

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка проекту модернізації систем освітлення вулиць мікрорайону  
«Аляска» у м. Тернопіль (комплексна тема)

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи ET-41  
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка

та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Волянчук Б.Я.

Сидорук Б.В.

Керівник

Осадца Я.М.

Нормоконтроль

Коваль В.П.

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

Рецензент

Габрусев Г.В.

## 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, 2024.

Стор. 93; рис. 61; табл. 31; креслень (сторінок презентації) – \_\_; використаних джерел – 16, сторінок додатків – 1.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Розробка проекту модернізації систем освітлення вулиць мікрорайону «Аляска» у м. Тернопіль (комплексна тема)».

Метою роботи є розробка технічних рішень щодо модернізації систем вуличного освітлення мікрорайону «Аляска».

На підставі світлотехнічного та електротехнічного розрахунків запропоновано шляхи модернізації систем освітлення вулиць та тротуарів мікрорайону «Аляска» м. Тернопіль.

Ключові слова:

ЯСКРАВІСТЬ, СВІТЛОВИЙ ПРИЛАД, РІВНОМІРНІСТЬ ЯСКРАВОСТІ, ОСВІТЛЕНІСТЬ, КРИВА СИЛИ СВІТЛА, ПОТУЖНІСТЬ, СВІТЛОВИЙ ПОТІК.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	7
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	9
1.1 Відомості про об'єкти проектування	9
1.2 Нормативні вимоги до зовнішнього освітлення населених пунктів	16
1.3 Системи вуличного освітлення	20
1.4. Висновки до розділу	23
<b>2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	24
2.1 Обстеження існуючих систем освітлення вулиць мікрорайону «Аляска»	24
2.1.1 Бульвар Дмитра Вишневецького	24
2.1.2 Бульвар Пантелеймона Куліша	26
2.1.3 Вулиця Володимира Великого	26
2.1.4 Вулиця Полковника Морозенка	27
2.1.5 Вулиця Леся Курбаса	28
2.1.6 Вулиця Василя Симоненка	28
2.1.7 Вулиця 15 квітня	30
2.1.8 Вулиця Київська	30
2.1.9 Системи освітлення перехресть	31
2.2 Аналіз результатів обстеження та заходи з модернізації систем освітлення мікрорайону	32
2.3 Вибір нормованих світлотехнічних параметрів систем вуличного освітлення мікрорайону	35
2.4 Вибір світлових приладів	37
2.5 Проектування електричних освітлювальних мереж	40
2.5.1 Вулиці Леся Курбаса та Володимира Великого	40
2.5.2 Пішохідна зона бульвару Пантелеймона Куліша	43

2.6 Розрахунок електричних освітлювальних мереж	44
2.6.1 Розрахунок по струму навантаження	44
2.6.2 Розрахунок по втраті напруги	45
2.7 Висновки до розділу	48
<b>3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ</b>	49
3.1 Світлотехнічний розрахунок модернізованих систем освітлення	49
3.1.1 Розрахунок систем освітлення вулиці Володимира Великого	51
3.1.2 Розрахунок систем освітлення вулиці Полковника Морозенка	56
3.1.3 Розрахунок систем освітлення вулиці Леся Курбаса	59
3.1.4 Розрахунок систем освітлення вулиці Василя Симоненка	63
3.1.5 Розрахунок систем освітлення вулиці 15 квітня	65
3.1.6 Розрахунок систем освітлення перехресть бульваруПантелеймона Куліша	69
3.1.7 Розрахунок системи освітлення пішохідної зони	71
3.2 Оцінка заходів із модернізації систем освітлення	72
3.3 Висновки до розділу	77
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	78
4.1 Задачі та значення зовнішнього освітлення	78
4.2 Чинники небезпеки експлуатації систем зовнішнього освітлення	79
4.3 Чинники впливу наслідків ураження електричним струмом	81
4.4 Основні причини для виникнення надзвичайних ситуацій	84
4.5 Види заходів для запобігання виникненню надзвичайних ситуацій	87
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ</b>	90
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	92
<b>ДОДАТОК А</b>	94

## ВСТУП

Штучне освітлення міста є одним із найважливіших елементів його благоустрою. Нічне світлове середовище вулиць та площ має вагомe значення як для роботи водіїв та безпеки руху автомобільного транспорту, так і пішоходів. Зовнішнє освітлення сприяє збільшенню пропускної здатності автомобільних доріг та суттєво знижує кількість дорожньо-транспортних пригод протягом темного часу доби.

Разом із цим, штучне зовнішнє освітлення визначає вечірній вигляд міста, створює умови для комфортного перебування людей.

Відомим є те, що якісне зовнішнє освітлення здатне підвищувати продуктивність роботи зорового апарату та суттєво впливати на зниження кількості дорожньо-транспортних пригод. Встановлено, що при правильно-організованому зовнішньому освітленні кількість дорожньо-транспортних пригод знижується на 30 %.

Крім того, якісно спроектоване зовнішнє освітлення здатне сприяти:

- зниженню рівня споживання електроенергії, що є вкрай актуальним в умовах дефіциту її в системі;
- як наслідок, покращенню екологічної ситуації, що полягає у зниженні рівня нагріву атмосфери та викидів в неї шкідливих речовин;
- залученню більшої кількості гостей населеного пункту та охочих до нього приїхати;
- зниженню рівня злочинності.

В даний час основні напрямки розвитку зовнішнього освітлення міст безпосередньо пов'язані із тенденціями до екологічного та усвідомленого споживання електричної енергії системами освітлення, а також розвитком технічного прогресу у галузі світлотехніки.

Одним із етапів розвитку світлотехнічної галузі є поява та створення можливостей до застосування енергоефективних та екологічних джерел світла,

якими є світлодіоди. І зараз відбувається активна заміна так званих традиційних джерел світла (розрядні лампи) на напівпровідникові.

Проте частка світильників на розрядних джерелах світла є ще досить високою. Якщо аналізувати м. Тернопіль, то серед всіх світлоточок зовнішнього освітлення лише 58 % займають світлові прилади на основі напівпровідникових джерел світла.

Тому виникає актуальна задача модернізації систем освітлення, котра полягає у виборі та розрахунку їх складових, як альтернативі існуючим системам освітлення м. Тернополя.

Метою даної роботи є розробка технічних рішень щодо модернізації систем вуличного освітлення мікрорайону «Аляска».

Завдання:

- обстеження систем вуличного освітлення;
- вибір нормованих значень кількісних та якісних світлотехнічних параметрів систем вуличного освітлення;
- обґрунтований вибір світлових приладів на основі напівпровідникових джерел світла;
- світлотехнічний розрахунок систем вуличного освітлення із врахуванням прямої заміни світлових приладів із розрядними джерелами світла на напівпровідникові в системах освітлення проїжджих та пішохідних частин вулиць;
- проектування електричних мереж запропонованих освітлювальних систем.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Відомості про об'єкти проєктування

Мікрорайон «Аляска» є одним із наймолодших у м. Тернополі. Він розташований на північно-східних околицях міста і об'єднує у собі 2 мікрорайони, а саме 11-й та 12-й [1]. Розміщення мікрорайону «Аляска» на схемі територіального районування м. Тернополя [2] показано на рис. 1.1.

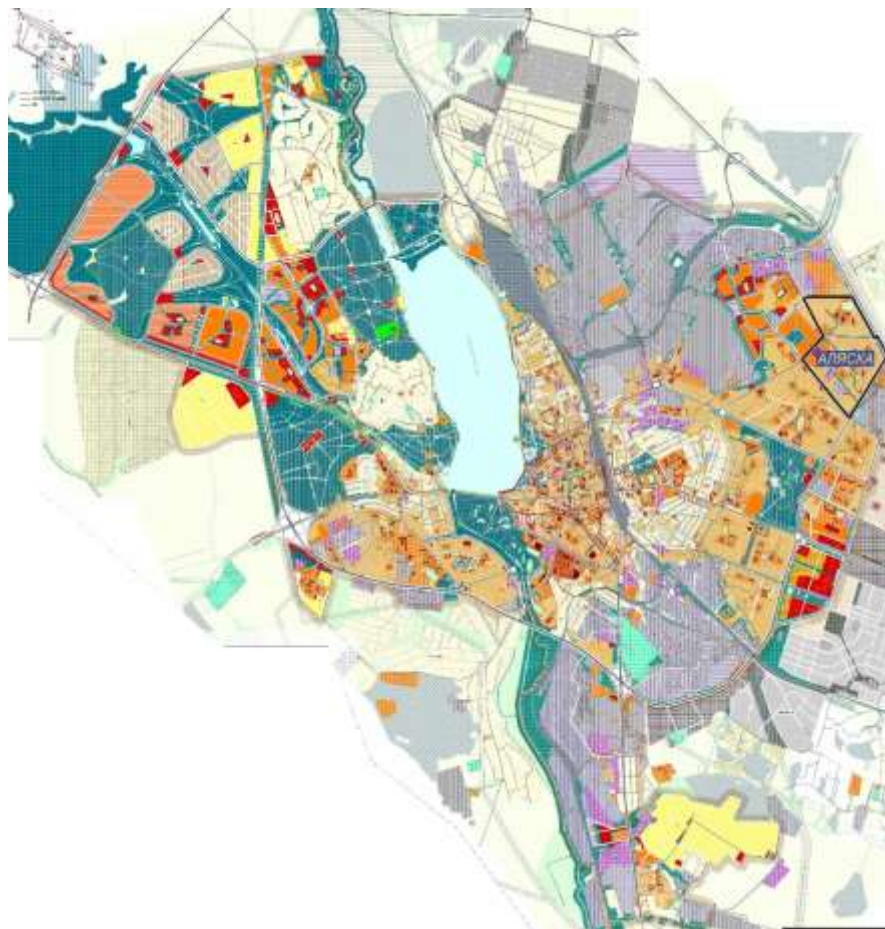


Рисунок 1.1 – Схема територіального районування м. Тернополя із позначенням розташування мікрорайону «Аляска»

Житлова забудова мікрорайону складається переважно з 5-ти, 9-ти та 10-поверхових будинків та одного 16-поверхового будинку. Приватного сектору немає. У межах мікрорайону розташовані Тернопільські загальноосвітні школи 26 – 28 та спеціалізована школа № 29.

До території мікрорайону примикають 2 бульвари та 6 вулиць, а саме:  
 бульвар Дмитра Вишневецького;  
 бульвар Пантелеймона Куліша;  
 вулиця Володимира Великого;  
 вулиця Полковника Морозенка;  
 вулиця Леся Курбаса;  
 вулиця Василя Симоненка;  
 вулиця Київська;  
 вулиця 15 квітня.

Бульвар Дмитра Вишневецького пролягає від вулиці Василя Симоненка до вулиці Леся Курбаса, змінюючи декілька разів свій напрямок (рис. 1.2) [3]. Протяжність бульвару становить 0,750 км.



Рисунок 1.2 – Розміщення бульвару Дмитра Вишневецького на мапі Тернополя

На території бульвару, окрім житлових будинків та мінізакладів торгівлі та надання послуг, розміщені наступні установи та організації:

Тернопільська загальноосвітня школа I-III ступенів №28

Тернопільська спеціалізована школа I-III ступенів № 29 з поглибленим вивченням іноземних мов;

Комунальний заклад Тернопільської міської ради «Комплексна дитячо-



юнацька спортивна школа № 1»

Тернопільський дошкільний навчальний заклад № 21.

Бульвар Пантелеймона Куліша розпочинається від перетину вулиць Василя Симоненка, володимира Великого та Генерала Мирона Тарнавського і закінчується перетином із вулицею 15 квітня (рис. 1.3) [3]. Сумарна протяжність бульвару становить 2,550 км.



Рисунок 1.3 – Розміщення бульвару Пантелеймона Куліша на мапі Тернополя

За адресою бульвару, окрім житлових будинків та мінізакладів торгівлі та надання послуг, розміщені:

Тернопільська загальноосвітня школа I-III ступенів №26 імені Дмитра Заплітного;

Тернопільська загальноосвітня школа I-III ступенів № 27 ім. Віктора Гурняка;

Тренажерний зал «Viking»;

Церква Пеображення Господнього;

Храм святого апостола Андрія Первозванного;

бювет для набору питної води.

Вулиця Володимира Великого розпочинається від кільцевої розв'язки із вулицями Василя Симоненка та Генерала Мирона Тарнавського і пролягає на 1,100 км на північний захід до перетину із вулицею Текстильна (рис. 1.4) [3]. До вулиці примикають такі вулиці, як Овочева та Яреми – з правої сторони та вулиця Леся Курбаса – зліва.



Рисунок 1.4 – Розміщення вулиці Володимира Великого на мапі Тернополя

На вулиці розташовано одну зупинку громадського транспорту для автобусів, маршрутних таксі та тролейбуса. За адресою вулиці, окрім житлових будинків та мінізакладів торгівлі та надання послуг, розміщені:

Церква святого апостола Петра разом із монастирем Різдва Пресвятої Богородиці (Чину Братів Менших) та школою святого Антонія;

супермаркет мережі «АТБ»;

торговий центр «Аляска».

Вулиця Полковника Морозенка пролягає двома смугами сумарною довжиною 1,800 км (через автошлях Р41 та паралельно йому) на північний схід від перетину із вулицею Василя Симоненка до перетину із вулицею Текстильна (рис. 1.5) [3].

На вулиці розташовуються одна зупинка громадського транспорту для

автобусів, маршрутних таксі та тролейбуса.

За адресою вулиці, окрім житлових будинків та мінізакладів торгівлі та надання послуг, розміщені:

Педіатричне відділення №6 поліклінічного відділу Комунального некомерційного підприємства "тернопільська міська дитяча комунальна лікарня";

Відділення поштового зв'язку № 16 Тернопільської філії АТ «Укрпошта»

Ресторан «Аляска»

Автомийка «Lyuks Vosh».

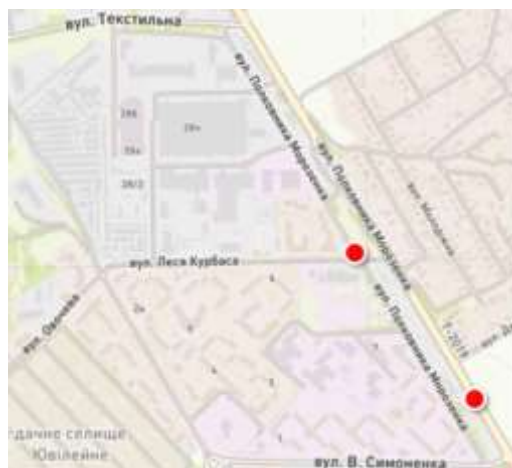


Рисунок 1.5 – Розміщення вулиці Полковника Морозенка на мапі Тернополя

Вулиця Леся Курбаса пролягає на 0,650 км на схід від перетину із вулицями Володимира Великого та Овочева до перетину із вулицею Морозенка, після якого на 0,650 км до перетину із вул. Текстильна із вулицею Текстильна (рис. 1.6) [4].

На вулиці розміщено 4 зупинки громадського транспорту, з яких три діючі для автобусів, маршрутних таксі та тролейбуса.

За адресою вулиці, окрім житлових будинків та мінізакладів торгівлі та надання послуг, розташовані:

Будівля Технічного коледжу ТНТУ ім. І. Пулюя;

Медичний центр «Паракліт»;

Поштове відділення № 7 «Нова пошта».

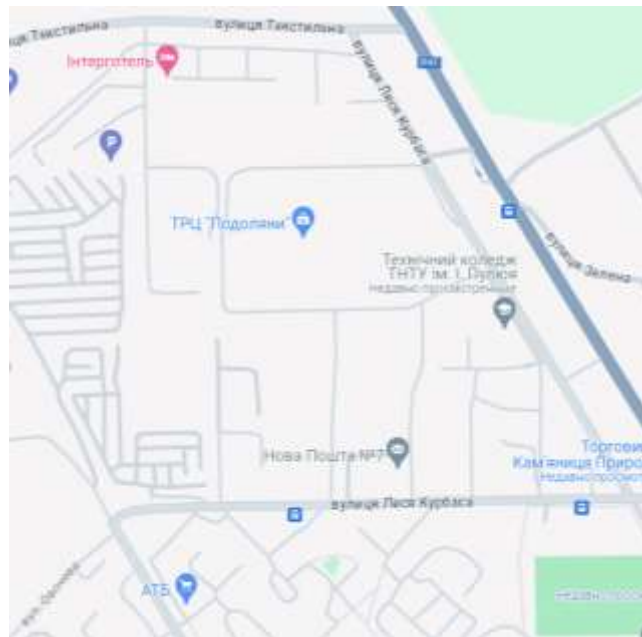


Рисунок 1.6 – Розміщення вулиці Леся Курбаса на мапі Тернополя

Вулиця Василя Симоненка розміщується від кільцевої розв'язки з вулицями Генерала Мирона Тарнавського та Володимира Великого та пролягає на 0,700 км на схід до перетину із вулицею Полковника Морозенка (рис. 1.7) [3].

На вулиці розміщено 3 зупинки громадського транспорту, дві з яких для тролейбусів, маршрутних таксі та автобусів та одна – для маршрутних таксі та автобусів.



Рисунок 1.7 – Розміщення вулиці Леся Курбаса на мапі Тернополя

За адресою вулиці, окрім багатоквартирних житлових будинків та мінізакладів торгівлі та надання послуг розташовано Тернопільський дошкільний навчальний заклад № 21.

Вулиця Київська пролягає на 1,450 км на південний схід від перетину із

вулицями Овочева та Яреми до перетину із вулицями Василя Стуса та 15 квітня (рис. 1.8) [3]. На вулиці розміщено 6 зупинок громадського транспорту. За адресою вулиці, окрім багатоквартирних житлових будинків та мінізакладів торгівлі та надання послуг розташовано:

- Будівля будинку побуту «Сонячний»;
- Поштове відділення № 6 «Нова пошта»;
- Ринок «Сонячний»;
- Тернопільський дошкільний навчальний заклад № 4;
- Тернопільський дошкільний навчальний заклад № 14.
- Станція юних техніків.

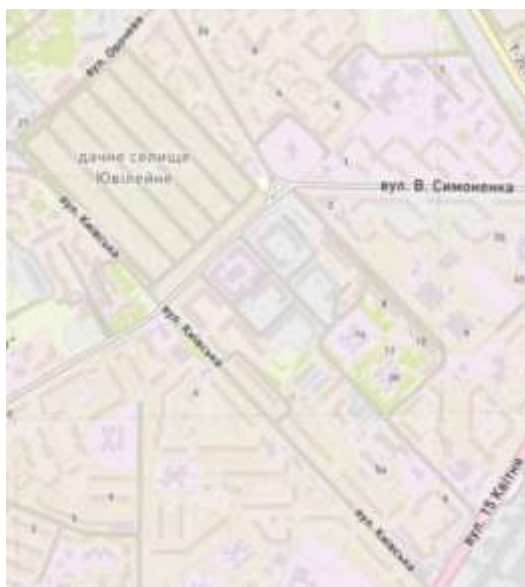


Рисунок 1.8 – Розміщення вулиці Київська на мапі Тернополя

Вулиця 15 квітня пролягає на 2,400 км від кільцевої розвязки «Збараське кільце» до Луцької розвилки. В межах мікрорайону «Аляска» вулиця пролягає на 0,900 км від перетину із вулицями Київська та Василя Стуса до Луцької розвилки (рис. 1.9) [3].

За адресою цієї частини вулиці розміщені багатоквартирні житлові будинки, мінізаклади торгівлі та надання послуг, а також:

- Тернопільський дошкільний навчальний заклад № 9;
- Церква Всіх Святих Українського народу;
- Будівля Тернопільського радіозаводу «Оріон»;

Ринок «Київський»;  
 Ринок «Оріон»;  
 супермаркет мережі «АТБ».



Рисунок 1.9 – Розміщення вулиці 15 квітня на мапі Тернополя

## 1.2 Нормативні вимоги до зовнішнього освітлення населених пунктів

Основна задача в нормуванні освітлення населених пунктів полягає в регламентації значень рівня яскравості дорожнього покриття в залежності від рівня інтенсивності транспортних засобів. На основі цього встановлюються допустимі значення коефіцієнтів нерівномірності розподілу яскравості по освітлювальній поверхні в поздовжньому й поперечному напрямках, а також допустимі значення параметрів, котрі характеризують засліплення від світлових приладів вуличного освітлення.

Ефективність систем освітлення вулиць та доріг залежить, як від типу й класу дороги, так і від виду й рівня інтенсивності руху по даній дорозі. Тому в більшості європейських країн основним напрямком технічної політики в області систем освітлення вулиць та доріг є підвищення рівнів яскравості на дорожніх покриттях. При цьому варто звертати увагу на те, що нормовані рівні яскравості є різними для різних країн і становлять [5]:

- від 0,2 до 1,5 кд/м<sup>2</sup> – для автодоріг сільських населених пунктів;

- від 0,4 до 1,5 кд/м<sup>2</sup> – для магістралей, розміщених в зоні міст;
- від 1,0 до 5,0 кд/м<sup>2</sup> для головних вулиць міст;
- від 0,2 до 0,7 кд/м<sup>2</sup> для допоміжних вулиць, розміщених на територіях міст.

В Україні світлотехнічні нормативні вимоги щодо зовнішнього освітлення викладені в ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення [6], котрі є наближеними до європейських. В даних нормах, в розділі 8.5 основною регламентованою характеристикою є яскравість дорожнього покриття, значення котрої визначаються в залежності найбільшої інтенсивності руху транспорту та від категорії об'єкта за освітленням:

А – магістральні дороги та вулиці загальноміського значення;

Б – магістральні вулиці районного значення;

В – вулиці а дороги місцевого значення.

Для вулиць та доріг категорії А нормовані значення яскравості дорожнього покриття становлять в межах від 0,6 до 2,0 кд/м<sup>2</sup> при найбільшій інтенсивності руху транспорту відповідно від менше 500 до більше 5000 фізичних одиниць на годину (рис. 1.10).

