

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: «Розробка електропостачання системи енергоощадного освітлення території сільськогосподарського підприємства»

КРБ.141ЕЕбд_41.06.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«*Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка*»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи *141ЕЕбд_41*
ЯРОШЕНКО Владислав

Керівник: канд. техн. наук, доцент
БИЧКОВ Ярослав

Полтава – 2025 р

ВСТУП

Проектування систем освітлення інколи вимагає креативного підходу в поєднанні з інженерними методами.

Планування освітлювальних установок слід базувати насамперед на практично перевірених технічних рішеннях, аналізі технічних труднощів, економічних чинниках, а також можливостях удосконалення й оновлення системи.

Освітлення є важливим елементом технологічного процесу, що дозволяє підвищити ефективність виробничих операцій. У наш час активно розвивається сегмент світлодіодних джерел світла та відповідних світильників.

У кваліфікаційній роботі розглядаються відповідні задачі, які розкриваються з різною глибиною залежно від стадії розробки.

Під час створення освітлювальної установки необхідно враховувати просторові особливості об'єкта, а також ознайомитися з переліком наявного устаткування, щоб обрати найкраще проектне рішення.

Проектована система повинна створювати комфортне освітлювальне середовище з правильним кольоровим балансом, що сприяє покращенню питань безпеки, підвищенню продуктивності праці та зменшенню зорового навантаження.

Окрім цього, система освітлення має бути технологічною, зручною в експлуатації, а також економною щодо енерговитрат і використаних матеріалів.

Мета роботи розроблення електропостачання системи енергоощадного освітлення території сільськогосподарського підприємства.

Об'єкт розробки підприємство агропромислового комплексу з парком транспортних засобів і сільськогосподарської техніки.

Предмет розробки система автоматичного освітлення території сільськогосподарського підприємства.

Методика досліджень комплексний аналіз систем та засобів реалізації енергоефективного освітлення зовнішньої території сільськогосподарського підприємства. Розрахунок основних показників для реалізації проекту, графічне відображення технологічних процесів, визначення параметрів електричних

елементів, економічна оцінка та безпека технічного обслуговування електроустановок з напругою до 1000 В

Практичні результати роботи – результати розробленої проектної документації можуть бути рекомендовані для впровадження на підприємствах агропромислового комплексу.

Результати досліджень опубліковані у матеріалах X всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні аспекти систем безпеки праці, цивільного захисту та захисту інтелектуальної власності», м. Полтава, 8-9 квіт. 2025 р. (Додаток А)

1 АНАЛІЗ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ

1.1 Характеристика зорових задач

Основною задачею для освітлення є створення такого світлового середовища на території, яке зможе забезпечити ефективну зорову діяльність, з урахуванням фізіологічних вимог зору, норм гігієни праці та безпечних умов тощо.

Найближчими за характеристиками до природного освітлення є лампи денного світла або люмінесцентні джерела. Проте їхній недолік – мерехтіння світлового потоку з частотою 50 Гц, що зумовлює перенапруження очних м'язів, кришталіка й нервової системи, викликаючи втому та погіршення загального стану.

Останніми роками з'явилися сучасні світлові джерела – світлодіодні лампи, які не мають згаданих вище негативних ефектів. Однак через високу ціну вони ще не отримали широкого розповсюдження, хоча їх використання поступово зростає.

Отже, відповідний рівень освітлення – як у побуті, так і в умовах виробництва – має суттєве значення для збереження здоров'я.

1.2 Характеристика освітленості та коефіцієнту запасу

Око реагує на фізичні характеристики світла: сила світла (I) — це просторова щільність світлового потоку у певному напрямку, що вимірюється в канделах (кд); яскравість (U) визначається як відношення сили світла до площі освітленої поверхні; світловий потік (Φ) вимірюється в люменах (лм); освітленість (E) у люксах (лк) — це щільність потоку світла, який падає на одиницю площі (S , м²). Ці величини пов'язані співвідношенням: $E = \Phi / S$ (1 лк = 1 лм/м²).

Нормовані значення освітленості визначені у ДБН В.2.5-28:2018 [1]. Їх вибір залежить від габаритів об'єкта, контрастності з фоном, характеристик поверхні

навколо та типу світлового джерела.

Навіть якісно розроблена та реалізована система освітлення з часом може не відповідати встановленим вимогам. Причинами цього є забруднення світильників або джерел світла, а також зменшення відбивної здатності їхніх елементів. Щоб уникнути зниження рівня освітленості нижче допустимого, під час проектування необхідно враховувати спеціальний коефіцієнт запасу [2].

Обраний напрямок світлового потоку, який спрямовується на робочу площину, впливає на сприйняття розміру об'єкта. Це зазвичай оцінюють за величиною тіні, що формується самим об'єктом або його гранню на прилеглому фоні.

Визначений рівень нормованої освітленості тісно пов'язаний з типом застосованої системи освітлення. Особливості комбінованого варіанту, що поєднує світильники загального призначення та додаткові джерела світла, розміщені поблизу місця роботи, дозволяють досягати значно вищої яскравості на поверхні виконання завдань. Саме тому для такої системи нормативи освітленості суттєво перевищують відповідні показники, встановлені для суто загального освітлення. Однією з найскладніших задач при визначенні необхідного рівня освітлення є встановлення контрастності та розмірів об'єкта, який має бути чітко розпізнаним [3, 4].

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018, для зовнішнього освітлення встановлюємо необхідну нормовану освітленість і коефіцієнт запасу, після чого заносимо ці дані до таблиці 1.1 [1].

Таблиця 1.1 – Нормована освітленість та коефіцієнт запасу для територій підприємств.

Зона	Мінімальна освітленість (лк)	Особливості
1	2	3
Основні проїзди та пішохідні доріжки	≥ 10 лк	Рівномірне освітлення
Зона розвантаження/завантаження	$\geq 20-50$ лк	Посилене освітлення, з урахуванням роботи

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Відкриті склади (зерно, добрива тощо)	$\geq 20-50$ лк	Залежно від режиму роботи
Майданчик стоянки техніки	≥ 10 лк	
Контурна охорона/периметр	$\geq 10-20$ лк	Залежно від вимог охорони
Аварійні виходи, пункти доступу до води/гідрантів	≥ 5 лк	Постійне освітлення або з резервним живленням

1.3 Аналіз існуючих джерел електричного освітлення

Середній термін служби ламп розжарювання становить близько року при середній інтенсивності їх використання (влітку: вранці не користуємося, ввечері – з 21.00 до 23.00, близько 5 включень і виключень в день; взимку: вранці – з 6.30 до 7.30, ввечері з 18.00 до 23.00, близько 10 включень і виключень в день). Звідси випливає, що лампи розжарювання повинні встановлюватися таким чином, щоб в подальшому їх можна було легко замінити. Навіть дизайн побутових люстр вибирався саме з цієї умови. Розміри ламп розжарювання світильника визначаються виходячи з умов ефективного відведення тепла і істотно зменшити її розміри при збереженні колишньої потужності не представляється можливим.

