

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Система освітлення будівлі гаражу з адміністративно-побутовими приміщеннями**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТ-42
спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Бондарчук О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Осадца Я. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Мовчан Л. Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Золотий Р. З.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«26» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Бондарчуку Олександру Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система освітлення будівлі гаражу з адміністративно-побутовими приміщеннями

Керівник роботи Осадца Ярослав Михайлович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «31» грудня 2025 року № 4/7-1163

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Будівельні креслення будівлі, плани розміщення силових електро-споживачів, Державні будівельні норми, характеристики світлових приладів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз об'єкта проектування: Характеристика приміщень.

2. Світлотехнічний розрахунок: Вибір джерел світла, нормативні показники освітленості (згідно ДБН).

3. Розрахунок електричних навантажень.

4. Вибір електротехнічного обладнання: вибір автоматичних вимікачів захисту (QF1-QF7).

5. Перевірочні розрахунки: Перевірка мережі на допустимі втрати напруги ($\Delta U = \leq 5\%$).

6. Охорона праці та безпека життєдіяльності.

7. Висновки.

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

План освітленості мережі об'єкта (креслення з розміщенням світильників).

Принципова лінійна схема щита освітлення (ЩО-1).

Специфікація обладнання (таблиця з переліком підібраного електротехнічного обладнання (світильники, автомати, типи кабелів).

Таблиця розрахунків освітлення та втрат напруги.

РЕФЕРАТ

Бондарчук Олександр Сергійович. Системи освітлення гаражних будівель та адміністративних приміщень.

Стор.– 60; рис. - 12; табл. - ; слайдів - 10; джерел - 26; додатків - _.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання проектування сучасної системи освітлення гаражних будівель та адміністративних приміщень. Проведено аналіз нормативних вимог і існуючих світлотехнічних рішень, обґрунтовано доцільність застосування світлодіодних джерел світла як найбільш енергоефективних і екологічно безпечних.

У роботі виконано світлотехнічні та електротехнічні розрахунки, визначено необхідну кількість світильників, розроблено схему електричної мережі освітлення, здійснено вибір кабельно-провідникової продукції та захисного обладнання. Для підвищення точності проєктних рішень використано комп'ютерне моделювання в програмному середовищі DIALux evo.

Розроблено систему аварійного освітлення, проведено оцінку надійності електропостачання та перевірку втрат напруги. Запропоновані технічні рішення забезпечують відповідність нормативним вимогам, підвищують енергоефективність і безпеку експлуатації об'єкта.

Також досліджено питання охорони праці, електробезпеки та заходів цивільного захисту. Отримані результати можуть бути використані при проєктуванні та модернізації систем освітлення об'єктів транспортно-адміністративного призначення.

Ключові слова: СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ, СВІТЛОДІОДНІ СВІТИЛЬНИКИ, ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ОСВІТЛЕНІСТЬ, АВАРІЙНЕ ОСВІТЛЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Вимоги до систем освітлення гаражних будівель та адміністративних приміщень	8
1.2 Існуючі світлотехнічні рішення самого освітлення гаражів та адміністративних приміщень	9
1.3 Характеристики об'єкта проектування	11
1.4 Висновки по розділу	12
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	13
2.1 Обґрунтування вибору світлотехнічного обладнання та джерел світла	13
2.2 Світлотехнічний розрахунок кількісного складу світильників	17
2.3 Трасування та розрахунок електричної освітлювальної мережі	21
2.4 Розрахунок електричних навантажень та вибір перерізу провідників за струмом	23
2.5 Вибір апаратів захисту та комутаційного обладнання	26
2.6 Висновки по розділу 2	27
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	29
3.1 Комп'ютерне моделювання світлотехнічного простору в пакеті DIALux evo	29
3.1.1 Вихідні дані для розрахунку та створення тривимірної моделі	29
3.1.2 Обґрунтування коефіцієнта експлуатації	30
3.1.3 Аналіз розподілу освітленості та показників якості світлового середовища	32
3.2 Оцінка падіння напруги та режимів роботи електричної мережі	40
3.3 Висновки по розділу 3	43

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	44
4.1 Охорона праці та техніка безпеки при виконанні робіт з обслуговування діючих електроустановок	44
4.2 Вимоги до працівників під час обслуговування електроустановок	46
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	50
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	52

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку енергетики та промислового сектору України характеризується жорсткими вимогами до енергоефективності, екологічності та безпеки виробничих процесів. Важливою складовою інфраструктури будь-якого промислового, транспортного чи комунального підприємства є автомобільні господарства, що поєднують у собі будівлі гаражного призначення та адміністративно-побутові корпуси. Системи штучного освітлення таких об'єктів є одним із головних споживачів електричної енергії та безпосередньо впливають на безпеку руху транспорту, продуктивність праці і здоров'я персоналу.

Більшість існуючих гаражних комплексів та адміністративних будівель в Україні експлуатують застаріле світлотехнічне обладнання (переважно люмінесцентні лампи та лампи розжарювання), яке має низьку світлову віддачу, високі втрати потужності в пускорегулювальній апаратурі, обмежений термін служби та незадовільні показники якості світла (зокрема, високий коефіцієнт пульсації). Окрім того, люмінесцентні джерела містять токсичні сполуки ртуті, що створює екологічну загрозу та додаткові витрати на утилізацію.

У зв'язку з введенням в дію оновлених нормативних документів, зокрема ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення», виникла гостра потреба у комплексному перегляді підходів до проектування та модернізації світлотехнічних систем. Перехід на сучасні напівпровідникові джерела світла (світлодіоди, LED) у поєднанні з раціональним вибором схем керування, захисту та оптимізацією розподілу електричних мереж дозволяє знизити енергоспоживання на 40–60%, підвищити надійність електропостачання та створити комфортне світлове середовище. Це обумовлює високу актуальність, практичну та економічну доцільність теми даної кваліфікаційної роботи.

Мета роботи: проектування та техніко-економічне обґрунтування високоефективної, надійної та безпечної системи штучного й аварійного

освітлення для комплексу гаражних будівель та адміністративних приміщень із застосуванням сучасних світлодіодних технологій та оптимальних вирішень електропостачання.

Поставлена мета для досягнення у роботі, вирішуються такі **завдання**:

1. Провести аналітичний огляд чинних нормативно-технічних вимог до освітлення гаражних та адміністративних приміщень.
2. Виконати порівняльний аналіз техніко-економічних показників сучасних джерел світла та обґрунтувати вибір світлодіодних світильників.
3. Здійснити світлотехнічні розрахунки робочого та аварійного освітлення для заданих площ об'єкта (методом коефіцієнта використання та точковим методом).
4. Розробити схему електричних мереж живлення освітлення, вибрати типи кабельно-провідникової продукції, групові щитки та апарати захисту.
5. Розрахувати електричні навантаження системи освітлення та перевірити мережу за умовами втрати напруги й спрацювання захисту при коротких замиканнях.
6. Оцінити економічну ефективність впроваджуваних рішень, термін окупності капіталовкладень та розробити заходи з охорони праці й екологічної безпеки.

Об'єкт дослідження: процеси розподілу, споживання електричної енергії та формування світлового середовища в системах штучного освітлення об'єктів транспортно-адміністративного призначення.

Предмет дослідження: світлотехнічні характеристики світлодіодних світильників, методи розрахунку освітленості, схеми побудови та параметри внутрішніх електричних мереж живлення систем освітлення гаражних будівель та адміністративних приміщень.

