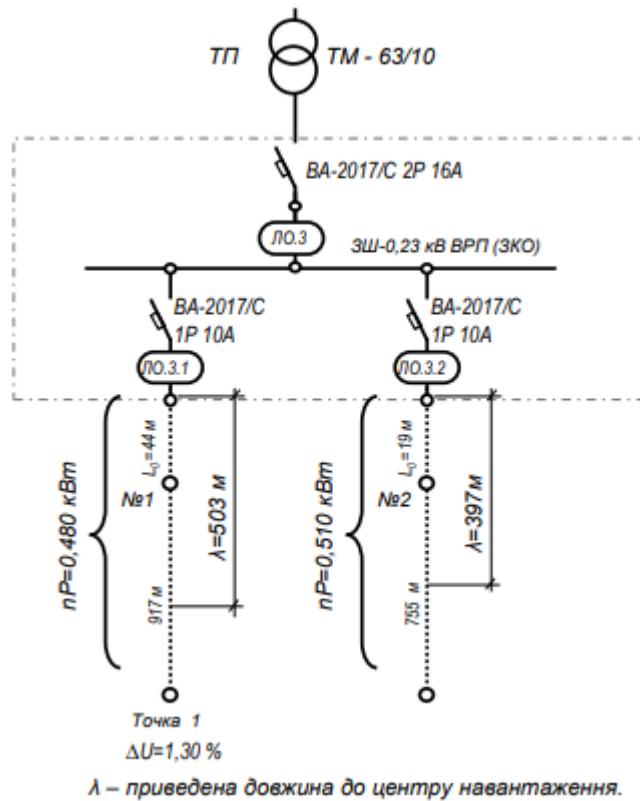


Рисунок 4.5 – Схема для проведення розрахунку величини відхилення напруги від номінального значення на кожній гілці лінії вуличного освітлення

Результати проведення розрахунків заносимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати проведення розрахунків від номінального значення відповідно до гілок лінії освітлення вул. Г. Кондратьєва

№ гілки освітлення	L_0 , м	$L_{(n-1)}$, м	λ , м	nP , кВт	M , кВт·м	Переріз провідника, мм ²	ΔU , %	Умова відповідності
1	44	917	503	0,48	241	25	1,3	$\leq 5\%$
2	19	755	397	0,51	202	25	1,3	$\leq 5\%$

Виходячи з отриманих результатів розрахунків. можна зробити висновок, що навіть для самого віддаленого від джерела живлення освітлювального приладу відхилення напруги становить – 1,3 %, що відповідає всім вимогам. При цьому втрата напруги в кінці гілки освітлювальної лінії, що є найбільш віддаленою становить 2,99 В.

Також необхідно виконати визначення техніко-економічних показників. Всі розрахунки виконуємо відповідно до методик, що наведені в літературних джерелах. Результати розрахунків зводимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Основні показники ліній вуличного освітлення

№ гілки освітлення	Провід СІП $2 \times 2,5 \text{ мм}^2$, м	Кількість ліхтарів, шт	I_p , А	P , кВт	ΔU , %	I_n апарату захисту, А	$I_{кз}$, А	$I_{кз} / I_n$	Час спрацювання апаратів захисту, с	$W_{сер.міс}$, кВт·год
1	1104	16	2,2	0,48	1,3	10	67,9	7	0,01	296
2	1144	17	2,3	0,51	1,1	10	81,8	8	0,01	
ВСЬОГО	2248	33	4,5	0,99		16	67,9	7	0,01	

Вуличні автономні сонячні освітлювальні прилади працюють повністю автономна та не залежать від напруги в електричній мережі. Дані освітлювальні установки комплектуються всіма необхідними датчиками та системами захисту. Також в комплект входять і необхідне заземлення, що розраховано саме на особливості роботи даної системи. Дані системи потребують лише фактично встановлення та подальшої перевірки через проміжки часу.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Проведення ремонтних робіт чи робіт по модернізації ліній електричного вуличного освітлення потребує значної уваги з точки зору дотримання вимог охорони праці. Виконання модернізації вуличного освітлення потребує робіт на висоті та електромонтажних робіт. При цьому подібні роботи супроводжуються проведенням будівельних робіт. Основними будівельними роботами можуть бути монтаж ТП чи встановлення опор для вуличного освітлення.