Зазначимо далі, що лампи розжарювання є точковими джерелами світла. За що світлодіоди іноді критикують, це свого роду норма для ламп розжарювання, людина при здоровому глузді не буде дивитися на спіраль лампи розжарювання, в той час як матові лампи не набули широкого поширення. Саме тому (і з естетичних міркувань) лампи розжарювання використовуються всередині різних світильників – люстр, бра, торшерів. Але тут ми стикаємося з головним недоліком ламп розжарювання – їх відносно невисоким ККД. Звідси випливає, що такі лампи сильно нагріваються. Правду кажучи, їх це не виведе з ладу. Що ще важливіше, вони є потужними джерелами тепла. Звідси, наприклад, що плафони люстр і

світильників для таких ламп краще робити зі скла, а не з пластику, а тим більше з паперу або тканини, щоб не допустити їх займання.

Таблиця 1.2 — Властивості деяких джерел штучного освітлення

Тип джерела	Світлова віддача (лм/вт)	Відносна світлова ефективність
1	2	3
Вуличний газовий ліхтар	2	0,3%
Лампа розжарювання 100 Вт	13	2,0%
Галогенова лампа 200 Вт	17,6	2,6%
Світлодіодні	10–150	1,5–18%
Люмінесцентна лампа	40–100	6–12%
Теоретичний максимум (монохроматичний зелене світло 555 нм)	683	100%

Але технічний прогрес не стоїть на місці, і наступною з'явилася люмінесцентна лампа. Принцип її дії заснований на повторному випромінюванні ультрафіолетового випромінювання люмінофором (зазвичай використовуються галофосфати кальцію і кальцієво-цинкові ортофосфати), що створюється парами ртуті при подачі на них електричного поля. Творцем сучасної люмінесцентної лампи вважається Едмунд Гермер, який в 1926 році запропонував підвищити робочий тиск всередині колб вже використовуваних газорозрядних ламп і покрити їх лампочки люмінесцентним порошком, що перетворює ультрафіолетове випромінювання, випромінюване збудженою плазмою, в рівномірно біле світло. Пізніше General Electric викупила патент Гермера і під керівництвом Джорджа Інмана вивела люмінесцентні лампи в широке комерційне використання до 1938 року. Але перешкодою є специфічний тип кріплення світильників, необхідність установки додаткового підвісу і додаткових елементів – пускорегулюючих апаратів. Не рекомендувалося використовувати такі лампи в побутовій зоні (в

квартирі) через проблеми з їх утилізацією, через наявність сильного ультрафіолетового випромінювання і мерехтіння в їх спектрі.

Стандартна люмінесцентна лампа являє собою скляну трубку з чотирма електродами на обох кінцях, це досить велике джерело світла. Його форма визначається принципом його роботи: необхідністю значного газового проміжку, необхідного для створення області стійкої іонізації газу. Для кріплення люмінесцентних ламп потрібні спеціальні цоколі. Можливо, це і стало головною причиною того, що люмінесцентна лампа не могла витіснити лампу розжарювання з побутових приміщень.

Люмінесцентна лампа нагрівається набагато менше, ніж лампа розжарювання і має більш високу світловіддачу, але має ряд інших недоліків:

Основним компонентом люмінесцентних (в тому числі і «енергозберігаючих») ламп є ртуть, яка за гігієнічною класифікацією відноситься до першого класу небезпеки (вкрай небезпечна хімічна речовина). Навіть невелика компактна лампа містить 2–7 мг ртуті. Найнебезпечніше для здоров'я те, що ртуть в лампі знаходиться у вигляді парів. Зруйнована або пошкоджена лампочка виділяє пари ртуті, які можуть викликати важке отруєння.

Мерехтіння люмінесцентних ламп. На промислових підприємствах, в цехах, де встановлені машини і необхідно чітко розрізняти рухомі частини механізмів або швидко обертаються частини, пульсація світлового потоку часто може викликати так званий стробоскопічний ефект, який викликає неакуратну обробку деталей, підвищений травматизм, а іноді і загрозу життю. Саме тому люмінесцентні лампи рекомендується використовувати тільки в так званих неробочих зонах різних приміщень.

Деякі люмінесцентні лампи не пристосовані для роботи при температурі повітря нижче 0°C : по-перше, набагато складніше «запалити» ртутний розряд при мінусовій температурі, а по-друге, пари ртуті будуть випромінювати менше ультрафіолету, а, отже, лампа буде горіти більш тьмяно. До цього може додатися нестабільність при роботі з низькою або високою напругою живильної мережі.

Низька надійність при частому включенні: інтервал між виключенням і повторним включенням лампи повинен становити не менше двох хвилин. Тому не бажано використовувати такі лампи з модними зараз акустичними і датчиками руху.

Крім того, відзначимо ще один істотний недолік, який притаманний як газової лампі, так і лампі розжарювання і люмінесцентної лампі – їх низька механічна міцність. При падінні газового клаксона скло розбивається, світло гасне, і газ починає виходити в атмосферу. Розривається спіраль лампи розжарювання, ламається лампочка. У люмінесцентній лампі також розривається спіраль, колба ламається з виділенням парів ртуті. На відміну від них, світлодіодні лампи можуть витримувати прискорення до десятків або навіть сотень g ($9,8 \text{ м/с}$).

Стандартна люмінесцентна лампа і лампа розжарювання світять практично на всі боки. При цьому до споживача надходить тільки половина світлового потоку; Інша половина припадає на стелю (підвіс, абажур і т. Д.) І за умови, що коефіцієнт відбиття поверхні низький, поглинається ним. Світлодіодний світильник зазвичай роблять таким чином, щоб він світив в одну сторону і світловий потік потрапляв саме туди, куди потрібно. Але це і основна проблема, з якою може зіткнутися кінцевий користувач. З одного боку, деякі недобросовісні виробники світлодіодних ламп виготовляють їх з плоскими розсіювачами, завдяки чому лампа з цоколем E27 перетворюється в аналог прожектора (рис. 2.1 а). Оптимальною діаграмою світності є конус з кутом 150 градусів (рис. 2.1 б). Для основ G13 різний напрямок штифтів (вертикальний і горизонтальний) також може бути проблемою, як показано на рис. 2.2. Очевидним вирішенням цієї проблеми з боку виробників світлодіодних ламп є або виготовлення ламп з цоколями двох різних орієнтацій, або використання універсальних (оберткових) цоколів [5, 6].