Практичне значення отриманих результатів: Розроблений технічний проект системи освітлення є повністю готовим до практичної реалізації на діючих або споруджуваних об'єктах аналогічного типу. Інженерні рішення щодо вибору світлодіодних світильників з відповідним ступенем захисту

оболонки (IP), оптимізації трас прокладання кабельних ліній та вибору комутаційно-захисної апаратури дозволяють суттєво зменшити експлуатаційні витрати підприємства, знизити аварійність на транспортних ділянках та забезпечити нормативні умови праці для персоналу. Результати розрахунків та запропоновані схеми можуть бути використані проектними організаціями як типові рішення для модернізації освітлення об'єктів автомобільного транспорту.

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вимоги до систем освітлення гаражних будівель та адміністративних приміщень

Проектування та експлуатація систем штучного освітлення для об'єктів суміщеного типу (гаражні комплекси разом з адміністративними блоками) регулюються жорсткими нормативними документами (зокрема, ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення», улаштуванням правил електроустановок (ПУЕ) та вимог охорони праці). Головне завдання нормативних вимог — забезпечення безпеки руху транспорту, комфортних умов для роботи персоналу, зниження зорової втоми та мінімізація виробничого травматизму.

Оскільки об'єкт проектування включає дві принципово різні зони, вимоги до них розділяють на дві категорії:

А. Вимоги до гаражних будівель та зон обслуговування транспорту:

1. **Нормована освітленість (E_n):** * Для зон загального зберігання (паркінгу) автомобілів мінімальна норма становить **50–75 лк** на рівні підлоги.

○ Для зон технічного обслуговування (ТО), ремонтних ям та ділянок розвантаження-завантаження освітленість має бути суттєво вищою — **200–300 лк**, оскільки тут виконуються зорові роботи високої та середньої точності.

2. **Якість світлового середовища:** В гаражах критично важливим є обмеження осліпленості (показник засліпленості $P \leq 40$) та забезпечення рівномірності освітлення ($U_0 = E_{\min}/E_{\text{ср}} \geq 0,4$).

3. **Екологічні та безпекові чинники:** Світильники в зонах руху автотранспорту мають мати відповідний ступінь захисту від вологи та пилу (не менше **IP54**, а в зонах мийки чи відкритих рамп — **IP65**). Також конструкція світильників має бути стійкою до механічних ударів (антивандальне виконання, захисні решітки).

Б. Вимоги до адміністративних та службових приміщень:

1. **Нормована освітленість:** * Для кабінетів, офісів та робочих місць з персональними комп'ютерами норма становить **300–500 лк** на робочій поверхні (0,85 м від підлоги).
 - Для коридорів, санвузлів та допоміжних приміщень — **75–150 лк**.
2. **Якість світла та зоровий комфорт:** * **Коефіцієнт пульсації освітленості (K_p):** Не повинен перевищувати **5–10%**, оскільки висока пульсація викликає швидку втому очей та знижує продуктивність праці під час роботи з документами та ПК.
 - **Індекс передачі кольору (R_a):** Має бути не менше **80**, щоб забезпечити природне відображення кольорів.
 - **Колірна температура (T_c):** Рекомендується нейтральне біле світло (**4000 К**) для стимуляції працездатності або тепле біле (**3000 К**) в зонах відпочинку.

1.2 Існуючі світлотехнічні рішення самого освітлення гаражів та адміністративних приміщень

Історично та на практиці на подібних об'єктах застосовувалися три основні типи джерел світла: лампи розжарювання, люмінесцентні лампи та сучасні світлодіодні (LED) системи. Проведемо аналітичний огляд їхнього застосування, недоліків та переваг.

1. Лампи розжарювання (ЛР) та галогенні лампи

Раніше масово використовувалися в гаражних кооперативах та підсобках через низьку початкову вартість.

- Недоліки: Вкрай низька світлова віддача (10–15 лм/Вт), короткий термін служби (до 1000 годин), високе тепловиділення (пожежонебезпечність в умовах гаража, де є паливно-мастильні матеріали).
- Сучасний стан: Повністю морально застаріли, їх використання в проектах не допускається через вимоги енергоефективності.

2. Люмінесцентні лампи (ЛЛ) типу Т8 (з електромагнітними або електронними ПРА)

Донедавна були стандартом для адміністративних приміщень (світильники типу ЛПО/ЛСП або растрові «Армстронг» 4x18 Вт).

- Переваги: Непогана світловіддача (60–80 лм/Вт) порівняно з ЛР, відносно тривалий термін роботи (до 10 000 годин).
- Недоліки: Наявність шкідливих парів ртуті (вимагають дорогої утилізації), сильне падіння світлового потоку при низьких температурах (що критично для неопалюваних гаражів), високий коефіцієнт пульсації при використанні застарілих ЕмПРА (стробоскопічний ефект, небезпечний біля деталей, що обертаються).

3. Світлодіодні джерела світла (LED)

На сьогодні є найбільш прогресивним світлотехнічним рішенням.

- Переваги: Найвища енергоефективність (120–160 лм/Вт), колосальний термін служби (50 000 – 100 000 годин), миттєвий запуск при будь-яких температурах (від -30°C до +50°C), екологічна безпека (не містять ртуті), можливість точного керування світловим потоком.
- Недоліки: Вища початкова вартість обладнання та чутливість до перепадів напруги в мережі (вимагає якісних драйверів).

Таблиця 1.2 – Порівняльна таблиця техніко-економічних показників джерел світла

Параметр	Лампи розжарювання	Люмінесцентні лампи (Т8)	Світлодіоди (LED)
Світлова віддача, лм/Вт	10 – 15	60 – 80	120 – 160
Термін служби, годин	1 000	8 000 – 10 000	50 000 – 100 000
Коефіцієнт пульсації, %	< 5	15 – 25 (з ЕмПРА)	< 1 – 5 (з якісним драйвером)
Робота при низьких Т°С	Добре	Погано (тьмяніють)	Відмінно
Екологічна безпека	Безпечні	Токсичні (містять ртуть)	Абсолютно безпечні

Аналіз показує, що для проектування нової або модернізації існуючої системи освітлення обох типів приміщень єдино доцільним рішенням є повний перехід на світлодіодні світильники із сучасними електронними драйверами захисту.

1.3 Характеристики об'єкта проектування

Для виконання світлотехнічних та електротехнічних розрахунків у даній роботі розглядається комплексний об'єкт, що складається з двох основних функціональних блоків:

1. Будівля гаражного призначення (транспортний блок):

- **Призначення:** Зберігання, маневрування, а також періодичне технічне обслуговування (ТО-1, ТО-2) автомобільного транспорту підприємства.

- **Конструктивні особливості:** Приміщення великої площі з високими стелями ($H = 4,5 \dots 6,0\text{м}$). Стіни та стеля виконані з залізобетонних панелей або металоконструкцій з профнастилом, що мають низькі коефіцієнти відбиття світла ($\rho_{\text{стелі}} = 30\%$, $\rho_{\text{стін}} = 10\%$, $\rho_{\text{підлоги}} = 10\%$). Це вимагає використання світильників із концентрованим або глибоким розподілом світлового потоку.

- **Середовище:** Класифікується згідно з ПУЕ як пожежонебезпечна зона (клас П-І/П-Іа) через можливу наявність залишків ПММ, а також як задокументована зона з підвищеним вмістом пилу та вологи.

2. Адміністративно-побутовий корпус (АПК):

- **Призначення:** Розміщення керівного персоналу, інженерів, кімнат відпочинку водіїв, гардеробних та санвузлів.

- **Конструктивні особливості:** Приміщення стандартної висоти ($H = 2,8 \dots 3,0 \text{ м}$). Оздоблення виконано у світлих тонах ($\rho_{\text{стелі}} = 70\%$, $\rho_{\text{стін}} = 50\%$, $\rho_{\text{підлоги}} = 30\%$), що дозволяє ефективно використовувати відбитий світловий потік та застосовувати світильники розсіяного світла.

