

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр
на тему: «Проект реконструкції системи зовнішнього освітлення із
застосуванням LED-технологій»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Електротехніка, електроенергетика та
електромеханіка
назва ОПП
спеціальності 141 Електротехніка,
електроенергетика та електромеханіка
код та найменування спеціальності
ступеня вищої освіти «бакалавр»
Гончаренко Станіслав Олександрович
Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти
Керівник: _____
Прізвище та ініціали керівника

Полтава – 2025 рік

ВСТУП

Актуальність теми. Світлодіодні прожектори та світлодіодні світильники набувають все більшого поширення у всіх сферах застосування технічного світла. Область використання світлодіодних світильників вже не обмежується лише архітектурним освітленням фасадів будівель та підсвічуванням басейнів та фонтанів. Світлодіодні вбудовувані та підвісні стельові світильники можна побачити у внутрішньому освітленні громадських та комерційних будівель, вуличному освітленні, освітленні паркувань, інтер'єрному та декоративному освітленні.

Світлодіодні світильники вже не є новиною для сучасного споживача світлотехніки. Світлодіодні світильники застосовуються в багатьох системах освітлення, включаючи зовнішнє та внутрішнє освітлення.

Дана тема є актуальною в контексті впровадження сучасних технологій та екологічного підходу до проектування систем зовнішнього освітлення.

Метою дипломного проєкту є розробка ефективної, енергоощадної та надійної системи зовнішнього освітлення з використанням LED-технологій, що забезпечить відповідність нормативним вимогам, зниження експлуатаційних витрат і покращення світлотехнічних характеристик.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати **такі завдання:**

- проаналізувати існуючу систему зовнішнього освітлення та визначити її недоліки;
- підібрати сучасні LED-світильники відповідно до вимог освітлення території;
- розрахувати параметри освітлювальної установки згідно з нормативами;
- здійснити електротехнічний розрахунок мережі живлення;
- розробити заходи щодо підвищення енергоефективності та безпеки експлуатації;

- обґрунтувати економічну доцільність реалізації нової системи освітлення.

Об'єкт дослідження – система зовнішнього освітлення.

Предмет дослідження – технічні рішення щодо модернізації освітлювальної мережі з використанням СВД-технологій.

Практичне значення полягає в можливості впровадження розробленого проєкту на об'єктах, які потребують модернізації освітлювальних систем, що дозволить досягти високої енергоефективності, зменшити витрати на електроенергію та забезпечити комфортні умови освітлення відповідно до сучасних стандартів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел. Роботу ілюстровано таблицями та рисунками.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ

1.1 Загальна характеристика об'єкта освітлення

Зовнішнє освітлення об'єктів залізничної інфраструктури відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки руху поїздів, організації технологічних процесів, а також створенні належних умов праці персоналу у вечірній та нічний час. Особливої уваги потребує освітлення станційних територій, які мають значну площу та складну інфраструктуру. Огульці імені Олександра Пучка – проміжна залізнична станція стикування 4-го класу Сумської дирекції Південної залізниці. За характером та обсягом виконаних робіт станція Огульці - проміжна і належить до 4-го класу. До неї примикає одна під'їзна колія УМШБ-2 (управління механізації шляхового будівництва). За добу через станцію прямують 70 пар вантажних та пасажирських поїздів, також вона приймає та відправляє 17 пар приміських електропоїздів. Огульці є станцією стикування контактної мережі постійного та змінного струму [1]. Загальна площа освітлення, наведена до норми освітленості 5 лк, становить 81600 м²

В даний час для освітлення відкритих територій залізничного транспорту використовувалися освітлювальні прилади з традиційними джерелами світла – дуговими ртутними лампами (типу ДРЛ), металогалогенними лампами (типу МГЛ), дуговими ксеноновими (типу ДКСТ) та іншими джерелами світла, які в порівнянні з світлодіодними, мають значно більші енергоспоживання при значно меншому ресурсі роботи, що зумовлює суттєві витрати на оплату електроенергії та експлуатаційні витрати. Проектованою світлодіодною системою з контактних жорстких поперечок висвітлюються такі площі:

– від жорстких поперечок №221-222 до жорстких поперечок №291-292
площа освітлення – 81 600 м².

На станції використовується контактна мережа 27,5 кВ змінного струму. Уздовж цієї ділянки знаходиться 64 твердих поперечки, на ригелях яких можливе встановлення світлодіодних світильників. З метою зменшення витрат немає необхідності монтувати світлодіодні світильники на кожній поперечині. Їх можна монтувати на ригелях 33-х контактних жорстких поперечок довжиною від 13 до 30 метрів, жорсткі поперечки контактної мережі встановлені в лінійку, на частини станції в два ряди і перекривають до 6 шляхів і до 5 міжколій. Відстань між жорсткими поперечками, призначеними для встановлення світлодіодних світильників, від 56 до 102 метрів, висота розташування жорстких поперечок 11 метрів.

Норма освітленості території у відповідність до ДБН В.2.5-28:2006 «Природне і штучне освітлення» [2] – не менше 5 лк. Коефіцієнт запасу по освітленості – 1,3, нерівномірності освітленості – трохи більше 15:1, показник засліпленості - трохи більше 800.

Світлодіодна система освітлення на жорстких поперечках призначена для освітлення міжколійного простору та шляхів парків станцій з освітлювальних жорстких поперечок, зниження енергоспоживання та експлуатаційних витрат на освітлення, забезпечення автоматизованого керування зовнішніми освітлювальними приладами та підвищення надійності роботи та довговічності системи освітлення. Система інтелектуального керування освітленням станції забезпечує автоматичне та ручне керування включенням зовнішнього освітлення, передачу та відображення сервера-АРМ (автоматизоване робоче місце) параметрів системи керування та поточний статус кожного елемента системи, а також параметрів живильної електромережі.

Розробка проекту приведена у відповідність до наступних нормативних документів:

- ДСТУ ІЕС 60335-1:2004. «Безпечність побутових та аналогічних електричних приладів. Частина 1. Загальні вимоги» [3];
- ДСТУ CISPR 14-1:2016. «Електромагнітна сумісність. Вимоги до побутових приладів, електроінструментів і подібних пристроїв. Частина 1. Емісія. Норми та методи вимірювання» [4];
- ДСТУ CISPR 14-2:2017. «Електромагнітна сумісність. Вимоги до побутових приладів, електричних інструментів та аналогічних електронних пристроїв. Частина 2. Перешкодостійкість. Вимоги та методи випробування» [5];
- ДСТУ 51317.3.2:2008 "Сумісність технічних засобів електромагнітна. Емісія гармонійних складових струму технічними засобами, що споживають струм не більше 16 А (в одній фазі). Норми та методи випробувань" [6];
- ДСТУ 51317.3.2:2008 "Сумісність технічних засобів електромагнітна. Коливання напруги та флікер, що викликаються технічними засобами зі споживаним струмом не більше 16 А (в одній фазі), що підключаються до низьковольтних систем електропостачання. Норми та методи випробувань" [7];
- ДСТУ 32.120:2005 "Норми штучного освітлення об'єктів залізничного транспорту" [8];
- Інструкція з заземлення пристроїв енергопостачання на електрифікованих залізницях України, затверджена Укрзалізницею [9];
- Правила влаштування та технічної експлуатації контактної мережі електрифікованих залізниць України", затверджені Укрзалізницею [10];
- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) [11];
- ДСТУ 8546:2015 Світильники зі світлодіодними джерелами світла. Загальні технічні умови [12].

1.2 Переваги світлодіодного освітлення

Світлодіодне освітлення сьогодні вважається найбільш універсальним і найбільш перспективним напрямком серед усього розмаїття технологій штучного освітлення [13].

- використання принципово нового джерела світла з найвищим ККД перетворення електричної енергії у світлову;
- світлодіодні світильники, які забезпечують миттєве ввімкнення при подачі напруги живлення та зберігають працездатність за низьких температур, сьогодні широко застосовуються для вуличного освітлення. Натомість світильники з лампами ДРЛ і ДНаТ мають проблеми із запуском за умов низьких температур;
- відсутність шкідливого ефекту низькочастотних пульсацій (стробоскопічного ефекту), властивого люмінесцентним та газорозрядним джерелам світла;
- колірна температура дуже близька до природного білого світла;
- повна відсутність небезпеки перевантаження електромереж у момент включення, споживаний та пусковий струм світлодіодного світильника дорівнює $0,3 \div 0,7 \text{ A}$, а у світильника з газорозрядною лампою – $4,5 \text{ A}$;
- потужні світлодіоди являють собою точкові джерела світла з вбудованою оптикою, що коректує, що забезпечує ефективне формування заданих КСС і правильний розподіл світлового потоку;
- гарантійний термін експлуатації – понад 20 років [13].
- висока економічність енергоспоживання, зниження енергоспоживання до 3-х разів порівняно зі світильниками на основі традиційних газорозрядних ламп;
- екологічна безпека та відсутність необхідності спеціальної утилізації, так як не містить ртуті, її похідних та інших отруйних чи шкідливих компонентів;

- висока механічна міцність, вібростійкість та надійність внаслідок відсутності скляної колби та нитки розжарювання (або пальника);
- контрастність світла світлодіодів багаторазово перевищує контрастність газорозрядних ламп, тим самим забезпечує значно кращу чіткість об'єктів, що освітлюються, і кольоропередачу при меншій видимій яскравості;
- коефіцієнт використання світлового потоку світлодіодних прожекторів та світильників вище у 55%, тоді як у світильників та прожекторів на основі традиційних джерел світла він рідко перевищує 30%;
- світильник не потребує технічного обслуговування протягом усього терміну служби;
- при монтажі світлодіодних світильників потрібний електричний кабель меншого перерізу.