Виходячи з вищенаведеного необхідною умовою забезпечення заходів з охорони праці є дотримання загальних нормативних документів та всієї технічної документації з проекту модернізації. При розробці проектної документації також враховують основні вимоги до заходів з охорони праці.

Виходячи з цього необхідною умовою забезпечення охорони праці зазвичай передбачаються наступні заходи:

- при виконанні робіт необхідно застосовуватись сучасне обладнання в технічному стані;
- розміщення всього електрообладнання з умовою подальшого його обслуговування з дотриманням безпечних норм;
- використання та технічна справність різноманітних пристроїв заземлення з зазначеними величинами опору;
- відсутність в проекті нестандартних опор, а використання лише типових їх конструкцій;
- під час проведення різних робіт передбачено застосування різноманітних машин та механізмів, що сприяють забезпеченню безпечних умов для роботи.

Необхідно також зазначити, що всі роботи повинні проводитись відповідно до норма та правил безпечної та технічної експлуатації, а також правил наведених в ПУЕ.

При виконанні робіт весь персонал повинен орієнтуватись в процесах, що виконуються та швидко приймати всі необхідні рішення для усунення можливих нестандартних ситуацій.

Під час виконання робіт необхідною умовою є направлення всіх дій персоналу на усунення можливих небезпек, що мають вплив на життя людей. Також всі працівники повинні дотримуватись забезпечення для електрообладнання нормального режиму роботи під час проведення робіт, а особливо після їх виконання в процесі подальшої експлуатації.

Всі роботи, що пов'язані з будівництвом, монтажем, обслуговуванням та інші види робіт повинні виконуватись з дотриманням всіх технологічних карт по виконанню робіт та правил.

Під час виникнення можливих пожеж при виконанні робіт чи запуску ліній електроосвітлення в експлуатацію необхідною першочерговою умовою є подача сигналу всім працівникам об'єкту про нестандартну ситуацію. Також для запобігання виникнення пожеж необхідною умовою є проведення щоквартальних тренувань, пов'язаних з протипожежною безпекою.

Іншою доволі серйозною небезпекою при виконанні монтажу ліній вуличного освітлення є проведення робіт у безпосередній близькості з діючими лініями електропередачі, що знаходяться під напругою. При проведенні робіт поруч з лініями електропередачі під напругою та неможливості дотримання всіх нормативних документів та правил лінію електропередачі необхідно знеструмити та виконати заземлення її відповідно до всіх нормативних актів.

Виконання монтажних робіт опор включає в себе буріння та подальше встановлення опори в відповідні пробурені ями. При використанні металевих опор для їх монтажу в землі використовується спеціальний залізобетонний фундамент з необхідними кріпленнями для опори. Відхід від технології монтажу опор заборонено.

При проектуванні необхідною умовою є використання негорючих матеріалів, що сприяє зменшенню можливості виникнення пожежі.

Дотримання всіх нормативів, документів та дотримання проектів дозволить уникнути більшості небезпечних ситуацій, що зменшать виробничий травматизм та покращать основні показники охорони праці при виконанні подібних робіт.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

Проведення економічної оцінки проекту пропонується з використанням порівняння двох систем: існуючої та запроєктованої. Існуюча система має незначні показники надійності, використовує застаріле обладнання та потребує значних експлуатаційних затрат.

Запроєктована система, враховує значну надійність системи вуличного освітлення є доволі економічною та не потребує великих затрат на обслуговування. В запроєктований варіант пропонується врахувати вартість встановлення автономних освітлювальних установок на базі сонячних панелей.

Першочергово необхідно визначити величину приведених затрат відповідно до варіантів:

$$Z_i = B_i + E_H K_i \rightarrow \min. \quad (6.1)$$

де B_i – затрати пов'язані з впровадженням проекту, грн.;

E_H – коефіцієнт, що дозволяє врахувати ефективність затрачених капіталовкладень.

K_i – значення вкладених капіталовкладень, грн.;

$$K_i = k_p + k_y + k_n \quad (6.2)$$

де k_p – вартість обладнання згідно проекту лінії освітлення, грн.;

k_y – загальна вартість проведення робіт з монтажу електрообладнання та опор лінії освітлення, грн.;

k_n – загальна вартість робіт пов'язаних з проведенням налагоджування всього електрообладнання лінії освітлення, грн.

В попередніх розділах було описано необхідне обладнання для організації лінії освітлення вул. Г.Кондратьєва. Загальна вартість всього електрообладнання для становить 110 560 грн для модернізації існуючої лінії освітлення.