а) Неправильний тип дифузора, б) Правильний тип дифузора

Рисунок 1.1 – Два підходи до виготовлення світлодіодних ламп – аналогів ламп розжарювання

Рисунок 1.2 – Два варіанти розташування цоколів G13 для світлодіодних ламп – аналогів люмінесцентних ламп

З точки зору кінцевого споживача світильника, важливо мати можливість плавно регулювати його яскравість. Для газової лампи все було просто: відкриваєш кран сильніше – полум'я стає яскравіше, закриваєш – тьмяніше, тьмяніше. Для ламп розжарювання стандартним способом є включення різної кількості ламп. Для цього в житлових будинках навіть встановили два фазних дроти для підключення люстри. Також є можливість плавно регулювати яскравість лампи розжарювання. Перш за все, можливий лінійний спосіб регулювання (збільшення і зменшення амплітуди напруги живлення лампи), наприклад, через автотрансформатор. Але тут ми стикаємося з низкою труднощів. Так, при підвищенні напруги лампа світить яскравіше, але термін її служби зменшується в геометричній прогресії. При зниженні напруги температура нитки розжарювання лампи знижується і, згідно із законом Віна, світлова віддача лампи зменшується. Тобто ми зменшили потужність лампи вдвічі, а освітленість впала в п'ять разів. При цьому спектр лампи ще більше змістився в червону зону.

Для люмінесцентних ламп, як було сказано вище, не рекомендується часто включати і вимикати їх і взагалі міняти напругу живлення.

І тільки для світлодіодних ламп таких обмежень немає в зв'язку з тим, що світлодіод є практично безінерційним приладом. Тут є широкий простір для регулювання його яскравості за допомогою широтно-імпульсної модуляції, головне, щоб його частота була досить високою і не могла бути сприйнята людиною. Більш того, при використанні RGB світлодіодних кластерів є можливість регулювати не тільки яскравість, але і колір світіння [7].

Використання RGB кластерів, крім перерахованого вище, дозволяє збільшити світловіддачу світлодіодних ламп. І справа тут у наступному. В даний

Полтавський державний аграрний університет

час існує три основних способи отримання білого світла від світлодіодів. Перший – це змішування кольорів RGB. На одній матриці щільно розміщені червоний, синій і зелений світлодіоди, випромінювання яких змішується за допомогою оптичної системи, наприклад, лінзи. В результаті виходить біле світло. Другий спосіб полягає в тому, що на поверхню світлодіода, що випромінює в ультрафіолетовому діапазоні, наносяться три шари люмінофора, що випромінюють, відповідно, синій, зелений і червоний світло. Це схоже на те, як світить люмінесцентна лампа. Нарешті, в третьому способі жовто-зелений або зелений плюс червоний люмінофор наноситься на блакитний світлодіод таким чином, що два-три типи випромінювання змішуються, утворюючи біле або майже біле світло. У той же час, через вторинне повторне випромінювання фотонів, ефективність таких світлодіодів не дуже висока. І тільки в першому випадку (RGB кластери) ми отримуємо максимальну світловіддачу.

І все ж, виготовлення світлодіодних ламп, що повторюють форму лампи розжарювання і люмінесцентної лампи – це скоріше данина добрій традиції. SMD світлодіоди мають висоту не більше 5 мм. Тому не дарма плоскі світлодіодні лампи займають все більшу частку серед світильників, як показано на рисунку 2.3.

Рисунок 1.3 – Світлодіодний плаский світильник

А тепер спробуємо оцінити, як зміняться розглянуті світлодіодні лампи через двадцять років. Перш за все, нагадуємо, що вартість світлодіодів буде падати, при цьому нижній поріг, до якого може впасти ціна одного люмену, на даний момент не визначений. Більш того, принцип роботи світлодіодів (квантово-випромінюючий перехід) може дати коефіцієнт світлової ефективності, близький до технологічно досяжного. Це не тільки збільшить відносну яскравість світлодіодів, але і буде означати, що лампи будуть менше нагріватися, що впадеться з їх нагріванням – одна з головних турбот розробників світлодіодної

Полтавський державний аграрний університет

продукції. При цьому технологія виробництва світлодіодних ламп, швидше за все, буде розділена на два напрямки, що не перетинаються:

Перший напрямок буде представлено поодинокими надпотужними світлодіодами. Їх потужність вже досягає десятків ват, що дає можливість використовувати їх в якості односточкових джерел світла.

Другий напрямок буде представлено так званою «світловою плівкою». Також ведеться робота в цьому напрямку. Вже з'явилися світлодіодні кластери із загальним люмінофором. При цьому (в ідеалі) цю плівку можна буде розрізати на деталі будь-якого розміру і форми, а також зігнути при необхідності для додання їй будь-якої форми. Першими ознаками в цьому напрямку є світлодіодні стрічки на скотчі і OLED панелі.

Світлодіодні лампи або світильники на базі світлодіодів використовуються для освітлення в побуті, промисловості та на вулицях. Їхнім джерелом світла слугують саме світлодіоди. Лампа такого типу складається з набору світлодіодів та блоку живлення, який перетворює струм із мережі на постійний низьковольтний.

Підвищена температура негативно впливає на роботу світлодіодів, тому для охолодження подібні лампи часто обладнують радіаторами або ребрами тепловідведення [8]. Тривалість служби та енергоефективність цих пристроїв значно перевищують аналогічні характеристики ламп розжарення й багатьох люмінесцентних джерел. Для зручності заміни старих ламп новими світлодіодними моделі зазвичай виготовляють зі стандартними патронами, як-от E27 та подібні.

На відміну від багатьох люмінесцентних джерел світла (зокрема трубчастих і компактних), світлодіоди миттєво досягають максимальної яскравості без попереднього нагрівання. До того ж, тривалість експлуатації люмінесцентних ламп зменшується через часті ввімкнення та вимкнення, оскільки в їхній конструкції використовуються вольфрамові нитки розжарення. Цих недоліків світлодіодні джерела не мають, хоча їхня початкова ціна зазвичай вища. Більшість LED-ламп не забезпечують рівномірного освітлення в усіх напрямках, проте моделі з круговим розсіюванням світла (на 360 градусів) поступово набувають популярності.

Однією з головних особливостей світлодіодів є те, що вони випромінюють

світло зосередженим пучком, тобто у вигляді спрямованого променя. Такі лампи застосовують як у загальному, так і в спеціалізованому освітленні. У випадках, коли потрібне світло певного кольору, використання світлодіодів є дуже зручним, адже вони не потребують встановлення світлофільтрів, які зазвичай поглинають частину енергії.