Світлодіодне освітлення є перспективною технологією завдяки високій енергоефективності, довговічності, миттєвому запуску, відсутності шкідливих пульсацій та екологічності. Його застосування забезпечує економію електроенергії, знижує експлуатаційні витрати та підвищує якість освітлення [14].

1.3 Конструктивні особливості світлодіодних світильників, що використовуються.

Світлодіодний світильник складається з (рис. 1.1) [15-17].

Світлодіод (СВД) – це напівпровідниковий пристрій, який випромінює світло під час проходження через нього електричного струму. Кількість, тип і потужність світлодіодів визначають світловий потік, колірну температуру та інші характеристики світильника.

Драйвера (джерела живлення) – електронного пристрою, який забезпечує стабільний струм та напругу, необхідні для коректної роботи

світлодіодів. Драйвер також може виконувати функції захисту від перевантажень, коротких замикань та перепадів напруги в мережі.

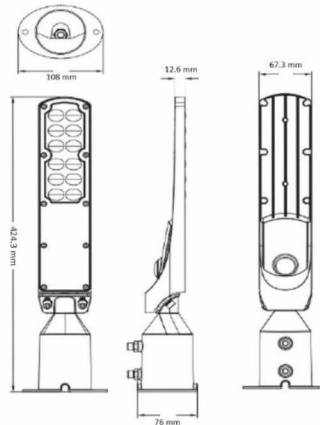


Рисунок 1.1 – Типова будова вуличного світлодіодного світильника

Оптичної системи - включає в себе лінзи, рефлектори (відбивачі) або розсіювачі, які формують світловий потік, розподіляють світло в просторі та визначають криву сили світла (КСС) світильника. Оптика може бути вбудована в самі світлодіоди або бути окремими елементами конструкції.

Системи охолодження (радіатора) - призначена для відведення тепла, що виділяється світлодіодами під час роботи. Ефективне охолодження є критично важливим для забезпечення тривалого терміну служби та стабільної роботи світлодіодного світильника. Радіатори зазвичай виготовляються з алюмінію та мають ребристу поверхню для збільшення площі тепловіддачі.

Корпус, що забезпечує механічний захист внутрішніх компонентів світильника від зовнішніх впливів (пилу, вологи, механічних пошкоджень), а також може виконувати функцію тепловідведення. Матеріали корпусу можуть бути різними (алюміній, пластик тощо) залежно від призначення та умов експлуатації світильника.

Монтажних елементів, тобто деталей, призначених для кріплення світильника на опорі, стелю, стіну або іншу поверхню. Тип монтажних елементів залежить від способу встановлення світильника (консольне, підвісне, накладне тощо).

Роз'ємів та проводів, які необхідні для підключення світильника до електричної мережі.

Конкретні конструктивні особливості можуть варіюватися залежно від типу, призначення та виробника світлодіодного світильника. Наприклад, вуличні світильники матимуть більш міцний корпус та ефективну систему охолодження порівняно з офісними світильниками. Також можуть відрізнятися оптичні системи для формування необхідної КСС.

Корпус світильників виготовлений із стійкого до корозії алюмінієвого сплаву із спеціальним покриттям. Захисний прозорий екран виконаний із загартованого оптичного скла або світлостабілізованого полікарбонату. Конструкція кронштейна забезпечує регулювання кута нахилу світильника з надійною фіксацією і дозволяє максимально використовувати світловий потік системи за різних відстаней між жорсткими поперечками. Параметри та характеристики світлодіодної системи освітлення

Параметри та характеристики світлодіодної системи освітлення згідно з ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення" [2] наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристики світлодіодної системи освітлення

Найменування параметра	Значення
1. Освітленість відкритих територій об'єктів залізничного транспорту згідно з ДБН В.2.5-28-2018	
1.1. Мінімальна освітленість	$E_{min} = 5$ люкс
1.2. Коефіцієнт запасу	K_z щонайменше 1,3
2. Нерівномірність освітлення – відношення найбільшої освітленості до її найменшого значення	E_{max} / E_{min} не більше 15:1
3. Показник засліплення	P_{don} не більше 800
4. Колір випромінювання та колірна температура –	
4.1. Колір випромінювання світлодіодних світильників	Білий
4.2. Діапазон колірної температури	$T_{кол} = 3000 - 5500$ оК

- 4.3. Розкид колірної температури в межах одного об'єкта Не більше 10%
- 4.4. Дрейф колірної температури світильників протягом усього терміну служби не перевищує колірний діапазон $T_{\text{кол}} = 3000 - 5500^{\circ}\text{K}$
- | | | |
|-----|--|---|
| 5. | Світлова віддача світлодіодних світильників | не менше 90 лм/Вт |
| 6. | Напруга живлення світильників | 100 - 277В, 50/60 Гц |
| 7. | Кліматичне виконання | У1 |
| 8. | Стійкість світильника до механічних впливів | відповідає класу МС3 |
| 9. | Стійкість світильника до кліматичних впливів | відповідає класу К.4 |
| 10. | Ступінь захисту світильників згідно | IP66 |
| 11. | Відповідність світильника за стійкістю до перешкод | відповідає класу Б3 |
| 12. | Відповідність світильника за перешкодою | відповідає класу Д2 |
| 13. | Час напрацювання на відмову світильника | не менше 50 000 год безперервної роботи |
| 14. | Термін служби | 10 років |
| 15. | Зниження світлового потоку протягом терміну служби | не більше 30% від номіналу |
| 16. | Максимальна маса світильника | не більше 17 кг |

Світлодіодна система освітлення забезпечує:

– автоматичне дискретне керування освітленням (увімкнено/вимкнено) залежно від природної освітленості навколишнього середовища або за заданим розкладом;

– дистанційне дискретне керування освітленням (включено/вимкнено) з пульта енергодиспетчера або чергового станції;

– дистанційний контроль стану системи освітлення (включено/вимкнено);

– окремий облік електроенергії, яка споживається на світлодіодне освітлення.

Висновки до розділу 1

У цьому розділі сформовано технічну основу для монтажу, налагодження та подальшого обслуговування світлодіодної системи освітлення. Було визначено вимоги до електромережі, способів кріплення обладнання та вибору комплектуючих.

РОЗДІЛ 2

МОНТАЖ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ СВІТЛОДІОДНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

2.1 Заходи щодо підготовки об'єкта до монтажу, встановлення та обслуговування світильників

Готовність об'єкта для монтажу та введення в експлуатацію світлодіодної системи освітлення передбачає попереднє виконання підготовчих робіт на об'єкті реалізації, у тому числі проведення певних видів робіт [18-22].

У місці впровадження повинні бути встановлені придатні для розміщення світлодіодних світильників жорсткі поперечки контактної мережі. Відстань уздовж шляхів між жорсткими поперечками на ділянці, що освітлюється – до 132 м.

Магістральні мережі електроживлення повинні забезпечувати підключення до кожної жорсткої поперечки потужність на світлодіодне освітлення з розрахунку не менше 0,25 кВт на кожний міжколійний простір, що висвітлюється з жорсткої поперечки.

На ригелі жорсткої поперечки має бути можливість встановити розподільну мережу електроживлення світильників та комутаційно-захисну апаратуру системи освітлення.

Жорсткі поперечки контактної мережі за механічним навантаженням повинні витримувати вагу встановленого обладнання світлодіодної системи освітлення, який розподілений по ригелю над міжколійям та становить не більше 35 кг на одну групу обладнання над міжколійям. Максимальне вагове навантаження на ригель становить від 105 кг (при розміщенні на ригелі 3 групи світильників) та до 315 кг (при розміщенні на ригелі 6 груп світильників).

Правила встановлення та обслуговування світлодіодних світильників:

1. Монтаж, демонтаж та обслуговування світлодіодних світильників здійснюється при вимкненому живленні мережі.
2. Під час встановлення руки мають бути сухими.