Вартість автономних систем складає 245 000 грн. Оскільки окупність даної системи не можливо прорахувати через використання її в якості додаткового або аварійного освітлення та відсутність дохідної частини, то пропонується виконати розрахунок показників модернізації існуючої лінії вуличного освітлення.

$$K_i = 110560 + 41800 + 20000 = 172\,360 \text{ грн}$$

Для розрахунку термінів окупності необхідною умовою визначення затрат електричної енергії лініями вуличного освітлення:

$$E_B = k_r \cdot k_d \quad (6.3)$$

де k_r – тривалість роботи освітлювальної установки на добу, год;

k_d – тривалість роботи освітлювальної установки за рік, 1/рік.

Для розрахунку більш кращим є варіант заміни витрати електроенергії відповідно до варіантів, в результаті отримаємо:

$$E_K = E_{B1} - E_{B2} \quad (6.4)$$

де E_{B1} та E_{B2} – споживання освітлювальною установкою електроенергії в розрахунку на рік, (кВт·год)/рік;

$$E_K = 156\,454 - 86\,951 = 69\,503 \text{ (кВт} \cdot \text{год)/рік}$$

Далі знаходимо кількісний показник, що враховує споживання електричної енергії:

$$\Gamma_{\text{er}} = 6,9 \cdot E_{\text{к}} \quad (6.5)$$

$$\Gamma_{\text{er1}} = 6,9 \cdot 156\,454 = 1\,079\,533 \text{ грн/рік}$$

$$\Gamma_{\text{er2}} = 6,9 \cdot 86\,951 = 599\,962 \text{ грн/рік}$$

Для визначення електричної енергії, що буде зекономлена в результаті модернізації лінії вуличного освітлення скористаємось виразом:

$$\Gamma_{\text{ек}} = \Gamma_{\text{er1}} - \Gamma_{\text{er2}} \quad (6.6)$$

$$\Gamma_{\text{ек}} = 1\,079\,533 - 599\,962 = 479\,571 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок фонду для оплати праці при виконанні робіт по модернізації виконуємо відповідно до виразу:

$$\Phi_{\text{оп}} = T_{\text{ст}} \cdot 12 \cdot K_{\text{р}} \quad (6.7)$$

де $T_{\text{ст}}$ – значення тарифу на оплату праці, грн./міс;

$K_{\text{р}}$ – кількість працівників для проведення робіт.

$$\Phi_{\text{оп1}} = 16\,000 \cdot 12 \cdot 3 = 576\,000 \text{ грн/рік}$$

$$\Phi_{\text{оп2}} = 16\,000 \cdot 12 \cdot 2 = 384\,000 \text{ грн/рік}$$

Розрахуємо даний показник економії фонду оплати праці для варіанту, що враховує модернізацію лінії вуличного освітлення з рівняння:

$$\Phi_{\text{ск.оп}} = \Phi_{\text{оп1}} - \Phi_{\text{оп2}}^{\text{1 варіант}} \quad (6.8)$$

$$\Phi_{\text{ск.оп}} = 576\,000 - 384\,000 = 192\,000 \text{ грн/рік}$$

Величину сумарного економічного ефекту визначаємо для двох варіантів з рівняння:

$$E_p = \Gamma_{\text{ек.ел}} + \Phi_{\text{ск.оп}} + \Pi_{\text{дод}} \quad (6.9)$$

де $\Pi_{\text{дод}}$ – прибуток від впровадження освітлювальної установки, грн/рік.

$$E_p = 479571 + 192000 + 0 = 671571 \text{ грн/рік}$$

Оціночним показником для визначення ефективності проекту є визначення терміну окупності капіталовкладень, який визначається з рівняння:

$$T_0 = K_{\text{вк}}/E_p \quad (6.10)$$

$$T_0 = 245\,000/671571 = 0,4 \text{ року}$$

Отримані данні розрахунку зводимо в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Техніко-економічні показники модернізації лінії вуличного освітлення

Показники	Існуючий варіант	Проектний варіант
Капітальні вкладення, грн.	-	245 000
Втрати електроенергії, кВт*год./рік	156 454	86 951
Вартість втраченої електроенергії, грн./рік	1079533	599962
Фонд оплати праці тис. грн./рік	576 000	384 000
Економія фонду оплати праці, грн/рік	-	192000
Економічний ефект, грн/рік	-	671571
Термін окупності, років		0,4