Світлодіодні лампи вирізняються довшим строком експлуатації (до 50 000 годин) і вищим показником ефективності (світлова віддача становить 100 Лм/Вт), порівняно з більшістю інших типів ламп (наприклад, у ламп розжарення — лише 12 Лм/Вт), за умови дотримання температурного режиму [9]. Світлодіодні елементи мають компактні розміри, що забезпечує свободу під час створення світильників і дозволяє точно керувати напрямом світлового потоку за допомогою невеликих відбивачів або лінз. Завдяки малій фізичній величині світлодіодів, можливо гнучко налаштовувати просторову структуру освітлення. У пристроях, де застосовується метод змішування кольорів, світлодіоди здатні генерувати широкий спектр відтінків, регулюючи частку світлового потоку в кожному з базових кольорів, що дозволяє досягати їх повного поєднання. У багатокольорових світлодіодних лампах це дає змогу створювати різноманітне світлове оформлення. Деякі сучасні моделі сумісні з димерами – пристроями, які регулюють яскравість, подібно до ламп розжарення чи галогенових. Світлодіоди (рис. 1.4) широко застосовують у велосипедному та автомобільному освітленні, ручних ліхтарях, ландшафтних світильниках, медичних приладах, декоративній ілюмінації, побутових умовах і промисловості.

Світлодіодні лампи (рис. 1.5) не містять токсичних компонентів, таких як ртуть чи свинець, і можуть утилізуватися разом із побутовим сміттям, що сприяє ширшому колу їх використання. Виробники надають гарантію на строк експлуатації до трьох років [10].

Хоча точний діапазон допустимих температур навколишнього середовища не вказано, практика показує, що лампи здатні стабільно працювати в межах від -40° до $+50^{\circ}\text{C}$.

Рисунок 1.4 – Види світлодіодів на прикладі товарів фірми CREE

Рисунок 1.5 – Будова лампи з світлодіодними елементами

На рис. 1.5 зображено лампу з світлодіодними елементами для вуличного застосування. 1 – інтелектуальний драйвер; 2 – розсіювач із полікарбонату; 3 – монтажна плата зі сплаву алюмінію; 4 – силіконовий ущільнювач; 5 – гвинт фіксації розсіювача; 6 – коннектор силового проводу; 7 – гермоввод (вибухозахищене обладнання для небезпечних зон); 8 – планарні світлодіоди.

Висновок до розділу 1

Ефективне освітлення має ключове значення для зорової діяльності, безпеки та здоров'я людини. Найбільш природними є люмінесцентні джерела, проте вони мають значні недоліки: мерехтіння, складність утилізації та наявність парів ртуті. Лампи розжарювання поступово виходять з ужитку через низьку світлову ефективність та високий нагрів. Найсучаснішими і найбезпечнішими є світлодіодні лампи — вони економні, довговічні, механічно міцні та мають гнучкі можливості керування яскравістю й кольором. Водночас важливо правильно обирати тип світильника, враховувати нормативи освітленості та застосовувати коефіцієнт запасу для стабільного рівня освітлення з часом.

2 ВИБІР СИСТЕМ ТА ВИДІВ ОСВІТЛЕННЯ

2.1 Вибір системи освітлення

Під час проектування завжди виникає потреба у виборі типу системи освітлення: загальної (рівномірної або зосередженої) чи комбінованої, яка поєднує загальне та місцеве освітлення. Загальне освітлення слугує не лише для забезпечення світла на робочих поверхнях, а й для освітлення всього простору приміщення. Тому такі світильники зазвичай монтують на стелі або поруч із нею, на значній висоті від зони виконання робіт.

У системах рівномірного загального освітлення світильники розміщують симетрично по всій площі приміщення: відстані між ними та між рядами зберігаються постійними. Такий підхід застосовується тоді, коли потрібно досягти однорідного освітлення всієї внутрішньої площини. Якщо певні зони мають бути освітлені сильніше, але через розмір або особливості виконання робіт неможливо встановити місцеві джерела світла, тоді використовують локалізоване розміщення світильників.

До найбільш поширених способів підвищення контрасту об'єкта розрізнення з фоном можна віднести наступні:

1. Створення глибоких та різких власних тіней від рельєфних об'єктів розрізнення на близькорозміщених ділянках поверхні фону або поверхні самого об'єкта розрізнення за рахунок вибору відповідного напрямку світлового потоку на робочу поверхню. Створення на поверхнях об'єктів розрізнення або поверхні фону дзеркального відбиття світлової поверхні світильника, що досягається вибором відповідних розміру й розміщення світильника відносно робочого місця.

2. Створення різкого розрізнення в коефіцієнтах відбиття різнокольорових об'єктів й фону за рахунок вибору відповідного спектрального складу випромінювання.

3. Покращення візуального сприйняття досягається завдяки вибору джерела світла зі спектральними характеристиками, що підсилюють кольорову

контрастність між об'єктами та їх фоном, з урахуванням різної здатності поверхонь до відбиття світла.

4. Формування силуетного зображення можливе через освітлення робочої зони способом просвічування, якщо пропускання світла об'єктом і фоном відрізняється. У разі наявності проміжку між ними доцільно використовувати екрани з однаковою яскравістю.

Таким чином, у всіх ситуаціях, коли зорове завдання пов'язане з потребою розпізнавати дрібні деталі на оброблюваній поверхні або коли контрастність між об'єктом і фоном недостатня, доцільно застосовувати комбіновану схему освітлення. Вона передбачає наявність локальних світильників, які забезпечують ефективніше виконання зорових операцій. [12]

В останні роки розвиток систем стільникового зв'язку, малогабаритних трансиверів радіочастотних діапазонів, дротових інтерфейсів зв'язку типу RS-485 і здешевлення мікропроцесорних пристроїв створили умови для створення дійсно ефективних і економічно вигідних систем збору даних і управління енергоспоживанням на підприємствах. Такі системи дозволяють підвищити ефективність обліку та управління споживанням електроенергії, а також забезпечують значне зниження енергоспоживання. Технологічний стрибок у розвитку потужних світлодіодів дозволяє створювати високоекономічні та довговічні світильники, придатні для керування [8, 13-16].

Запропонована інтелектуальна енергозберігаюча система світлодіодного освітлення в спорудах і на прилеглих територіях на базі енергозберігаючих світлодіодних ламп передбачає організацію взаємодії різнорідних ліній бездротового і дротового обміну інформацією. У системі реалізовані функції дистанційного керування з віддаленого центру для підключення та відключення світильників, зміни яскравості освітлення, а також регулювання режимів контролю місцевого освітлення.

Управління світильниками забезпечує підтримку штучного освітлення в спорудах і на прилеглих територіях на заданому рівні з урахуванням природної освітленості і можливості регулювати рівень цієї освітленості (рис. 2.1).