3. Виключіть попадання вологи на світильник.
 4. Усі електричні з'єднання повинні бути надійно захищені від вологи.
 5. Перед підключенням світильника переконайтеся у відповідності напруги мережі живлення 220 В.
 6. Заборонено підключення світильника до пошкодженої електропроводки.
 7. При виборі місця та положення установки світильника дотримуйтесь правил встановлення світлодіодних світильників.
 8. Виключити встановлення світильника поблизу нагрівальних приладів.
 9. Світильник не можна встановлювати на займисті та легкозаймисті матеріали.
 10. Експлуатація світильника повинна проводитися далеко від хімічно активного середовища, горючих матеріалів та легкозаймистих предметів.
 11. Світильник не можна використовувати при попаданні вологи всередину.
 12. Світильник не можна використовувати під час пошкодження корпусу.
 13. Заборонено експлуатацію світильника без розсіювача, з розбитим або тріснутим склом.
 14. Рекомендовано припинити використання світильника, якщо світло стало тьмяним або почало блимати.
 15. Заборонено експлуатацію світильника з пошкодженою ізоляцією проводів.
 16. Заборонено експлуатацію світильника без заземлення. Заземлення виконується згідно з ДСТУ 12.1.030.
 17. Для збільшення терміну служби світлотехніки рекомендуємо оглядати світильник щодо забруднень і механічних пошкоджень не рідше 1 разу на рік.
 18. Регулярно перевіряйте електричні з'єднання та цілісність проводки.
 19. Якщо виникнуть питання щодо встановлення та експлуатації світлодіодного світильника, зверніться за консультацією до фахівців.
- Світильник не містить частин, що обслуговуються користувачем, обслуговування зводиться до чищення від забруднень. З метою підвищення

надійності та збільшення терміну служби світлотехніки рекомендується періодично оглядати світильник на предмет забруднень, механічних пошкоджень та оцінки працездатності. При забрудненні скла необхідно очистити поверхню без використання розчинників, агресивних миючих та абразивних засобів. Очищення проводиться водою або спеціальним миючим засобом для скла та пластику. Щоб уникнути порушення теплових режимів експлуатації світильника, необхідно стежити за чистотою корпусу. Очищення проводиться сухою або злегка вологою тканиною. Світильник, який має видимі механічні пошкодження, слід замінити. Усі роботи проводити при вимкненому живленні. Додаткове обслуговування не потрібно.

2.2 Розрахунок і реалізація схеми освітлення

2.2.1 Розрахунок освітлювальної установки світлодіодної системи освітлення

Проектована освітлювальна установка (ОУ) повинна забезпечувати освітлення міжколійями та пасажирську платформу з мінімальним рівнем горизонтального освітлення $E_{\min} = 5$ лк. Проектована освітлювальна установка має один основний (робочий) режим увімкнення освітлення. Для світлотехнічного розрахунку освітлення визначається тип та кількість джерел світла – світлодіодних світильників для освітлення об'єкта з урахуванням виставлених вимог.

Основні вимоги до світлодіодних джерел світла:

- Компактна конструкція, придатна для встановлення корпусу, обмежена за обсягом внутрішнього простору;
- Можливість вибору за необхідним значенням світлового потоку 2000-15000 лм;
- Дотримання прийнятного за технічними характеристиками світлодіодів значення теплового балансу світлодіодного модуля, встановленого у корпусі світильника. Враховуючи погані умови теплообміну з навколишнім середовищем, бажано забезпечення циркуляції повітря поблизу

охолоджуючого радіатора, використання теплопровідних трубок та інших прийомів, що покращують тепловий режим роботи світлодіодів. Також доцільним є введення зворотного зв'язку за температурою, контрольованою безпосередньо в місці розташування світлодіодів;

- Можливість застосування оптики з різними світлотехнічними характеристиками;

- У ряді випадків потрібна об'ємна конструкція, придатна для встановлення, наприклад, класичний гранований світильник, що випромінює рівномірний потік світла в усіх напрямках, – своєрідний аналог традиційної лампи високого тиску;

- Надійна конструкція джерела живлення, термін служби якого має відповідати гарантованому часу роботи світлодіодів.

Облік зазначених вимог підвищить затребуваність світлодіодних джерел світла, призначених для заміни традиційних ртутних, натрієвих та металогалогенових ламп у вуличних архітектурних світильниках, та дозволить виробнику зайняти більш вигідну з точки зору конкурентоспроможності позицію на ринку світлотехнічного обладнання. Станція Огульці має характеристики та розміри, які наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристика освітлюваного об'єкта

Показники	Значення показників
Ширина	51 м
Довжина	1600 м
Кількість шляхів	9
Кількість освітлюваних міжколій	8
Мінімальна освітленість E_{min}	5 лк
Коефіцієнт запасу за освітленістю	1,3
Показник засліплення	Не більше 800
Нерівномірність освітленості	Не перевищує 15:1

Світлодіодні світильники монтуються на ригелях жорстких поперечок, що проходять над коліями та міжколійями на висоті 11 м. Відстань між осями колій до 5,5 м-коду.

Відстань між жорсткими поперечками – від 56 до 102 м-коду.

2.2.2 Вибір джерел світла

Як джерела світла пропонується використовувати світлодіодні вуличні світильники АУ 150 Вт, 120 Вт, 100 Вт, 80 Вт. Вони чудово підійдуть для освітлення міжколійного простору та інших об'єктів.

Таблиця 2.2 – Параметри джерел світла для модернізації

Параметр	10 400 лм	12 500 лм	15 000 лм	18 000 лм
Потужність	80 Вт	100 Вт	120 Вт	150 Вт
ССТ (Колірна температура)	5000 K			
CRI (Індекс передачі кольору)	Ra > 70			
Оптичні характеристики	Асиметрична			
Електричні характеристики				
Робоча напруга	200-240 В змінного струму			
Захист від проникнення	Лінія 6 кВ - Лінія-10 кВ- Земля	Лінія 6 кВ - Лінія-10 кВ- Земля	Лінія 6 кВ - Лінія-10 кВ- Земля	Лінія 6 кВ - Лінія-10 кВ- Земля
Робоча частота	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц
PFC (Коефіцієнт потужності)	> 0,95	> 0,95	> 0,95	> 0,95
Інші характеристики				
ІР захист	IP66	IP66	IP66	IP66
Світлодіодний ресурс	> 50 000 год	> 50 000 год	> 50 000 год	> 50 000 год
Робоча температура	Від -30 °С до +50 °С	Від -30 °С до +50 °С	Від -30 °С до +50 °С	Від -30 °С до +50 °С
Вологість	15-90% відносної вологості	15-90% відносної вологості	15-90% відносної вологості	15-90% відносної вологості
Корпус	Алюмінієвий литий	Алюмінієвий литий	Алюмінієвий литий	Алюмінієвий литий
Клас безпеки	Клас I	Клас I	Клас I	Клас I
Розміри				
Вага	7 кг	7,5 кг	7,5 кг	7,5 кг

Параметр	10 400 лм	12 500 лм	15 000 лм	18 000 лм
Розміри коробки	550x310x100 мм	550x310x100 мм	550x310x100 мм	550x310x100 мм
Інші деталі				
Гарантія	5 років	5 років	5 років	5 років
Димування	0-10 В або неуправляємо			
Інтелектуальне управління	Dali, Step Dim, Таймер, Zegbee, Нічний датчик			
Колір корпусу	Сріблястий сірий			

Колірна температура світлодіодів, використаних як джерела світла, $T_{\text{кол}}=5000 \text{ K}$, що відповідає технічним завданням. Середня світлова віддача світлодіодів, що використовуються, становить 120-130 лм/Вт. Термін служби світильників складає 50 000 год. або 10 років. Спад світлового потоку протягом терміну служби трохи більше 30%.

Корпус світильників, що використовуються в проекті, виконаний з алюмінієвого сплаву, основа (вузли кріплення) - зі сталі з антикорозійним покриттям методом гарячого оцинкування. Вузол кріплення забезпечує регульований кут нахилу світильника із надійною фіксацією штифтом. Надійність кріплення світильників до траверс забезпечується оцинкованими болтовими з'єднаннями M12.

2.2.3. Світлотехнічні розрахунки

Розстановку світильників слід здійснювати відповідно до результатів досліджень та попередніх розрахунків. Для визначення кількості та орієнтації світильників було проведено багатоваріантні комп'ютерні розрахунки розподілу горизонтальної освітленості на типових ділянках. При виконанні розрахунків використовувався реальний світлорозподіл (криві сили світла) світильників, варіювалися кути повороту приладів у горизонтальній площині та кути нахилу у вертикальній площині.

Розрахунок розподілу горизонтальної освітленості проводився лише на рівні поверхні землі. Розрахунки розподілу освітленості виконані з коефіцієнтом запасу 1,3, що враховує зниження ефективності джерел світла

протягом терміну служби світильників та зовнішнього забруднення захисного скла.