- **Середовище:** Нормальне, сухе, опалювальне приміщення без агресивних факторів.

Загальні принципи побудови електричної мережі об'єкта:

- Живлення здійснюється від найближчої трансформаторної підстанції (ТП) напругою **380/220 В** із системою заземлення **TN-C-S** або **TN-S**.
- Надійність електропостачання: робоче освітлення відноситься до **III категорії**, проте аварійне (евакуаційне та безпекове) освітлення шляхів руху транспорту та коридорів АПК відноситься до **I/II категорії** і повинно мати автономне живлення (вбудовані акумуляторні блоки у світильниках або окремий щит аварійного освітлення ЩАО з АВР).

1.4 Висновки по розділу

На основі проведеного аналітичного огляду в аналітичному розділі кваліфікаційної роботи зробимо такі висновки:

1. Визначено, що проєктований об'єкт є неоднорідним за своїми вимогами до освітлення: гаражний блок потребує захищеного індустриального обладнання (IP54/IP65) з акцентом на надійність та безпеку руху, тоді як адміністративний блок вимагає підвищеного зорового комфорту, відсутності пульсацій та високої якості кольоропередачі.

2. Проведений порівняльний аналіз існуючих джерел світла довів повну техніко-економічну неспроможність ламп розжарювання та недоцільність використання люмінесцентних ламп у сучасних проєктах. Основним типом джерел світла для розробки обрано енергоефективні **світлодіодні (LED) технології**.

3. Обґрунтовано необхідність обов'язкового проєктування системи **аварійного (евакуаційного) освітлення** в зонах руху транспорту та евакуаційних проходах адміністративного корпусу для забезпечення безпеки персоналу у разі знеструмлення об'єкта.

4. Зібрані геометричні, оптичні та експлуатаційні характеристики об'єкта є достатніми і будуть використані у наступних розділах для проведення детальних світлотехнічних розрахунків (методом коефіцієнта використання світлового потоку та точковим методом) і вибору схем живлення та захисту електромережі.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Обґрунтування вибору світлотехнічного обладнання та джерел світла

Сучасний етап розвитку енергетики та житлово-комунального господарства України вимагає впровадження радикальних енергоефективних заходів у системах внутрішнього та зовнішнього штучного освітлення об'єктів промислового та адміністративного призначення. Традиційні системи освітлення, що проектувалися на базі ламп розжарювання та люмінесцентних ламп низького тиску, на сьогоднішній день не відповідають вимогам енергетичної стратегії, мають незадовільні експлуатаційні показники та створюють додаткове навантаження на групові та магістральні електричні мережі.

Об'єкт, що розглядається у даній кваліфікаційній роботі, є комплексним архітектурним плануванням, яке поєднує велику виробничу зону — основне приміщення гаража (бокси для обслуговування та зберігання техніки), компресорну, складські приміщення — та розвинений двоповерховий адміністративно-побутовий корпус із кабінетами інженерно-технічного персоналу, бухгалтерією, диспетчерськими, сходовими клітками та санітарно-гігієнічними вузлами.

Аналіз вихідного стану системи штучного освітлення об'єкта показав, що в ньому застосовувалися такі типи світлотехнічного обладнання:

1. **Світильники з лампами розжарювання** серій НПО, НББ та підвісні НСП потужністю від 60 до 200 Вт. Дані джерела світла характеризуються вкрай низькою світловою віддачею ($\eta = 10 \dots 15$ лм/Вт), оскільки понад 90% споживаної електричної енергії перетворюється на теплову енергію, що призводить до значного тепловиділення та перевитрати енергоресурсів. Окрім того, термін служби ламп розжарювання не перевищує

1000 годин, що спричиняє постійні капіталовкладення в обслуговування мережі.

2. **Світильники з люмінесцентними лампами** серій ЛПО (для адміністративних приміщень) та вологозахищені ЛПП (для виробничих та вологих зон) потужністю 2×18 Вт та 2×36 Вт. Попри вищу світловіддачу порівняно з лампами розжарювання ($\eta = 60 \dots 80$ лм/Вт), вони мають суттєві недоліки: значні втрати в пускорегулювальній апаратурі (до 20–30% від потужності лампи при використанні застарілих електромагнітних ПРА), чутливість до коливань напруги, зниження світлового потоку наприкінці терміну служби, а також екологічну небезпеку, спричинену наявністю пари ртуті в колбах ламп. Останній фактор вимагає значних фінансових витрат на спеціальну утилізацію та демеркуризацію згідно з чинним екологічним законодавством України.

З огляду на зазначене, у даному проекті прийнято рішення про повну модернізацію та переведення системи освітлення на напівпровідникові джерела світла — світлодіоди (LED). Вибір світлодіодних світильників обґрунтований наступними техніко-економічними перевагами:

- **Висока світлова віддача:** Сучасні промислові та офісні LED-світильники забезпечують світловіддачу на рівні 125 ... 130 лм/Вт, що дозволяє зменшити встановлену потужність системи освітлення в 2.5–3 рази при збереженні або покращенні нормативних рівнів освітленості.

- **Значний експлуатаційний ресурс:** Термін служби світлодіодних модулів становить не менше 50 000–70 000 годин безперервної роботи, що мінімізує витрати на заміну ламп, особливо у важкодоступних зонах промислового гаража з великою висотою стелі.

- **Стабільність світлових характеристик та якість світла:** Світлодіоди працюють спільно з електронними драйверами (джерелами живлення), які забезпечують коефіцієнт пульсації світлового потоку $K_p < 1 \dots 5\%$, що повністю усуває зорову втому персоналу та ліквідує небезпечний

стробоскопічний ефект на ділянках з рухомими або обертовими деталями верстатів та автомобілів.

- **Екологічність та миттєвий пуск:** Світильники не містять шкідливих речовин, не випромінюють ультрафіолетовий спектр і миттєво виходять на номінальний режим роботи, що важливо для інтеграції в системи автоматичного чи аварійного керування.

Спираючись на тривимірні світлотехнічні розрахунки, для модернізації об'єкта було обрано та обґрунтовано чотири базові типи світлодіодних світильників виробництва торгової марки «Юпітер» та спеціалізованих промислових серій:

1. **Тип А — ДВО27У-16-001 «Юпітер-LED-2»:** Світильник потужністю 16.0 Вт із світловим потоком 2080 лм та світловіддачею 130.0 лм/Вт. Обладнаний опаловим розсіювачем, що забезпечує рівномірне розсіяне світло без сліпучої дії. Призначений для встановлення в коридорах, сходових клітках, санвузлах та допоміжних адміністративних приміщеннях.

2. **Тип Б — ДВО27У-33-001 «Юпітер-LED-2»:** Модифікація потужністю 33.0 Вт, світловий потік — 4291 лм, світловіддача — 130.0 лм/Вт. Використовується в основних кабінетах адміністративного корпусу (бухгалтерія, кабінети інженерів) та електрощитовій для створення інтенсивного світлового поля на робочих поверхнях столів.

3. **Тип В — ДСП65В-60-203 У2:** Промисловий лінійний світильник потужністю 60.0 Вт із світловим потоком 7510 лм (125.2 лм/Вт}\$). Має високий ступінь захисту оболонки (IP65), що робить його стійким до дії вологи, пилу та автомобільних вихлопних газів. Застосовується як базовий прилад робочого освітлення у великому залі гаража та компресорній.