Рисунок 2.1 – Схема освітлення будівлі та прилеглої території

Сервер системи має можливість індивідуального налаштування режимів роботи системи (автоматичний, ручний, резервний та їх комбінації) шляхом складання розкладу роботи системи з урахуванням часу доби, дня тижня та присутності людей у приміщенні чи на території підприємства.

Зв'язок між пристроями системи здійснюється по бездротовому і дротовому інтерфейсу RS485 з використанням єдиного уніфікованого протоколу.

Використання бездротових ліній зв'язку дозволяє значно знизити витрати на кабельні з'єднання і трудомісткість монтажних робіт.

Склад комплексу пристроїв освітлювальних систем дозволяє побудувати оптимальні за вартістю і можливостями варіанти систем освітлення для різних типів будівель і приміщень.

Основним базовим елементом комплексу засобів є керовані світлодіодні лампи. Світлодіодні світильники мають ряд переваг перед іншими типами освітлювальних приладів. Порівняльні виміри показують, що світлодіодні світильники вдвічі енергоефективніші, ніж люмінесцентні лампи, і в сім разів енергоефективніші, ніж лампи розжарювання. Важливими перевагами є значно більший термін служби і відсутність шкідливих речовин. На відміну від люмінесцентних ламп, світлодіодами можна швидко керувати яскравістю та увімкненням/вимкненням. Крім того, світильник, маючи інтерфейсні лінії зв'язку, в тому числі і бездротові, може виступати в якості ретранслятора команд і даних для інших пристроїв системи.

Для об'єктів з великою кількістю освітлювальних приладів, поряд з центральним диспетчерським, необхідно мати можливість управління режимами і якісними параметрами освітлення безпосередньо в контрольованому приміщенні чи території. Цю функцію виконує місцева панель управління.

Панель управління виконує:

Вибір режимів роботи:

- "Система" — трансляція інформації з сервера,
- «Місцевий» – управління світильниками,
- «Охорона» — опитування датчиків, передача сигналу тривоги.

Управління:

- ввімкнення світильника чи групи світильників;
- вимкнення світильника чи групи світильників;
- збільшення яскравості;
- зменшення яскравості;
- переведення ламп в автоматичний режим;
- переведення ламп в ручний режим.

До складу системи можуть входити пристрої, які виконують такі функції:

- KSS-11 – GPS-часова синхронізація для систем, суміщених з багатотарифними системами AMR;
- USPD-02 (з живленням від батарейок) – бездротова передача даних від лічильників енергії та різних типів датчиків;
- УСТД-01.6 – збір даних з електролічильників з імпульсним виходом, бездротовою ретрансляцією даних і команд комп'ютерної системи.

Для організації зв'язку з комп'ютером дистанційного керування використовується спеціалізований GPRS/GSM термінал «Gateway», до якого пред'являються підвищені вимоги щодо усунення «зависань».

У комплекс засобів можуть входити такі пристосування:

- датчики освітленості,
- датчики руху, датчики шуму і т.д.
- перетворювачі типів інтерфейсу,
- прилади контролю електроживлення обладнання,
- телеметричні пристрої збору даних,
- обмежувачі потужності,
- лічильники електроенергії та інші види пристроїв збору (перетворення)

даних

Енергія:

- джерела безперебійного живлення для забезпечення аварійного освітлення.

Кількість пунктів обліку і контролю можна легко збільшити за рахунок підключення нових відгалужень до керуючого комп'ютера через додаткові термінали стільникового зв'язку, пристрої збору даних або пульти управління.

Функцію включення/вимкнення ламп, груп ламп та інших пристроїв системи за командою приладів управління виконують блоки управління БАУО, що містять:

- блок силових реле (8 штук) з комутованими навантаженнями на каналі 500 ВА,

- Обмінний блок RS 485 або радіопередавач.

2.2 Вибір видів і елементів системи освітлення

Щодо видів та типів освітлення, встановлення основного освітлення є обов'язковим у будь-якому випадку, навіть якщо передбачене аварійне освітлення, яке забезпечує можливість продовження роботи, необхідне в приміщеннях та на відкритих територіях, коли зупинка основного освітлення може призвести до таких наслідків:

- виникнення вибухів, пожеж або отруєнь людей;
- значні порушення технологічного процесу;
- збої у функціонуванні критично важливої інфраструктури підприємств і населених пунктів, зокрема систем зв'язку, електро- та водопостачання;
- ризик травматизму.

Освітлення має забезпечувати рівень освітленості на поверхнях, що становить 5% від нормативного значення для загального освітлення. Аварійне освітлення, яке слугує для безпечної евакуації, повинно бути передбачене:

- у зонах, де існує ризик для пересування людей;
- на маршрутах евакуації з виробничих або соціальних споруд, у яких перебуває понад 50 осіб;

– у виробничих приміщеннях із числом робочих місць понад 50, а також в інших залах, де знаходиться більше ніж 100 людей.

У проходах аварійне освітлення повинно забезпечувати освітленість не менше 0,5 лк всередині будівель і щонайменше 0,2 лк зовні [1].

У рамках цього проєкту планується застосування загального освітлення, призначеного для рівномірного освітлення необхідної території, включаючи робочі зони. Таке освітлення реалізується одним із двох способів:

– за схемою рівномірного розташування, яку використовують у випадках, коли виробниче обладнання рівномірно розподілене по площі приміщення, а умови зорової діяльності однакові – у цьому випадку необхідне рівномірне світлове середовище. Якщо ж в окремих зонах потрібна різна яскравість, світильники розміщують із урахуванням розташування відповідних зон або обладнання;

– при нерівномірному розташуванні світильників, що кріпляться до стелі приміщення, яке підлягає освітленню чи встановлюється на штангу (стовп) при відсутності інших споруд.

Основним базовим елементом комплексу засобів є керовані світлодіодні лампи.

Система включає в себе два основних типи керованих світлодіодних світильників:

- світильники для охоронного освітлення території типу світильника світлодіодного пило-вологозахищеного ZUM F02-100 6400K IP66 із споживаною потужністю 100 Вт (рис 2.2);
- світильники для робочого освітлення території потужністю понад 100 Вт типу світильника світлодіодного пило-вологозахищеного EVROLIGHT 100Вт 5000K MALAG-100 12000Лм (рис 2.3).

Рисунок 2.2 – Світильник світлодіодний пило-вологозахищений ZUM F02-100 6400K IP66.

Технічні характеристики [17]:

Потужність – 100 Вт

Кількість включень – 50 000

Колірна температура – холодне світло (6400К)

Напруга живлення – 200-240 В

Кут розсіювання – 120 °

Ступінь захисту – IP 66

Строк служби – 30000 г

Робоча температура – -40 +40 С

Розміри, мм – 235×195×29

Світловий потік – 9000 Лм

Індекс кольоропередачі – RA>70

Клас енергоефективності – А+

Коефіцієнт потужності – (PF)>0,9

Виробник– ZUM

Час розігрівання до 60% від повного світлового потоку, с – миттєве повне світло.