Світлотехнічні розрахунки зроблено у спеціалізованій програмі DIALux. Розподіли освітленості наведені у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Нерівномірність освітлення на ділянках колії (для розрахункових поверхонь)

Ділянка парку	E_{max} , лк	E_{min} , лк	E_{max}/E_{min}
Ділянка колії в обидва боки від опор 221-222	65	6,9	9,4
Ділянка колії в обидва боки від опор 223-224	78	7,9	9,8
Ділянка колії в обидва боки від опор 225-226	58	7,8	7,4
Ділянка колії в обидва боки від опор 229-230	82	11,4	7,1
Ділянка колії в обидва боки від опор 233-234	82	10,9	7,8
Ділянка колії в обидва боки від опор 237-238	82	10,8	7,9
Ділянка колії в обидва боки від опор 241-242	79	7,1	11,2
Ділянка колії в обидва боки від опор 245-246	79	7,5	10,5
Ділянка колії в обидва боки від опор 249-250	80	7,9	9,8
Ділянка колії в обидва боки від опор 253-254	85	8,2	10,3
Ділянка колії в обидва боки від опор 257-258	80	7,9	10,1
Ділянка колії в обидва боки від опор 261-262	80	7,9	10,1
Ділянка колії в обидва боки від опор 265-266	80	7,8	10,2
Ділянка колії в обидва боки від опор 269-270	80	7,7	10,3
Ділянка колії в обидва боки від опор 273-274	80	7,7	10,3
Ділянка колії в обидва боки від опор 277-278	78	7,1	10,9
Ділянка колії в обидва боки від опор 283-284	98	11,3	8,6
Ділянка колії в обидва боки від опор 289-290	77	9,5	8,1
Ділянка колії в обидва боки від опор 405-406	84	13	6,4
Ділянка колії в обидва боки від опор 409-410	78	6,2	12,8
Ділянка колії в обидва боки від опор 413-414	78	6,0	13
Ділянка колії в обидва боки від опор 417-418	100	16	6,2
Ділянка колії в обидва боки від опор 421-422	100	15,2	6,5

Продовження табл. 2.3

Ділянка колії в обидва боки від опор 425-426	91	11,3	8,05
Ділянка колії в обидва боки від опор 429-430	91	11,2	8,1
Ділянка колії в обидва боки від опор 433-434	95	10	9,5
Ділянка колії в обидва боки від опор 437-438	90	9,1	9,8
Ділянка колії в обидва боки від опор 441-442	82	7,3	11,4
Ділянка колії в обидва боки від опор 445-446	82	7,1	11,5
Ділянка колії в обидва боки від опор 449-450	82	7,1	11,5
Ділянка колії в обидва боки від опор 453-454	82	7,1	11,5
Ділянка колії в обидва боки від опор 457-458	99	13,4	7,3
Ділянка колії в обидва боки від опор 461-462	100	11,2	8,9
Ділянка колії в обидва боки від опор 463-464	120	18,4	6,5

За даними таблиці видно, що нерівномірність освітлення не перевищує нормованого значення 15:1 на жодній ділянці шляху та міжколійями. Для наочності в таблиці А.1 додатку А подано візуальні зображення.

Повна кількість світильників, що включає освітлювальна установка, наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Повна кількість світильників у освітлювальній установці

Найменування світильника	Кількість, шт	Потужність, Вт	Питома потужність освітлювальної установки за норми освітленості 5 лк, Вт/м ²
Світлодіодний вуличний світильник серії АУ	128	150	1,2
Світлодіодний вуличний світильник серії АУ	136	120	
Світлодіодний вуличний світильник серії АУ	41	100	
Світлодіодний вуличний світильник серії АУ	21	80	

2.2.4. Пропоноване проектне розміщення світильників на об'єкті

Світлодіодні світильники встановлювати на ригелях жорстких поперечок групами, розміщеними над кожним міжколійним простором. У кожену групу

входять два світильники серії АУ спрямовані в протилежні сторони від ригеля вздовж шляхів.

Повна споживана електрична потужність для однієї групи світильників не перевищує у 212 Вт. Повна споживана електрична потужність розрахунку один ригель не перевищує у 1166 Вт. Повна споживана електрична потужність на всю освітлювану частину території парку не перевищує 29,37 кВт.

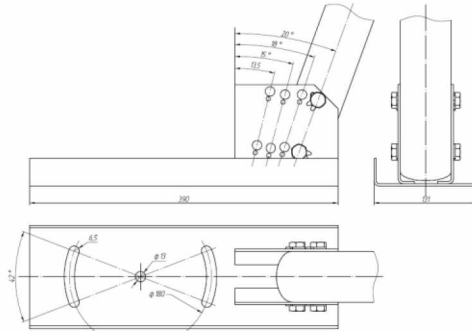


Рисунок 2.2 – Кронштейн кріплення світильника

2.3 Підключення та керування освітленням

2.3.1 Автоматизація керуванням освітленням та облік електроенергії

Система освітлення з інтелектуальною системою керування зовнішнім освітленням smartAC, призначена для автоматичного та віддаленого централізованого керування апаратурою зовнішнього освітлення та збору інформації про поточний режим роботи та стан апаратури світлодіодної системи освітлення станції [23-25].

Управління світлодіодною системою освітлення в автоматичному режимі забезпечує:

- управління за графіком включення;
- віддалене включення ручним способом.

Управління світлодіодною системою освітлення в режимі місцевого керування забезпечує можливість увімкнення/вимкнення освітлення в ручному режимі за допомогою включення в ручному режимі.

Світлодіодна система освітлення забезпечує контроль електроспоживання за допомогою електронного лічильника електричної енергії, включених на фідерах 0,4 кВ, що живлять світлодіодне освітлення. Лічильники входять до складу шаф керування та обліку світлодіодним освітленням (ШУУ), що забезпечує централізований контроль за споживанням електроенергії, а також спрощує технічне обслуговування і забезпечує точний облік витрат. Лічильник призначений для вимірювання активної та реактивної енергії (у тому числі і з урахуванням втрат), ведення масивів профілю потужності навантаження з програмованим часом інтегрування (у тому числі і з урахуванням втрат), фіксації максимумів потужності, вимірювання параметрів трифазної мережі та параметрів якості електричної енергії. Лічильник має інтерфейси зв'язку та призначений для роботи, як автономно, так і у складі автоматизованих системи комерційного обліку електроенергії (АСКУЕ) та у складі автоматизованих систем диспетчерського управління (АСДУ). Лічильник може застосовуватися як засіб комерційного чи технічного обліку електричної енергії на підприємствах промисловості та в енергосистемах.

Електропостачання шафи керування та обліку здійснюється від мережі змінного струму 220В.

2.3.2 Монтаж електричних кіл

Проектоване світлодіодне освітлення території парку станції передбачено заживати напругою 380/220В змінного струму від РУ-0,4 кВ існуючих трансформаторних підстанцій КТП-1, ТП-гараж ПЧ, ТП-РШ.

Напруга живлення на світлодіодних світильниках – 220В змінного струму промислової частоти. Встановлена потужність всього електроустаткування світлодіодної системи освітлення не перевищує: $P_{заст} = 29,37$ кВт.

Тип світильників, їх кількість та потужність прийняті на основі результатів світлотехнічного розрахунку (розділ 2.2 даного проєкту), відповідно до нормованої освітленості за ДБН В.2.5-28:2006 [2] та умовами експлуатації та навколишнього середовища.

Все електроустаткування, кабельна продукція та матеріали для монтажу повинні мати сертифікат відповідності електробезпеки.

Безпека персоналу при монтажі, експлуатації та ремонті проектного освітлення забезпечується відключенням на живильному кінці фазних та нульових жил кабелю, із застосуванням у шафах введення живлення ШВП на розподільчих групах 4-х полюсних рубильників.

Шафа введення електроживлення на ригель з роз'єднувачем та запобіжниками, зі ступенем захисту IP54 за ДСТУ EN 60529:2018 (EN 60529:1991; A1:2000; A2:2013; AC:1993; AC:2016, IDT; IEC 60529:1989; A1:1999; A2:2013; Cor 2:2015, IDT) "Ступені захисту, забезпечувані кожухами (Код IP)», можна встановити на ригелях з боку магістрального кабелю. Шафа введення електроживлення підключити до мережі живлення кабелем ВВГ(нг) 4x4 мм². Від шафи введення електроживлення по ригелю, для живлення світлодіодних світильників, до розподільних коробок прокласти кабель ВВГ(нг) 4x2,5 мм² в морозостійкій гофрованій трубі.

Монтаж світлодіодних світильників на ригелі відповідно до Правил улаштування та технічної експлуатації контактної мережі електрифікованих залізниць України [10], затверджені Укрзалізницею, передбачається за допомогою ізолюючих дерев'яних брус-траверс, просочених захисним водовідштовхувальним складом, які кріпляться до металоконструкції ришпиля.