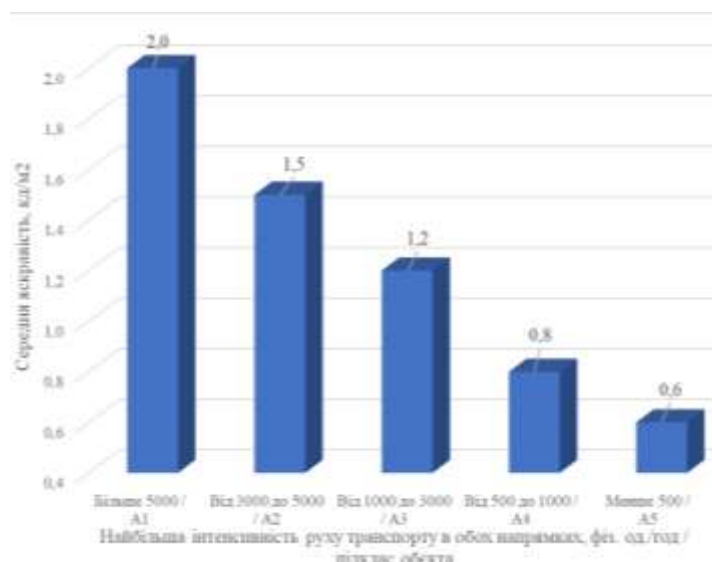


Рисунок 1.10 – Діаграма нормованих рівнів яскравості для міських доріг і вулиць з асфальтно-бетонним покриттям категорії А

Для об'єктів категорії Б (рис. 1.11 а) значення рівнів яскравості становлять

в межах від 0,4 до 1,0 кд/м<sup>2</sup> при найбільшій інтенсивності руху транспорту відповідно від менше 50 до понад 2000 фізичних одиниць на годину, а для об'єктів категорії В (рис. 1.11 б) – 0,3 та 0,4 кд/м<sup>2</sup> при найбільшій інтенсивності відповідно менше та більше 500 фізичних одиниць на годину.

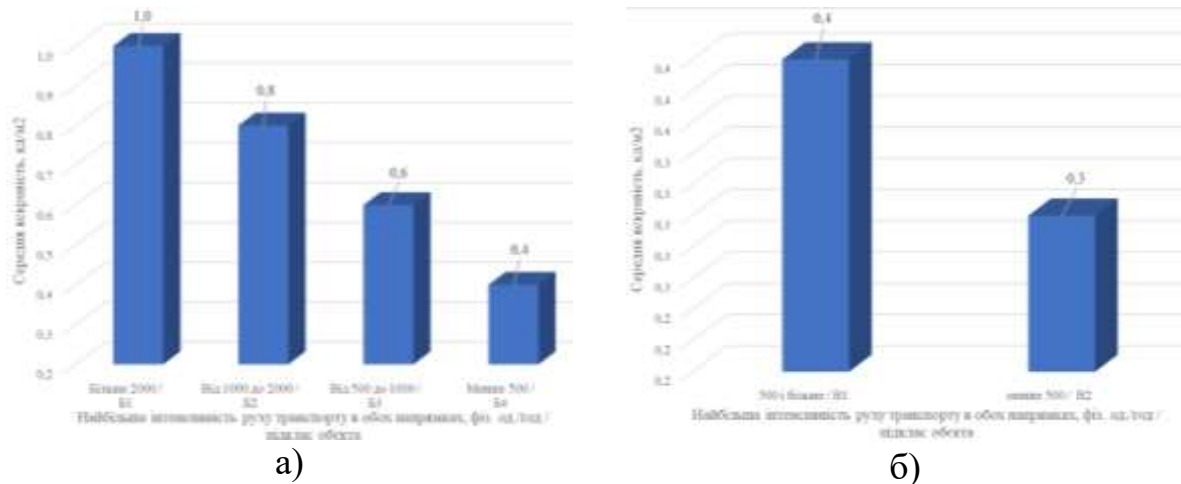


Рисунок 1.11 – Діаграма нормованих рівнів яскравості для міських доріг і вулиць з асфальтно-бетонним покриттям категорій Б (а) та В (б)

Рівень середньої яскравості покриття тротуарів, які примикають до проїзної частини вулиць, доріг і площ має становити не нижче половини середньої яскравості покриттів проїзної частини.

Відношення значення мінімальної яскравості дорожнього покриття до середнього повинно становити не нижче, ніж

- 0,4 – якщо нормована середня яскравість становить понад 0,6 кд/м<sup>2</sup>;
- 0,3 – якщо нормована середня яскравість становить 0,6 кд/м<sup>2</sup> і нижче.

Відношення чисельного значення мінімальної яскравості покриття до значення максимальної по смузі руху повинно становити не нижче, ніж

- 0,6 – якщо нормована середня яскравість становить понад 0,6 кд/м<sup>2</sup>;
- 0,4 – якщо нормована середня яскравість становить 0,6 кд/м<sup>2</sup> і нижче.

Для міських доріг, за умови безперервного руху й незалежно від інтенсивності середню яскравість дорожнього покриття приймають не менше,



ніж  $2,0 \text{ кд/м}^2$  в межах міста та  $1,6 \text{ кд/м}^2$  – поза межами міста (на під'їздах до торгівельно-розважальних, логістичних центрів та аеропортів).

В межах транспортних перехресть на усіх магістралях у двох і більше рівнях середнє значення освітленості або яскравості усіх магістралей повинна бути такою ж, як і яскравість основної магістралі, а рівень яскравості (освітленості) повинен становити не нижче, ніж  $0,8 \text{ кд/м}^2$  (10 лк).

На вулицях і дорогах, коли нормованою величиною є яскравість дорожнього покриття, регламентованим показником також є показник засліпленості  $P$ , який визначається за формулою [6, 7]:

$$P = 100 \cdot (S - 1), \quad (1.1)$$

де  $S$  – коефіцієнт засліпленості, котрий визначається, як відношення порогових різниць яскравості за наявності і відсутності в полі зору джерел засліплення.

Значення показника засліпленості повинне становити не вище, ніж 150. дорожнього покриття освітлювальної установки не повинен перевищувати 150. На тих ділянках доріг та вулиць, для яких регламентованим параметром є освітленість, необхідним є обмеження сили світла світла відносно лінії зору водія. Значення сили світла не повинне перевищувати  $30 \text{ кд на } 1000 \text{ лм}$  при куті  $80^\circ$  від вертикалі та  $10 \text{ кд на } 1000 \text{ лм}$  – а при куті  $90^\circ$ .

Висоту встановлення світлових приладів над рівнем дорожнього покриття визначається із умови, щоб значення пороговий приросту яскравості не перевищувало  $15 \%$  в діапазоні нормованих рівнів яскравості від  $0,5 \text{ кд/м}^2$  до  $2,0 \text{ кд/м}^2$  та  $10 \%$  - в діапазоні від  $0,4 \text{ кд/м}^2$  до  $0,8 \text{ кд/м}^2$ .

Пороговий приріст яскравості  $PI$  визначається за формулою:

$$PI = \frac{k \cdot \sum_{i=1}^{i=n} \frac{E_{vi}}{\theta_i^2}}{L_{cep}^{1,05}}, \quad (1.2)$$

де  $k$  – коефіцієнт, значення якого відповідно становить 950 та 650 при  $L_{cep} > 5 \text{ кд/м}^2$  та  $L_{cep} \leq 5 \text{ кд/м}^2$ ;

$n$  – число світлових приладів, котрі потрапляють у поле зору водія в діапазоні зміни значень кута  $\theta_i$  від  $2^\circ$  до  $20^\circ$ ;

$E_{vi}$  – вертикальна освітленість, що створюється на органі зору водія  $i$ -м світильником;

$\theta_i$  – кут між напрямком  $i$ -го світильника та лінією зору;

$L_{сер}$  – значення середньої яскравості дорожнього покриття.

З метою компенсації спаду рівнів яскравості (освітленості) у процесі експлуатації внаслідок спаду світлового потоку через старіння чи забруднення світлових приладів при проектуванні вводиться коефіцієнт запасу, значення котрого при кількості чисток у рік становить від 1,4 до 1,6 в залежності від типу джерела світла та ступеня пиловогозахисту світлового приладу.

### 1.3 Системи вуличного освітлення

За прийнятою класифікацією для вуличного освітлення використовуються системи загального рівномірного освітлення у випадку прямолінійних ділянок. На перехрестях, примиканнях та розгалуженнях з метою доведення до рівня нормованих значень нормативних параметрів застосовуються відмінні від систем рівномірного освітлення системи. Такі системи створюються шляхом встановлення додаткових світлових приладів.

Основною ознакою, по якій класифікують системи зовнішнього освітлення є висота встановлення світлових приладів над рівнем дорожнього покриття, а отже — висота опор [5]. Тому системи освітлення розрізняють саме за цією ознакою, й для освітлення доріг та вулиць, також площ, мостів та транспортних розв'язок використовуються наступні освітлювальні системи [5, 8]:

звичайна – висота встановлення світлових приладів на опорі або підвісу на тросі становить від 6 до 15 м;

проміжна – висота встановлення світлових приладів на опорі становить близько 20 м;

високощоголова – висота встановлення світлових приладів на опорі становить від 30 до 50 м;

парапетна – світлові прилади розміщуються на парапетах мостів;

настінна – розташування світлових приладів передбачається на стінах або дахах будівель.

Для освітлення доріг, вулиць та промислових територій застосовується звичайна система освітлення.

Для освітлення автострад застосовується в основному проміжна система освітлення, використання якої дозволяє покращити характеристики щодо рівномірності завдяки збільшенню висоти опор та зменшити їх кількість.

При використанні таких системи на дуже широких вулицях можуть застосовуватись чотирирядні освітлювальні системи, котрі є об'єднують дворядні прямокутні системи.

Крім того, в окремих випадках можуть бути рекомендованими до застосування опори з декількома кронштейнами, причому іноді висота монтажу кронштейнів може бути різною. В такому випадку світловий прилад більшої потужності призначений для забезпечення яскравості дорожнього покриття, а менш потужний світловий прилад – для освітлення тротуару чи пішохідного переходу.

Вибір конкретної схеми системи освітлення буде залежати від геометрії та ширини ділянки, яка освітлюється. Для вузьких вулиць рекомендується до застосування розташування світлових приладів в один ряд (рис. 1.12). На вулицях з високим чисельним значенням ширини й автострадах рекомендуються застосовуватись опори, розміщені на резервній зоні, зі спареними кронштейнами (рис. 1.13).

Високощоголову систему використовують у випадках необхідності освітлення транспортного перетину складної конфігурації в різних рівнях, причому не мають бути порушеними умови орієнтування водіїв транспорту

через встановлений ліс опор. Крім того, таку систему рекомендується використовувати в освітленні стоянок транспортних засобів чи великих площ виробничих територій, де використання великої кількості опор звичайної висоти є небажаним.



Рисунок 1.12 – Розміщення світлових приладів в один ряд



Рисунок 1.13 – Використання опор зі спареними кронштейнами

Для поздовжньо-підвісної системи передбачається розміщення світлових приладів вздовж резервної зони або роздільної смуги автострад. При цьому розташування опор повздовжнього мають передбачатись на відстані від 70 до 80 м, а крок між світильниками не повинен бути більшим, ніж 9 – 10 м. Перевага даної системи полягає в тому, що підвіс світильників по осі проїжджої частини здатен забезпечити кращу зорову орієнтацію та достатній рівень рівномірності розподілу яскравості у напрямі, перпендикулярному до осі дороги. Недоліком даної системи є коливання яскравості дорожнього покриття внаслідок коливання світлових приладів на тросі.

Для освітлення окремих ділянок транспортних перетинів високої складності на різних рівнях, для покращення зорової орієнтації водіїв, а також для освітлення деяких ділянок автострад, де встановлення опор є неможливим або небажаним (освітлення мостів, складних закруглень) застосовується парапетна система освітлення. При такій системі монтаж світлових приладів здійснюється у вигляді світлової лінії, розташованій на висоті 1,0 м від поверхні покриття в поручнях. Недоліки застосування таких систем полягають у труднощах щодо забезпечення необхідних рівнів рівномірності розподілу

яскравості дорожнього покриття через малу висоту встановлення; малий час зниження рівня світлового потоку світлових приладів через їх підвищене забруднення; більша частота нанесення пошкодження системи освітлення через дорожньо-транспортні пригоди та вандалізм; високий рівень капітальних та експлуатаційних витрат.

#### **1.4. Висновки до розділу**

1. Наведено основні відомості про об'єкти проектування. До складу мікрорайону «Аляска», що в м. Тернопіль входять 6 вулиць та 2 бульвари.

2. Визначено вимоги до систем вуличного освітлення. Встановлено, що основним регламентованим показником є яскравість дорожнього покриття.

3. Проаналізовано системи вуличного освітлення та їх застосування, в результаті чого встановлено, що найпоширенішою є звичайна система розташування, для якої висота опор становить від 6 до 15 м.

4. Метою даної роботи є розроблення розроблення технічних рішень щодо модернізації систем освітлення вулиць та бульварів, котрі розміщені на масиві «Аляска» у м. Тернопіль. Для досягнення цієї мети в роботі необхідно виконати наступне: обстеження вуличного освітлення на предмет використання світлових приладів на різних джерелах світла; вибір джерел світла та світлових приладів, а також нормованих значень світлотехнічних параметрів систем вуличного освітлення; світлотехнічний розрахунок систем освітлення вулиць та бульварів; проектування та розрахунок електричних освітлювальних мереж.

## 2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Обстеження існуючих систем освітлення вулиць мікрорайону «Аляска»

В системах освітлення вулиць м. Тернополя використовуються світлові прилади на основі як розрядних, так і напівпровідникових джерел світла. По встановлених системах освітлення можна умовно поділити вулиці на наступні типи:

1 – вулиці чи бульвари, в яких використовуються сучасні світлові прилади із напівпровідниковими джерелами світла і в електричній освітлювальній застосовуються самонесучі ізольовані проводи;

2 – вулиці чи бульвари з системами освітлення на основі розрядних джерел світла із самонесучими ізольованими проводами;

3 – вулиці чи бульвари з системами освітлення на основі напівпровідникових джерел світла та неізольованими проводами;

4 – вулиці та бульвари, в яких застосовуються напівпровідникові світлові прилади, проте ефективність їх застосування є низькою.

#### 2.1.1 Бульвар Дмитра Вишневецького

Для освітлення бульвару Дмитра Вишневецького застосовують:

світильники із напівпровідниковими джерелами світла – для освітлення проїжджої частини та тротуару від перетину із вулицею Полковника Морозенка до будівлі Тернопільської спеціалізованої школа I-III ступенів № 29 (рис. 2.1 а); пішохідної зони, котра веде від будівлі школи до перетину із вулицею Леся Курбаса (рис. 2.1 б);

світлові прилади зі змінними на різьбовий цоколь напівпровідниковими джерелами світла (рис. 2.1 в) – для освітлення пішохідної частини від рекреаційної зони до перетину із вулицею Василя Симоненка;

паркові світильники із розрядними джерелами світла – для освітлення пішохідних алей та рекреаційної зони (рис. 2.2 г).



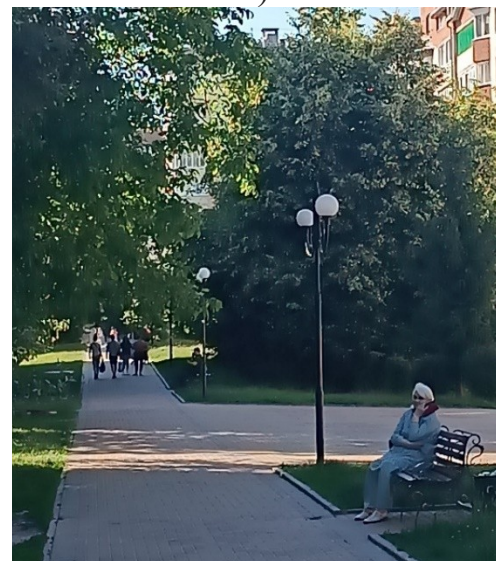
а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.1 – Світлові прилади системи освітлення бульвару Дмитра Вишневецького

Для живлення світлових приладів застосовуються самонесучі ізольовані проводи (рис 2.1 а, в) та кабельні лінії, прокладені під землею (рис. 2.1 б, г), тому необхідності в модернізації системи освітлення бульвару, як на основі обстеження, так і за інформацією КП «Тернопільськвітло» – немає.

### 2.1.2 Бульвар Пантелеймона Куліша

Для освітлення бульвару застосовуються переважно світлові прилади із напівпровідниковими джерелами світла, зокрема для освітлення проїжджої частини від перетину з вулицею 15 квітня до житлового комплексу «Київська - Тернавського» та для освітлення пішохідної зони, котра веде від житлового комплексу «Манхетен» до Церкви Преображення Господнього.



а)



б)

Рисунок 2.2 – Світлові прилади системи освітлення бульвару Пантелеймона Куліша

Для живлення світлових приладів застосовуються самонесучі ізольовані проводи.

### 2.1.3 Вулиця Володимира Великого

В системі освітлення вулиці Володимира Великого використовуються світлові прилади із розрядними джерелами світла (рис 2.3 а), а саме натрієвими лампами високого тиску типу ДНаТ, розміщених на кронштейнах на опорах типу СК 120-10. Живлення цих світлових приладів здійснюється по неізолюваних проводах.



Окрім того, на вулиці розміщено 3 пішохідних переходи, два із яких освітлюються світильниками із напівпровідниковими джерелами світла (рис. 2.3 б, в), і ще один – за світильником із розрядною лампою.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.3 – Світлові прилади системи освітлення вулиці Володимира Великого

#### 2.1.4 Вулиця Полковника Морозенка

В системі освітлення вулиці Полковника Морозенка, аналогічно як і для вулиці Володимира Великого використовуються світові прилади із розрядними джерелами світла, розміщені на тролейбусних опорах типу СК 120-10 (рис 2.4). Живлення цих світлових приладів здійснюється по самонесучих ізольованих проводах.

Пішохідних переходів на даній вулиці не встановлено.



Рисунок 2.4 – Світлові прилади системи освітлення вулиці Полковника Морозенка

### 2.1.5 Вулиця Леся Курбаса

В системі освітлення вулиці Леся Курбаса використовуються світлові прилади із натрієвими лампами високого тиску, розміщені на тролейбусних опорах типу СК 120-10 (рис 2.5 а, б). Живлення цих світлових приладів здійснюється по самонесучих ізольованих проводах в частині вулиці від перетину із вулицею Полковника Морозенка до перетину із вулицею Текстильною (фрагмент 1) та по неізолюваних проводах в частині вулиці від перетину із вулицею Полковника Морозенка до перетину із Вулицею Володимира Великого (фрагмент 2).

На даній вулиці встановлено 5 пішохідних переходів, два із яких є освітлені світлодіодними світильниками (рис. 2.5 в), один – світильником із розрядним джерелом світла (рис. 2.5 а) – біля Церкви Святого Миколая, а для двох інших, котрі знаходяться біля зупинки ТРЦ «Подoliaни», спеціальне освітлення не застосовується (рис. 2.5 г).

### 2.1.6 Вулиця Василя Симоненка

В системі освітлення проїжджої частини Василя Симоненка

використовуються 14 світлових прилади із лампами типу ДНаТ потужністю 150 Вт, розміщених на тролейбусних опорах СК 120-10 (рис. 2.6 а). Живлення цих світлових приладів здійснюється по самонесучих ізольованих проводах. На даній вулиці встановлено 3 пішохідні переходи, освітлені світильниками із напівпровідниковими джерелами світла (рис. 2.6 б).

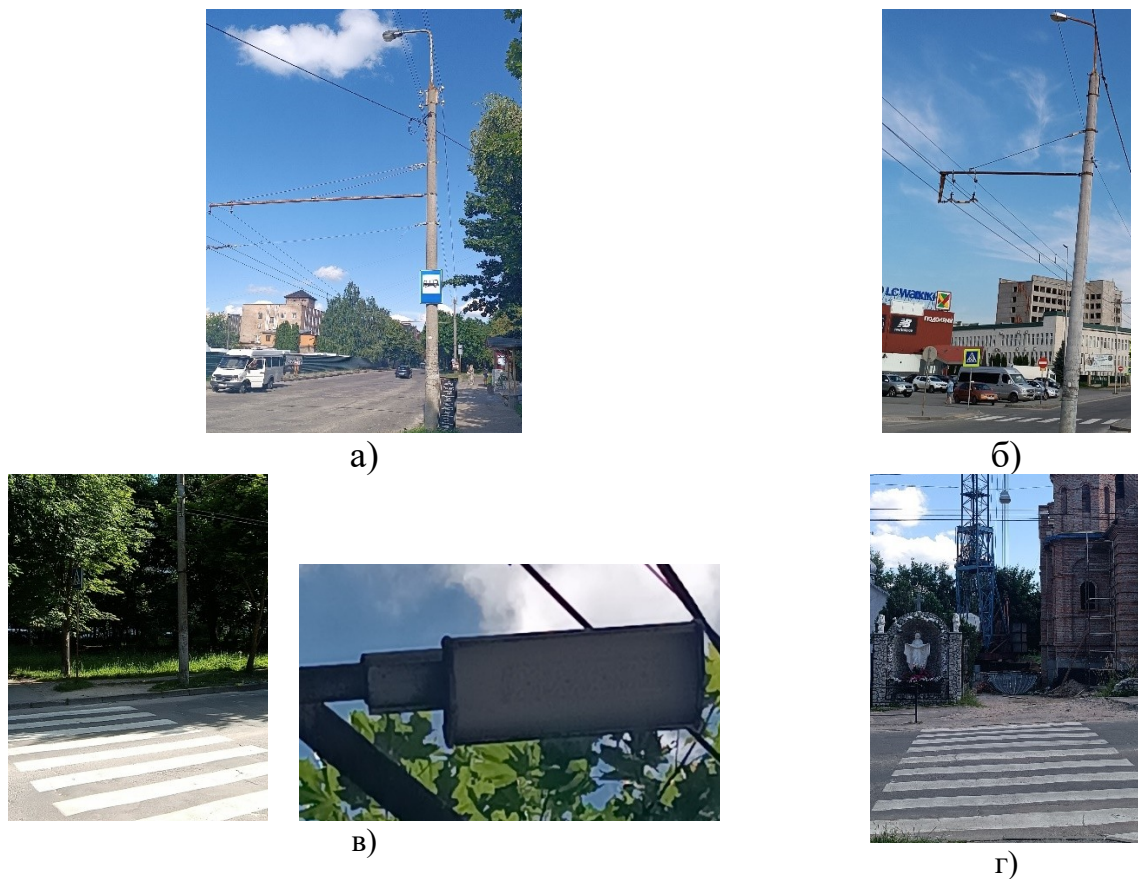


Рисунок 2.5 – Світлові прилади системи освітлення вулиці Леся Курбаса

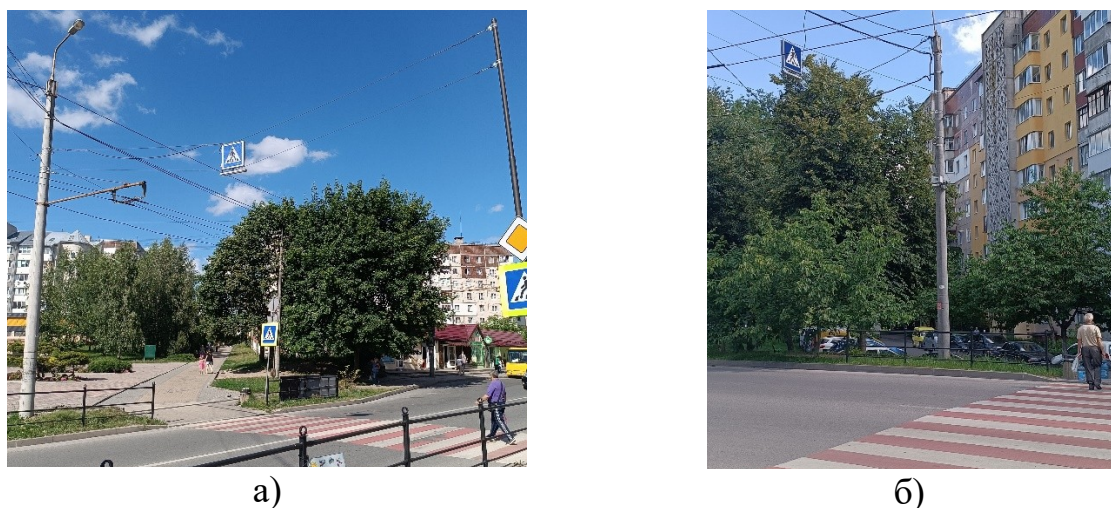


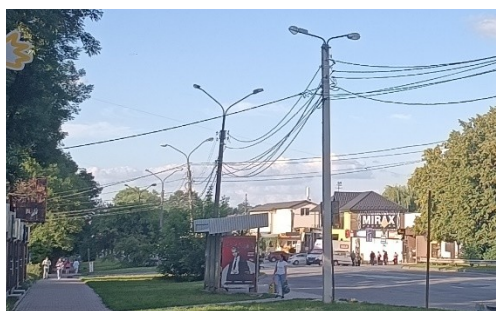
Рисунок 2.6 – Світлові прилади системи освітлення вулиці Василя Симоненка

### 2.1.7 Вулиця 15 квітня

При обстеженні розглядалась система освітлення вулиці 15 квітня в частині від перехрестя із вулицями Київська та Василя Стуса до Луцького кільця. В основному, в системі освітлення проїжджої частини вулиці та тротуару використані світильники із натрієвими лампами високого тиску потужністю 150 Вт (рис . 2.7 а). Виняток складає частина вулиці від заїзду між будинками 29 та 27 до Луцького кільця. Для даної ділянки використовуються світлові прилади із напівпровідниковими джерелами світла (рис. 2.7 б).