Рисунок 2.2 – Світильник світлодіодний пилю-вологозахиснений EVROLIGHT 100Вт 5000К MALAG-100 12000Лм.

Герметичний IP65 світильник для встановлення на штангу. Технічні характеристики [18]:

Напруга – 180-265 V

Потужність – 100 Вт

Гарантія, міс – 60

Колір світіння – денне світло (5000К)

Світловий потік – 12000 Лм

Кут розсіювання – 90*135°

Температурний режим – -40 +50 С

Вологозахист – IP 65

Посадковий діаметр – 65 мм

Довжина, мм – 499

Товщина, мм – 73

Ширина, мм – 202

Рисунок 2.3 – Блок автоматичного управління освітленням (БАУО)

Конструктивне виконання корпусу БАУО [19]:

1. Матеріал корпусу: метал (можливість вибору матеріалу корпусу: пластик, поліестер, метал)
2. Тип корпусу – навісний (або вбудований, на вимогу замовника)
3. Ступінь захисту – IP31 (за бажанням замовника можна виконати й інший ступінь захисту)
4. Кількість модулів – 96 шт
5. Тип фарбування – порошкове, колір RAL7035 (при необхідності можна вибрати інший колір під потреби замовника)
6. Країна виробник – Україна
7. Виробник – ТОВ «Інсталл Груп»

Пристрій збору та передачі даних призначений для дистанційного контролю споживання енергоресурсів, обліку, автоматизації технологічних процесів і може використовуватися як лічильник з можливістю дистанційного збору даних.

Прилад являє собою вторинний перетворювач, реалізує числовий канал вимірювання імпульсів і використовує в якості первинних перетворювачів електrolічильники з імпульсним (телеметричним) виходом. Пристрій перетворює імпульси в одиниці витрати електрики.

NB-IoT модем (рис. 2.4) використовується як ретрансдюсер (радіо-PC485) для обміну, який збирає дані з лічильників [20].

Рисунок 2.4 – Пристрій збору та передачі даних NB-IoT модем

Сервер для збору та обробки енергетичної інформації споруд та територій
Сервер HP ProLiant BL460c G8 2x2.5 [21] складається з двох основних блоків:

«Конструктор» – це наочний інструмент для створення системи. Він дозволяє створювати план об'єкту за допомогою клавіатури та миші, налаштовувати лінії зв'язку між пристроями. Інформація виводиться на екран у вигляді плану з нанесеними на нього зонами та пристроями. Для зручності навігації можна використовувати генеральний план, міні-карту (в правому верхньому кутку відображається весь план в мінімальному масштабі).

«Управління» дозволяє швидко вивести на екран стан системи: наявність зв'язку з приладами, рівень освітленості, стан світильників (ввімкнено/вимкнено). Маючи відповідні права доступу, користувач може безпосередньо керувати світильниками, вибирати режим роботи всієї системи (автоматичний, «за розкладом», локальний та інші), переглядати статистику роботи системи.

У зонах постійної присутності людей встановлюються керовані світильники з ручним і автоматичним режимами регулювання яскравості. У зонах короткострокового перебування встановлюють світильники з датчиками освітленості та акустичними або інфрачервоними датчиками. Пульти управління розташовуються в декількох найбільш використовуваних зонах і на виході з території. Контроль в режимі «Розклад» передбачений для зниження втрат через забудькуватість і для організації ефекту присутності господарів.

Висновок до розділу 2

У проєкті розглянуто вибір систем і видів освітлення для виробничих і прилеглих територій. Пріоритет надається комбінованим системам освітлення, які забезпечують як загальне, так і місцеве світло для покращення візуального сприйняття та точності роботи. Запропоновано використання інтелектуальної енергозберігаючої системи на основі керованих світлодіодних світильників, що підтримують дистанційне управління, адаптацію до природної освітленості й

інтеграцію з датчиками. Система включає аварійне освітлення, передбачає гнучке керування через сервери, локальні панелі, а також здатна до масштабування. Основні технічні засоби – світильники типу ZUM F02-100 та EVROLIGHT MALAG-100, блоки автоматичного керування (БАУО), NB-ІоТ модеми та сервери збору даних.

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

3.1. Опис обраного об'єкту

Відповідно до завдання розрахунок освітлення території агропромислового підприємства проводимо з урахуванням специфіки діяльності на загальній площі освітлення 500 м². Генплан території наведено на рис. 3.1.

Рис. 3.1 – Генплан території об'єкту.

Характеристики зон території агропромислового підприємства:

- Загальна площа об'єкту становить – 1250 м².
- Загальна площа освітлення об'єкту становить – 500 м².
- Основні проїзди та пішохідні доріжки – 106 м²
- Зона розвантаження/завантаження – 250 м²
- Майданчик стоянки техніки – 144 м²
- Контурна охорона/периметр – 150 м.
- Довжина ліній вздовж доріг – 45 м.
- Довжина ліній зони розвантаження – 50 м.
- Висота встановлення освітлювальних приладів – 3 м.
- Висота встановлення охоронного освітлення – 2,5 м.

У зорових роботах основною метою є створення такого світлового середовища в робочих зонах, яке забезпечить належні умови для ефективного виконання візуальних завдань, відповідаючи при цьому вимогам зорової фізіології, санітарним нормам і правилам охорони праці.

3.2 Розрахунок освітлення

Розрахунок системи освітлення будемо проводити точковим методом [5, 7,

22].

Беремо за основу розрахунків геометричні показники території агропромислового підприємства (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Вихідні данні робочих зон

Назва зони	Розмір	Норми освітленості, лк
1 Основні проїзди та пішохідні доріжки	106 м ²	≥10 лк
2. Зона розвантаження/завантаження	250 м ²	≥20–50 лк
3. Майданчик стоянки техніки	144 м ²	≥10 лк
4. Контурна охорона/периметр	150 м	≥10 лк

Відповідно до нормативного документа, рівень освітленості для конкретного приміщення E_n , лк, встановлюється залежно від його функціонального призначення [1].

Для перевірки відповідності освітленості території нормативним документам приймаємо розміщення світлових пристроїв на відстані, що дорівнює висоті їх встановлення, що відповідає відстані до робочої поверхні.

За відомим розташуванням світильників відстань d визначають обмірюванням (розрахунком) за масштабним планом. Відстань між світильниками охоронного освітлення периметру дорівнює 2,5 м.

Використовуючи криві умовної горизонтальної освітленості для вибраного типу світильника, для кожної контрольної точки знаходять відповідні значення умовної освітленості e_n від кожного з найближчих світильників. Після цього визначають сумарне значення умовної освітленості Σe , що створюється всіма найближчими світильниками в кожній точці контролю.