Для вирівнювання навантаження на трансформаторні підстанції підключення груп світильників на ригелі виконати з чергуванням фаз.

Відповідно до Правил улаштування та технічної експлуатації контактної мережі електрифікованих залізниць України [10], затверджені Укрзалізницею та Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) [11], Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС) [26], корпуси світильників, що встановлюються на опорах і жорстких поперечинах, на ділянках змінного струму.

Висновки до розділу 2

У цьому розділі сформовано технічну основу для монтажу, налагодження та подальшого обслуговування світлодіодної системи освітлення. Було визначено вимоги до електромережі, способів кріплення обладнання та вибору комплектуючих, а також рекомендації щодо підвищення безпеки й ефективності експлуатації.

РОЗДІЛ 3

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ

3.1. Загальна характеристика та функції інтелектуальної системи керування освітленням

Система інтелектуального керування освітленням станції забезпечує автоматичне та ручне керування включенням зовнішнього освітлення, передачу та відображення сервера-АРМ (автоматизоване робоче місце) параметрів системи керування та поточний статус кожного елемента системи, а також параметрів живильної електромережі [23-25].

Система забезпечує керування освітленням у наступних режимах:

Режим автоматичного керування:

- увімкнення/вимкнення освітлення за заздалегідь заданим графіком;
- увімкнення/вимкнення освітлення із заданими межами часових інтервалів.

Режим ручного керування:

- секціонування системи освітлення за фідерами живлення;
- увімкнення/вимкнення кожного фідера віддалено з АРМ диспетчера в ручному режимі відповідно до фактичної роботи станції.

3.2 Контроль параметрів електричної мережі та параметрів споживання

За даними, що надходять через цифровий інтерфейс RS485 з електричних лічильників електричної енергії та потужності, проводиться контроль та аналіз параметрів електричної мережі в наступному обсязі:

- поточні значення параметрів мережі по 3 фаз: напруга, струм, реактивна потужність, активна потужність, повна потужність, кут між фазними напругами, частота мережі, $\cos(\varphi)$;
- облік спожитої активної та реактивної енергії;
- контроль верхньої та нижньої межі U електричної мережі (по кожній фазі окремо).
- контроль наявності напруги на шині живлення ліній (по кожній фазі окремо).
- контроль наявності зв'язку з цифровим інтерфейсом електролічильника.
- контроль наявності напруги на кожній фазі фідерів живлення.

За даними, що надходять через цифровий інтерфейс RS485 з електричних лічильників електричної енергії та потужності, проводиться контроль параметрів споживання в наступному обсязі:

- контроль поточного значення споживаної потужності з урахуванням недобору до її номінального значення по кожній фазі окремо (для розрахунку відсотка непрацюючих світильників);
- контроль перевищення споживання щодо номінального (по кожній фазі).

Кожен відступ від передбаченої реакції системи буде відображено на АРМ диспетчера як відмови.

3.3. Контроль включення/вимкнення освітлення, канал передачі даних та захист інформації

Контроль увімкнення/вимкнення освітлення, передача даних і захист інформації є важливими аспектами сучасних систем освітлення, особливо інтелектуальних та автоматизованих. Кожен з цих елементів включає:

- фактичне увімкнення/вимкнення фідера освітлення при автоматичному керуванні освітленням.

- наявність напруги на фідерах, що живлять, трансформаторних підстанцій.

- визначення несправних груп світильників на основі показань приросту параметра споживаної потужності несправних світильників.

Обмін даними між шафами управління і обліку (ШУУ) і виділеним сервером системи забезпечується через ZigBee мережу передачі даних. **ZigBee** – це бездротовий протокол зв'язку малого радіуса дії, що працює на основі стандарту IEEE 802.15.4. Він розроблений для малопотужних пристроїв, яким не потрібна висока швидкість передачі даних, таких як датчики, пристрої керування та домашня автоматизація.

3.4 Компонування, особливості введення в експлуатацію та налаштування інтелектуальної системи керування на основі ZigBee

Існує важливий вид контролерів: контролери шафи управління (КШУ). КШУ розташовуються в ШУУ на джерелах живлення (трансформаторні підстанції). КШУ призначений для управління групами освітлювальних приладів, об'єднаних живильним філером.

В інтелектуальній системі керування станції передбачено сервер, що поєднує свої функції з АРМом. Місце розташування АРМу: приміщення чергового по станції.

ZigBee/IEEE 802.15.4 – відкритий глобальний стандарт локальних (персональних) бездротових радіомереж у частотному діапазоні, що не ліцензується (2,4 ГГц) для вирішення завдань контролю та управління віддаленими об'єктами. ZigBee (100 мВт) поза приміщеннями використовують з метою збору інформації телеметрії у складі автоматизованих систем контролю та обліку ресурсів чи систем охорони. Працюючи на відносно невеликих швидкостях (близько 40 кбіт/с), ZigBee забезпечує більш високу дальність передачі сигналу, низьке енергоспоживання, а також формує коміркувату (mesh) структуру покриття мережі, що самоорганізується і

самовідновлюється, з підтримкою автоматичної ретрансляції переданих даних.

Мале енергоспоживання ZigBee модулів дозволяє застосовувати стандарт для об'єднання в бездротову локальну мережу багатьох віддалених об'єктів, не побоюючись різкого зростання витрат на електроенергію.

Кожен вузол як здійснює обмін даними з об'єктом автоматизації, а й бере участь у процесі ретрансляції даних між іншими вузлами всередині мережі. Тому мережа динамічно оновлюється та є дуже стійкою.

Автоматична ретрансляція даних, що передаються, робить можливим створення зон суцільного інформаційного покриття в масштабах сортувальних і вантажних станцій.

Висновок до розділу 3

Інтелектуальна система керування освітленням забезпечує ефективну диспетчеризацію, моніторинг та керування в режимі реального часу. Завдяки використанню технології ZigBee досягається підвищена надійність, енергоефективність та масштабованість мережі керування зовнішнім освітленням.

РОЗДІЛ 4.

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Економічна ефективність впровадження нових технологій

Проблематика впровадження енергоекономічного освітлення в умовах зростання вартості енергоносіїв та потреби в енергозбереженні набуває особливої актуальності [30-32].

Одним із найбільш доступних і ефективних заходів енергозбереження є заміна традиційних ламп розжарювання на енергоекономічні світлодіодні (LED) лампи. Такий перехід забезпечує значну економію електроенергії та скорочення експлуатаційних витрат. Узагальнюючими показниками економічної ефективності цієї заміни є: термін окупності витрат на придбання LED-ламп та коефіцієнт ефективності економії енергоресурсів.

Економічна ефективність визначається шляхом зіставлення витрат на закупівлю нових ламп із економічним ефектом у вигляді зменшення споживання електроенергії та витрат на обслуговування.

Абсолютна ефективність вимірюється співвідношенням загальної економії коштів за рахунок зниження витрат на електроенергію та довшого терміну служби LED-ламп до початкових інвестицій у їх придбання.

Порівняльна ефективність застосовується при виборі між різними типами енергоекономічних ламп або при обґрунтуванні доцільності заміни ламп розжарювання в окремих приміщеннях чи сферах використання.

Розрахунки ефективності включають оцінку: обсягу споживання електроенергії до та після заміни; терміну експлуатації кожного типу ламп; витрат на технічне обслуговування та заміну; вартості електроенергії.

Особливо вагоме значення має впровадження енергоекономічного освітлення в системах зовнішнього освітлення на об'єктах залізничної інфраструктури, зокрема на платформах, перегонах, станціях, технічних територіях і виробничих зонах. Освітлення таких об'єктів є критично

важливим для безпеки руху, обслуговування поїздів і пасажирів у темний час доби.

В умовах цілодобового функціонування залізничних об'єктів, заміна традиційних натрієвих або ртутних ламп на LED-світильники дозволяє:

- скоротити витрати на електроенергію до 70%;
- зменшити потребу в частому обслуговуванні в складних умовах (висота, доступність, техніка безпеки);
- підвищити рівень освітлення й безпеки;
- зменшити загальне навантаження на електромережі залізниці.

Враховуючи масштаби освітлення залізниць, навіть часткова реалізація програми модернізації дозволяє досягти значних фінансових і технічних результатів уже в перші роки впровадження.