Виходячи з отриманих даних по отриманим техніко-економічним показникам можна зробити висновок, що запропонована модернізація лінії освітлення вулиці Г. Кондратьєва є ефективною та має бути впроваджена до реалізації. Необхідно також зазначити, що при даних розрахунках не враховано

встановлення автономних систем вуличного освітлення на базі сонячних панелей та акумуляторів. При цьому дана система також має право на існування, що покращить рівень аварійності на пішохідних переходах. При цьому на рівні благоустрою м. Суми реалізація даних систем для врахування аварійних відключень є необхідною.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного аналізу технічного стану та надійності ліній вуличного освітлення було прийнято рішення до проведення заміни частини освітлення вулиці Г. Кондратьєва.

Для підвищення рівня надійності лінії вуличного освітлення запропоновано також встановлення освітлювальних пристроїв типу LED, а також запропоновано провести заміну застарілих проводів на СПП.

Забезпечення необхідного рівня освітленості вулиці дає можливість правильно виконати вибір необхідного типу джерела світла та достатньої потужності з гарними показниками економії електричної енергії.

Враховуючі часті аварійні відключення додатково запропоновано використання автономних систем освітлювальних установок для встановлення їх на пішохідних переходах вулиці Г. Кондратьєва. При цьому необхідно врахувати, що на кожен із переходів відповідно до норм необхідно встановлювати по два освітлювальних прилади.

Виконано аналіз освітлювальної лінії на показники захисту від перенапруги, заземлення та втрати напруги. Відповідно до отриманих розрахунків всі показники знаходяться в допустимих межах.

Наведені заходи з охорони праці дають можливість уникнути будь-яких нещасних випадків чи навіть летальних випадків при виконанні всіх видів робіт з модернізації вуличного освітлення та інших.

Техніко-економічний розрахунок проведено для модернізації лінії вуличного освітлення, що є економічно вигідним та має низький термін окупності. При цьому встановлення автономних систем освітлення є затратним але може працювати як аварійне освітлення чи навіть додаткове освітлення пішохідних переходів. Подібне рішення дозволить значно знизити аварійність пішохідних переходів в нічний час.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ



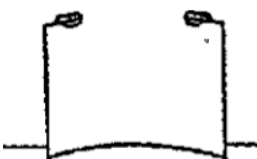

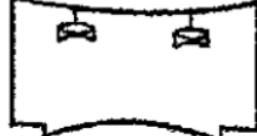


1. Ahola, J. Applicability of Power-Line Communications to Data Transfer of On-Line Condition Monitoring of Electrical Drives / J. Ahola . - Lappeenranta. - 2003. - ISBN 951-764-783-2, ISSN 1456-4491.
2. Автономна система вуличного освітлення: пат. 95106 Україна, опубл. 10.12.2014
3. Алюмінієва паркова опора освітлення ROSA SAL-55, URL: <https://stolb.com.ua/ru/alumnva-parkova-opora-osvtlennya-rosa-sal-55-dz/> (дата звернення 15.06.2020)
4. Гозак Я.Д., Гладка М.В. Залежність яскравості освітлення від інтенсивності трафіку за допомогою IoT // Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті, Київ: НУХТ, 2–3 квітня 2020 р., Ч.1
5. Гужков С., Поліщук А., Туркин А. Мережі вуличного освітлення : Напівпровідникова світлотехніка, 2019, С.42-46
6. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_28/1-1-0-1188 (дата звернення 15.06.2020)
7. Ройко Ю., Санько Я. Прогнозування зміни інтенсивності руху в урбанізованому просторі: зб. матеріалів Транспортне планування міст та керування дорожнім рухом / Львів, 2019, С.3-5
- A. Gil-de-Castro, Antonio Moreno-Munoz, Anders Larsson, Math Bollen LED street lighting: A power quality comparison among street light technologies, Lighting Research and Technology, 2017, №45, С.710-728, URL: https://www.researchgate.net/publication/275451135_LED_street_lighting_A_power_quality_comparison_among_street_light_technologies (дата звернення 15.05.2020)