4. **Тип Г — ДСП65В-60-213 У2 (Аварійний):** Світловий прилад, конструктивно ідентичний типу В (60 Вт, IP65), але додатково укомплектований інтегрованим блоком аварійного живлення (БАЖ) та літій-іонною акумуляторною батареєю. Призначений для забезпечення нормованого антипанічного та евакуаційного освітлення у гаражному приміщенні в разі

повного знеструмлення об'єкта. В аварійному режимі споживає 3.2 Вт та генерує світловий потік 405 лм протягом 3 годин.

2.2 Світлотехнічний розрахунок кількісного складу світильників

Базовим критерієм для розрахунку кількості світильників є забезпечення нормованої освітленості (E_n) на робочих поверхнях приміщень відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Для проведення інженерних розрахунків використовуються два основні методи:

1. **Метод використання проекту світлового потоку** — застосовується для розрахунку рівномірного, загального освітлення горизонтальних об'єктів при відсутності великих затінюючих предметів. Математична модель методу описується формулою:

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n \cdot \Phi \cdot \eta_B}$$

де E_n — освітленість яка нормована, лк;

S — площа приміщення, м²;

K_3 — коефіцієнт запасу (враховує зниження світлового потоку ламп з часом та забруднення світильників);

z — коефіцієнт нерівномірності освітлення (для світлодіодів $z \approx 1.1 \dots 1.15$);

n — кількість джерел світла у світильнику;

Φ — світловий потік однієї лами/модуля, лм;

η_B — коефіцієнт використання світлового потоку (визначається за індексом приміщення і та коефіцієнтами відбиття стін, стелі та підлоги).

2. **Точковий метод розрахунку** — використовується для перевірки освітленості в конкретних точках площини та при розрахунку похилих чи вертикальних поверхонь за допомогою просторових ізолюкс сил світла.

Для досягнення максимальної точності та врахування реальних геометричних параметрів будівельних конструкцій, у даному проекті розрахунок кількісного складу та просторового розміщення світильників виконано в автоматизованому програмному середовищі **DIALux evo**. Програма здійснює обчислення за методом кінцевих елементів, будуючи тривимірні фотометричні карти розподілу яскравості.

Під час моделювання в DIALux були закладені такі базові параметри:

- Коефіцієнти відбиття поверхонь: стеля — $\rho_{ст} = 70\%$, стіни — $\rho_{ш} = 50\%$, підлога — $\rho_{п} = 20\%$.
- Експлуатаційний коефіцієнт (Maintenance Factor MF, зворотний до коефіцієнта запасу K_3): для чистих адміністративних приміщень $MF = 0.80$ ($K_3 = 1.25$); для виробничої зони гаража з наявністю пилу та кіптяви $MF = 0.67$ ($K_3 = 1.5$).
- Висота розрахункової робочої поверхні: для адміністративних кабінетів — $h = 0.75$, для гаража, коридорів та сходових кліток — $h = 0.000$ м (рівень підлоги).

Таблиця 2.1– Зведена відомість світлотехнічних розрахунків приміщень першого поверху об'єкта

№ приміщення	Назва приміщення	Площа, м ²	Кількість світильників	P (Вт)	Освітленість (Е), лк
1	2	3	4	5	6
102	Коридор	7.36	1	16.0	95.2
103	Основне приміщення	27.52	2	66.0	202
104	Сходова клітка	13.55	1	16.0	68.6
105	Коридор	11.11	2	32.0	136
106	Основне приміщення	12.18	3	48.0	244

107	Основне приміщення	15.94	3	48.0	211
108	Санвузол	1.94	1	16.0	179
109	Санвузол	1.14	1	16.0	200
110	Допоміжне	0.91	1	16.0	200
111	Коридор	1.81	1	16.0	191
112	Санвузол	0.98	1	16.0	201
113	Санвузол	1.19	1	16.0	202
114	Санвузол	2.07	1	16.0	177
115	Основне приміщення	14.47	3	48.0	204
117	Основне приміщення	9.18	3	48.0	290

Таблиця 2.2 – Зведена відомість світлотехнічних розрахунків приміщень другого поверху об'єкта

№ приміщення	Назва приміщення	Площа, м ²	Кількість світильників	P (Вт)	Освітленість (Е), лк
201	Сходова клітка	13.55	2	32.0	113
202	Коридор	12.50	2	32.0	100
203	Основне приміщення	16.40	4	64.0	221
204	Основне приміщення	14.53	4	64.0	234
205	Основне приміщення	12.65	3	48.0	210
206	Санвузол	1.23	1	16.0	143
207	Санвузол	1.62	1	16.0	144
208	Санвузол	1.71	1	16.0	138
209	Основне приміщення	16.58	4	64.0	220
210	Основне приміщення	36.91	8	128.0	250

1. Рендер у фіктивних кольорах (False Color Rendering) розподілу люксів для приміщення 101 (Гараж):

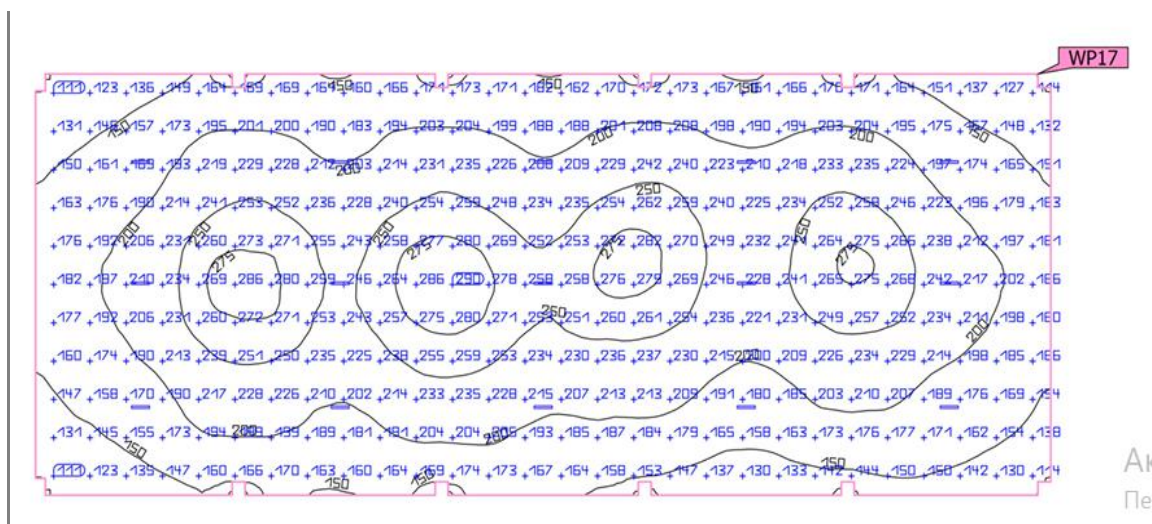


Рисунок 2.1 – Розподіл освітленості у фіктивних кольорах на підлозі гаража.