4.2 Оцінка економічної ефективності впровадження світлодіодної системи освітлення

Ефектом від впровадження світлодіодної системи освітлення на жорстких поперечках при освітленні міжколій та шляхів є зменшення витрат на електроенергію порівняно з використанням прожекторного освітлення з традиційними джерелами світла та відсутність витрат, пов'язаних з експлуатацією, що досягається за рахунок:

- зниження споживаної електроенергії світлодіодними прожекторами порівняно з традиційними (3-х – 5-кратне порівняно з традиційними на базі газорозрядних ртутних ламп);
- збільшення в рази експлуатаційної надійності та строку служби;
- фактична відсутність експлуатаційних витрат, пов'язаних із заміною ламп;
- механічна стійкість світильників – використовуються високоміцні алюмінієвий сплав та полімерні матеріали;

- екологічна чистота – не потрібно витрат на спеціальну утилізацію відпрацьованих ламп, що ртуть містять;
- зниження витрат за електропроводку з допомогою зменшення перерізу проводів;
- зниження вартості підключення споживача до регіональних електричних мереж внаслідок зменшення електричної потужності приєднання;
- висока механічна міцність, вібростійкість та надійність внаслідок відсутності скляної колби та пальника;
- коефіцієнт використання світлового потоку світлодіодних прожекторів та світильників вище у 55%, тоді як у світильників та прожекторів на основі традиційних джерел світла рідко перевищує 30%
- відсутність шкідливого ефекту низькочастотних пульсацій (стробоскопічного ефекту), властивого газорозрядних джерел світла;
- миттєве запалювання при подачі напруги живлення і незалежність працездатності від низьких температур навколишнього повітря.

Розрахунок енергоефективності світлодіодної системи освітлення зроблений на зіставленні витрат на електроенергію, експлуатаційних витрат на встановлення нової та обслуговування нової та існуючої систем.

Повна потужність, що споживається існуючою системою освітлення на території станції складає $P_{заст} = 93800 \text{ Вт} = 0,0938 \text{ МВт}$.

АТ «Укрзалізниця» використовує різні класи напруги для забезпечення електропостачання своїх об'єктів, зокрема для зовнішнього освітлення. Згідно з чинними тарифами на послуги з розподілу електроенергії, встановленими Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), для споживачів, приєднаних до електричних мереж АТ «Укрзалізниця», діють наступні тарифи [33]

- 1 клас напруги: 429,44 грн/МВт·год (без ПДВ)
- 2 клас напруги: 1 782,25 грн/МВт·год (без ПДВ)

Розрахунок добового, місячного та річного споживання:

- за добу: $93,8 \text{ кВт} \times 12 \text{ год} = 1125,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$
- за місяць (30 днів): $1125,6 \times 30 = 33\,768 \text{ кВт} \cdot \text{год}$
- за рік (365 днів): $1125,6 \times 365 = 410\,844 \text{ кВт} \cdot \text{год}$

Тоді річні витрати на оплату електроенергії порашовані у табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Розрахунок вартості споживання для двох класів напруги станції

Параметр	Тариф (грн/МВт·год)		Вартість споживання (грн)	
	1 клас напруги	2 клас напруги	1 клас	2 клас
Добове споживання (кВт·год)	1125,6	1125,6	$429,44 \times (1125,6 / 1000) = 483,38$	$1\,782,25 \times (1125,6 / 1000) = 2\,008,73$
Місячне споживання (кВт·год)	33\,768	33\,768	$429,44 \times (33\,768 / 1000) = 14\,501,45$	$1\,782,25 \times (33\,768 / 1000) = 60\,089,09$
Річне споживання (кВт·год)	410\,844	410\,844	$429,44 \times (410\,844 / 1000) = 176\,658,63$	$1\,782,25 \times (410\,844 / 1000) = 673\,724,27$

Встановлена потужність, що споживається проектованою світлодіодною системою освітлення на території станції Огульці складає $29370 \text{ Вт} = 0,2937 \text{ МВт}$. Проведемо аналогічні розрахунки витрат електроенергії

Розрахунок добового, місячного та річного споживання:

За добу: $29,37 \text{ кВт} \times 12 \text{ год} = 352,44 \text{ кВт}$

За місяць (30 днів): $352,44 \times 30 = 10\,573,2 \text{ кВт}$

За рік (365 днів): $352,44 \times 365 = 128\,139,6 \text{ кВт}$

Тоді річні витрати на оплату електроенергії при заміні на енергоефективні світильники буде становити наступне (див. табл. 4.2)

Таблиця 4.2 – Розрахунок вартості при заміні світильників

Параметр	1 клас (грн)	2 клас (грн)
Добове споживання	$429,44 \times (352,44 / 1000) = 151,34$	$1\,782,25 \times (352,44 / 1000) = 627,97$
Місячне споживання	$429,44 \times (10\,573,2 / 1000) = 4\,537,71$	$1\,782,25 \times (10\,573,2 / 1000) = 18\,842,88$
Річне споживання	$429,44 \times (128\,139,6 / 1000) = 55\,008,77$	$1\,782,25 \times (128\,139,6 / 1000) = 228\,267,51$

Розрахуємо економію для кожного періоду (добового, місячного, річного) між 1 класом напруги та 2 класом напруги.

Добова економія складе $627,97 - 151,34 = 476,63$ грн

Місячна економія становитиме $18\,842,88 - 4\,537,71 = 14\,305,17$ грн

Річна економія: $228\,267,51 - 55\,008,77 = 173\,258,74$ грн

Таким чином, за умови середньодобового споживання 29,37 кВт протягом 12 годин економія становить: 476,63 грн на добу; 14 305,17 грн на місяць; 173 258,74 грн на рік. Економія електроенергії складе (табл. 4.3)

Таблиця 4.3 – Річна вартість електроенергії

Клас напруги	До заміни (грн)	Після заміни (грн)	Економія (грн)	Економія електроенергії , %
1 клас	176 658,63	55 008,77	121 649,86	$176658,63 / 55008,77 \approx 3,21$
2 клас	673 724,27	228 267,51	445 456,76	$673\,24,27 / 228267,51 \approx 2,95$

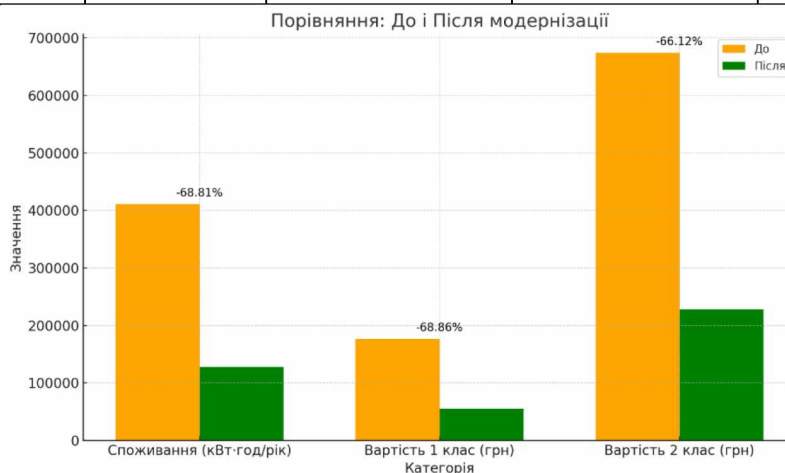


Рисунок 4.2 – Порівняння споживання електроенергії та витрат до і після модернізації

Заміна обладнання з потужністю 93,8 кВт на 29,37 кВт призвела до зменшення річного споживання електроенергії у 3,21 раза.

Отже, технічна модернізація дозволяє суттєво знизити експлуатаційні витрати, незалежно від класу підключення. З усього цього можна зробити висновок, що світлодіодна система освітлення в рази економніша за існуючі старі системи.

4.3. Вимоги електробезпеки

4.3.1 Вимоги безпеки при монтажі та експлуатації системи

Роботи необхідно виконувати відповідно до вимог робочого проекту з дотриманням технології виконання робіт та чинних норм та правил ПУЕ [11, 26-28, 34-36].

Особливі умови виконання робіт - роботи проводяться поблизу діючих електроустановок, на висоті, в умовах руху поїздів.

Роботи повинні проводитися навченим персоналом, що має відповідну групу допуску та допущеним залізницею до виконання робіт, з дотриманням вимог нормативних документів щодо забезпечення правил безпечного проведення робіт, у тому числі відповідно до таких документів: Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) [11]; Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС) [26]; Правила безпечної експлуатації електроустановок (ПБЕЕ) [28]; Державні будівельні норми (ДБН В.2.5-27-2006) "Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд" [27].

Виконавець робіт забезпечує виконання необхідних заходів щодо безпечного виконання робіт та правил пожежної безпеки.

До початку робіт з монтажу та введення в експлуатацію системи виробник робіт оформлює Проект виконання робіт (ПВР) та погоджує його у причетних службах залізниці [34-36].