На даній ділянці вулиці розміщено два пішохідні переходи, освітлення яких виконується світильниками із розрядними джерелами світла. (рис. 2.7 в), розміщеними на окремих опорах.

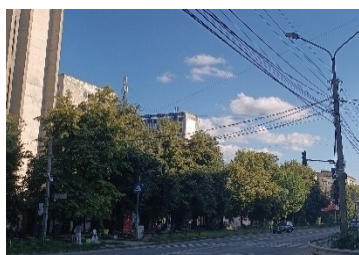
Живлення світлових приладів здійснюється по неізолюваних проводах.



а)



б)



в)

Рисунок 2.7 – Світлові прилади системи освітлення вулиці 15 квітня

### 2.1.8 Вулиця Київська

В системі освітлення вулиці Київська для освітлення як проїжджої частини, так і пішохідних переходів використовуються напівпровідникові

джерела світла (рис. 2.8), розміщені по обидві сторони на тролейбусних опорах. Тому в подальшому, за рекомендацією КП «Тернопільміськвітло», питання модернізації системи освітлення цієї вулиці в роботі розглядатись не будуть.



Рисунок 2.8 – Світлові прилади системи освітлення вулиці 15 квітня

### 2.1.9 Системи освітлення перехресть

В роботі розглянемо системи освітлення наступних перехресть:

- вулиць Василя Симоненка та Полковника Морозенка;
- вулиць Володимира Великого, Леся Курбаса та Овочевої;
- перехрестя вулиць Полковника Морозенка та Леся Курбаса.

Під час проведення обстежень встановлено, що для освітлення цих перехресть використовуються світлові прилади із лампами типу ДНаТ, розміщені на висоті 12 м (рис. 2.9).

Як видно із наведених зображень в системах освітлення вказаних перехресть використовуються

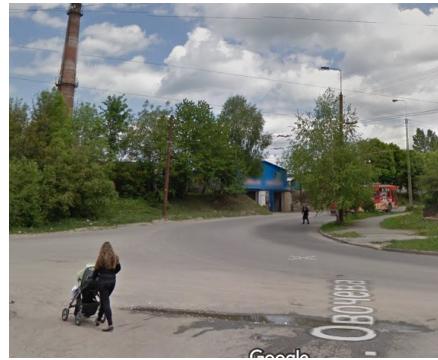
- перехрестя вулиць Василя Симоненка та Полковника Морозенка (рис. 2.9 а) – 5 світлових приладів, два із яких розміщених на одній опорі;

- перехрестя вулиць Володимира Великого, Леся Курбаса та Овочевої – лише два світлових прилади, що викликає сумніви щодо забезпечення необхідних нормованих світлотехнічних параметрів (рис. 2.9 б);

- перехрестя вулиць Полковника Морозенка та Леся Курбаса – три світлові прилади (рис. 2.9 в).



а)



б)



в)

Рисунок 2.9 – Системи освітлення перехресть

## 2.2 Аналіз результатів обстеження та заходи з модернізації систем освітлення мікрорайону

Як видно із вищенаведеного, в системах освітлення практично всіх вулиць мікрорайону використовуються світлові прилади на основі розрядних джерел світла, а саме натрієвих ламп високого тиску.

На підставі інформації, наведеної в доповіді [9], загальна кількість світлоточок в системах зовнішнього освітлення м. Тернополя становить 11394, з яких 41,7 % (а саме 4746) припадає на світлові прилади із розрядними лампами.

На основі результатів обстеження встановлено, що кількість світлоточок із розрядними джерелами світла по вулицях складає:

- вулиця Володимира Великого – 13;
- вулиця Полковника Морозенка – 15;
- вулиця Леся Курбаса – 36;
- вулиця Василя Симоненка – 14;

- вулиця 15 квітня – 29;
- перехрестя вулиць Василя Симоненка та Полковника Морозенка – 5;
- перехрестя Вулиць Володимира Великого та Леся Курбаса – 2;
- перехрестя вулиць Леся Курбаса та Полковника Морозенка – 3;

Таким чином, сумарна кількість світлоточок із розрядними джерелами світла в системах зовнішнього освітлення становить 117, що сягає 2,47 % від загальної кількості світлоточок в системах зовнішнього освітлення м. Тернополя.

Враховуючи, що середньовстановлена потужність однієї точки становить 165 Вт (150 Вт – потужність лампи ДНаТ та 15 Вт – втрати в ПРА), то сумарна потужність світлових приладів із розрядними джерелами світла системи вуличного освітлення мікрорайону «Аляска» становить 19,3 кВт.

Тому першим заходом із модернізації систем освітлення є пряма заміна світильників із розрядними лампами на напівпровідникові світлові прилади для освітлення вулиць, перехресть та пішохідних переходів.

Застосування світлових приладів із напівпровідниковими джерелами світла має наступні переваги:

- зниження енергоспоживання внаслідок зниження встановленої потужності системи освітлення у зв'язку із вищою світловою віддачею напівпровідникових джерел світла;

- відсутність частішої необхідності у заміні ламп, пов'язана із суттєво вищим терміном служби світлодіодів, а отже знижуються витрати на закупівлю, знімання відпрацьованих та встановлення нових ламп;

- економія коштів на утилізацію виробів із ртуттю, оскільки в своїй будові світлодіоди не мають ртутної складової, на відміну від усіх розрядних джерел світла.

Забезпечення безпечного руху пішоходів, їх безперешкодної орієнтації в міському середовищі, а створення для них візуального та психологічного комфорту є також задачами, які висувуються до зовнішнього освітлення населених пунктів [10]. Тому задача освітлення місць пересування пішоходів

повинна також розглядатись при проектуванні нових та модернізації існуючих систем освітлення. Звідси наступним заходом є розробка технічних рішень щодо встановлення на опорах світлових приладів для освітлення проїжджич частин і світильників для освітлення тротуарів вулиць 15 квітня, Василя Симоненка, Полковника Морозенка та Леся Курбаса.

За інформацією, наданою КП «Тернопільськесвітло» модернізації підлягає система освітлення пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша, оскільки термін експлуатації світлових приладів завершився. Крім того, ефективність застосування саме такого розміщення світлових приладів є низькою, оскільки між світловими приладами та освітлювальною зоною утворено зелені насадження, що перешкоджають прямому попаданню світлового потоку на освітлювальну поверхню. Тому для освітлення цієї пішохідної зони пропонується використати світильники паркового освітлення, розміщених на паркових опорах.

Пішохідна зона являє собою алею із двома смугами шириною 4,0 м кожна, розділеними зоною із зелених насаджень. Довжина пішохідної зони становить 400 м.

Заради запобігання ураження електричним струмом під час монтажу, ремонті та експлуатації електричних освітлювальних мереж, а також покращення їх естетичних характеристик пропонується ще один захід із модернізації, котрий полягає у заміні неізолюваних проводів на самонесучий ізолюваний провід (СПП) для мереж живлення вуличних світильників, встановлених по вулиці Володимира Великого та Леся Курбаса (фрагмент 2).

Переваги застосування СПП-кабелів полягають у наступному:

- надійне електропостачання, котре полягає у практично виключеній можливості короткого замикання за несприятливих погодних умов;
- висока міцність, завдяки чому є можливість витримувати великі навантаження без обриву лінії;
- спрощення експлуатації та монтажу, котре полягає у відсутності необхідності у вирубуванні просік;



- відсутність обледеніння в умовах найсуворішої зими;
- зниження втрат електроенергії в мережі завдяки меншому реактивному опору;
- можливість підключення за короткий термін нових споживачів електричної енергії;
- унеможливлення несанкціонованого підключення до елетромережі.

Підсумовуючи вищенаведене занесемо усі заходи із модернізації систем освітлення кожної вулиці до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Заходи щодо модернізації систем освітлення вулиць мікрорайону «Аляска»

Суть заходу	Володимира Великого	Леся Курбаса	Полковника Морозенка	Василя Симоненка	15 квітня	Булвар Пантелеймона Куліша
Пряма заміна світлових приладів на напівпровідникові для освітлення проїжджої частини	+	+	+	+	+	-
Заміна світлових приладів на напівпровідникові для пішохідних переходів	+	-	-	-	+	-
Встановлення напівпровідникових світлових приладів для освітлення пішохідних переходів	-	+	-	-	+	-
Заміна системи освітлення перехресть	+	+	+	+	-	-
Заміна систем освітлення пішохідних зон, тротуарів	-	-	-	-	-	+
Встановлення системи освітлення пішохідних зон, тротуарів						
Заміна неізольованих проводів електричної освітлювальної мережі на СПП-кабелі	+	+	-	-	-	-

### 2.3 Вибір нормованих світлотехнічних параметрів систем вуличного освітлення мікрорайону

В аналітичному розділі було наведено, що основним регламентованим світлотехнічним нормативним параметром для систем зовнішнього освітлення вулиць та доріг є яскравість дорожнього покриття, котра визначається в залежності від категорії дороги чи вулиці та підкласу об'єкта, котрий визначається за найбільшою інтенсивністю руху транспорту у обох напрямках.

Інтенсивність руху транспортних засобів визначимо із наступних міркувань.

Такі вулиці, як Володимира Великого, Василя Симоненка, Полковника Морозенка є житловими вулицями місцевого значення, тому відповідно до табл. 8.27 [6] їм присвоєно категорію об'єкта за освітленням В. Оскільки швидкість руху транспортних засобів для цих вулиць не повинна перевищувати 50 км/год, то розрахункова інтенсивність руху становить 200 од/год на одну смугу [11]. Враховуючи, що проїжджі частини цих вулиць мають по дві протлежні смуги руху, то інтенсивність руху в обох напрямках становить 400 од/год.

Знову ж з табл. 8.27 [6] вибираємо нормоване значення середньої яскравості 0,4 кд/м<sup>2</sup>.

Відповідно до п. 8.5.4 відношення мінімальної яскравості дорожнього покриття до середньої та мінімальної яскравості до максимальної повинні становити не менше, ніж 0,3 та 0,4 відповідно.

Для вулиці 15 квітня, котра відноситься до категорії А, як магістральна вулиця загальноміського значення з регульованим рухом з табл. 1 [11] визначаємо, що розрахункова інтенсивність руху становить 700 од/год на одну смугу. Із врахуванням того, що проїжджа частина вулиці має по дві смуги у кожному напрямі, а отже чотири, то максимальна інтенсивність руху в обох напрямках становить 2800 од/год. Звідси, із табл. 8.27 [6] вибираємо нормоване значення середньої яскравості 1,2 кд/м<sup>2</sup>.

Відповідно до п. 8.5.4 відношення мінімальної яскравості дорожнього покриття до середньої та мінімальної яскравості до максимальної повинні становити не менше 0,4 та 0,6 відповідно.

Значення порогового приросту яскравості не повинне перевищувати 15 %.

Для усіх тротуарів за табл. 8.30 [6] виберемо підклас П4, для якого по табл. 8.31 [6] встановлюємо, що нормоване значення середньої горизонтальної освітленості становить 4 лк, а відношення середньої освітленості до максимальної – не менше, ніж 1:5.

По табл. 8.32 [6] вибираємо нормовану освітленість пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша на рівні 4 лк, а відношення середньої освітленості до максимальної – 1:5.

Відповідно до табл. 8.36 [6] для пішохідних переходів приймаємо наступні значення освітленості:

мінімальної – 6 лк;

середньої – 20 лк.

Середню освітленість на перехрестях приймаємо такою що дорівнює 20 лк, а відношення середньої освітленості до максимальної – 0,6.

## **2.4 Вибір світлових приладів**

Вибір світлових приладів здійснимо, виходячи із їх характеристик, наведених на офіційному веб-сайті ТОВ «ОСП Корпорація «ВАТРА» [12].

Для освітлення проїжджих частин вулиць виберемо світлові прилади типу ДТУ18У (рис. 2.10) та ДКУ41У (2.11).

Характеристики цих світлових приладів подано в табл. 2.2.

Особливості цих світильників полягають у наступному:

- можливість встановлення необхідного напрямку свічення завдяки здатності регулювання кута нахилу світильника ДКУ41У, кут регулювання становить від  $-15^{\circ}$  до  $15^{\circ}$ , а для ДТУ18У – від  $-90^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ ;

- обидва світильники мають модифікації «Перехід», тобто наявність спеціальної кривої сили світла дозволяє застосувати їх для освітлення наземних пішохідних переходів;

- за запитом світильники можуть комплектуватись пристроєм грозозахисту.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики світлових приладів

Характеристики	ДТУ18У	ДКУ41У	ДСУ10В	Алюра LED
Напруга живлення, В	220 AC, DC	220 AC, DC	220 AC, DC	220
Діапазон потужностей, Вт	25 .... 200	20 ... 170	25 ... 100	10,8 ... 75
Коефіцієнт активної потужності	0,95	0,95	0,95	0,9
Світловий потік, лм	3000 ... 24000	2600 ... 22100	3125 ... 14500	1015 ... 7377
Світлова віддача, лм/Вт	130	120	125 ... 145	93 ... 98
Тип кривої сили світла (кут випромінювання °)	Ш (150) Спец.	Ш (150) Спец.	Ш (151×81) Спец.	Ш
Корельована колірна температура, К	4000	4000	4000	2700 ... 4000
Клас електрозахисту	I	I	I	I
Ступінь пиловологозахисту	IP66	IP67	IP65	IP65
Маса, кг	8,4 ... 8,6	4,5 ... 10,6	1,9 ... 3,7	
Температура навколишнього середовища, 120 °С	-40 ... +40	-40 ... +50	-40 ... +40	-40 ... +50

Для освітлення тротуарів виберемо світильник типу ДСУ10В (рис. 2.13), виходячи із його малих маси та габаритів, а також аналогічно, як і для світильників ДТУ18У та ДКУ41У, можливості змінювати кут нахилу свічення світильника.



Рисунок 2.10 – Зображення світильника типу ДТУ18У



Рисунок 2.11 – Зображення світильника типу ДКУ41У



Рисунок 2.13 – Зображення світильника типу ДСУ10В



Рисунок 2.14 – Зображення світильника типу Алюра LED

Також світильник має модифікації зі спеціальною кривою сили світла, що дозволяє застосовувати їх для освітлення переходів.

Для системи освітлення пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша вибрано вінцевий світильник типу Алюра LED [13] із оптичною системою 5121, виробництва ТОВ «Шредер». Вибір саме цього світлового приладу виконувався на основі залежностей, що на рис. 2.15, отриманих в роботі [14].

З рис. 2.15 видно, що найкращу рівномірність забезпечують світлові прилади саме Алюра LED із оптичною системою 5121. Використання цих світлових приладів дозволяє розставляти світильники на відстані 50 м один від одного для забезпечення необхідного рівня рівномірності 0,2, а чим більша відстань між світильниками, тим меншу їх кількість та кількість опор потрібно використати.

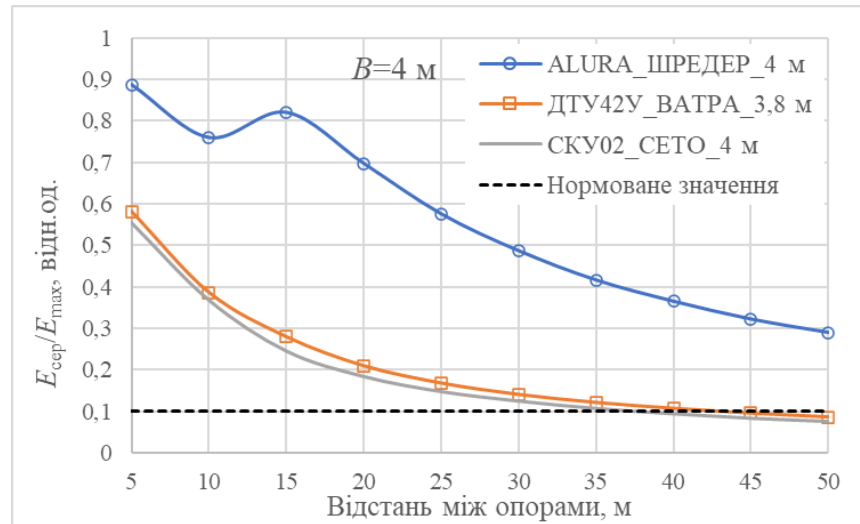


Рисунок 2.15 Залежності рівномірності освітленості від відстані між опорами при використанні світлових приладів різних виробників

Типові криві сили світла вибраних світлових приладів показано на рисунку 2.16.

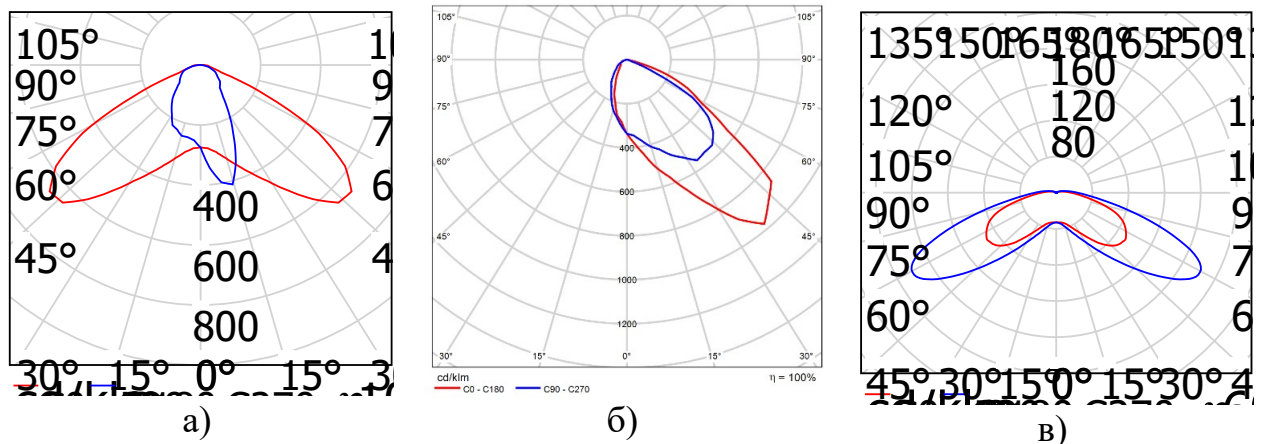


Рисунок 2.16 – Типові криві сили світла світлових приладів: вуличного освітлення (а), освітлення пішохідних переходів (б), освітлення пішохідної зони бульвару (в)

## 2.5 Проектування електричних освітлювальних мереж

### 2.5.1 Вулиці Леся Курбаса та Володимира Великого

На підставі результатів світлотехнічного розрахунку, отриманих в

розрахунковому розділі побудуємо електричну освітлювальну вулиць Володимира Великого та Леся Курбаса (фрагмент 2). Схему розміщення опор вуличного освітлення показано на рис. 2.17.

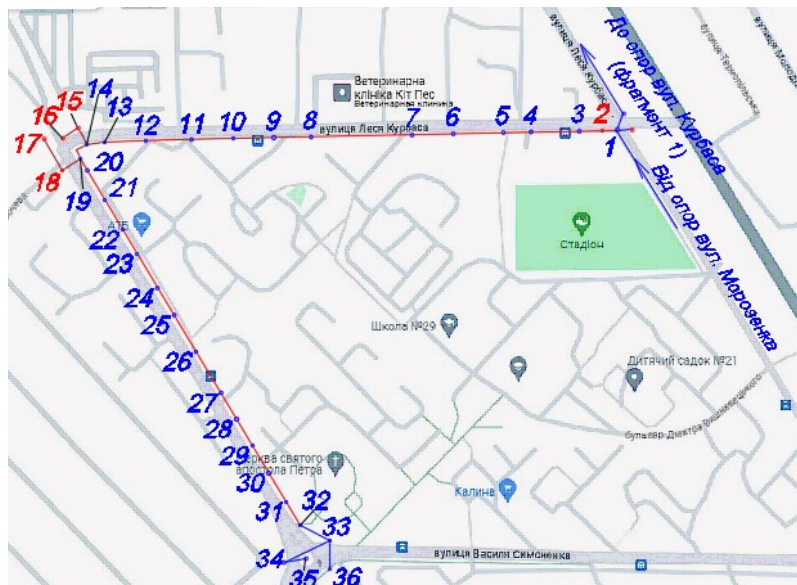


Рисунок 2.17 – Схема розміщення опор освітлення вулиць Володимира Великого та Леся Курбаса (фрагмент 2)

Живлення світлових приладів для освітлення проїжджих частин та тротуарів цих вулиць виконаємо від опор зовнішнього освітлення вулиці Полковника Морозенка.