2. Графік ізолюкс (Lines of equal illuminance) для приміщення 103:

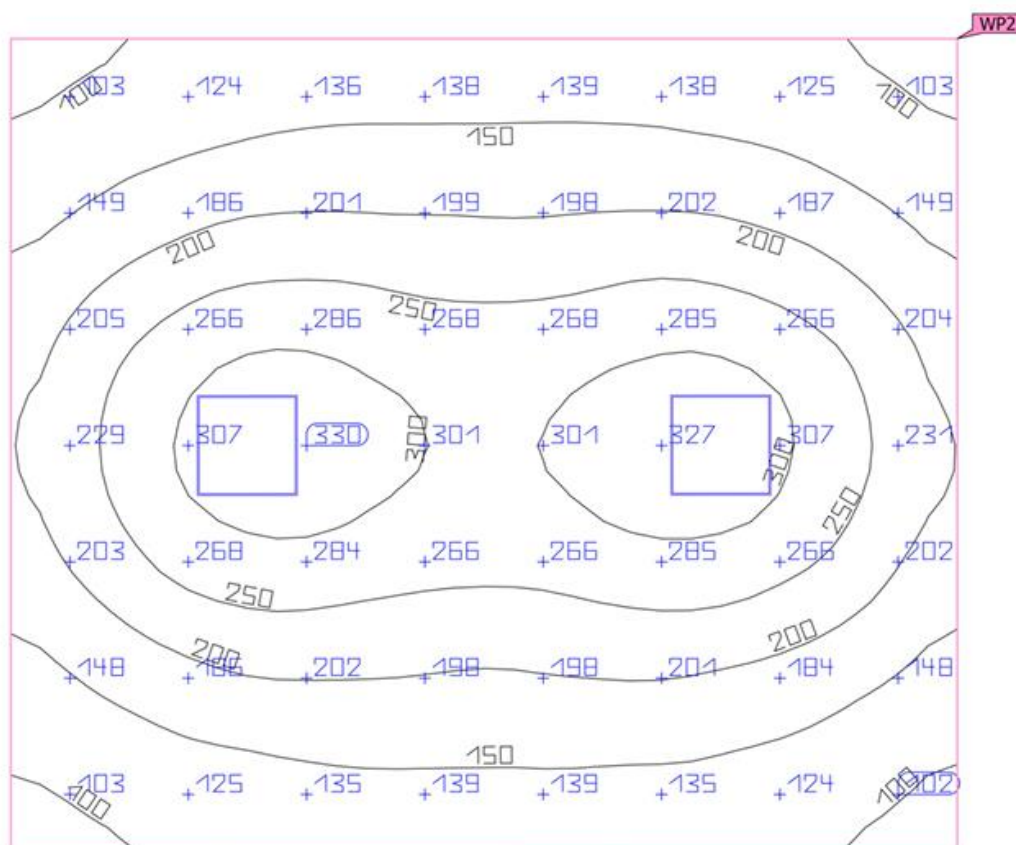


Рисунок 2.2 – Ізолюкси робочої поверхні кабінету адміністрації.

3. **Текстовий опис аварійної сцени гаража:** Вкажіть, що при розрахунку аварійної сцени (антипанічна поверхня AP1) отримано мінімальне значення освітленості 0.83 лк при нормі $\geq 0.50 \text{ лк}$, що гарантує безпеку під час евакуації.

2.3 Трасування та розрахунок електричної освітлювальної мережі

Трасування освітлювальних мереж виконується з метою визначення оптимальних шляхів прокладання кабельних ліній від групових щитків освітлення (ЩО) до світлових приладів і вимикачів, мінімізуючи витрати провідникової продукції та забезпечуючи зручність і безпеку експлуатації.

При проектуванні електричної мережі модернізованого об'єкта було реалізовано такі принципи:

1. **Поділ мережі за функціональним призначенням:** Сформовано дві повністю незалежні системи — мережу робочого освітлення та мережу аварійного (евакуаційного/антипанічного) освітлення. Живлення робочого та аварійного освітлення здійснюється від різних шин ввідно-розподільного пристрою (ВРП) об'єкта, що виключає одночасне вимкнення обох систем при аваріях.

2. **Групування споживачів та фазне балансування:** Світильники об'єкта розбиті на декілька малопотужних групових ліній. Для трифазної мережі живлення щитка освітлення виконано рівномірне підключення однофазних груп до фаз А, В та С з метою мінімізації струму в нульовому робочому провіднику та запобігання перекосу фаз.

3. **Вибір марки кабелю:** Відповідно до вимог ПУЕ та ДБН В.2.5-23:2008, всі мережі внутрішнього освітлення виконуються трипровідними (для однофазних ліній: фаза L, нейтраль N, захисне заземлення PE) або п'ятипровідними (для трифазних ліній) з мідними жилами. Прийнято кабель марки **ВВГнг-LS** (із мідними жилами, в ПВХ-ізоляції, що не розповсюджує горіння при пучковій прокладці та має знижене димовиділення).

Способи прокладання кабельних трас обрані залежно від будівельного виконання приміщень:

- **Адміністративний корпус:** Оскільки кабінети та коридори обладнані підвісною стелею типу «Армстронг», кабелі прокладаються приховано в мікропросторі за стелею. Для механічного захисту та забезпечення пожежної безпеки кабелі затягуються в гнучкі гофровані труби з ПВХ-пластикату, що самозатухає. Спуски до вимикачів виконуються приховано під штукатуркою або в шліцах стін.

- **Виробничий гараж та компресорна:** Зважаючи на залізобетонні перекриття великих прогонів та відкритий характер конструкцій, кабельні траси прокладаються відкрито. Основні магістралі проходять по стінах та стелі на металевих перфорованих кабельних лотках. Відгалуження до світильників ДСП виконуються в пластикових гофрованих трубах, що фіксуються пластиковими кліпсами до лотків або тросів підвісу.

Керування освітленням побудовано за комбінованою схемою: в офісах встановлено місцеві одно- та двоклавішні вимикачі, розташовані з боку дверних ручок на висоті 0.9 м від підлоги. У гаражі впроваджено централізоване керування рядами світильників безпосередньо автоматичними вимикачами з панелі ЩО, розташованого в приміщенні 116 (Електрощитова).

Таблиця 2.3 – Відомість керування освітленням об'єкта

Група приміщень	Приміщення (номери)	Спосіб керування	Місце встановлення вимикача / апарата	Примітка
Адміністративні кабінети	103, 106, та ін.	Місцеве (клавішні вимикачі)	Біля входу, зі сторони дверної ручки, h = 0.9 м	1 або 2-клавішні
Коридори та сходові клітки	102, 104, 105	Місцеве (клавішні вимикачі)	Біля входу в приміщення, h = 0.9 м	—
Основний зал (Гараж)	101	Централізоване (автоматичними вимикачами)	ЩО (щит освітлення), прим. 116 (Електрощитова)	Керування рядами

Технічні та підсобні	116 (Електрощитова)	Місцеве (вимикач)	Біля входу, h = 0.9 м	—
Аварійне освітлення	Усі приміщення	Автоматичне (від БАЗ)	Не потребує ручного керування	Вмикається при зникненні $U_{мер}$

Керування освітленням здійснюється згідно з відомістю (див. табл. 2.2), яка базується на функціональному призначенні зон. Централізація керування гаражним освітленням у приміщенні 116 дозволяє запобігти несанкціонованому вмиканню світла персоналом та забезпечує технічну можливість відключення обладнання на вихідні дні силами чергового електротехніка.

2.4 Розрахунок електричних навантажень та вибір перерізу провідників за струмом

Розрахунок електричних навантажень є ключовим етапом вибору перерізів кабелів та номінальних струмів захисної апаратури. Розрахункова потужність лінії освітлення визначається з урахуванням втрат у пускорегулювальній апаратурі (драйверах) світлодіодних світильників. Для LED-світильників коефіцієнт потужності становить $\cos\phi = 0.95 \dots 0.98$.

Розрахункова активна потужність групи або щитка (P_p) обчислюється за формулою:

$$P_p = \sum_{i=1}^m (N_i \cdot P_{zi.i}) \cdot K_{сп}$$

де N_i — кількість світильників i -го типу в групі;

$P_{zi.i}$ — номінальна потужність одного світильника з урахуванням драйвера, Вт;

$K_{сп}$ — коефіцієнт попиту для освітлення (згідно з ДБН для виробничих та адмінбудівель приймається $K_{сп} = 1.0$).