До початку виконання робіт член бригади зобов'язаний:

- пройти попередній медичний огляд, при цьому повинен повідомити медичну комісію всі дані про стан свого здоров'я;
- отримати інструктажі з безпеки виконання робіт: вступний і після цього первинний на робочому місці – у безпосереднього начальника;
- отримати на руки під розпис інструкцію (інструкції) з охорони праці за своєю професією, з безпечного виконання певних робіт та інші нормативні документи з охорони праці;

- пройти навчання з охорони праці;
- пройти перевірку знань з охорони праці за своєю професією та видами робіт, що доручаються; отримати посвідчення із результатами перевірки знань;
- пройти спеціальну підготовку з надання першої долікарської допомоги;
- перевірити перед початком роботи на своєму робочому місці наявність, комплектність та справність необхідних засобів захисту, пристроїв, пристроїв для захисту, інструменту, приладів контролю та безпеки; повідомити свого безпосереднього керівника про наявні недоліки.

У процесі роботи член бригади зобов'язаний:

- суворо дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку;
- дотримуватись положень отриманих ним інструкцій з охорони праці (при виконанні робіт підвищеної небезпеки крім інструкцій – правил та норм з охорони праці) відповідно до покладених на нього обов'язків, наказів та вказівок керівника підприємства;
- виконувати лише ті роботи і лише в тому обсязі, який визначено завданням (розпорядженням) безпосереднього керівника;
- виконувати розпорядження лише свого безпосереднього керівника;
- використовувати лише за призначенням видані йому засоби захисту, пристрої, інструмент, прилади контролю та безпеки, не користуватися засобами захисту та ін., отриманими або взятими на стороні;
- берегти і зберігати майно, що належить підприємству, видані засоби захисту, інструмент, пристрої, прилади контролю та безпеки;
- повідомляти свого безпосереднього керівника про вихід із ладу або про відсутність засобів захисту, інструменту, пристроїв тощо;
- вживати заходів щодо запобігання нещасним випадкам та захворюванням на виробництві щодо товаришів по роботі;

- негайно повідомляти свого безпосереднього керівника про всі випадки несправності обладнання та порушення вимог безпеки, аварійні ситуації, загоряння та пожежі, нещасні випадки та захворювання в процесі виробництва;

- у разі нещасного випадку негайно надати на місці першу допомогу потерпілому (або собі) та викликати швидку допомогу будь-яким засобом зв'язку або через оточуючих;

- негайно припинити роботу у разі виникнення аварійної ситуації, небезпеки пошкодження свого здоров'я або здоров'я навколишніх людей або їх загибелі.

Перед початком експлуатації системи обслуговуючий персонал повинен вивчити Посібник з експлуатації та пройти інструктаж підприємства-виробника.

4.3.2. Вимоги безпеки під час експлуатації кабельних ліній

4.3.2.1. Загальні вимоги щодо безпеки робіт. До робіт з монтажу та ремонту кабельних ліній можуть бути допущені електромонтажники, що пройшли:

- медичний огляд під час прийому на роботу;
- періодичний медичний огляд відповідно до наказу Міністерства охорони здоров'я;
- вступний інструктаж з техніки безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки;
- інструктаж з техніки безпеки на робочому місці, який проводиться при кожній зміні умов та характеру роботи.

Позаплановий інструктаж проводять при:

- зміні правил охорони праці;
- зміні технологічного процесу, заміні або модернізації обладнання, пристроїв та інструменту та інших факторів, що впливають на безпеку праці;

- порушенні працівниками вимог техніки безпеки праці, які можуть призвести до травми, аварії чи пожежі;
- перервах понад 30 календарних днів під час виконання робіт, до яких пред'являються додаткові вимоги щодо техніки безпеки, а саме: паяння свинцевих оболонок, робота з використанням електричного або порохового інструменту, ремонт та обслуговування електроустановок, газозварювальних робіт, а при перервах 60 днів – для решти робіт.

Поточний інструктаж проводять з електромонтажниками, що виконують прокладання кабелю в колодязях, тунелях, колекторах, а також роботи з використанням електричного та порохового інструменту та на діючих кабельних лініях.

Ремонтні роботи з відновлення кабельної лінії необхідно проводити після зняття напруги з кабелю та встановлення захисних заземлень з обох кінців кабельної лінії. Так, відповідно до правил техніки безпеки ремонтні роботи на кабелі відносяться до робіт з частковим зняттям напруги незалежно від наявності та числа прокладених поруч кабелем інших кабельних ліній.

4.3.2.2. Правила безпеки під час виконання земляних робіт. Перед риттям траншей та котлованів, пов'язаних з ремонтом або прокладанням кабелю в зоні розташування підземних споруд та комунікацій, необхідно попередньо призначити керівника робіт та отримати письмовий дозвіл на виконання робіт від підприємства чи організації, відповідальних за експлуатацію цих споруд та комунікацій. До дозволу має бути доданий план із зазначенням розміщення та глибини закладення комунікацій.

Перед початком роботи під наглядом персоналу, який експлуатує кабелі, організацією, що виконує земляні роботи, має бути здійснено контрольний розтин ґрунту (виконаний шурф) для уточнення розташування та глибини прокладки кабелю та встановлено тимчасову огорожу.

У разі виявлення не зазначених на кальках (планах) кабелів, трубопроводів, підземних споруд, а також боєприпасів земляні роботи необхідно терміново припинити та повідомити про це відповідального

керівника робіт або керівництва підприємства. Продовження робіт можна виконувати після отримання дозволу від відповідних організацій та керівництва підприємства.

Не допускається розкопки землерийними машинами в охоронній зоні кабельних ліній, тобто, на відстані менше 1 м, а також застосування кліп-баби (це ударний механізм, який використовується для забивання паль, шпунтів та інших елементів у ґрунт) та аналогічних механізмів ударної дії на відстані менше 5 м від кабелів.

Дозволяється при розкопках застосування землерийних машин у межах охоронної зони кабельних ліній лише персоналу, який експлуатує ці лінії.

Застосування відбійних молотків для розкриття покриву над кабелями та землерийних машин для виїмки ґрунту, а також бруків та кирок для розпушування ґрунту допускається тільки на глибину, при якій до кабелів залишається шар ґрунту не менше 0,3 м. Подальша виїмка ґрунту повинна проводитися лопатами.

Траншеї та котловани при глибині понад 1 м слід виконувати з укосами. У разі виконання вертикальних стіноку разі появи плавунів або підйому ґрунтових вод стінки повинні зміцнюватися дошками, стійками та розпівками.

При копанні траншей у слабкому або вологому ґрунті, коли існує загроза обвалу, їх стіни також повинні бути надійно укріплені. У сипких ґрунтах роботи можна вести без кріплення, але з укосами не менше 15° від вертикальної стінки траншеї.

У ґрунтах природної вологості за відсутності ґрунтових вод і розташованих поблизу підземних споруд риття котлованів та траншей з вертикальними стінками без кріплення дозволяється на глибину не більше 1 м у насипних, піщаних та великоуламкових ґрунтах, 1,25 м у супесях, 1,5 м у суглинках.

У щільних зв'язкових ґрунтах траншеї з вертикальними стінками рити роторними та траншейними екскаваторами без встановлення кріплень допускається на глибину не більше 3 м. У цих випадках спуск людей у траншеї заборонено.

У місцях траншеї, де потрібне перебування людей, повинні бути влаштовані кріплення або виконані укоси.

У зимову пору року розробка ґрунту (крім сухого) на глибину промерзання допускається без кріплень.

Кріплення траншей та котлованів глибиною 3 м і більше має бути виконане інвентарними щитами, передбаченими типовими проектами для даної ділянки кабельної траси.

«Козирки», що утворилися над траншеєю, і камені, що залишилися на укосах, повинні бути негайно обрушені, при цьому електромонтажники в цей час повинні бути виведені з небезпечних зон.

Котловани та траншеї мають бути огорожені. На огорожі мають бути попереджувальні знаки та написи, а в нічний час – сигнальне освітлення. Під час виконання аварійно-відновлювальних робіт необхідно застосовувати освітлення на напругу 12 В. Світильники повинні бути встановлені на крайніх щитах огорожі.

4.3.2.3. Правила безпеки робіт під час прокладання кабелів. Навантаження і розвантаження барабанів з кабелем повинні проводитися з застосуванням вантажопідйомних машин біля брівки траншей (не ближче 1 м) *забороняється*. Розмотування кабелю необхідно виконувати тільки в брезентових рукавицях. При перенесенні кабелю на плечі слід кабель нести на плечі, яке при переміщенні кабелю звернене в бік траншеї.

На трасах, що мають повороти, забороняється під час прокладання стояти всередині кутів повороту кабелю, а також підтримувати кабель на кутах повороту або відтягувати його руками. Для цього в місцях повороту повинні бути встановлені кутові ролики.

При розкочуванні кабелю з транспортера, що пересувається, кабелеукладача, зі спеціально обладнаної автомашини або трубоукладача приймати і укласти кабель повинні не менше 2 чоловік.

Протягування кабелів через отвори в стінах допускається за умови знаходження робітників по обидва боки стіни. При протягуванні кабелів через отвори, міжповерхові перекриття та труби необхідно вживати запобіжних заходів від попадання рук працюючих у отвори або труби.