Пряма заміна світлових приладів для освітлення проїжджої частини передбачається для опор, позначених на схемі 1, 3 – 14, 19 – 32. Існуючі опори 2, 15 – 18 пропонується використати для встановлення на них додаткових світлових приладів для освітлення перехресть.

На опорах 33 – 36 встановлено 6 напівпровідникових світлових приладів існуючої системи освітлення кільцевої розв'язки: на опорах 33, 34 та 36 по одному, а на опорі 35 – 3 світильники потужністю 60 Вт кожен.

Передбачимо встановлення світлових приладів для освітлення пішохідних переходів на спеціальні опори, аналогічні зображеним на рис. 2.3 б,



а живлення цих світлових приладів передбачимо від найближчих опор вуличного освітлення:

- для пішохідного переходу по вулиці Леся Курбаса (фрагмент 2) – від опори 4;
- для пішохідного переходу по вулиці Володимира Великого – від опори 22.

В подальшому будемо враховувати, що існуючі світлові прилади для освітлення пішохідних переходів розміщені або живляться від опор:

27 та 34 – вулиця Володимира Великого;

8 та 13 – вулиця Леся Курбаса (фрагмент 2).

Передбачимо встановлення світлових приладів для освітлення тротуарів на опорах:

5 – 12 – для вулиці Леся Курбаса (фрагмент 2);

23 – 32 – для вулиці Володимира Великого.

Потужності світлових приладів котрі розміщені та (або) живляться від кожної опори приведення в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Потужності світлових приладів котрі розміщені та (або) живляться від кожної опори системи освітлення вулиць Володимира Великого та Леся Курбаса (фрагмент 2)

№ опори	Потужність світлових приладів, Вт			
	Проїжджа частина/перехрестя	Пішохідні переходи	Тротуари	Сумарна
1	110			110
2	110			110
3	75			75
4	75	60		135
5	75		25	100
6	75		25	100
7	75		25	100
8	75	60	25	160
9	75		25	100
10	75		25	100
11	75		25	100
12	75		25	100
13	75	60		135

Продовження табл. 2.3

№ опори	Потужність світлових приладів, Вт			
	Проїжджа частина/перехрестя	Пішохідні переходи	Тротуари	Сумарна
14	110			110
15	110			110
16	110			110
17	110			110
18	110			110
19	110			110
20	75			75
21	75			75
22	75	60		135
23	75		25	100
24	75		25	100
25	75		25	100
26	75		25	100
27	75	60	25	160
28	75		25	100
29	75		25	100
30	75		25	100
31	75		25	100
32	75		25	100
33	60			60
34	60	60		120
35	180			180
36	60			60
Сумарна потужність, Вт	3040	450	450	3850

В якості проводів вибираємо провід типу СІП 4 4×25 мм<sup>2</sup>.

### 2.5.2 Пішохідна зона бульвару Пантелеймона Куліша

План мережі, запропонованої на основі світлотехнічного розрахунку, системи освітлення пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша показано на рис. 2.18.

В якості системи заземлення виберемо систему TN-C.

Живлення світлових приладів передбачимо по кабельних лініях, прокладених в землі.

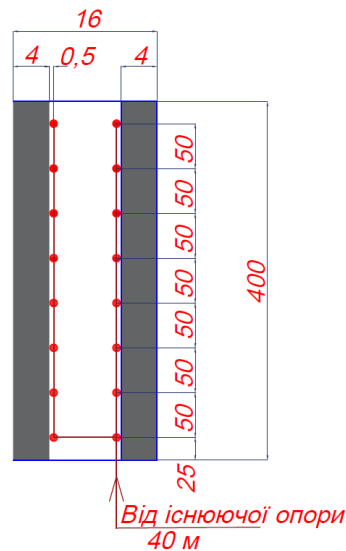


Рисунок 2.18 – Електрична освітлювальна мережа системи освітлення пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша

В якості проводів пропонується використати чотирижильний алюмінієвий броньований кабель типу АВБбШп, використання якого рекомендується для прокладання електричних мереж у землі, по дну водойми, у каналах, шахтах та тунелях. В якості броні в даному кабелі використовуються сталеві оцинковані кришки [15]. Відповідно до правил до табл. 2.1.1 Правил улаштування електроустановок [16] мінімальне значення площі поперечного перерізу проводів із алюмінієвими жилами становить  $2,5 \text{ мм}^2$ . Тому, попередньо вибираємо кабель АВБбШп –  $4 \times 2,5$ .

## 2.6 Розрахунок електричних освітлювальних мереж

### 2.6.1 Розрахунок по струму навантаження

Виконаємо розрахунок по струму навантаження для ліній, що живлять світлові прилади системи освітлення пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша та лінії живлення системи освітлення вулиць Леся Курбаса та Володимира Великого. Основні розрахункові формули відповідно для трифазних та однофазних ділянок мають вигляд [5, 7, 8]:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_\lambda \cdot \cos \varphi}, \quad (2.1)$$

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (2.2)$$

де  $P_p$  – встановлена потужність світлотехнічних споживачів електричної енергії, котрі живляться через задану ділянку мережі, кВт.

$U_\lambda = 380 \text{ В}$ ,  $U_\phi = 220 \text{ В}$  – значення напруг (лінійної та фазової відповідно);

$\cos \varphi$  – коефіцієнт активної потужності

Прийнявши для лінії, що живить світлові прилади систем освітлення вулиць Володимира Великого та Леся Курбаса  $P_p = 3,850 \text{ кВт}$ , отримаємо

$$I_p = \frac{3,850 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 6,50 \text{ А},$$

що є допустимим, оскільки максимальний струм для кабеля СПП 4 4×25 становить 112 А.

Для лінії, що живить світлові прилади системи освітлення пішохідних зон бульвару Куліша  $P_p = 1,136 \text{ кВт}$ , отримаємо:

$$I_p = \frac{1,136 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 1,92 \text{ А},$$

що також допускається, оскільки допустимий струм кабеля АВББШп – 4×2,5 при прокладанні в землі становить 29 А.

## 2.6.2 Розрахунок по втраті напруги

Сумарну втрату напруги в лінії від точки прикладання напруги до

найбільш віддалених споживачів розрахуємо як суму втрат напруги кожної ділянки. Втрата напруги на окремій ділянці визначається як

$$\Delta U = \frac{M}{c \cdot S}, \quad (2.3)$$

де  $M$  – момент навантаження;

$c$  – коефіцієнт, котрий для трифазної мережі напругою 380/220 В із алюмінієми проводами приймається таким, що дорівнює 44;

$S$  – площа поперечного перерізу жил кабелів.

Розрахунок покажемо на прикладі електричної освітлювальної мережі системи освітлення пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша. Сумарний спад напруги розрахуємо для напрямку від точки прикладання напруги до найвіддаленішого споживача, позначеного цифрою 8 (рис. 2.19).

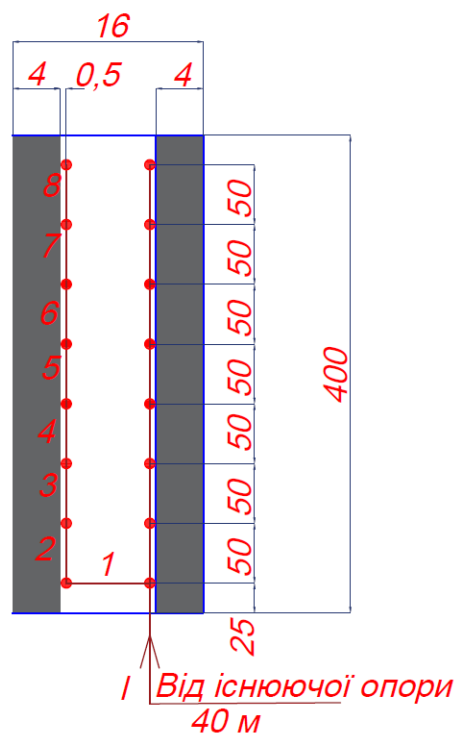


Рисунок 2.19 – Схематичне пояснення до розрахунку електричної освітлювальної мережі системи освітлення пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша по втраті напруги

Довжини ділянок приведені в табл. 2.4.

Сумарна потужність споживачів, котрі живляться через ділянку I становить 1,136 кВт, а довжина ділянки становить 40 м. Момент навантаження цієї ділянки:

$$M_I = 1,136 \cdot 40 = 45,44 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Підставивши отримане чисельне значення для  $M_I$  у формулу (2.3), отримаємо

$$\Delta U = \frac{45,44}{44 \cdot 2,5} = 0,41 \% \quad (2.3)$$

Розраховуємо спади напруг і на інших ділянках. Результати розрахунку заносимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку сумарної втрати напруги на трифазних ділянках лінії живлення світлових приладів освітлення бульвару

Номер ділянки	Сумарна потужність світлових приладів, що живляться через ділянку, Вт	Довжина ділянки, м	Момент навантаження, кВт·м	Площа поперечного перерізу, мм <sup>2</sup>	Втрата напруги, %
I	1,136	40	45,44	2,5	0,41
1	0,568	10	5,68	2,5	0,05
2	0,497	50	24,85	2,5	0,23
3	0,426	50	21,30	2,5	0,19
4	0,355	50	17,75	2,5	0,16
5	0,284	50	14,20	2,5	0,13
6	0,213	50	10,65	2,5	0,10
7	0,142	50	7,10	2,5	0,06
8	0,071	50	3,55	2,5	0,03
Сумарна втрата напруги, %					1,37

Як видно із табл. 2.4 сумарна втрата напруги становить 1,37 %, що є допустимо.

Аналогічно розраховуємо і сумарну втрату напруги і для лінії, котра живить світлові прилади вуличного освітлення вулиць Леся Курбаса та

Володимира Великого. Сумарна втрата напруги для даної лінії становить 2,01 %.

Результати розрахунку приведені в додатку.

## **2.7 Висновки до розділу**

1. На основі виконаного обстеження систем освітлення мікрорайону встановлено, що системи освітлення 5 вулиць потребують модернізації.

2. Визначено шляхи модернізації систем освітлення, котрі полягають у прямій заміні світильників вуличного освітлення з лампами типу ДНаТ на світлодіодні; освітленні тротуарів та пішохідних переходів; заміні неізолюваних проводів на проводи типу СПП.

3. Виконано вибір нормованих значень світлотехнічних параметрів та світлових приладів. Для освітлення пішохідних переходів запропоновано використати світлові прилади зі спеціальною кривою сили світла.

4. Для забезпечення необхідного значення рівномірності освітлення при максимальній відстані між опорами світлових приладів системи освітлення бульвару Пантелеймона Куліша, а отже мінімальної кількості опор та світлових приладів запропоновано використати паркові вінцеві світильники із широкою кривою сили світла та кутом випромінювання понад 150°.

5. В якості кабелів електричної освітлювальної мережі пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша запропоновано використати броньовані кабелі АВББШп із їх підземним прокладанням.

6. Виконано розрахунок втрати напруги на ділянках ліній, котрі живлять світлові прилади системи освітлення пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша та вулиць Леся Курбаса й Володимира Великого. Втрати напруги становлять відповідно 1,37 та 2,01 %.





## 3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Світлотехнічний розрахунок модернізованих систем освітлення

При виконанні світлотехнічного розрахунку систем зовнішнього освітлення допускається наступне [7]:

- розрахунок ведеться для світлових приладів, як точкових вимроміювачів;

- до уваги не беруться відбивання світла від поверхні навколишніх об'єктів та пряме світло від інших світних об'єктів (вікна будинків, рекламне освітлення, тощо);

- не приймається до уваги затінення прямого світла та атмосферне поглинання і розсіювання;

Вихідними даними до розрахунку вуличного освітлення є:

- дані про світловий розподіл світлового приладу (його крива сили світла);

- дані щодо розташування світлових приладів (висота встановлення, крок між опорами, напрям свічення);

- дані щодо відбиваючих властивостей дорожнього покриття у випадку розрахунку його яскравості.

Освітленість  $E_A$  в розрахунковій точці  $A$  (рис. 3.1) від одного світлового приладу визначається, виходячи із закону обернених квадратів відстаней:

$$E_A = \frac{I(\alpha_0, \gamma) \cdot \cos \alpha}{l^2}, \quad (3.1)$$

де  $I(\alpha_0, \gamma)$  – сила світла в напрямку до розрахункової точки;

$\alpha$  – кут між напрямком  $I(\alpha_0, \gamma)$  та нормаллю до розрахункової поверхні;

$l$  – відстань між світловим приладом та розрахунковою точкою.

Зв'язок між освітленістю та яскравістю можна описати за допомогою

залежності:

$$L_A = \frac{r \cdot E_A}{\pi}, \quad (3.2)$$

де  $r$  – коефіцієнт яскравості поверхні, котрий дорівнює відношенню яскравості поверхні в певному напрямку, до яскравості поверхні ідеального розсіювача за однакових умов освітлення.

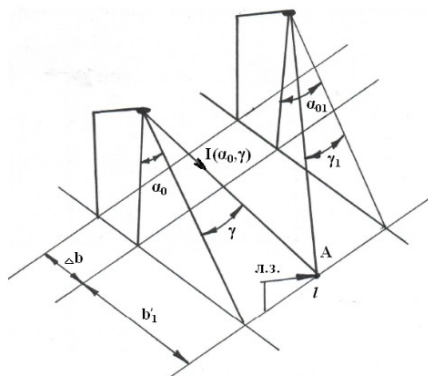


Рисунок 3.1 – Геометрична схема для світлотехнічного розрахунку вуличного освітлення

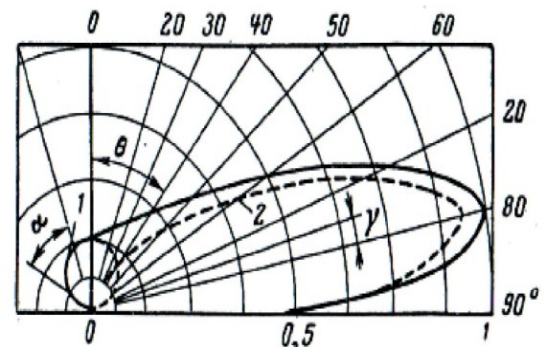


Рисунок 3.2 – Індикатриса відбиття покриття

Коефіцієнт яскравості можна визначити за формулою:

$$r = r_0 + \frac{a}{(1 + b \cdot \text{ctg}^2 \alpha) \cdot \sin \theta} \cdot \exp(-c \cdot \gamma^2), \quad (3.3)$$

де  $a, b, c$  – постійні коефіцієнти, котрі залежать від стану та типу покриття;

$\gamma$  – між напрямком дзеркально відбитих променів та лінією зору спостерігача (рис. 3.2).

Як бачимо із формул (3.1) – (3.3) аналітичні залежність для розрахунку освітленості та яскравості мають велику кількість параметрів і навіть несуттєві розбіжності при виборі одного із них можуть призвести до значних похибок при розрахунку. Тому для подальших розрахунків використаємо стандартизоване програмне забезпечення, а саме пакет DIALux evo, в котрий прив'язаний до стандартних методик виконання світлотехнічних розрахунків

внутрішнього та зовнішнього освітлення.

### 3.1.1 Розрахунок систем освітлення вулиці Володимира Великого

При розрахунку систем вуличного освітлення проїжджої частини та в якості вихідних даних будемо використовувати наступні параметри:

- інформація щодо світлового розподілу світлового приладу – внесена у файл із розширенням .ldt, котрий завантажується в пакет завантажується DIALux evo;

- ширина проїжджої частини, кількість смуг в обох напрямках, відстань (крок) між опорами;

- параметри установки світлових приладів (рис. 3.3): висота встановлення світлових точок (1), відстань між опорою та краєм проїжджої частини (2), кут нахилу світлового приладу відносно горизонталі (3) довжина кронштейна (4).

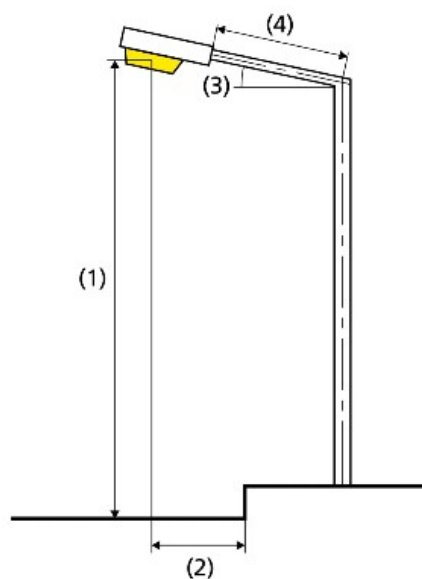


Рисунок 3.3 – Схема, котра демонструє параметри встановлення світлових приладів в пакеті DIALux evo

Оскільки відстані між опорами розміщення світлових приладів є різними, то подальший розрахунок середньої яскравості, коефіцієнтів її рівномірності розподілу та порогового приросту яскравості виконаємо при максимальному та мінімальному значеннях кроку між опорами. Дані щодо параметрів розрахунку

системи освітлення приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані щодо параметрів розрахунку системи освітлення вулиці Володимира Великого

довжина ділянки вулиці, для якої проводиться модернізація, м	522
ширина проїжджої частини, м	10
кількість опор зі встановленими світловими приладами, шт	12
найбільша відстань між двома сусідніми опорами відстань між опорами, м	54
найменша відстань між двома сусідніми опорами, м	30
ширина неосвітленого пішохідного переходу, м	3
ширина тротуару, м	3
довжина тротуару, яку необхідно освітити, м	465
висота встановлення світлових приладів, м	12
висота встановлення світлових приладів для освітлення тротуару, м	6
відстань між опорою та краєм дороги, м	0,5
довжина кронштейна, м	1,2

Розрахунок продемонструємо на прикладі світильника ДКУ41У-75-001 У1 та відстані між опорами 54 м. За замовчуванням для опор даної вулиці встановлюємо кут нахилу світильника  $15^\circ$ , який дорівнює куту нахилу кронштейна. В результаті розрахунку було отримано наступні результати:

- середня яскравість –  $0,38 \text{ кд/м}^2$ ;
- відношення мінімальної яскравості дорожнього покриття до середньої – 0,46;
- відношення мінімальної яскравості дорожнього покриття до максимальної – 0,51;
- пороговий приріст яскравості – 8 %.

Як бачимо таке встановлення світлових приладів не забезпечує нормативні вимоги щодо середньої яскравості, рівень якої повинен становити не менше  $0,4 \text{ кд/м}^2$ . Тому потрібно змінювати або потужність світлових приладів або параметри їх встановлення. Оскільки світлові прилади модифікації ДКУ41У мають можливість регулювання кута нахилу (рис. 3.4) від  $-15^\circ$  до  $+15^\circ$ , то виконаємо розрахунок для різних кутів нахилу світильника. Результати розрахунку приведено в табл. 3.2, з якої видно, що забезпечення

виконання нормативних вимог щодо всіх параметрів можна досягти при кутах нахилу світлових приладів 0, 5 та 10°. Тобто можна використати саме ці світильники, а отже збільшувати їх потужність не потрібно.

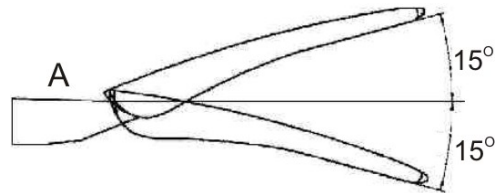


Рисунок 3.4 – Регулювання кута нахилу світлового приладу ДКУ41У

Таблиця 3.2 – Результати світлотехнічного розрахунку освітлення проїжджої частини вулиці Володимира Великого

Потужність світильника, Вт	Розрахункові світлотехнічні параметри	Нормовані значення	Результати розрахунку							
			Відстань між опорами, м							
			54							30
			Кут нахилу світлового приладу, °							
			0	5	10	15	20	25	30	5
75	$L_{сер}$ , кд/м <sup>2</sup>	0,40	0,41	<b>0,41</b>	$\begin{matrix} 0,4 \\ 0 \end{matrix}$	0,38	0,36	0,33	0,30	0,73
	$L_{min}/L_{сер}$	0,30	0,35	0,39	$\begin{matrix} 0,4 \\ 2 \end{matrix}$	0,46	0,50	0,53	0,49	0,56
	$L_{min}/L_{max}$	0,40	0,45	0,47	$\begin{matrix} 0,5 \\ 1 \end{matrix}$	0,51	0,50	0,49	0,47	0,86
	$T_i$ , %	15	7	8	8	8	8	8	8	5
60	$L_{сер}$ , кд/м <sup>2</sup>	0,40	0,33	0,33	0,32	0,30	0,29	0,27	0,24	-
	$L_{min}/L_{сер}$	0,30	0,35	0,39	0,42	0,46	0,5	0,53	0,49	
	$L_{min}/L_{max}$	0,40	0,45	0,47	0,51	0,51	0,5	0,49	0,47	
	$T_i$ , %	15	7	8	8	8	8	8	8	

Задля визначення найменш енергоємної системи освітлення виконаємо світлотехнічний розрахунок для світильників такої ж модифікації потужністю 60 Вт. З результатів розрахунку, котрі доведено в табл. 3.2 видно, що при використанні світильників потужністю 60 Вт досягти рівня середньої яскравості 0,4 кд/м<sup>2</sup> є неможливим для проїжджої частини такої ширини та такого способу розташування світлових приладів. Тому остаточно для проїжджої частини даної вулиці використаємо світлові прилади типу ДКУ41У-75-001 У1. Результати світлотехнічного розрахунку для світильника

потужністю 75 Вт, кута його нахилу  $5^\circ$  при відстані між опорами 30 м також донесені в табл. 3.2. Криві рівних значень яскравості по поверхні дорожнього покриття проїжджої частини вулиці при відстанях між опорами 54 та 30 м подано на рис. 3.5.