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi}$$

Повна розрахункова потужність (S_p , ВА) становить:

Розрахунковий струм ліній (I_p , А) визначається за формулами:

$$I_p = \frac{P_p}{U_H \cdot \cos \varphi}$$

Для однофазних двопровідних ліній ($U_H = 220$ В):

Для трифазних симетрично навантажених ліній (ввідний кабель до ЩО,
 $U_H = 380$ В):

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}$$

де $U_H = 380$ В — лінійна напруга мережі.

Виконаємо розрахунок сумарного навантаження для всього першого поверху об'єкта на основі кількісного складу світильників, визначеного в підрозділі 2.2:

Світильники типу А (16 Вт): 23 шт. — $P_A = 23 \times 16 = 368$ Вт

Світильники типу Б (33 Вт): 3 шт. — $P_B = 3 \times 33 = 99$ Вт

Світильники типу В (60 Вт): 10 шт. — $P_V = 10 \times 60 = 600$ Вт

Світильники типу Г (60 Вт): 5 шт. — $P_G = 5 \times 60 = 300$ Вт

Сумарна активна розрахункова потужність освітлення першого поверху:

$$P_{p.сум} = 368 + 99 + 600 + 300 = 1367 \text{ Вт} = 1.37 \text{ кВт}$$

$$I_{p.ввод} = \frac{1367}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.95} = \frac{1367}{625.28} \approx 2.19 \text{ А}$$

Приймаючи середньозважений $\cos \varphi = 0.95$, сумарний розрахунковий трифазний струм на вводі в щиток освітлення першого поверху становить:

Вибір перерізу жил кабелів здійснюється за двома критеріями: за умовою нагрівання тривалим розрахунковим струмом (допустимий струм кабелю $I_{\text{доп}} \geq I_p$) відповідно до таблиць ПУЕ та за умовою механічної міцності (згідно з ПУЕ, мінімальний переріз мідних жил для внутрішніх ліній освітлення становить 1.5 мм^2).

Для групових ліній із розрахунковими струмами, що зазвичай не перевищують $2 \dots 6 \text{ А}$, за умовою механічної міцності та вимог ПУЕ приймаємо стандартний переріз мідного кабелю $3 \times 1.5 \text{ мм}^2$. Відповідно до ПУЕ, для трижильного мідного кабелю, прокладеного в трубі/коробі, допустимий тривалий струм становить $I_{\text{доп}} = 15 \text{ А}$, що значно перевищує фактичні розрахункові струми груп ($15 \text{ А} > I_p$), забезпечуючи великий запас надійності.

Для магістральної живильної лінії від ВРП до ЩО, з огляду на необхідний запас на можливе розширення мережі другого поверху та механічну стійкість, приймаємо п'ятижильний мідний кабель **ВВГнг-LS 5 \times 2.5 мм^2** ($I_{\text{доп}} = 21 \text{ А}$, що повністю задовольняє умову $21 \text{ А} \geq 2.19 \text{ А}$).

Обрані перерізи перевіряються на допустиму втрату напруги ($\Delta U\%$), яка для найвіддаленішого світильника не повинна перевищувати нормовані 5% від номінального значення напруги:

$$\Delta U\% = \frac{\sum(P_i \cdot L_i)}{C \cdot S_{\text{каб}}} \leq 5\%$$

де P_i — потужність ділянки мережі, кВт;

L_i — довжина ділянки, м;

$S_{\text{каб}}$ — переріз жили, мм^2 ;

C — коефіцієнт, що залежить від матеріалу жил та напруги (для мідної однофазної мережі $C = 12.0$).

Розрахункова перевірка підтвердила, що в усіх лініях втрата напруги становить менше 1.2% , що задовольняє нормативні вимоги.

2.5 Вибір апаратів захисту та комутаційного обладнання

Автоматичні вимикачі призначені для захисту групових та живильних ліній електричного освітлення від струмів короткого замикання (КЗ) та тривалих навантажень, а також для оперативних комутацій. Вибір апаратів захисту здійснюється відповідно до вимог ПУЕ за такими технічними параметрами:

1. **Номінальна напруга автомата:** $U_{н.авт} \geq U_{мережі}$ (220 В або 380 В).
2. **Номінальний струм розчеплювача:** $I_{н.розч} \geq I_p$, де I_p — розрахунковий струм лінії.
3. **Узгодженість із пропускнуою здатністю кабелю:** струм розчеплювача повинен захищати кабель від перевантаження: $I_{н.розч} \leq I_{доп}$.
4. **Тип характеристики спрацювання (крива електромагнітного розчеплювача):** Для світлодіодного освітлення характерні значні пускові струми ($I_{пуск} \approx 10 \dots 20 \times I_n$) в момент увімкнення через зарядний струм вхідних конденсаторів електронних драйверів світильників. Щоб уникнути хибних спрацювань захисту при одночасному ввімкненні групи світла, вибираються автоматичні вимикачі з характеристикою типу «С» (спрацювання відсічки в межах $5 \dots 10 \times I_n$).
5. **Номінальна гранична комутаційна здатність ($I_{сн}$):** Здатність автомата витримувати струми КЗ без руйнування корпусу. Для внутрішніх мереж цивільних та промислових об'єктів приймаються апарати з $I_{сн} \geq 4.5$ кА або 6 кА.

Для захисту групових ліній штучного освітлення першого поверху, виконаних кабелем 3×1.5 мм², прийнято однополюсні модульні автоматичні вимикачі серії провідних європейських виробників з номінальним струмом $I_n = 10$ А та характеристикою типу С.

$$I_p(2 \dots 5 \text{ А}) < I_{н.авт}(10 \text{ А}) \leq I_{доп}(15 \text{ А})$$

Перевіримо умову селективності та захисту:

Умова повністю виконується. Струм теплового розчеплювача надійно захистить кабель від перегріву, а уставка електромагнітного розчеплювача ($10 \text{ A} \times 5 = 50 \text{ A}$) відсіче струми короткого замикання без помилкових відключень при пуску LED-драйверів.

На вводі в груповий Щиток Освітлення (ЩО) встановлюється триполюсний автоматичний вимикач номіналом $I_n = 16 \text{ A}$ з характеристикою C, що забезпечує селективність вимкнення відносно групових автоматів. Організація мереж передбачає використання модульного розподільчого навісного пластикового або металевого щита (наприклад, типу ЩРВ на 12–24 модулі зі ступенем захисту корпусу IP41 для розгортання в електрощитовій).

2.6 Висновки по розділу 2

1. У проектно-конструкторському розділі повністю виконано модернізацію та обґрунтовано перехід від енергоємних застарілих джерел світла (ламп розжарювання та люмінесцентних світильників) на високоефективні світлодіодні світильники промислової та адміністративної серій ДВО та ДСП торговельної марки «Юпітер».

2. За допомогою програмного комплексу DIALux evo побудовано тривимірні світлотехнічні моделі приміщень об'єкта та розраховано оптимальний кількісний склад світильників. У результаті розрахунків встановлено, що фактичні рівні середньої освітленості робочих зон повністю задовольняють вимоги чинних нормативних документів ДБН В.2.5-28:2018 (для гаража — 205 лк при нормі 200 лк; для офісних кабінетів — понад 300 лк).

3. Запроектовано надійну систему аварійного антипанічного освітлення виробничої зони гаража на базі 5 автономних світильників ДСП65В-60-213 У2 з блоками аварійного живлення. Розрахункова мінімальна аварійна освітленість на рівні підлоги склала 0.83 лк, що перевищує мінімальну норму 0.50 лк.