Підйом, кріплення та рихтування кабелю, вага 1 м якого більше 1 кг, з приставних сходів та драбин забороняються.

При протягуванні кабелю за допомогою лебідок через трубні блоки з проміжними кабельними колодязями повинна бути забезпечена чітка подача команд для робітників, що знаходяться в колодязях або камерах, телефоном, радіо або через зв'язкових робітників,

Перекладати кабелі та переносити муфти слід після відключення кабельної лінії та її заземлення.

Перекладання кабелів, що знаходяться під напругою, допускається у разі потреби, але тільки при виконанні наступних умов:

- кабель, що перекладається, повинен мати температуру не нижче 10 градусів муфти на ділянці, що перекладається, повинні бути жорстко укріплені дошками, які також жорстко скріплені металевими хомутами;
- при роботі повинні бути застосовані діелектричні рукавички, поверх яких для захисту від механічних ушкоджень мають бути надіті брезентові рукавиці;
- роботи повинні виконувати електромонтажники, які мають досвід прокладання кабелів під наглядом керівника робіт, що має V групу.

Відкриті муфти повинні зміцнюватися на дошці, підвішеній за допомогою дроту або троса до перекинутих через траншею брусів, і закриватися коробами. Одна стінка коробки повинна бути знімною та закріплюватися без застосування цвяхів.

На короби, що закривають відкопані кабелі, необхідно вивішувати попереджувальні плакати з питань безпеки.

Забороняється використовувати для підвішування кабелів сусідні кабелі, трубопроводи тощо. Підвішувати кабелі слід, не допускаючи їх зміщення.

4.3.2.4. Правила безпеки при розтині муфт та розрізанні кабелю.

Перед розкриттям муфт або розрізанням кабелю необхідно переконатися в тому, що робота проводитиметься на кабелю, що підлягає ремонту, що цей кабель вимкнено та виконано технічні заходи, необхідні для допуску до робіт на ньому.

На робочому місці кабель, що підлягає ремонту, слід визначати:

- при прокладанні кабелю в тунелі, колекторі, каналі та інших кабельних спорудах або по стінах будівель – простежуванням, звіркою розкладки з кресленнями та схемами, перевіркою по биркам;
- при прокладанні кабелю у землі – звіркою його розташування з кресленнями прокладки. Для цієї мети повинна бути попередньо прорита контрольна траншея (шурф) упоперек пучка кабелів, що дозволяє бачити всі кабелі.

У всіх випадках, коли відсутнє видиме пошкодження кабелю, слід застосовувати кабелюльний апарат з накладною рамкою.

Перед розрізанням кабелю або розтином сполучної муфти необхідно перевірити відсутність напруги за допомогою спеціального пристрою. У тунелях, колекторах, колодязях та інших кабельних спорудах пристрій допускається застосовувати за наявності дистанційного керування ним. Пристрій повинен забезпечувати прокол або розрізання броні та оболонки кабелю до жил із замиканням їх між собою та заземленням.

Для заземлення пристосування, що проколює, можуть бути використані заземлювач, занурений у ґрунт на глибину не менше 0,5 м, або броня кабелю. Приєднувати заземлювальний провідник до броні слід за допомогою хомутів; броня під хомутом має бути зачищена.

У тих випадках, коли броня зазнала корозії, допускається приєднання заземлювального провідника до металевої оболонки кабелю.

Якщо внаслідок пошкоджень кабелю відкриті всі струмопровідні жили, відсутність напруги можна перевіряти безпосередньо покажчиком напруги без проколу кабелю.

При використанні ізолюючої шланги з голкою та різальним наконечником необхідно застосовувати спеціальний захисний екран.

При проколі кабелю слід надягати діелектричні рукавички і захисні окуляри, при цьому стояти потрібно на ізолюючій підставі зверху траншеї якомога далі від кабелю, що проколюється.

Прокол кабелю повинні виконувати два працівники – допускаючий та виробник робіт; один із них безпосередньо проколює кабель, а другий спостерігає.

Розкривати з'єднувальні муфти і розрізати кабель у випадках, коли попередній прокол не робиться, слід заземленим інструментом, надівши діелектричні рукавички і захисні окуляри і стоячи на ізолюючому підставі. Після попереднього проколу ті ж операції на кабелі можна виконати без додаткових заходів безпеки.

Висновки до розділу 4

Економічне обґрунтування довело доцільність модернізації. Заміна обладнання потужністю 93,8 кВт на 29,37 кВт зменшила річне споживання електроенергії у 3,21 раза. Нові технології дозволяють знизити експлуатаційні витрати, підвищити безпеку й енергоефективність системи незалежно від класу підключення

ВИСНОВКИ

Аналіз існуючої системи зовнішнього освітлення показав її недостатню ефективність у плані енергоспоживання, високі експлуатаційні витрати, моральне і фізичне зношення обладнання. Виявлені недоліки стали підставою для техніко-економічного обґрунтування необхідності реконструкції системи на основі сучасних світлодіодних технологій.

Запропоновано модернізовану систему освітлення з використанням LED-світильників, які відзначаються високим світловим потоком, низьким енергоспоживанням, довговічністю (до 50 000 годин), стійкістю до впливу навколишнього середовища, а також простотою в обслуговуванні.

Розміщення світильників на жорстких поперечинах дозволяє рівномірно розподілити світловий потік по всій території об'єкта.

Під час виконання проєкту було здійснено світлотехнічний розрахунок системи зовнішнього освітлення із застосуванням СВД-світильників. Розрахунки проводились у середовищі DIALux урахуванням реальних кривих сили світла для СВД-світильників серії AY, що дозволило точно змодельовати умови роботи освітлювальної установки з урахуванням просторової конфігурації об'єкта, висоти кріплення світильників, їх фотометричних характеристик та кількості.

Під час виконання проєкту досягнуто нормованого рівня освітленості не менше 5 лк, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-28:2006 для територій загального користування промислових підприємств; забезпечено рівномірність освітлення, що покращує візуальний комфорт та безпеку на території в темну пору доби. Максимальні значення сягали до 120 лк на окремих ділянках, що свідчить про достатній світловий потік.

Проведено підбір світильників за світловим потоком, кривою сили світла, кутом розсіювання, ступенем захисту IP та енергоефективністю. Нерівномірність освітлення (відношення E_{max}/E_{min}) у межах 6,5–11,5, що не перевищує граничного нормативу 15:1 на жодній ділянці.

Розрахунки виконані з коефіцієнтом запасу 1,3, що враховує зниження світлового потоку з часом і забруднення світильника.

Під час виконання проекту було розроблено електротехнічну частину системи зовнішнього освітлення.

Розраховано сумарне електричне навантаження, що визначає вибір захисної апаратури, перерізу кабелів та трансформаторної потужності (при потребі). Всього встановлено 326 світлодіодних світильників різної потужності: 128 світильників серії АУ, 150 W; 136 – світильників серії АУ, 120 W; 41 – світильників серії АУ, 100 W; 21 – світильників серії АУ, 80 W.

Загальна встановлена потужність проекрованої світлодіодної системи становить 29,37 кВт, що на 68,7% менше порівняно з існуючою системою потужністю 93,8 кВт. Система живиться від мережі 380/220 В змінного струму через РУ-0,4 кВ існуючих трансформаторних підстанцій КТП-1, ТП-гараж ПЧ, ТП-РШ.

Розрахунок кабелів і захисту виконано з урахуванням допустимого навантаження, знижень напруги та захисту від короткого замикання. Застосовані кабелі прокладаються в гофротрубі, стійкій до УФ та морозу.

Визначено точки підключення до електричної мережі підприємства з урахуванням резервування та мінімізації витрат на прокладку кабельних ліній. Електричні лічильники здійснюють контроль активної й реактивної енергії, параметрів трифазної мережі, мають інтерфейс RS485 та входять до складу системи диспетчеризації.

Підібрано комутаційну та захисну апаратуру (автоматичні вимикачі, реле контролю, запобіжники), що забезпечує ефективний захист від короткого замикання, перевантаження, перенапруг і блискавкових розрядів.

Передбачено автоматизовану систему керування освітленням, яка реалізується на базі ZigBee-технології. Вона дозволяє дистанційно вмикати/вимикати освітлення, контролювати параметри споживання, виявляти несправності в режимі реального часу.

Економічний розділ проєкту підтверджує доцільність модернізації. Заміна обладнання з потужністю 93,8 кВт на 29,37 кВт призвела до зменшення річного споживання електроенергії у 3,21 раза.

Питання безпеки життєдіяльності та електробезпеки проєктом приділено особливу увагу. Розроблено комплекс організаційних і технічних заходів, які відповідають вимогам ПУЕ, ДБН та інших нормативних актів, зокрема щодо захисту від ураження електричним струмом, пожежної безпеки та охорони праці під час монтажу і експлуатації системи.