Спираючись на мінімальне значення сумарної умовної освітленості, розраховують необхідний світловий потік Φ_L джерела світла (лампи).

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{1000 \cdot E_{\text{н}} \cdot K \cdot h_p}{\mu \cdot \Sigma e}$$

де $E_{\text{н}}$ – мінімальна освітленість за ДБН В.2.5-28:2018;

K – коефіцієнт запасу, з урахуванням специфіки зовнішнього освітлення, приймаємо $K=1,1$;

μ – коефіцієнт, який враховує вплив світильників, розташованих на відстані, а також внесок відбиваної частини освітлення (приймаємо $\mu = 1,1 \dots 1,15$);

Σe – сума умовної освітленості, графіки умовної освітленості для сучасних джерел світла у довідниковій літературі відсутні, тому приймаємо нижній поріг значення за аналогами $\Sigma e = 3$. Це тільки підвищить вірогідність освітлення території у відповідності до норм, хоча і дещо відхилить вибір потужності освітлювального приладу від оптимального у бік збільшення;

h_p – висота підвісу світильника.

Остаточні розрахунки необхідного світлового потоку для різних зон зводимо у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Значення необхідного світлового потоку для різних зон

Назва зони	E_H , лк	h_p , м	μ	Φ_L
1 Основні проїзди та пішохідні доріжки	≥ 10 лк	3	1,15	9565
2. Зона розвантаження/завантаження	≥ 20	3	1,15	19130
3. Майданчик стоянки техніки	≥ 10 лк	3	1,15	9565
4. Контурна охорона/периметр	≥ 10 лк	2,5	1,15	9166

Відповідно до значень світлового потоку проведемо підбір світлового обладнання.

Для охоронного освітлення вздовж периметру з урахуванням коефіцієнту запасу підтверджуємо вибір прожектора світлодіодного ZUM F02-100 6400K що був розглянутий у розділі 2.

3.3 Розміщення освітлювальних приладів

Перед тим як почати монтаж точкових світильників, насамперед потрібно визначитися зі схемою їх розміщення. У цьому процесі є чимало тонкощів, і якщо не врахувати всі особливості, це може призвести до нераціонального розташування, що знизить ефективність освітлення та підвищить споживання електроенергії. Варто також зауважити, що кожна функціональна зона має свої особливості й вимоги до встановлення таких світильників.

Отже, перше, на що слід звернути увагу – це правильне розташування джерел світла. Оскільки для підтвердження правильності прийнятих рішень, ми приймали відстань між ліхтарями тотожну їх висоті, то і встановлювати будемо світильники охоронного освітлення на паркані з інтервалом у 2,5 метрів, а стовпи для освітлення внутрішньої території – з інтервалом у 3 метри. Для майданчика стоянки техніки буде достатньо охоронного освітлення.

Зображення схеми розміщення світильників наведено на рис.3.2.

Рисунок 3.2 – Схема розміщення світильників

Рисунок 3.3 – Схема живлення електроенергією освітлювальних приладів

Розрахуємо потужності, що передають кабельні лінії від БАУО до споживачів. Результати розрахунків зведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Потужності окремих ліній живлення

№	Призначення лінії	К-сть світильників, шт.	Споживана потужність, кВт	Сумарна потужність лінії, кВт
1.	Освітлення проїздів 20 м.	7	0,1	0,7
2.	Освітлення проїздів 25 м.	8	0,1	0,8
3.	Освітлення вантажної зони	9	0,1	0,9
4.	Освітлення південного паркану	20	0,1	2
5.	Освітлення північного паркану	20	0,1	2
6.	Освітлення західного паркану	10	0,1	1
7.	Освітлення східного паркану	10	0,1	1

Відповідно до таблиці навантаження проводів і кабелів ПУЕ (Правила улаштування електроустановок) [23] для навантаження до 2.4 кВт використовують мідний дріт ШВВП перетином 0,5 мм². Але враховуючи протяжність кабельних ліній та для забезпечення їх механічної міцності приймаємо перетин дроту 2.5 мм². Таким чином ми виключимо падіння напруги менше 3% у лініях та врахуємо, що дроти прокладаються зовнішнім відкритим способом у гофротрубі [24] та піддаються постійному атмосферному впливу.

Висновок до розділу 3

У розділі проведено розрахунок системи зовнішнього освітлення території агропромислового підприємства площею 500 м². Розрахунок здійснено точковим методом з урахуванням нормативів освітленості для різних функціональних зон (проїзди, зона розвантаження, стоянка техніки, периметр). Визначено необхідний світловий потік для кожної зони, підбрано відповідні світлодіодні світильники, зокрема ZUM F02-100 6400K для охоронного освітлення. Світильники розміщено з інтервалами, що відповідають їх висоті встановлення (2,5 м для охоронного, 3 м – для внутрішнього освітлення). Проведено розрахунок навантажень на кабельні лінії та обґрунтовано вибір мідного проводу перетином 2,5 мм² для забезпечення надійної роботи освітлення..

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ТЕХНІЧНА БЕЗПЕКА

4.1 Економічна ефективність

Для економічної оцінки (кошторису) розробки електропостачання системи енергоощадного освітлення території сільськогосподарського підприємства проведемо розрахунки вартості затрат на технічну реалізацію проекту [25].

Для цього зведемо фінансові затрати на придбання вищезазначених технічних засобів та витратних матеріалів у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість технічних засобів та витратних матеріалів.

№	Найменування	Вартість, грн., грн./м	Кількість, шт., м	Сума, грн.
1.	Блок автоматичного управління освітленням БАУО	30700	1	30700
2.	GPRS-модем	5100	1	5100
3.	Сервер HP Proliant BL460c G8.2x2.5	4700	1	4700
4.	Периферія до сервера	4000	1	4000
5.	Монітор	3500	1	3500
6.	Мідний дри ШВВП 2x2,5	34	245	8330
7.	Гофрована труба Koros 1420 D	12	245	2940
8.	Світильник ZUM F02-100 6400K IP66	800	60	48000
9.	Світильник EVROLIGHT 100Вт 5000K MALAG-100	2000	24	48000
10.	Разом			155270

Згідно розрахунків загальна вартість технічної складової проекту становить 155270 грн. без урахування витрат на монтажні роботи.

4.2 Технічна безпека

У ході технічного обслуговування електроустановок з напругою до 1000 В проводяться профілактичні ремонти, перевірка стану ізоляції електричних машин, апаратури, кабельних ліній, внутрішніх мереж підприємства, а також регулювання роботи електроприводів і пристроїв релейного захисту. До цих робіт також належать дрібні завдання, спрямовані на запобігання та усунення аварійних ситуацій і незначних несправностей [23].