8. A Smart City Adaptive Lighting System: зб. матеріалів доп. учасн. конференції “Third International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC)”, 2018 р
9. Azure IoT Hub : веб-сайт. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/about-iot-hub>
10. Azure IoT Hub Scaling : веб-сайт. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/iot-hub-scaling>
11. BQLZR DC 12V~24V 8A Automatic LED PIR Motion Sensor Switch Light Lighting: веб-сайт. URL: <https://www.amazon.com/BQLZR-12V-24V-Automatic-Lighting-Staircase/dp/B00EQ20C6K>
12. C.A. Cheng, C.H. Chang, T.Y. Ching, F.L. Yang. Design and implementation of a Single-Stage Driver for supplying an LED Streetlighting Module with Power Factor Corrections. : IEEE Transactions on Power Electronics, Vol 30, 2015.
13. Castro, M., Jara, A. J., and Skarmeta. Smart lighting solutions for smart cities : зб. матеріалів доп. учасн. 27th IEEE International conference on Advanced information networking and applications workshops (WAINA) : Варшава, 2015. С. 1374-1379
14. Cesar de la Torre, Bill Wagner .NET Microservices: Architecture for Containerized .NET Applications, 5th edition: 2021, URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/microservices>
15. Daisuke Namihira, Tomohiro Nakajima IoT Platform for Comprehensive Coordination of Iot Systems, URL: <https://www.fujitsu.com/global/documents/about/resources/publications/fstj/archives/vol53-1/paper05.pdf> (дата звернення 15.06.2020)
16. IoT solution architecture - Azure Example Scenarios : веб-сайт. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/example-scenario/iot/devices-platform-application>

17. Jagadeesh Y.M, Akilesh S Intelligent Street Lights, ResearchGate, 2015, URL: https://www.researchgate.net/publication/284226969_Intelligent_Street_Lights - (дата звернення 15.06.2020)
18. Jorge Mario Avella Ruiz, Teófilo Miguel de Souza, José Luz Silveira. A comparative analysis between fluorescent and LED illumination for improve energy efficiency at IPBEN building, XI - Latin-American Congress on electricity generation and transmission, 2015, №1. T.24
19. Joseph F., Hair Jr. Multivariate Data Analysis / Joseph F., Hair Jr. // New Deli, 2016. P.266-272
20. LED lighting efficacy: Status and directions Efficacité de l'éclairage LED : état de l'art et directions - Comptes Rendus Physique - Milan, 2018. P. 134-145 [<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631070517300932>]
21. Nenad Petrovic, Milorad Tosic, Valentina Nejkovic, Nenad Milosevic Formalizing Device Coordination in IoT Systems: The SCOR Case Study, YuInfo 2019, 2019, URL: https://www.researchgate.net/publication/332900856_Formalizing_Device_Coordination_in_IoT_Systems_The_SCOR_Case_Study (дата звернення 15.06.2020)
22. Palumbo M.L. Architettura Produttiva: Principi di progettazione ecologica / Palumbo M.L // Maggioli S.p.A - 2019 - №3 - C.11-17
23. R. Zambare, P. Pawar. Street light controller with GSM technology : International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology. Baku, 2020, Vol. 4, Issue 10, P.110-112
24. Systems and software engineering : Vocabulary / Christopher J.D. - Bratislava, 2017. P.87-88
25. Systems and software engineering : Vocabulary / Christopher J.D. - Bratislava, 2017. P.87-88.
26. Ahola, J. Applicability of Power-Line Communications to Data Transfer of On-Line Condition Monitoring of Electrical Drives / J. Ahola . - Lappeenranta. - 2003. - ISBN 951-764-783-2, ISSN 1456-4491.

ДОДАТОК А

Таблиця А1 – Область застосування типових схем розташування світильників на вулицях з різною шириною проїздної частини

Найменування схеми	Схема	Ширина проїзної частини	Спосіб установки освітлювальних приладів
Одностороння		<12	На опорах з однієї сторони проїзної частини
Дворядна в шаховому порядку		<24	На опорах з двох сторін проїзної частини в шаховому порядку
Дворядна прямокутна		<48	На опорах з двох сторін проїзної частини в прямокутному порядку
Осьова		<18	На тросах по осі вулиці або дороги
Дворядна прямокутна по осі руху		<60	На тросах по осі руху в прямокутному порядку
Дворядна прямокутна по осі вулиці або дороги		<24	На опорах, що встановлені по роздільній смозі проїзної частини
Чотирирядна в шаховому або прямокутному порядку		48–100	На опорах з двох сторін проїзної частини в шаховому або прямокутному порядку з додатковими кронштейнами для освітлення