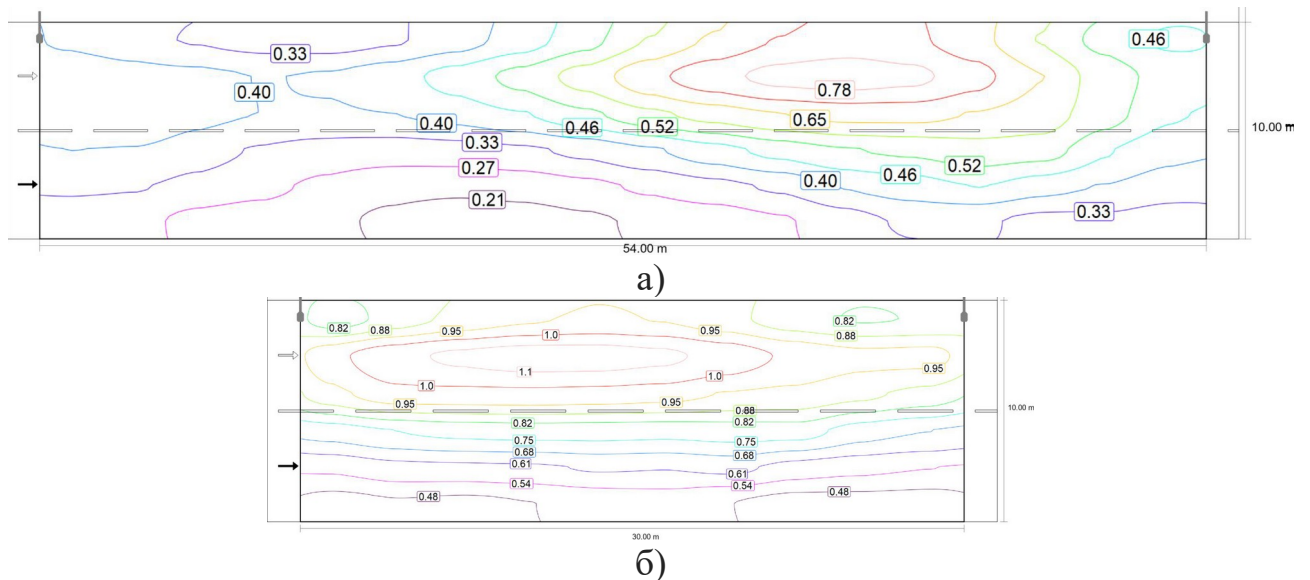


Рисунок 3.5 – Криві рівних значень яскравості дорожнього покриття проїжджої частини вулиці Володимира Великого при відстанях між опорами 54 м (а) та 30 м (б)

Варто зауважити, що  $L_{\min}/L_{\text{сеп}}$  та  $L_{\min}/L_{\text{max}}$  є однаковими для світлових приладів із різними потужностями, проте однаковою кривою сили світла. Тому при подальшому світлотехнічному розрахунку інших вулиць, окрім вулиці 15 квітня будуть показані результати щодо коефіцієнтів рівномірності, отриманих при розрахунку для світильників із вищою потужністю.

Для освітлення пішохідного переходу використаємо світильник ДКУ41У-60-003 Перехід, встановлення якого передбачимо на окремій опорі. Розрахунок виконаємо для наступних параметрів (рис. 3.6):

- ширина пішохідного переходу – 3,0 м;
- висота встановлення світлового приладу – 6 м;
- відстань по горизонталі від краю пішохідного переходу до світлового приладу – 1,0 м.

Внаслідок виконання розрахунку отримано:

- мінімальна освітленість – 8,25 лк;
- середня освітленість – 21,10 лк.

Графік розподілу значень освітленості по поверхні переходу показано на рис. 3.7. Як видно із результатів така система освітлення здатна забезпечити нормовані світлотехнічні параметри.

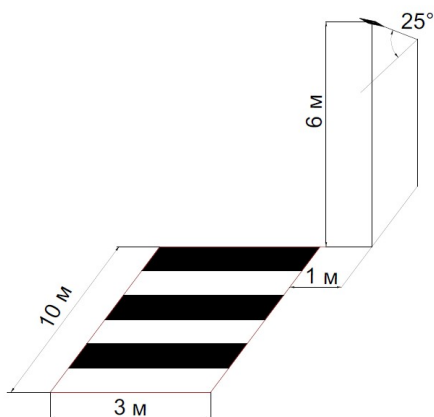


Рисунок 3.6 – Положення світлового приладу відносно пішохідного переходу

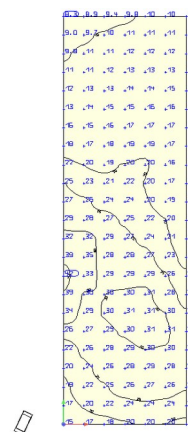


Рисунок 3.7 – Графік розподілу значень освітленості по поверхні переходу

Такі ж системи освітлення використаємо і для пішохідних переходів вулиць Леся Курбаса (фрагмент 2) та Василя Симоненка, оскільки ширина проїжджої частини та ширина власне переходу є аналогічними.

При світлотехнічному розрахунку системи освітлення тротуару врахуємо, ще ширину смуги зеленої зони (2), тобто відстань між краєм тротуару (1) та краєм проїжджої частини (3), котра дорівнює 3 м (рис. 3.8).

Для освітлення тротуару використаємо світильник ДСУ10В-25-1-315, висота встановлення якого 6 м, а кут нахилу дорівнює  $15^\circ$  (рис. 3.8).

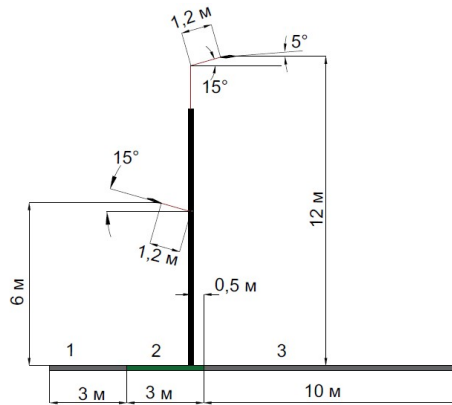


Рисунок 3.8 – Положення світлових приладів вуличного освітлення вулиці Володимира Великого

Внаслідок розрахунку отримано результати, приведені в табл. 3.3. Графіки ліній однакової освітленості приведено на рис. 3.9.

Таблиця 3.3 – Результати світлотехнічного розрахунку освітлення тротуару вулиці Володимира Великого

Відстань між опорами, м	$E_{\text{сеп}}$ , ЛК	$E_{\text{max}}$ , ЛК	$E_{\text{min}}$ , ЛК	$E_{\text{сеп}}/E_{\text{max}}$
54	5,09	20,3	2,85	0,25
30	9,17	20,3	1,33	0,45

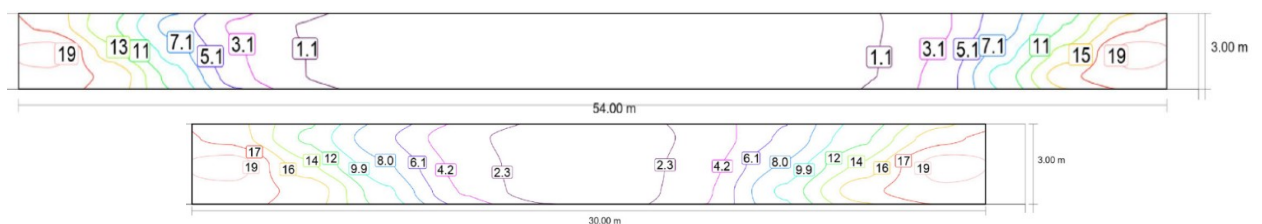


Рисунок 3.9 – Криві однакової освітленості на поверхні тротуару вулиці Володимира Великого

### 3.1.2 Розрахунок систем освітлення вулиці Полковника Морозенка

Для розрахунку системи освітлення даної вулиці використаємо параметри, приведені в табл. 3.4. Оскільки дана вулиця має тротуари із різною шириною, то в розрізі розрахунку їх систем освітлення розділяємо її на два фрагменти:



фрагмент 1 – від перехрестя із вулицею Василя Симоненка до перетину із бульваром Дмитра Вишневецького:

фрагмент 2 – від перетину із бульваром Дмитра Вишневецького до перехресття із вулицею Леся Курбаса.

Варто звернути увагу і на те, що і відрізняються за шириною зони зелених насаджень фрагментів цієї вулиці. Для фрагменту 1 вона становить 4 м, а для варіанту 2 – 5 м.

Положення світлових приладів для системи освітлення вулиці Полковника Морозенка приведено на рис. 3.10.

Для освітлення проїжджої частини та тротуару використано світильники відповідно ДКУ41У-60-001 У1 та ДСУ10В-25-1-315.

Таблиця 3.4 – Дані щодо параметрів розрахунку системи освітлення вулиці Полковника Морозенка

довжина ділянки вулиці, для якої проводиться модернізація, м	572
ширина проїжджої частини, м	7
кількість опор зі встановленими світловими приладами, шт	15
найбільша відстань між двома сусідніми опорами відстань між опорами, м	50
найменша відстань між двома сусідніми опорами, м	26
ширина тротуару (фрагмент 1), м	2,25
довжина тротуару, яку необхідно освітити (фрагмент 1), м	186
ширина тротуару (фрагмент 2), м	3
довжина тротуару, яку необхідно освітити (фрагмент 2), м	226
висота встановлення світлових приладів, м	12
висота встановлення світлових приладів для освітлення тротуару, м	6
відстань між опорою та краєм дороги (фрагмент 1), м	0,5
відстань між опорою та краєм дороги (фрагмент 2), м	0,5
довжина кроншейна, м	1,2

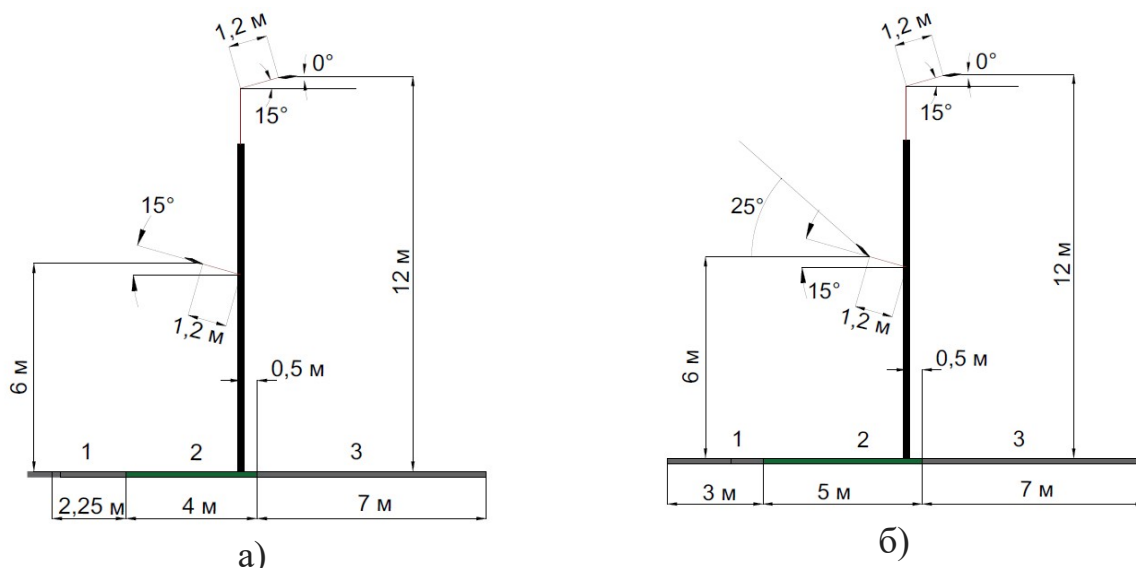


Рисунок 3.10 – Положення світлових приладів вуличного освітлення вулиці Полковника Морозенка: фрагмент 1 (а), фрагмент 2 (б)

Результати світлотехнічного розрахунку освітлення проїжджої частини вулиці подано в табл. 3.5, з якої видно, що нормовану яскравість дорожньої поверхні можна забезпечити при куті нахилу світильника  $0^\circ$  та  $5^\circ$ . Вибираємо кут нахилу  $0^\circ$ , оскільки при такому значенні забезпечується вище середнє значення яскравості.

Таблиця 3.5 – Результати світлотехнічного розрахунку освітлення проїжджої частини вулиці Полковника Морозенка

Потужність світильника, Вт	Розрахункові світлотехнічні параметри	Нормовані значення	Результати розрахунку							
			Відстань між опорами, м							
			50							26
			Кут нахилу світлового приладу, $^\circ$							
			0	5	10	15	20	25	30	0
60	$L_{сер}$ , КД/м <sup>2</sup>	0,40	0,41	0,4	0,39	0,36	0,34	0,31	0,3	0,65
	$L_{min}/L_{сер}$	0,30	0,48	0,51	0,55	0,59	0,57	0,56	0,61	0,65
	$L_{min}/L_{max}$	0,40	0,55	0,58	0,57	0,55	0,54	0,51	0,62	0,87
	$Ti$ , %	15	6	6	6	6	6	7	7	4
50	$L_{сер}$ , КД/м <sup>2</sup>	0,40	0,34	0,33	0,32	0,32	0,3	0,28	0,25	-

Криві рівних значень яскравості по поверхні дорожнього покриття проїжджої частини вулиці при відстанях між опорами 50 та 26 м подано на рис. 3.11.

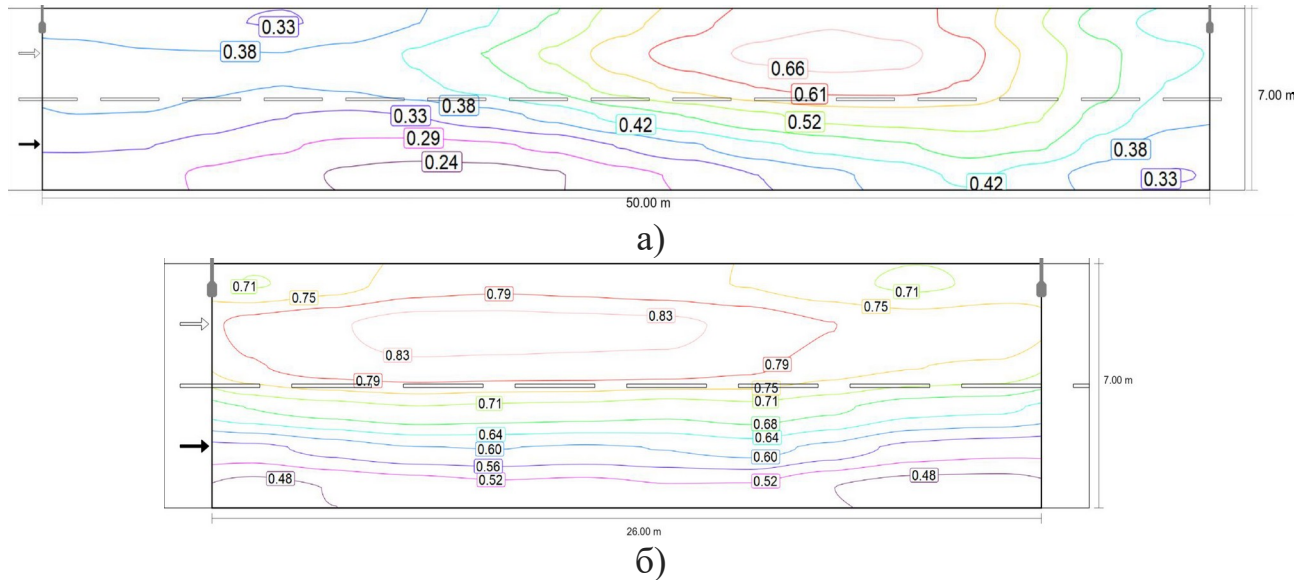
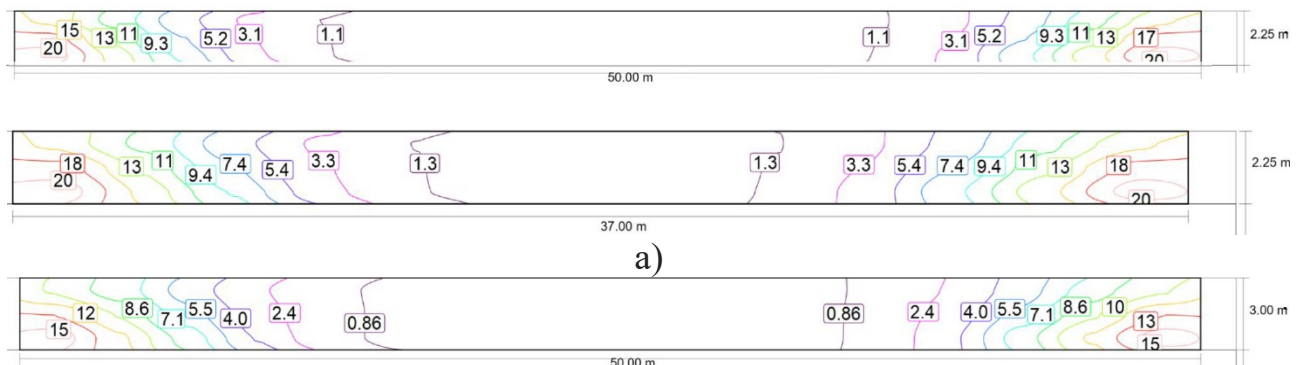


Рисунок 3.11 – Криві рівних значень яскравості дорожнього покриття проїзджої частини вулиці Полковника Морозенка при відстанях між опорами 50 м (а) та 26 м (б)

Для забезпечення нормованого значення освітленості на поверхні тротуару фрагменту 2 вибрано кут нахилу світильника  $25^\circ$ . Результати розрахунку освітленості на поверхні тротуару приведено в табл. 3.6, а графіки кривих ліній однакової освітленості – на рис. 3.12.

Таблиця 3.6 – Результати світлотехнічного розрахунку освітлення тротуару вулиці Полковника Морозенка

Фрагмент	Відстань між опорами, м	$E_{\text{сеп}}$ , лк	$E_{\text{max}}$ , лк	$E_{\text{min}}$ , лк	$E_{\text{сеп}}/E_{\text{max}}$
1	50	5,06	20,60	0,07	0,25
	37	6,80	20,60	0,28	0,33
2	50	4,09	15,60	0,08	0,26
	26	7,85	15,60	2,78	0,50



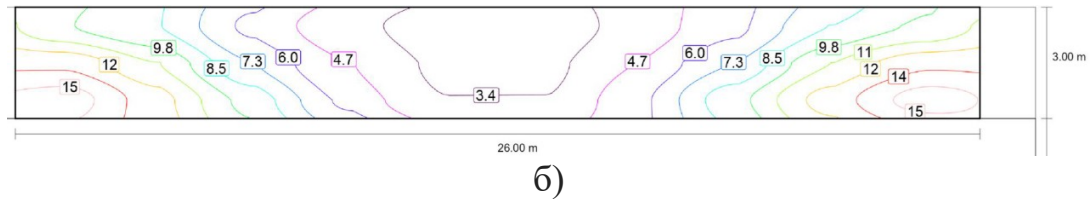


Рисунок 3.12 – Криві однакової освітленості на поверхні тротуару вулиці  
Полковника Морозенка: фрагмент 1 (а), фрагмент 2 (б)

### 3.1.3 Розрахунок систем освітлення вулиці Леся Курбаса

Для розрахунку системи освітлення даної вулиці використаємо параметри, приведені в табл. 3.6. Оскільки ширина проїжджої частини даної вулиці є різною і становить 8 та 10 м, то в розрізі розрахунку систем освітлення розділяємо вулицю на два фрагменти:

фрагмент 1 – від перехрестя із вулицею Полковника Морозенка до перехрестя із вулицею Текстильна;

фрагмент 2 – від від перехрестя із вулицею Полковника Морозенка до перехрестя із вулицею Володимира Великого.

Для подальшого проектування врахуємо дані, наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Дані щодо параметрів розрахунку системи освітлення вулиці вулиці Леся Курбаса

довжина ділянки вулиці, для якої проводиться модернізація (фрагмент 1), м	640
довжина ділянки вулиці, для якої проводиться модернізація (фрагмент 2), м	580
ширина проїжджої частини (фрагмент 1), м	8
ширина проїжджої частини (фрагмент 2), м	10
кількість опор зі встановленими світловими приладами (фрагмент 1), шт	21
кількість опор зі встановленими світловими приладами (фрагмент 2), шт	14
найбільша відстань між двома сусідніми опорами (фрагмент 1), м	37
найменша відстань між двома сусідніми опорами (фрагмент 1), м	27
найбільша відстань між двома сусідніми опорами (фрагмент 2), м	55
найменша відстань між двома сусідніми опорами (фрагмент 2), м	42
ширина тротуару (фрагмент 1, фрагмент 2), м	1,0
довжина тротуару, яку необхідно освітити (фрагмент 1), м	135

довжина тротуару, яку необхідно освітити (фрагмент 2), м	500
висота встановлення світлових приладів, м	12
висота встановлення світлових приладів для освітлення тротуару, м	6
відстань між опорою та краєм дороги (фрагмент 1, фрагмент 2), м	0,5
довжина кронштейна, м	1,2

Положення світлових приладів для системи освітлення вулиці Леся Курбаса приведено на рис. 3.13.

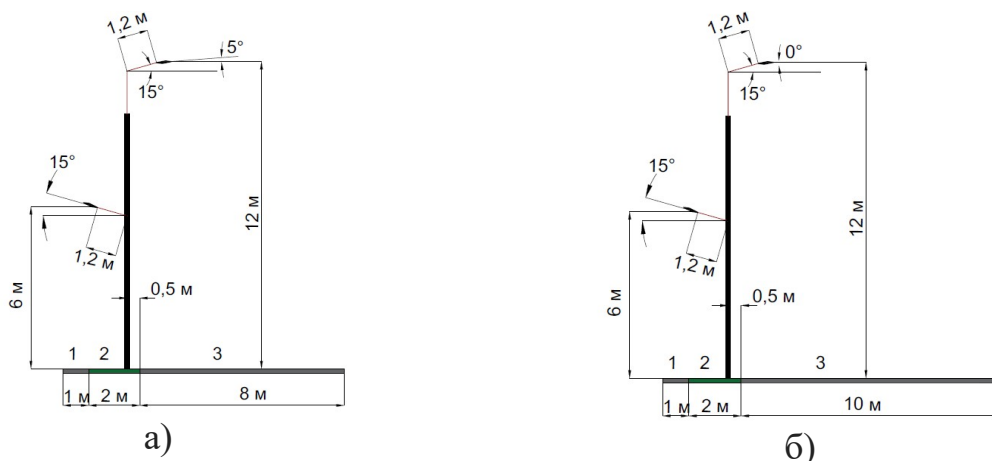


Рисунок 3.13 – Положення світлових приладів вуличного освітлення вулиці Леся Курбаса: фрагмент 1 (а), фрагмент 2 (б)

Для освітлення тротуару використано світильники ДСУ10В-25-1-315, а для освітлення проїжджої частини фрагменту 1 – ДКУ41У-50-001 У1, фрагменту 2 – ДКУ41У-60-001 У1. Результати світлотехнічного розрахунку системи освітлення проїжджої частини вулиці приведено в табл. 3.8., а криві лінії однакової яскравості – на рис. 3.14. Результати світлотехнічного розрахунку системи освітлення тротуару вулиці подано в табл. 3.9.