Під частинами електроустановок, що знаходяться під напругою, маються на увазі як ті, що вже функціонують, так і струмопровідні елементи, які підготовлені до використання та можуть у будь-який момент опинитися під електричним потенціалом [26].

Роботи, що здійснюються в діючих електроустановках, залежно від вимог до безпеки, умовно поділяють на три основні категорії [23].

До першої групи належать роботи, під час яких обов'язково знімається напруга. Вони виконуються в електроустановках, де всі струмопровідні елементи повністю знеструмлені, а також відсутній відкритий доступ до суміжної установки, яка перебуває під напругою.

Друга категорія охоплює роботи, що здійснюються без зняття напруги з струмопровідних елементів, тобто в умовах, коли електроустановка залишається під напругою. У таких випадках необхідне застосування організаційних або технічних засобів безпеки, щоб виключити ризик небезпечного наближення працівників до струмопровідних частин. До цього виду також належать роботи, що виконуються безпосередньо на струмопровідних частинах за допомогою спеціальних ізолювальних інструментів та захисного обладнання.

Роботи без зняття напруги дозволяється виконувати на значній відстані від струмопровідних частин, що перебувають під напругою, за умови повного виключення ймовірності випадкового наближення працівників, а також їх інструментів і ремонтного обладнання до небезпечної зони. У таких випадках застосування спеціальних організаційних і технічних засобів для запобігання наближенню не є обов'язковим.

Перед початком ремонтних або налагоджувальних робіт, а також під час їх виконання, відповідальні особи та працівники зобов'язані дотримуватись установлених заходів організаційного та технічного характеру, що забезпечують безпечні умови праці. Серед технічних заходів – знеструмлення обладнання з виконанням дій, що унеможливають подачу напруги до робочої зони, встановлення огорожень із попереджувальними плакатами, перевірка відсутності напруги, а також монтаж заземлення. У електроустановках з напругою до 1000 В вимикання слід виконувати так, щоб ділянка установки або обладнання, призначена для роботи, була повністю відмежована від частин, що можуть залишатися під напругою, за допомогою комутаційних пристроїв або шляхом вилучення запобіжників. Для запобігання подачі електроенергії до місця виконання робіт унаслідок трансформаційного ефекту, необхідно знеструмити всі трансформатори – силові, вимірювальні й інші спеціальні – що пов'язані з обладнанням, яке готують до ремонту, як з боку високої, так і низької напруги. Частини, на яких планується проведення робіт, а також ті, що можуть випадково стати доступними під час виконання завдань, мають бути відключені. Якщо ж струмопровідні елементи доступні до дотику, але їх можливо надійно ізолювати спеціальними накладками, їх від'єднання не є обов'язковим.

Після перевірки на відсутність напруги від'єднані частини потрібно обов'язково заземлити за допомогою переносного пристрою для захисту персоналу.

Убезпечити працівників від можливого ураження струмом. У випадках, коли конструкція електроустановки не дозволяє застосувати заземлення, або ж це небезпечно чи технічно неможливо, під час підготовки робочого місця необхідно впровадити додаткові заходи безпеки:

- замикання приводу роз'єднувача на замок,
- ізолювання ножів або верхніх контактів роз'єднувачів за допомогою гумових ковпаків чи твердих накладок із спеціального ізоляційного матеріалу.

Перелік таких електроустановок має бути встановлений і затверджений відповідальною за електрогосподарство особою на підприємстві, виробничій ділянці або в цеху.

Висновок до розділу 4

У розділі розглянуто економічну доцільність та технічну безпеку впровадження системи енергоощадного освітлення на сільськогосподарському підприємстві. Загальна вартість технічного оснащення становить 155 270 грн (без урахування монтажу). Окрему увагу приділено вимогам до технічної безпеки під час експлуатації електроустановок до 1000 В: описано класифікацію робіт за рівнем ризику, необхідні організаційні та технічні заходи безпеки, включно із знеструмленням, заземленням, застосуванням ізоляційних матеріалів і захисного обладнання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Ефективне освітлення має ключове значення для зорової діяльності, безпеки та здоров'я людини. Найбільш природними є люмінесцентні джерела, проте вони мають значні недоліки: мерехтіння, складність утилізації та наявність парів ртуті. Лампи розжарювання поступово виходять з ужитку через низьку світлову ефективність та високий нагрів.

2. Найсучаснішими і найбезпечнішими є світлодіодні лампи – вони економні, довговічні, механічно міцні та мають гнучкі можливості керування яскравістю й кольором. Водночас важливо правильно обирати тип світильника, враховувати нормативи освітленості та застосовувати коефіцієнт запасу для стабільного рівня освітлення з часом.

3. У проєкті розглянуто вибір систем і видів освітлення для виробничих і прилеглих територій. Пріоритет надається комбінованим системам освітлення, які забезпечують як загальне, так і місцеве світло для покращення візуального сприйняття та точності роботи.

4. Запропоновано використання інтелектуальної енергозберігаючої системи на основі керованих світлодіодних світильників, що підтримують дистанційне управління, адаптацію до природної освітленості й інтеграцію з датчиками. Система включає аварійне освітлення, передбачає гнучке керування через сервери, локальні панелі, а також здатна до масштабування.

5. Основні технічні засоби – світильники типу ZUM F02-100 та EVROLIGHT MALAG-100, блоки автоматичного керування (БАУО), NB-IoT модеми та сервери збору даних.

6. Проведено розрахунок системи зовнішнього освітлення території агропромислового підприємства площею 500 м². Розрахунок здійснено точковим методом з урахуванням нормативів освітленості для різних функціональних зон (проїзди, зона розвантаження, стоянка техніки, периметр).

7. Визначено необхідний світловий потік для кожної зони, підібрано

відповідні світлодіодні світильники, зокрема ZUM F02-100 6400K для охоронного освітлення. Світильники розміщено з інтервалами, що відповідають їх висоті встановлення (2,5 м для охоронного, 3 м – для внутрішнього освітлення).

8. Проведено розрахунок навантажень на кабельні лінії та обґрунтовано вибір мідного проводу перетином 2,5 мм² для забезпечення надійної роботи освітлення.

9. Розглянуто економічну складову та технічну безпеку впровадження системи енергоощадного освітлення на сільськогосподарському підприємстві. Загальна вартість технічного оснащення становить 155 270 грн (без урахування монтажу).

10. Наведено вимоги до технічної безпеки під час експлуатації електроустановок до 1000 В: описано класифікацію робіт за рівнем ризику, необхідні організаційні та технічні заходи безпеки, включно із знеструмленням, заземленням, застосуванням ізоляційних матеріалів і захисного обладнання.