4. Проведено повне інженерне трасування групових кабельних ліній та виконано електричний розрахунок навантажень. Сумарна споживана активна потужність модернізованого освітлення першого поверху становить 1.37 кВт, що у 2.8 рази нижче порівняно з базовим типовим проектом, підтверджуючи високий енергоефективний ефект розробленого технічного рішення.

5. На основі розрахункових струмів та умов нагрівання провідників обрано мідний трипровідний кабель марки ВВГнг-LS перерізом $3 \times 1.5 \text{ мм}^2$ для групових ліній та ВВГнг-LS $5 \times 2.5 \text{ мм}^2$ для живлення розподільчого щитка освітлення. Захист мереж організовано модульними автоматичними вимикачами з характеристикою типу «С» номіналами 10 А та 16 А, що забезпечують захист ліній від перевантажень та КЗ із урахуванням великих пускових струмів LED-драйверів.

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Комп'ютерне моделювання світлотехнічного простору в пакеті DIALux evo.

3.1.1 Вихідні дані для розрахунку

Дані, необхідні для моделювання та світлотехнічного розрахунку в програмному пакеті DIALux_evo, включають:

- характеристики об'єкта, що розраховується;
- характеристики світлових приладів;
- розташування світлових приладів.

До характеристик об'єкта розрахунку належать його форма та розміри (для приміщень це глибина, ширина і висота). Також необхідними є коефіцієнти відбивання внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій приміщень та поверхонь об'єктів, що знаходяться в зоні розрахунку. У подальшому розрахунки будуть виконані за умов відсутності в приміщеннях будь-яких об'єктів. Форму та розміри приміщень вводимо в програмний пакет шляхом завантаження файлу з планом приміщень та подальшого відзначення контурів приміщень, задаючи їх висоту. Потім, у вкладці матеріалів задаємо значення коефіцієнтів відбивання для стелі, стін і підлоги, які за замовчуванням становлять 70%, 50% і 20% відповідно. Вибір об'єктів для розрахунку здійснюється через спеціальну вкладку та підвкладку "Простори", де висоту робочої площини можна задати самостійно або за замовчуванням, вибираючи зони та шаблони застосування (рис. 3.1). Крім того, тут представлені нормовані світлотехнічні параметри, для прикладу приміщення 103 (Основне приміщення) середня освітленість становить 300 лк на робочій площині, що на висоті 0,8 м над підлогою, мінімальний коефіцієнт рівномірності освітленості – 0,4, а максимальний індекс блискавості – 22. Для подальшого моделювання та розрахунку зосереджуємося лише на цих параметрах, інші залишаємо без уваги.

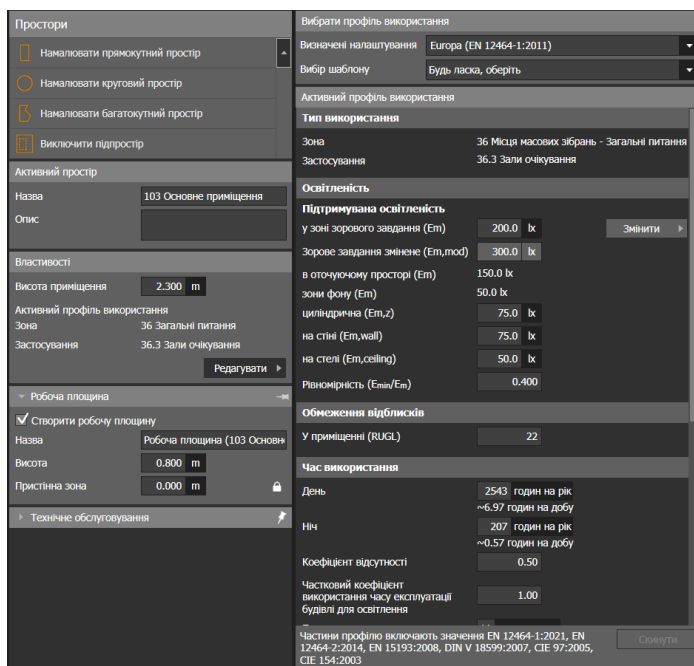


Рисунок 3.1 – Вибір нормованих світлотехнічних параметрів в середовищі програмного пакету DIALux_evo

3.1.2 Обґрунтування коефіцієнта експлуатації (MF)

Коефіцієнт експлуатації визначає запас потужності системи освітлення, необхідний для компенсації зниження світлового потоку протягом терміну служби. Він визначається за формулою:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF$$

де:

- **LLMF** (Lamp Lumen Maintenance Factor) — коефіцієнт спаду світлового потоку лампи (для сучасних LED-модулів приймається 0,85 ... 0,90 залежно від терміну експлуатації 50 000 год);
- **LSF** (Lamp Survival Factor) — коефіцієнт виживання ламп (для світлодіодів приймається 1,0, оскільки вихід з ладу одного модуля зазвичай не призводить до відключення всього світильника);
- **LMF** (Luminaire Maintenance Factor) — коефіцієнт забруднення світильника (залежить від типу приміщення та ступеня захисту IP);

- **RSMF** (Room Surface Maintenance Factor) — коефіцієнт забруднення поверхонь приміщення (зазвичай приймається 0,94 для чистих та 0,90 для запилених приміщень).

1. Розрахунок для виробничої зони (Гараж, прим. 101, 1-й поверх)

Виробнича зона характеризується високим рівнем пилу та можливими випарами мастильних матеріалів. Використовуються світильники типу ДСП65В (IP65).

- $LLMF = 0,85$
- $LSF = 1,0$
- $LMF = 0,75$ (для промислових зон з високим ступенем забруднення)
- $RSMF = 0,90$

Розрахунок:

$$MF_{\text{гараж}} = 0,85 \times 1,0 \times 0,75 \times 0,90 = 0,573$$

Приймаємо для розрахунків у DIALux $MF = 0,57$.

2. Розрахунок для адміністративних приміщень (1-й та 2-й поверхи)

Адміністративні кабінети, коридори та офіси (наприклад, прим. 103, 106) мають чисте середовище. Використовуються світильники типу ДВО27У (вбудовані/накладні).

- $LLMF = 0,90$
- $LSF = 1,0$
- $LMF = 0,92$ (для світильників з рівною поверхнею, що легко очищується)

- $RSMF = 0,94$

Розрахунок:

$$MF_{\text{адмін}} = 0,90 \times 1,0 \times 0,92 \times 0,94 = 0,778$$

Приймаємо для розрахунків у DIALux $MF = 0,78$.

Таблиця 3.1 – Зведена таблиця коефіцієнтів для розрахунків

Тип приміщення	Поверх	Тип світильника	MF
Виробничі (Гараж, майстерні)	1	ДСП65В	0,57
Технічні (Щитова, комора)	1, 2	ДВО27У	0,72
Адміністративні (Кабінети)	1, 2	ДВО27У	0,78
Коридори та сходи	1, 2	ДВО27У	0,75

Використання вказаних значень MF у програмному забезпеченні DIALux evo дозволяє забезпечити відповідність нормативним вимогам ДБН В.2.5-28:2018 протягом усього міжремонтного періоду експлуатації будівлі.

3.1.3 Аналіз розподілу освітленості та показників якості світлового середовища

Оцінка ефективності запропонованих світлотехнічних рішень проводилася методом математичного моделювання в середовищі DIALux evo. Розрахунки виконано для основних зон будівлі, зокрема: гаражного боксу (101), кабінетів адміністрації (103, 106), електрощитової (116), кабінет директора, зал зборів та коридорних приміщень (першого і другого поверхів).