Таблиця 3.8 – Результати світлотехнічного розрахунку освітлення проїжджої частини вулиці Леся Курбаса

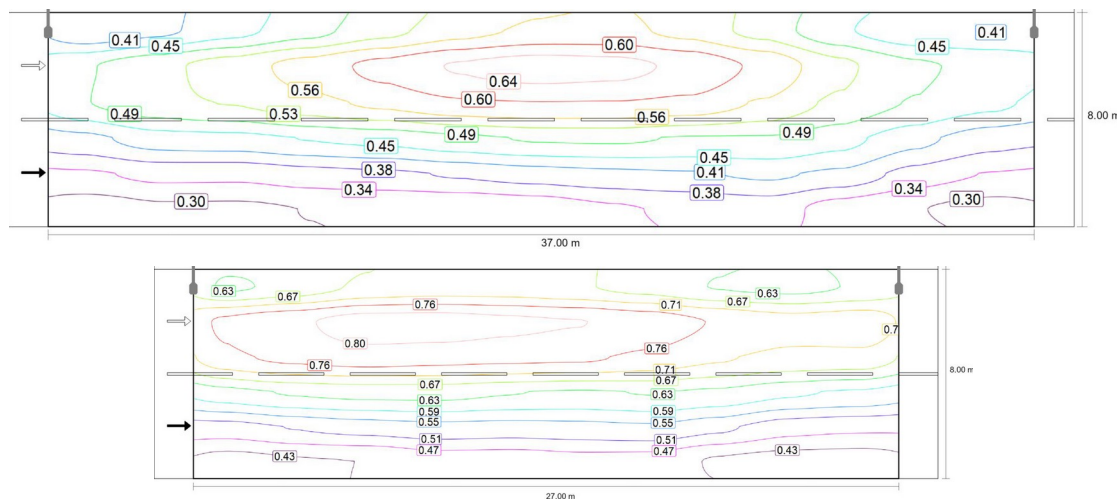
Потужність світильника, Вт	Розрахункові світлотехнічні параметри	Нормовані значення	Результати розрахунку							
			Відстань між опорами, м							
			37					27		
			Кут нахилу світлового приладу, °							
			0	5	10	15	20	25	30	5
Фрагмент 1										

50	$L_{сер}$ , КД/М <sup>2</sup>	0,40	0,44	0,43	0,42	0,39	0,37	0,34	0,31	0,59
	$L_{min}/L_{сер}$	0,30	0,59	0,62	0,63	0,66	0,68	0,65	0,65	0,63
	$L_{min}/L_{max}$	0,40	0,75	0,74	0,74	0,73	0,71	0,69	0,67	0,88
	$Ti$ , %	15	5	5	5	5	5	6	6	5
Фрагмент 2										
Потужність світильника, Вт	Розрахункові світлотехніч ні параметри	Нормовані значення	Результати розрахунку							
			Відстань між опорами, м							
			55							42
			Кут нахилу світлового приладу, °							
			0	5	10	15	20	25	30	0
60	$L_{сер}$ , КД/М <sup>2</sup>	0,40	0,41	0,40	0,39	0,37	0,35	0,33	0,30	0,53
	$L_{min}/L_{сер}$	0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,52	0,48	0,50
	$L_{min}/L_{max}$	0,40	0,44	0,46	0,49	0,49	0,48	0,46	0,46	0,70
	$Ti$ , %	15	7	8	8	8	8	8	8	6
50	$L_{сер}$ , КД/М <sup>2</sup>	0,40	0,32	0,32	0,31	0,3	0,28	0,26	0,24	-

Таблиця 3.9 – Результати світлотехнічного розрахунку освітлення тротуару вулиці Леся Курбаса

Відстань між опорами, м	$E_{сер}$ , ЛК	$E_{max}$ , ЛК	$E_{min}$ , ЛК	$E_{сер}/E_{max}$
55	5,12	17,4	0,05	0,29
27	10,4	17,4	1,95	0,60

Криві лінії однакової освітленості на поверхні тротуару вулиці показано на рисунку. 3.15.



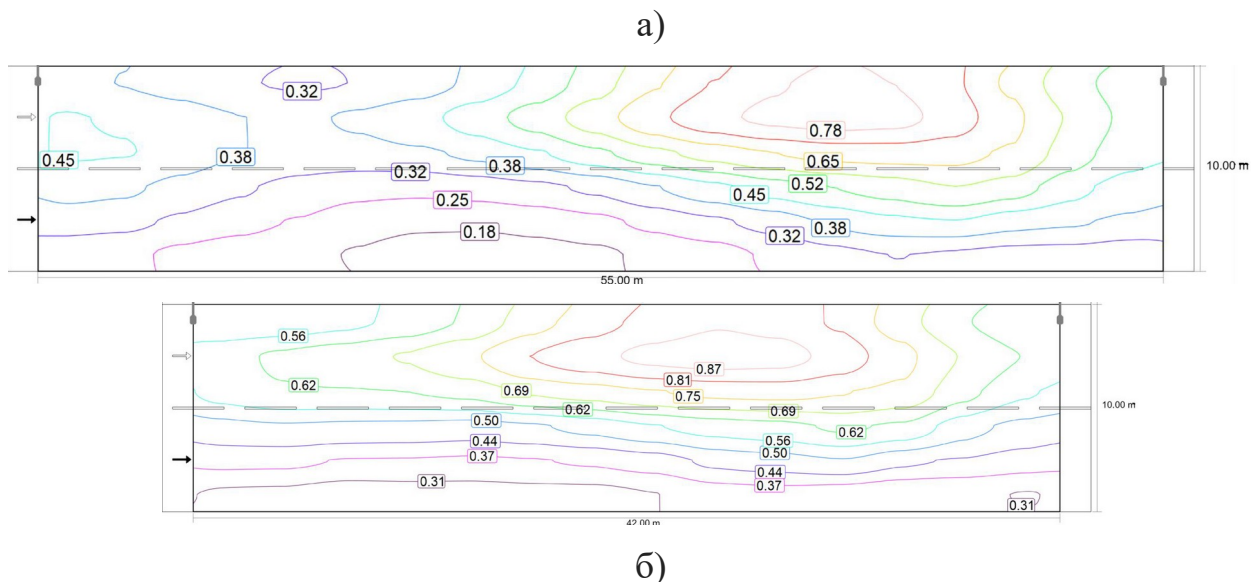


Рисунок 3.14 – Криві однакової яскравості на поверхні проїжджої частини вулиці Леся Курбаса: фрагмент 1 (а), фрагмент 2 (б)

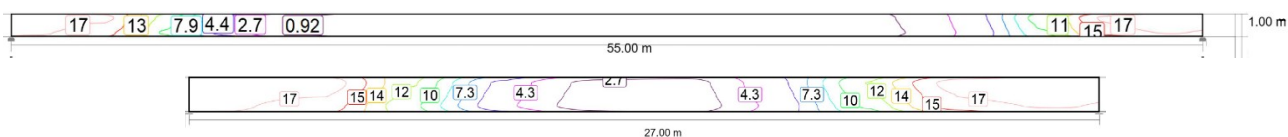


Рисунок 3.15 – Криві однакової освітленості на поверхні тротуару вулиці Леся Курбаса

Для освітлення пішохідних переходів застосуємо світильники ДКУ41У-50-003 Перехід, котрий розмістимо на найближчій опорі освітлення проїжджої частини, розміщеній на відстані 1 м від краю переходу (рис. 3.16). Напрямок свідчення світильника спрямуємо на середину переходу. В результаті розрахунку отримано:

- мінімальна освітленість – 11,3 лк;
- середня освітленість – 22,8 лк.

Графік ліній розподілу значень освітленості по поверхні переходу показано на рис. 3.17.

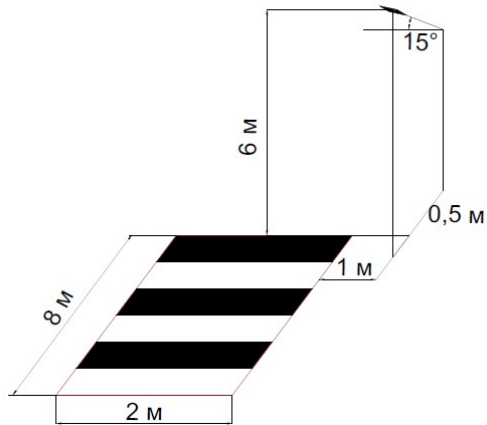


Рисунок 3.16 – Розміщення світлового приладу освітлення проїжджої частини

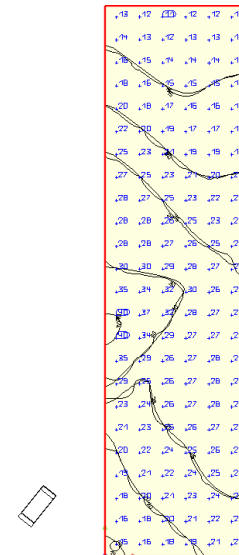


Рисунок 3.17 – Графік розподілу значень освітленості по поверхні пішохідного переходу

### 3.1.4 Розрахунок систем освітлення вулиці Василя Симоненка

Для розрахунку системи освітлення даної вулиці використаємо параметри, приведені в табл. 3.8, а положення світлових приладів показано на рис. 3.18.

Для освітлення проїжджої частини використаємо світильники типу ДКУ41У-60-01 У1, а для освітлення тротуару – ДСУ10В-25-1-315. Результати світлотехнічного розрахунку системи освітлення проїжджої частини вулиці представлено в табл. 3.19, а освітлення тротуару – в табл. 3.20. Лінії однакової освітленості та яскравості відповідно проїжджої частини та тротуару показано на рис. 3.19 та 3.20.

Таблиця 3.18 – Дані щодо параметрів розрахунку системи освітлення вулиці Василя Симоненка

довжина ділянки вулиці, для якої проводиться модернізація, м	530
ширина проїжджої частини, м	10
кількість опор зі встановленими світловими приладами, шт	14
найбільша відстань між двома сусідніми опорами, м	43



найменша відстань між двома сусідніми опорами, м	31
ширина тротуару, м	2,3
довжина тротуару, яку необхідно освітити, м	408
висота встановлення світлових приладів, м	12
висота встановлення світлових приладів для освітлення тротуару, м	6
відстань між опорою та краєм дороги, м	0,5
довжина кронштейна, м	1,2

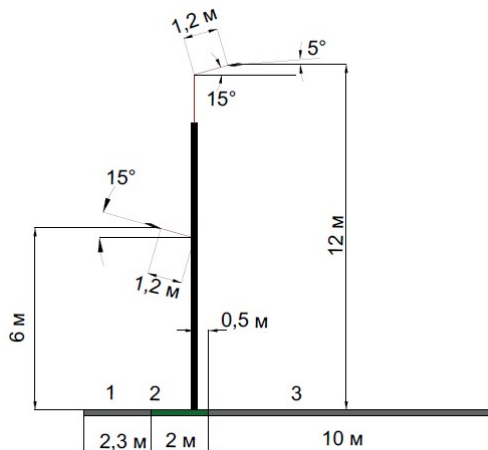


Рисунок 3.18 – Положення світлових приладів вуличного освітлення вулиці Василя Симоненка

Таблиця 3.19 – Результати світлотехнічного розрахунку освітлення проїжджої частини вулиці Василя Симоненка

Потужність світильника, Вт	Розрахункові світлотехнічні параметри	Нормовані значення	Результати розрахунку							
			Відстань між опорами, м							
			43							
			Кут нахилу світлового приладу, °							
			0	5	10	15	20	25	30	5
60	$L_{сер}$ , кД/м <sup>2</sup>	0,40	0,41	0,41	0,40	0,38	0,36	0,33	0,3	0,57
	$L_{min}/L_{сер}$	0,30	0,49	0,53	0,56	0,6	0,64	0,62	0,61	0,56
	$L_{min}/L_{max}$	0,40	0,68	0,69	0,68	0,68	0,66	0,64	0,62	0,85
	$Ti$ , %	15	6	6	7	7	6	6	7	5
50	$L_{сер}$ , кД/м <sup>2</sup>	0,40	0,34	0,34	0,33	0,32	0,3	0,28	0,25	-

Таблиця 3.20 – Результати світлотехнічного розрахунку освітлення тротуару вулиці Василя Симоненка

Відстань між опорами, м	$E_{сер}$ , ЛК	$E_{max}$ , ЛК	$E_{min}$ , ЛК	$E_{сер}/E_{max}$
43	6,85	20,1	0,13	0,34
31	9,49	20,1	0,70	0,47

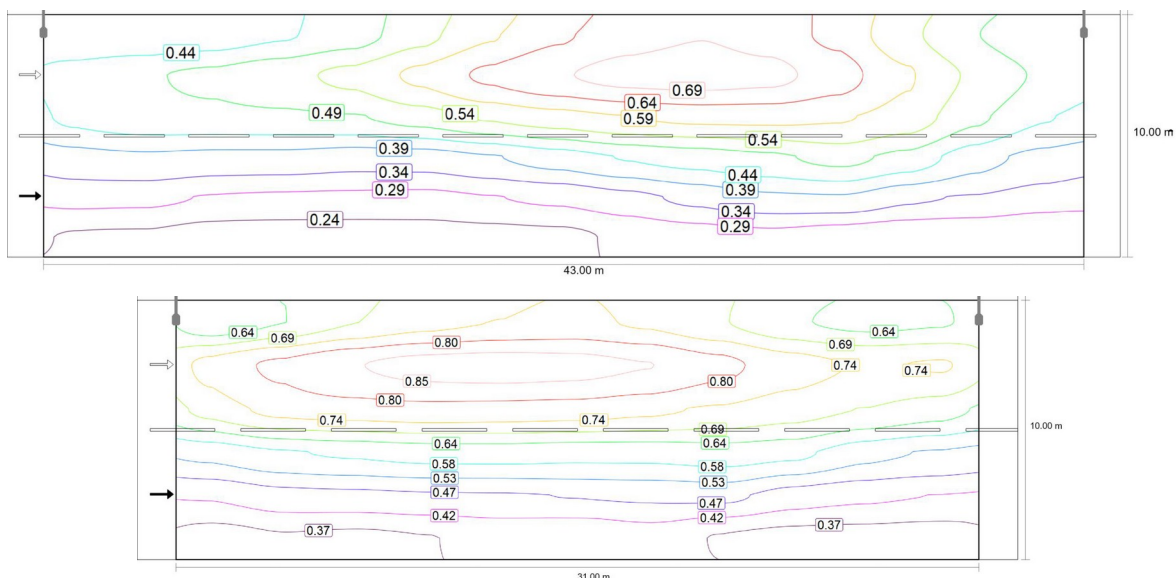


Рисунок 3.19 – Криві однакової яскравості на поверхні проїжджої частини вулиці Василя Симоненка

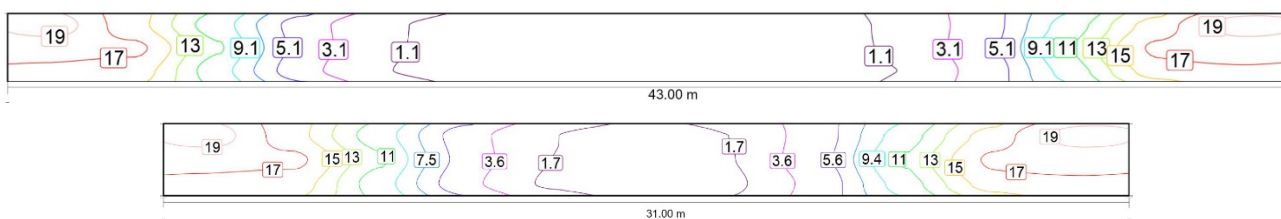


Рисунок 3.20 – Криві однакової освітленості на поверхні тротуару вулиці Василя Симоненка

### 3.1.5 Розрахунок систем освітлення вулиці 15 квітня

Для розрахунку системи освітлення даної вулиці використаємо параметри, приведені в табл. 3.21. Схему розташування світлових приладів показано на рис. 3.21.

Попередньо виконаємо розрахунок яскравості дорожнього покриття проїжджої частини при освітленні її світильниками типу ДТУ18У-200-001 У1. Результати розрахунку приведені в табл. 3.22.

Таблиця 3.21 – Дані щодо проектування модернізації системи освітлення вулиці 15 квітня

довжина ділянки вулиці, для якої проводиться модернізація, м	510
ширина проїжджої частини, м	14
кількість опор зі встановленими світловими приладами, шт	13
найбільша відстань між двома сусідніми опорами, м	40
найменша відстань між двома сусідніми опорами, м	26
ширина тротуару, м	3
довжина тротуару, яку необхідно освітити, м	605
висота встановлення світлових приладів, м	12
відстань між опорою та краєм дороги, м	1,0
довжина кроншейна, м	1,5

Таблиця 3.22 – Результати світлотехнічного розрахунку освітлення дорожнього покриття проїжджої частини вулиці 15 квітня, освітленої світильниками ДТУ18-20-001 У1

Тип світильника	Розрахункові світлотехнічні параметри	Нормовані параметри	Результати розрахунку							
			Відстань між опорами, м							
			40				26			
			Кут нахилу світлового приладу, °							
			0	5	10	15	20	25	30	5
ДТУ18У-200-001 У1	$L_{сер}$ , КД/м <sup>2</sup>	1,2	1,2	1,22	1,19	1,14	1,08	1,01	0,93	1,75
	$L_{min}/L_{сер}$	0,4	0,20	0,32	0,37	0,39	0,42	0,39	0,36	0,42
	$L_{min}/L_{max}$	0,6	0,48	0,41	0,35	0,31	0,27	0,26	0,26	0,75
	$Ti$ , %	15	8	9	9	9	10	11	11	6

Як видно із табл. 3.22 даними світильниками неможливо забезпечити виконання нормативних вимог при односторонньому розміщенні світлових приладів з найбільшим кроком між опорами 40 м. Тому пропонується використати світильник типу ДСУ05У-200-714 (рис. 3.22) з широкою кривою силою світла з кутом випромінювання 160°×65°. Світловий потік такого світлового приладу становить 27000 лм, маса – 8,2 кг, ступінь пиловологозахиту – IP-65. Решта характеристик є аналогічними, як і для світлових приладів ДКУ41У та ДТУ18У.

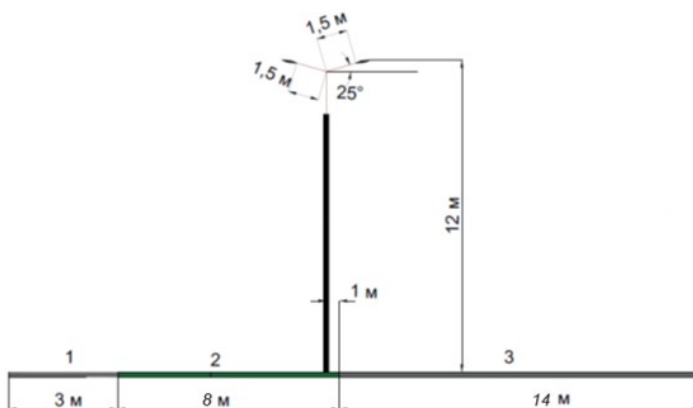


Рисунок 3.21 – Схема розташування світлових приладів для освітлення вулиці 15 квітня



Рисунок 3.22 – Зовнішній вигляд світильника ДСУ05У-200-714

Результати світлотехнічного розрахунку освітлення проїжджої частини при куті нахилу такому, що дорівнює куту нахилу кронштейна  $25^\circ$ , приведені в табл. 3.23

З таблиці 3.23 видно, що використання цього світильника при такому встановленні дозволяє забезпечити виконання вимог щодо нормативних світлотехнічних параметрів при відстані між опорами 40 м. Тому остаточно приймаємо для освітлення вулиці саме світлові прилади типу ДСУ05У-200-714. Лінії однакової яскравості на поверхні дорожнього покриття показані на рис. 3.23.

Враховуючи висоту розміщення світлових приладів, для освітлення тротуару використаємо світильник типу ДСУ10В-30-1-315 LUX зі світловим потоком 4350 лм.

Таблиця 3.23 – Результати світлотехнічного розрахунку освітлення дорожнього покриття проїжджої частини вулиці 15 квітня, освітленої світильниками ДСУ05У-200-714

Розрахункові світлотехнічні параметри	Нормовані значення	Відстань між опорами, м	
		40	26
$L_{сер}$ , КД/м <sup>2</sup>	1,2	1,22	1,86
$L_{min}/L_{сер}$	0,4	0,48	0,50
$L_{min}/L_{max}$	0,6	0,72	0,91
$T_i$ , %	15	13	12

Результати світлотехнічного розрахунку системи освітлення тротуару вулиці представлені в табл. 3.24, а криві однакової освітленості – на рис. 3.24.

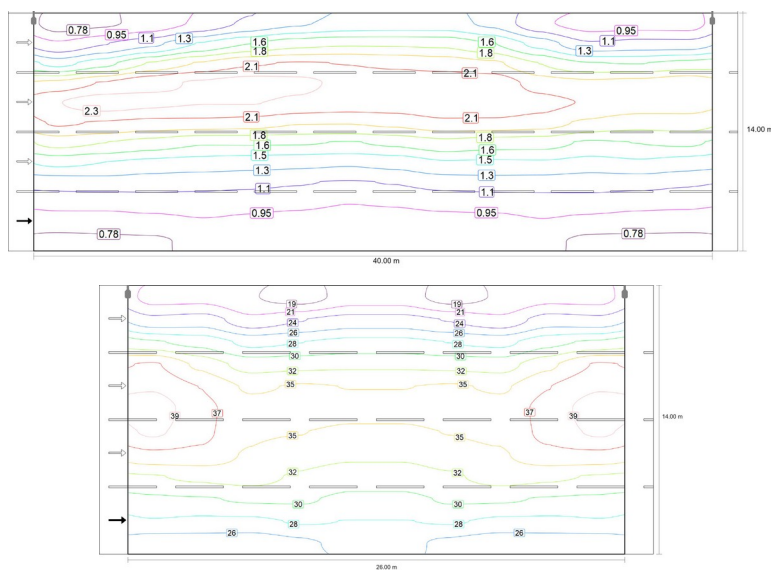


Рисунок 3.23 – Криві однакової яскравості на поверхні проїжджої частини вулиці 15 квітня

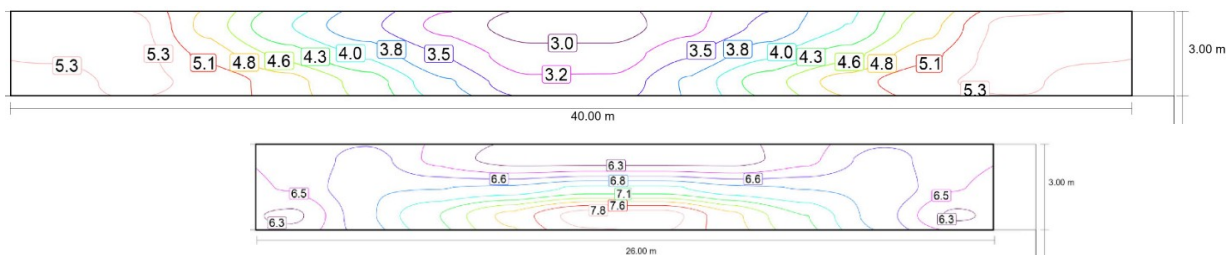


Рисунок 3.24 – Криві однакової освітленості на поверхні тротуару вулиці 15 квітня

При проектуванні освітлення для двох пішохідних переходів врахуємо те, що близько від них (на відстані 2 м від краю) розміщені опори зі світловими приладами для освітлення проїжджої частини (рис. 3.25).

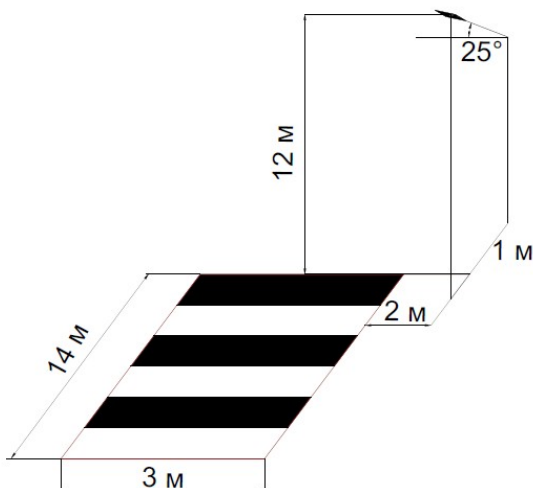


Рисунок 3.25 – Взаєморозміщення опори освітлення проїжджої частини та пішохідних переходів



Рисунок 3.26 – Графік розподілу значень освітленості по поверхні пішохідного переходу по вул. 15 квітня

В результаті розрахунку отримано такі результати:

- мінімальна освітленість – 11,6 лк;
- середня освітленість – 21,1 лк;
- максимальна освітленість – 28,4 лк.

Графік розподілу значень освітленості приведений на рис. 3.26.

По результатах розрахунку видно, що запропонована установка освітлення проїжджої частини здатна забезпечити нормовані значення освітленості на поверхні пішохідного переходу, а отже немає необхідності у використанні додаткових світлових приладів.

### 3.1.6 Розрахунок систем освітлення перехресть

Для освітлення перехресть використаємо світлові прилади, типи та

кількість яких приведено в табл. 3.24, їх розміщення – на рис. 3.27.

Таблиця 3.24 – Типи та кількість світлових приладів для освітлення перехресть

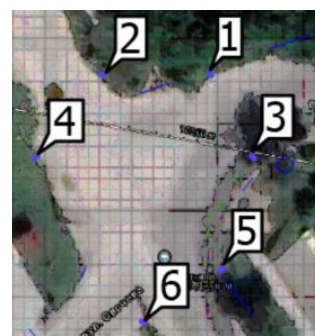
Перехрестя	Тип світлових приладів	Кількість
вулиця Полковника Морозенка – вулиця Леся Курбаса (рис. 3.27 а)	ДКУ41У-110-001 У1	4
Вулиця Полковника Морозенка – вулиця Василя Симоненка (рис. 3.27 б)	ДКУ41У-110-001 У1	5
Вулиця Володимира Великого – вулиця Леся Курбаса (рис. 3.27 в)	ДКУ41У-110-001 У1	6



а)



б)



в)

Рисунок 3.27 – Розміщення світлових приладів при освітленні перехресть

Внаслідок розрахунку освітленості, отримано результати, які показані в табл. 3.25, а графіки розподілу значень освітленості по поверхні перехрестя – на рис. 3.28.

Таблиця 3.25 – Результати світлотехнічного розрахунку систем освітлення перехресть

Перехрестя	$E_{\min}$ , ЛК	$E_{\text{сеп}}$ , ЛК	$E_{\max}$ , ЛК	$E_{\text{сеп}}/E_{\max}$
вулиця Полковника Морозенка – вулиця Леся Курбаса (рис. 3.27 а)	2,83	26,2	42,6	0,62
Вулиця Полковника Морозенка – вулиця Василя Симоненка (рис. 3.27 б)	2,85	26,9	43,9	0,61
Вулиця Володимира Великого – вулиця Леся Курбаса (рис. 3.27 в)	3,71	25,3	41,4	0,61

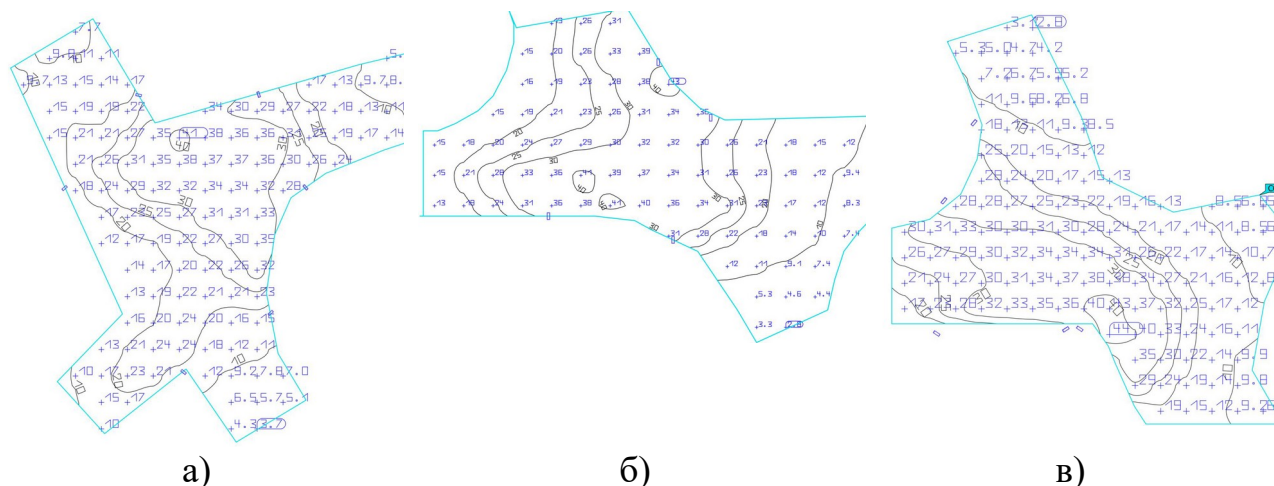


Рисунок 3.28 – Графіки розподілу значень освітленості по поверхнях перехресть

Як видно із вищеподаних результатів, такі системи освітлення забезпечують виконання нормативних вимог, котрі висуваються до світлотехнічних параметрів освітлення перехресть, а саме  $E_{\text{ср}}=20$  лк,  $E_{\text{ср}}/E_{\text{max}}=0,6$ .

### 3.1.7 Розрахунок системи освітлення пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша

В проектно конструкторському розділі було встановлено, що відстань між опорами світлових приладів типу Алюра LED може становити 50 м, при цьому буде забезпечуватись необхідний рівень рівномірності забезпечення необхідного рівня рівномірності 0,2.

Для визначення світлового потоку світлових приладів скористаємось залежністю, графік якої показано на рис. 3.29 [14]. Як видно із залежності для створення значення освітленості 4 лк на поверхні пішохідної доріжки шириною 4 м при відстані між опорами 50 м необхідний світловий потік становить 5200 лм.



Вибираємо світильник марки ALURA LED 5121 32 LEDs 700mA NW 740 33404S, світловий потік якого становить 5978 лм, а потужність – 71 Вт.

В результаті розрахунку встановлено, що 8 таких світильників здатні забезпечити на розрахунковій поверхні розмірами 4 м×400 м:

- середню освітленість – 5,9 лк;
- максимальну освітленість – 29,0 лк.

Відношення середньої освітленості до максимальної становить 0,203, а це означає, що така система освітлення здатна забезпечити виконання нормативних вимог.

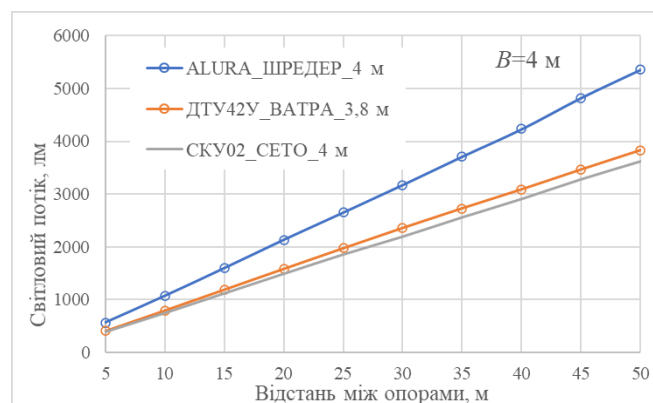


Рисунок 3.29 – Залежності світлового потоку для забезпечення освітленості 400 лк на поверхні алеї шириною 4 м.

### 3.2 Оцінка заходів із модернізації систем освітлення

З метою оцінки заходів з модернізації систем освітлення співставимо потужність освітлювальних систем до та після впровадження заходів для кожної вулиці окремо та перехресть окремо.

При розрахунку врахуємо, що втрати в ПРА для світильників із лампами типу ДНаТ становлять 10 %.

При цьому в розрахунок не буде братись потужність існуючих систем освітлення на основі напівпровідникових джерел світла.

Для вулиці Володимира Великого:

потужність існуючої системи освітлення становить із врахуванням світлового приладу на розрядних джерелах світла для освітлення пішохідного переходу:

$$P_i = 12 \cdot 0,15 \cdot 1,1 + 1 \cdot 1,1 \cdot 0,08 = 2,07 \text{ кВт.}$$

Для модернізованої системи врахуємо:

- кількість світлових приладів типу ДКУ41У-75-001 У1 потужністю 75 Вт для освітлення проїжджої частини – 12;
- кількість світлових приладів типу ДСУ10В-25-1-315 потужністю 25 Вт для освітлення тротуарів – 10;
- кількість світлових приладів типу ДКУ41У-60-003 Перехід потужністю 60 Вт для освітлення пішохідних переходів – 1%.

Таким чином потужність модернізованої системи освітлення вулиці Володимира Великого становить:

$$P_m = 12 \cdot 0,075 + 10 \cdot 0,025 + 1 \cdot 0,06 = 1,21 \text{ кВт.}$$

Внаслідок реалізації заходів споживана потужність знизиться на

$$\Delta P = P_i - P_m = 2,07 - 1,21 = 0,86 \text{ кВт.}$$

Для вулиці Полковника Морозенка:

потужність існуючої системи освітлення становить:

$$P_i = 15 \cdot 0,15 \cdot 1,1 = 2,48 \text{ кВт.}$$

Для модернізованої системи врахуємо:

- кількість світлових приладів типу ДКУ41У-60-001 У1 потужністю 60 Вт для освітлення проїжджої частини – 15;
- кількість світлових приладів типу ДСУ10В-25-1-315 потужністю 25 Вт для освітлення тротуарів – 12.

Потужність модернізованої системи освітлення:

$$P_m = 15 \cdot 0,060 + 12 \cdot 0,025 = 1,20 \text{ кВт.}$$

Внаслідок реалізації заходів споживана потужність знизиться на

$$\Delta P = P_i - P_m = 2,48 - 1,20 = 1,28 \text{ кВт.}$$

Для вулиці Леся Курбаса:

потужність існуючої системи освітлення становить:

$$P_i = 35 \cdot 0,15 \cdot 1,1 = 5,76 \text{ кВт.}$$

Для модернізованої системи врахуємо:

- кількість світлових приладів типу ДКУ41У-50-001 У1 потужністю 50 Вт для освітлення проїжджої частини фрагмента 1 – 21;

- кількість світлових приладів типу ДКУ41У-60-001 У1 потужністю 60 Вт для освітлення проїжджої частини фрагмента 2 – 14;

- кількість світлових приладів типу ДСУ10В-25-1-315 потужністю 25 Вт для освітлення тротуарів – 21;

- кількість світлових приладів типу ДКУ41У-60-003 Перехід потужністю 60 Вт для освітлення пішохідних переходів – 1;

- кількість світлових приладів типу ДКУ41У-50-003 Перехід потужністю 50 Вт для освітлення пішохідних переходів – 2.

Таким чином потужність модернізованої системи освітлення вулиці Леся Курбаса становить:

$$P_m = 21 \cdot 0,050 + 14 \cdot 0,060 + 21 \cdot 0,025 + 1 \cdot 0,060 + 2 \cdot 0,050 = 2,58 \text{ кВт}$$

Внаслідок реалізації заходів споживана потужність знизиться на

$$\Delta P = P_i - P_m = 5,76 - 2,58 = 3,18 \text{ кВт.}$$

Для вулиці Василя Симоненка:

потужність існуючої системи освітлення становить:

$$P_i = 14 \cdot 0,15 \cdot 1,1 = 2,31 \text{ кВт.}$$

Для модернізованої системи врахуємо:

- кількість світлових приладів типу ДКУ41У-75-001 У1 потужністю 75 Вт для освітлення проїжджої частини – 14;

- кількість світлових приладів типу ДСУ10В-25-1-315 потужністю 25 Вт для освітлення тротуарів – 12;

- кількість світлових приладів типу ДКУ41У-60-003 Перехід потужністю 60 Вт для освітлення пішохідних переходів – 1.

Таким чином потужність модернізованої системи освітлення вулиці Василя Симоненка становить:

$$P_{\text{м}} = 14 \cdot 0,075 + 12 \cdot 0,025 + 1 \cdot 0,06 = 1,41 \text{ кВт.}$$

Внаслідок реалізації заходів споживана потужність знизиться на

$$\Delta P = P_i - P_{\text{м}} = 2,31 - 1,41 = 0,90 \text{ кВт.}$$

Для вулиці 15 квітня:

потужність існуючої системи освітлення із врахуванням двох світильників із розрядними лампами потужністю 80 Вт для освітлення пішохідного переходу становить:

$$P_i = 26 \cdot 0,15 \cdot 1,1 + 2 \cdot 0,08 \cdot 1,1 = 4,47 \text{ кВт.}$$

Для модернізованої системи врахуємо:

- кількість світлових приладів типу ДСУ05У-200-714 потужністю 200 Вт для освітлення проїжджої частини – 12;

- кількість світлових приладів типу ДСУ10В-30-1-315 LUX потужністю 30 Вт для освітлення тротуарів – 14.

Таким чином потужність модернізованої системи освітлення вулиці 15 квітня становить:

$$P_{\text{м}} = 12 \cdot 0,2 + 14 \cdot 0,03 = 2,82 \text{ кВт.}$$

Внаслідок реалізації заходів споживана потужність знизиться на

$$\Delta P = P_i - P_m = 1,98 - 1,21 = 1,65 \text{ кВт.}$$

Для освітлення пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша використовується 20 світлодіодних світильників, потужністю 50 Вт кожен, розміщені на 10 опорах (по два на кожному опорі). Потужність існуючої системи освітлення становить  $P_i = 20 \cdot 0,05 = 1,00 \text{ кВт.}$

Потужність модернізованої системи освітлення із врахуванням того, що освітлюються дві доріжки по 8 світильників потужністю 71 Вт на кожному:

$$P_m = 2 \cdot 8 \cdot 0,071 = 1,14 \text{ кВт.}$$

Для даного об'єкта бачимо, що потужність модернізованої системи є вищою, ніж потужність існуючої, проте нова система забезпечує виконання нормативних світлотехнічних вимог. Різниця між потужністю існуючої та модернізованої системи:

$$\Delta P = 1,00 - 1,14 = -0,14 \text{ кВт.}$$

Сумарна потужність існуючих систем освітлення трьох перехресть, які розглядались в роботі становить:

$$P_i = 10 \cdot 0,15 \cdot 1,1 = 1,65 \text{ кВт.}$$

Сумарна потужність модернізованих систем освітлення:

$$P_m = 15 \cdot 0,110 = 1,65 \text{ кВт.}$$

Як бачимо по потужності запропонована система освітлення не відрізняється від існуючої, проте дана система створює необхідні умови зорової роботи для учасників дорожнього руху.

Значення зниження потужності внаслідок впровадження конкретного заходу для конкретної вулиці приведені в табл. 3.26.

### 3.3 Висновки до розділу

1. В паєкті DIALux evo виконано світлотехнічний розрахунок систем запропонованих систем освітлення проїжджих частин, тротуарів, пішохідних переходів та пішохідних зон.

Таблиця 3.26 – Зниження потужності системами освітлення мікрорайону «Аляска» внаслідок впровадження заходів з модернізації

Суть заходу	Володимира Великого	Леся Курбаса	Полковника Морозенка	Василя Симоненка	15 квітня	Бульвар Пантелеймона Куліша
Пряма заміна світлових приладів на напівпровідникові для освітлення проїжджої частини	1,08	3,89	1,58	1,26	-0,42	
Заміна світлових приладів на напівпровідникові для пішохідних переходів	0,03				0,18	
Встановлення напівпровідникових світлових приладів для освітлення пішохідних переходів		-0,16		-0,06		
Заміна систем освітлення перехресть	0,00					
Заміна систем освітлення пішохідних зон, тротуарів	-0,25				1,89	0,00
Встановлення системи освітлення пішохідних зон, тротуарів		-0,53	-0,30	-0,30		
Зниження потужності систем освітлення по вулицях, кВт	0,86	3,20	1,28	0,90	1,65	0,00
Сумарне зниження потужності внаслідок впровадження заходів з модернізації	7,88					

2. На підставі розрахунку встановлено потужність та тип світлових приладів для забезпечення виконання нормативних вимог.

3. Сумарна потужність світлових приладів запропонованої системи освітлення становить 10,87 кВт.

4. За результатами оцінки заходів із модернізації встановлено, що реалізація всіх заходів дозволить знизити потужність систем освітлення мікрорайону на 7,88 кВт.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Задачі та значення зовнішнього освітлення

Зоровий аналізатор людини (очі) сприймає електромагнітні випромінювання в діапазоні довжин хвиль 0,38 – 0,76 мкм, як видиме світло. Кванти світла, володіючи великою енергією, впливають на структуру і метаболізм клітин і тканин живих організмів: стимулюють дихання, кровообіг, діяльність залоз внутрішньої секреції і процеси росту, синтез вітаміну D і деяких гормонів (серотоніну – «гормону радості»), засвоєння кальцію, фосфору та інших мінеральних елементів. Найбільша чутливість зору проявляється в жовто-зеленій частині спектру (0,55 – 0,58 мкм); довгі червоні промені (0,76 мкм) збуджують нервову систему; більш короткі сині, зелені промені діють заспокійливо. Достатнє освітлення забезпечує безпеку, високу якість і продуктивність праці, яка зростає на 15 – 18%.

Основними задачами, які повинні виконуватись в результаті реалізації проекту є:

- забезпечення видимості перешкод і відповідно безпеки пересування. Ясна видимість будь-якої потенційної перешкоди в навколишньому просторі дозволяє уникнути травм: сходи, пандуси і тому подібні споруди повинні бути ясно видні;

- створення умов, які допомагають зорієнтуватися на місцевості. Освітлення виявляє характерні структури як частини населеного пункту, так і населеного пункту в цілому. Воно поліпшує зорову орієнтацію, дозволяючи краще запам'ятовувати як сам об'єкт, так і місце його розташування;

- забезпечення своєрідності. Кожен освітлюваний об'єкт має свій власний індивідуальний вигляд або характер. Освітлення може сприяти виявленню і навіть посиленню цього образу, підкреслюючи певні риси



(наприклад, стильові особливості або деталі архітектури) або виділяючи привабливі природні елементи;

- створення приємної атмосфери. Наше сприйняття нічного міста дуже залежить від того, як воно освітлене. Освітлення нічного міста може викликати почуття привітності, теплоти, простору.

Основними умовами, які висуваються при експлуатації установок вуличного і паркового освітлення є:

- необхідність частої та регулярної чистки світлових приладів;
- розміщення світлових приладів на покрівлях, фасадах, опорах та інших інженерних конструкціях, доступ до яких є затрудненим;
- підвищення вимог до культури обслуговування та експлуатації установок зовнішнього освітлення.

#### **4.2 Чинники небезпеки експлуатації систем зовнішнього освітлення**

При монтажних та ремонтних роботах систем зовнішнього освітлення робочий персонал може зазнати впливу шкідливих факторів, а джерелами потенційної небезпеки для здоров'я людей є:

- електромагнітне та електричне поле;
- параметри мікроклімату;
- виробничий шум.

Електромагнітні поля (ЕМП) – це змінні електричні та магнітні поля, що поширюються у просторі у формі хвиль зі швидкістю світла. Ступінь біологічного впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від частоти коливань, напруженості та інтенсивності поля, тривалості його впливу. Учені встановили, що найбільшу небезпеку для організму представляє тривале опромінення впродовж декількох років. Унаслідок дії електромагнітних полів можливі як гострі, так і хронічні ураження, порушення в системах і органах, функціональні зсуви в діяльності нервово-психічної, серцево-судинної, ендокринної, кровотворної та інших систем організму людини. Найбільший

вплив на електромагнітну обстановку будь-яких будівель в діапазоні промислової частоти 50 Гц вносить електротехнічне устаткування, а саме: кабельні лінії, що підводять електрику до усіх квартир та інших споживачів системи життєзабезпечення будівлі, а також розподільні щити і трансформатори.

Виробничий мікроклімат, як правило, відрізняється значною мінливістю, нерівномірністю по горизонталі та вертикалі, різноманітністю сполучень температури, вологості, рухомості повітря, інтенсивності випромінювання залежно від особливостей технології виробництва, кліматичних особливостей місцевості, конструкцій споруд, організації повітрообміну із зовнішнім середовищем.

Відомо, що надлишкова вологість повітря негативно впливає на механізм терморегуляції організму. Особливо шкідливою є вологість повітря, яка перевищує 70 – 75 % за температури 30 °С і більше. Фізична робота в умовах підвищеної температури призводить до прискорення серцебиття, зниження артеріального тиску. За низької температури може статися переохолодження організму, що спричинить простудне захворювання. Згідно з результатами досліджень людина є працездатною і нормально себе почуває, якщо температура навколишнього повітря не виходить за межі 18 – 20 °С, відносна вологість – 40 – 60 %, швидкість руху повітря – 0,1 – 0,2 м/с. Висока температура послаблює організм, викликає млявість, а низька – сковує рухи, що при обслуговуванні електрообладнання спричиняє підвищену небезпеку травмування. За високої температури та вологості може статися перегрів тіла та тепловий удар, який може бути викликаний також інфрачервоним випромінюванням.

Несприятливі суб'єктивні відчуття і вплив на організм людини зумовлює високочастотний шум з інтенсивністю 75 – 85 дБ. У персоналу, котрий має справу з гуркотливими машинами та механізмами, виникають стійкі порушення слуху, що нерідко призводить до професійних захворювань (глухуватості і глухоти). Найбільша втрата слуху спостерігається протягом перших десяти років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає. Тривала дія шуму на організм людини призводить до розвитку хронічної перевтоми, зниження працездатності,

виникнення таких симптомів як поганий сон, сонливість, зниження слуху, порушення терморегуляції. Усе це може спричинити аварію на об'єкті. Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загибель спірального органу або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху. Крім того, шум впливає на систему травлення і кровообігу, серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем, до 90 дБ – порушується слуг, до 120 дБ – виникає нестерпний фізичний біль. Шум не лише погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці на 10 – 15 %. У зв'язку з цим боротьба з ним має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике техніко-економічне значення.

Окрема група факторів, що впливає на здоров'я персоналу є важкість праці (навантаження на центральну нервову систему, органи чуття, емоційну сферу – інтелектуальне, емоційне навантаження, ступінь монотонності навантаження).

### **4.3 Чинники впливу наслідків ураження електричним струмом**

Фактори, які впливають на наслідки ураження електричним струмом можна розділити на електричні, неелектричні та фактори навколишнього середовища.

До електричних факторів відносяться: сила струму, частота, опір тіла людини.

Зі зростанням сили струму небезпека ураження ним тіла людини зростає. Розрізняють порогові значення струму (при частоті 50 Гц):

- пороговий відчутний струм – 0,5 – 1,5 мА при змінному струмі і 5 – 7 мА при постійному струмі;

- пороговий невідпускний струм (струм, що викликає при проходженні через тіло людини нездоланні судомні скорочення м'язів руки, в котрій затиснений провідник) – 10 – 15 мА при змінному струмі 50 – 80 мА при

постійному струмі;

- пороговий фібриляційний струм (струм, що викликає при проходженні через організм фібриляцію серця) 100 мА при змінному струмі і 300 мА при постійному струмі.

Наявність в опорі тіла людини ємнісної складової при зростанні частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного опору тіла та зростанням струму, що проходить через тіло людини. Найнебезпечнішим для людини є діапазон частот до 50 Гц. Подальше збільшення частоти, супроводжується зниженням небезпеки ураження, котра повністю зникає при частоті 450 – 500 Гц, тобто струм такої та більшої частоти не може викликати смертельного ураження внаслідок припинення роботи життєво важливих органів. Однак струми такої частоти зберігають небезпеку опіків при виникненні електричної дуги та при проходженні їх безпосередньо через тіло людини. Значення фібриляційного струму при частотах 50 – 100 Гц практично однакові; при частоті 200 Гц фібриляційний струм зростає приблизно в два рази в порівнянні з його значенням при 50 – 100 Гц, а при частоті 400 Гц – більше, ніж в 3 рази.

Постійний струм є приблизно в 4 – 5 разів безпечнішим, ніж змінний струм частотою 50 Гц. Проходячи через тіло людини, постійний струм, викликає слабші скорочення м'язів і менш неприємні відчуття порівняно зі змінним того ж значення. Лише в момент замикання і розмикання ланки струму людина відчуває короткочасні болісні відчуття внаслідок судомного скорочення м'язів. Порівняльна оцінка постійного та змінного струмів справедлива лише для напруг до 500 В. Вважається, що при більш високих напругах постійний струм стає небезпечнішим, ніж змінний частотою 50 Гц.

Електричний опір тіла людини – це опір струму, котрий проходить по ділянці тіла між двома електродами, прикладеними до поверхні тіла. Він складається з опору тонких зовнішніх шарів шкіри, котрі контактують з електродами, і з опору внутрішніх тканин тіла. Найбільший опір струму чинить шкіра. На місці контакту електродів з тілом утворюється своєрідний

конденсатор, однією обкладкою котрого є електрод, другою – внутрішні струмопровідні тканини, а діелектриком – зовнішній шар шкіри. Електричні властивості конденсатора характеризуються напругою, на котру він розрахований, та його ємністю. Таким чином, опір тіла людини складається з ємнісного та активного опорів. Величина електричного опору тіла залежить від стану рогового шару шкіри, наявності на її поверхні вологи та забруднень, від місця прикладання електродів, частоти струму, величини напруги, тривалості дії струму. Ушкодження рогового шару (порізи, подряпини, волога, потовиділення) зменшують опір тіла, а отже збільшують небезпеку ураження. В практичних розрахунках опір тіла людини приймається таким, що дорівнює 1000 Ом.

До неелектричних факторів, котрі впливають на наслідки ураження електричним струмом відносяться: тривалість проходження струму та шлях його протікання, індивідуальні особливості людини.

Із зростанням тривалості дії струму зростає ймовірність важкого або смертельного наслідку. Така залежність пояснюється тим, що зі зростанням часу впливу струму на живу тканину підвищується його значення, накопичуються наслідки впливу струму на організм. Зростає також імовірність співпадання моменту проходження струму через серце з уразливою фазою серцевого циклу (кардіоциклу). Зростання сили струму зі зростанням часу його дії пояснюється зниженням опору тіла людини внаслідок місцевого нагрівання шкіри та подразнювальної дії на тканини. Це викликає рефлекторну, тобто через центральну нервову систему, швидку зворотну реакцію організму у вигляді розширення судин шкіри, а відтак – посилення постачання її кров'ю і підвищення потовиділення, що й призводить до зниження електричного опору шкіри в цьому місці.

Практика та експерименти показують, що шлях протікання струму через тіло людини має велике значення з огляду на наслідки ураження. Якщо на шляху струму виявляються життєво важливі органи – серце, легені, головний мозок, то небезпека ураження досить велика, оскільки струм безпосередньо впливає на ці органи. Якщо ж струм проходить іншими шляхами, то його вплив на життєво важливі органи може бути лише рефлекторним, а не безпосереднім. При цьому,

хоч небезпека важкого ураження і зберігається, але ймовірність його знижується. До того ж, оскільки шлях струму визначається місцем прикладання струмопровідних частин (електродів) до тіла потерпілого, то його вплив на наслідок ураження зумовлюється ще й різним опором шкіри на різних ділянках шкіри.

Найбільш поширеними напрямками проходження струму через організм людини є: рука – рука (частка потерпілих, які втрачали свідомість становить 83 %), права рука – ноги (87 %), ліва рука – ноги (80 %), нога – нога (15 %), голова – ноги (88 %), голова – руки (92 %).

Відомо, що здорові та фізично міцні люди легше переносять електричні удари, ніж хворі та слабкі. Особливо сприйнятливими до електричного струму є особи, котрі нездужають на захворювання шкіри, серцево-судинної системи, органів внутрішньої секреції, легенів, мають нервові хвороби. Важливе значення має психічна підготовленість до можливої небезпеки ураження струмом. В переважній більшості випадків несподіваний електричний удар навіть за низької напруги призводить до важких наслідків. Проте за умови, коли людина очікує удару, то ступінь ураження значно знижується. Тому великого значення набувають ступінь уваги, зосередженість людини на виконуваний роботі, втома.

До факторів навколишнього середовища відносяться: температура, тиск, вологість повітря в приміщенні. Зі збільшенням температури і вологості зменшується загальний опір тіла людини, а зі збільшенням атмосферного тиску небезпека ураження зменшується.

#### **4.4 Основні причини для виникнення надзвичайних ситуацій**

Основними причинами для виникнення надзвичайних ситуацій є:

- аварії і катастрофи;
- стихійні лиха (природні катаклізми);
- епідемії, епізоотії, епіфітотії;
- збройні конфлікти та інші фактори соціального і політичного характеру.

Аварія – небезпечна подія техногенного характеру, що створює на об'єкті, території, або акваторії загрозу для життя і здоров'я людей і призводить до

руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю.

Катастрофа – великомасштабна аварія з тяжкими, трагічними наслідками.

Вивчення причин виникнення виробничих аварій і катастроф свідчить про їх велике різноманіття, але за суттю ці причини можна об'єднати в дві групи. Перша – це проектно-виробничі помилки і порушення (помилки при проектуванні підприємств, порушення будівельних норм і правил, низька якість будівельних робіт, використаних матеріалів і конструкцій, порушення техніки безпеки і технологічних процесів виробництва, відсутність постійного контролю за потенційно небезпечними об'єктами). Друга група причин обумовлена тим, що не всі явища природи пізнані.

Великі темпи сучасного науково-технічного прогресу створили умови для великої концентрації радіаційно-, хімічно-, та вибухонебезпечних виробництв. По залізницям і трубопроводам транспортуються в великій кількості небезпечні речовини, внаслідок чого зросла ймовірність виникнення значних аварій і катастроф.

**Стихійні лиха** є причиною утворення катастрофічних наслідків. За даними ООН за останні 20 років наслідки стихійних лих відчули більш ніж 1 млрд. людей, в них загинуло біля 3 млн.

На території України можуть виникати НС природного характеру досить часто і у великих масштабах. Так, землетрус силою 9 балів може охопити західні, південно-західні регіони і Крим на загальній площі біля 27 тис. кв. км. Прибережні райони басейну Чорного моря можуть виявитися під впливом цунамі (морські хвилі від підземного землетрусу). Щорічно окремі райони потерпають від дій бурь, ураганів, повеней та інших явищ. Особливо катастрофічним була повінь в Закарпатті у листопаді 1998 року.

**Війна** завжди була великим лихом. Людство Землі перенесло більше 14500 воєн, в яких загинуло 3640 млн. людей. На сьогодні накопичена велика кількість сучасної зброї в тому числі ядерної, і сучасних засобів доставки її до цілей: міжконтинентальних балістичних ракет (МБР), підводних човнів-ракетоносців,

стратегічної й тактичної авіації, що дозволяють доставити заряди до цілей в короткі терміни. Час польоту МБР на відстань 11-12 тис.км. складає всього 30-40 хв.

Враховуючи масштабність і збільшену ймовірність виникнення НС, перед суспільством існує проблема захисту населення, матеріальних цінностей і навколишнього середовища в умовах мирного і воєнного часу. Вирішення цієї проблеми базується на завчасному прогнозуванні та оцінці наслідків можливих НС в конкретному регіоні, на об'єкті і проведенні заходів щодо запобігання НС і зниженню їх негативних наслідків. Прогнозування обстановки можливе на знанні характеристик осередків ураження, що утворюються в разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Осередком ураження (ОУ) називається територія, на якій в результаті дії уражаючих факторів виникли руйнування будівель і споруд, пожежі, зараження атмосфери і місцевості та ураження людей, сільськогосподарських тварин і рослин. ОУ може утворитися під впливом одного уражаючого фактора (простий), або під впливом декількох первинних і вторинних уражаючих факторів (складний). Осередок ураження характеризується:

- формою (положенням меж осередку на місцевості): коло, трикутник, еліпс і ін.
- розмірами (радіус, глибина, площа)
- завданими збитками (кількістю уражених людей і тварин, зруйнованих будинків і споруд, грошовою сумою втрат матеріальних цінностей).

#### **4.5 Види заходів для запобігання виникненню надзвичайних ситуацій**

З метою запобігання виникненню надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру місцеві органи виконавчої влади у відповідності до чинного законодавства повинні здійснювати комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів, зокрема.

**Організаційні-економічні заходи.** Виявлення небезпеки, оцінка ризику і



прогнозування надзвичайних ситуацій на відповідних територіях та потенційно небезпечних об'єктах. Щорічне уточнення прогнозних даних щодо ризику виникнення надзвичайних ситуацій, визначення найбільш гострих проблемних питань щодо запобігання надзвичайним ситуаціям.

**Інженерно-технічні заходи.** В основу інженерно-технічних заходів щодо запобігання надзвичайним ситуаціям і зменшення можливих втрат і збитків від них повинні бути покладені конкретні превентивні заходи, які здійснюються за видами природних і техногенних небезпек та загроз. Запобігання більшості небезпечних природних явищ пов'язане із значними фінансовими і матеріально-технічними затратами. У техногенній сфері робота з попередження аварій повинна вестися на конкретних об'єктах і виробництвах. До них належать удосконалення технологічних процесів, підвищення надійності технологічного обладнання та експлуатаційної надійності систем, своєчасне оновлення виробничих фондів, застосування якісної конструкторської документації, високоякісної сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, використання кваліфікованого персоналу, створення і використання ефективних систем контролю та технічної діагностики, безаварійної зупинки виробництва, локалізація і ліквідація аварійних ситуацій. Місцеві органи виконавчої влади в першу чергу повинні забезпечити створення і підтримання в постійній готовності систем централізованого оповіщення населення. Одним із напрямків зниження масштабів надзвичайних ситуацій є будівництво і використання захисних споруд різного призначення: гідротехнічні захисні споруди (греблі, шлюзи, дамби, тощо), проведення берегоукріплюючих робіт від зсувів та обвалів.

***Заходи, що здійснюються на потенційно небезпечних об'єктах:***

- створення об'єктових і локальних систем оповіщення працюючого персоналу і населення, яке мешкає поруч з потенційно небезпечними об'єктами;
- створення локальних систем раннього виявлення витoku небезпечних хімічних речовин;
- запровадження систем автоматичного контролю і сигналізації про

ймовірність витоку небезпечних і шкідливих речовин, а також блокуючих пристроїв для аварійного відключення технологічного і енергетичного обладнання;

- підтримання у робочому стані і модернізація технологічного та іншого виробничого обладнання;

- створення запасів нейтралізуючих речовин;

- підсилення конструкцій ємностей і комунікацій з небезпечними хімічними речовинами або обладнання над ними спеціальних ізолюючих кожухів для захисту при пошкодженнях;

- виконання інженерно-технічних заходів і робіт з попередження розповсюдження агресивних речовин (обвалування, обладнання піддонів, створення резервних ємностей для зливу і т.п.);

- удосконалення технологічних процесів з метою забезпечення безаварійної експлуатації;

- обладнання і реконструкція наявних вентиляційних систем, аспіраційних, пило- і газоуловлюючих установок;

- обладнання на об'єктах аварійних систем забезпечення електроенергією, водою, паливом, тощо;

- створення необхідного запасу ремонтних засобів, запірної арматури, обладнання, ПММ;

- максимально можливе зменшення запасів небезпечних хімічних речовин;

- переміщення за межі забудови міст і населених пунктів складів з хімічними, вибухо- та пожежонебезпечними речовинами;

- розроблення планів локалізації і ліквідації аварійних ситуацій.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Наведено основні відомості про об'єкти проектування. До складу мікрорайону «Аляска», що в м. Тернопіль входять 6 вулиць та 2 бульвари.

2. Визначено вимоги до систем вуличного освітлення. Встановлено, що основним регламентованим показником є яскравість дорожнього покриття.

3. Проаналізовано системи вуличного освітлення та їх застосування, в результаті чого встановлено, що найпоширенішою є звичайна система розташування, для якої висота опор становить від 6 до 15 м.

4. На основі виконаного обстеження систем освітлення мікрорайону встановлено, що системи освітлення 5 вулиць та одного бульвару потребують модернізації.

5. Визначено шляхи модернізації систем освітлення, котрі полягають у прямій заміні світильників вуличного освітлення з лампами типу ДНаТ на світлодіодні; освітленні тротуарів та пішохідних переходів; заміні неізолюваних проводів на проводи типу СП.

6. Виконано вибір нормованих значень світлотехнічних параметрів та світлових приладів. Для освітлення пішохідних переходів запропоновано використати світлові прилади зі спеціальною кривою сили світла.

7. Для забезпечення необхідного значення рівномірності освітлення при максимальній відстані між опорами світлових приладів системи освітлення бульвару Пантелеймона Куліша, а отже мінімальної кількості опор та світлових приладів запропоновано використати паркові вінцеві світильники із широкою кривою сили світла та кутом випромінювання понад 150°.

8. В пакеті DIALux evo виконано світлотехнічний розрахунок систем запропонованих систем освітлення проїжджих частин, тротуарів, пішохідних переходів та пішохідних зон.

9. На підставі розрахунку встановлено потужність та тип світлових приладів для забезпечення виконання нормативних вимог.

10. Сумарна потужність світлових приладів запропонованої системи освітлення становить 10,87 кВт.

11. В якості кабелів електричної освітлювальної мережі пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша запропоновано використати броньовані кабелі АВББШп із їх підземним прокладанням.

12. Виконано розрахунок втрати напруги на ділянках ліній, котрі живлять світлові прилади системи освітлення пішохідної зони бульвару Пантелеймона Куліша та вулиць Леся Курбаса й Володимира Великого. Втрати напруги становлять відповідно 1,37 та 2,01 %.

13. За результатами оцінки заходів із модернізації встановлено, що реалізація всіх заходів дозволить знизити потужність систем освітлення мікрорайону на 7,88 кВт.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аляска (тернопіль) URL:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8F%D1%81%D0%BA%D0%B0\\_\(%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D1%96%D0%BB%D1%8C\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8F%D1%81%D0%BA%D0%B0_(%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D1%96%D0%BB%D1%8C)) (дата звернення: 01.05.2024).
2. Схема територіального районування м. Тернополя URL:  
[https://ternopilcity.gov.ua/app/webroot/files/Rishennia\\_sesiii/shema\\_zaiionuvannia\\_1217.pdf](https://ternopilcity.gov.ua/app/webroot/files/Rishennia_sesiii/shema_zaiionuvannia_1217.pdf) (дата звернення: 01.05.2024).
3. Візіком карти. URL:  
<https://maps.visicom.ua/c/25.64343,49.56951,18/d/u8f1zrwt5k,u8f1zxbnny,u8f4p2p693,u8f4p2pupe,u8f4p80nhx,u8f4p80kwt,u8f4p84t4k?lang=uk> (дата звернення: 01.06.2024).
4. Google maps URL:  
<https://www.google.com.ua/maps/@49.5747037,25.6427243,16.25z?hl=ru&entry=ttu> (дата звернення: 01.06.2024).
5. Салтиков В.О. Освітлення міст: Навчальний посібник. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 221 с.
6. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне світлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
7. Назаренко Л. А. Штучне зовнішнє освітлення: навч. посібник / Л. А. Назаренко, К. І. Іоффе ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 88 с.
8. Курс лекцій з дисципліни “Світлотехнічні установки та системи” для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Уклад.: Я.М. Осадца. – Тернопіль: ТНТУ 2020 – 146 с.
9. Осадца Я.М. Аналіз споживання електричної енергії системами зовнішнього освітлення м. Тернополя // Я.М. Осадца; Р.Б. Кріль; І.Р. Козак – Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи», 29-31 травня 2024 року –

Тернопіль. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2024. – С. 18.

10. Мисюк Ю.П. Зовнішнє освітлення міст та безпека дорожнього руху /Ю.П. Мисюк// Світлотехніка та електроенергетика – № 3-4, 2010 – С. 33 – 39.

11. Гордієнко С. М. Міські вулиці та дороги : конспект лекцій (для студентів денної та заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти, спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / С. М. Гордієнко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 105 с.

12. ВУЛИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ URL: <https://vatra.ua/ukr/products/street-lighting> (дата звернення: 01.06.2024).

13. Алюра LED. Ефективне освітлення та атмосфера для приємного відпочинку URL: <https://ua.schreder.com/uk/produksiya/alura-led-dekoratyvnyy-svityllyk#downloads> (дата звернення: 01.06.2024).

14. Станчев І. І., Ковалишин І. В. Проект модернізації систем освітлення пішохідних алей парків м. Тернополя: кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю „141 — електроенергетика, електротехніка та електромеханіка“ / І. І. Станчев, І. В. Ковалишин. — Тернопіль: ТНТУ, 2023. — 110 с.

15. АВББШп. URL: <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/pue.pdf> (дата звернення: 01.06.2024).

16. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.

## ДОДАТОК А

Результати розрахунку сумарної втрати напруги на трифазних ділянках лінії живлення світлових приладів освітлення вулиць Володимира Великого та Леся Курбаса

Ділянка, між опорами	Сумарна потужність світлових приладів, що живляться через ділянку, Вт	Довжина ділянки, м	Момент навантаження, кВт·м	Площа поперечного перерізу, мм <sup>2</sup>	Втрата напруги, %
1-2	3,74	6,00	22,44	25	0,02
2-3	3,63	26,00	94,38	25	0,09
3-4	3,56	53,00	188,42	25	0,17
4-5	3,42	31,00	106,02	25	0,10
5-6	3,32	55,00	182,60	25	0,17
6-7	3,22	45,00	144,90	25	0,13
7-8	3,12	55,00	171,60	25	0,16
8-9	2,96	44,00	130,24	25	0,12
9-10	2,86	42,00	120,12	25	0,11
10-11	2,76	50,00	138,00	25	0,13
11-12	2,66	50,00	133,00	25	0,12
12-13	2,56	46,00	117,76	25	0,11
13-14	2,43	20,00	48,50	25	0,04
14-19	2,10	20,00	41,90	25	0,04
19-20	1,77	15,00	26,48	25	0,02
20-21	1,69	36,00	60,84	25	0,06
21-22	1,62	38,00	61,37	25	0,06
22-23	1,48	31,00	45,88	25	0,04
23-24	1,38	44,00	60,72	25	0,06
24-25	1,28	35,00	44,80	25	0,04
25-26	1,18	47,00	55,46	25	0,05
26-27	1,08	53,00	57,24	25	0,05
27-28	0,92	34,00	31,28	25	0,03
28-29	0,82	34,00	27,88	25	0,03
29-30	0,72	35,00	25,20	25	0,02
30-31	0,62	33,00	20,46	25	0,02
31-32	0,52	26,00	13,52	25	0,01
32-33	0,42	38,00	15,96	25	0,01
33-34	0,30	55,00	16,50	25	0,02
34-35	0,18	24,00	4,32	25	0,00
Сумарна втрата напруги, %					2,01