Таблиця 3.2 — Світлотехнічні характеристики приміщень будівлі

Приміщення	Тип світильника	К-сть, шт.	Есер, лк	U0	UGR	E _{min} /E _{max} (авар.)
Гараж (101)	ДСП65В-60-203	10	205	0,44	22,5	0,83/7,76
Кабінет (103)	ДВО27У-33-001	2	320	0,65	17,6	-
Щитова (116)	ДВО27У-33-001	1	280	0,68	18,0	-
Коридор (1-й пов.)	ДВО27У-16-001	3	191	0,91	18,2	1,1/5,2
Приміщення 203	ДВО27У-16-001	4	221	0,67	19	-
Приміщення 205	ДВО27У-16-001	3	210	0,70	18,0	-
Коридор (2-й пов.)	ДВО27У-16-001	2	100	0,59	19	1,0/4,8

Виробнича зона (Гараж, приміщення 101)

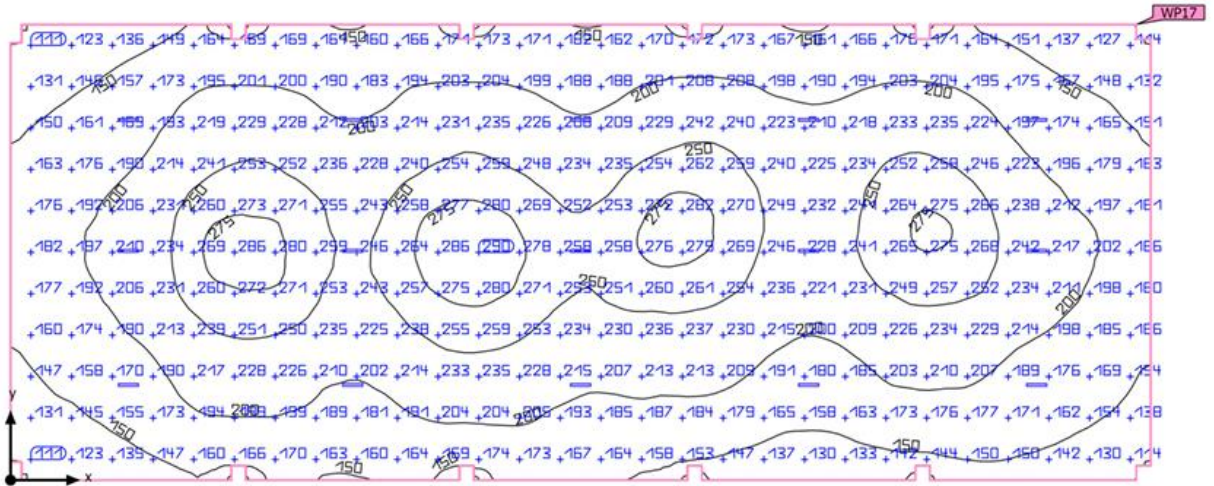


Рисунок 3.2 – Графік розподілу освітленості по поверхні підлоги гаражної будівлі від системи робочого освітлення

Для забезпечення нормативного рівня освітленості 200 лк на горизонтальній поверхні підлоги, використано 10 промислових світильників типу ДСП65В-60-203.

$$M = \frac{22,5 + 4,8}{16} \cdot 10^{0,25} \approx 1,706 \cdot 1,333 \approx \mathbf{22,75}$$

За результатами симуляції, середнє значення освітленості становить 205 лк, при цьому коефіцієнт рівномірності $U_0 = 0,44$.

Отриманий показник дискомфорту $UGR = 22,5$, що відповідає регламентованим вимогам (не більше 25).

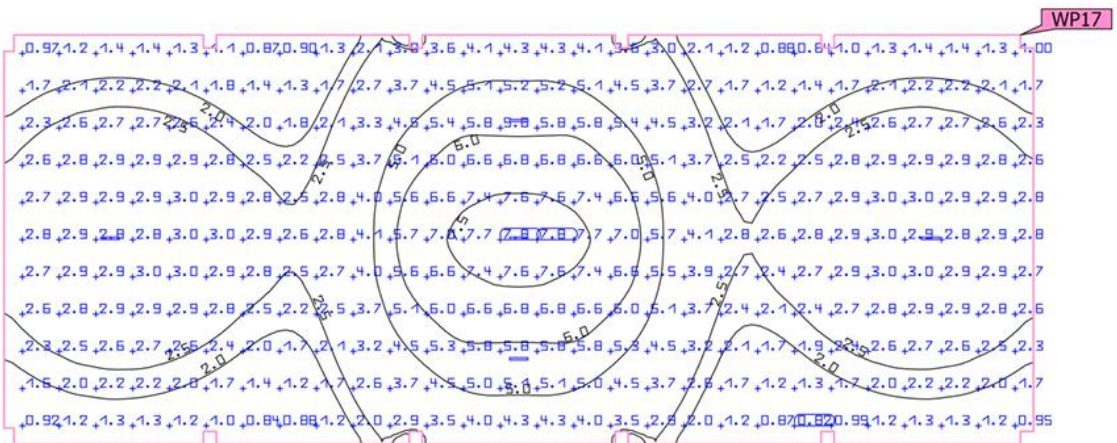


Рисунок 3.3 – Графік розподілу освітленості по поверхні підлоги гаражної будівлі від системи евакуаційного освітлення

Для організації системи аварійного (евакуаційного) освітлення задіяно 5 світильників ДСП65В-60-213, обладнаних інтегрованими блоками аварійного живлення (БАЗ). Результати розрахунку для аварійного режиму: $E_{min} = 0,83$ лк, $E_{max} = 7,76$ лк, відношення $E_{max}/E_{min} = 9,35$ (нормативне значення < 40).

Адміністративні приміщення (Кабінет 103)

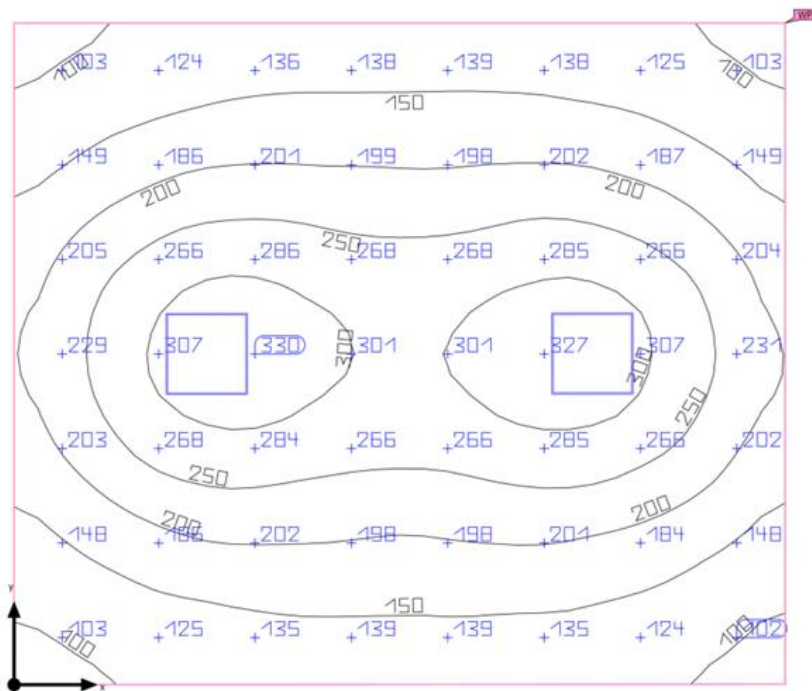


Рисунок 3.4 – Графіки розподілу освітленості по поверхні підлоги адміністративного приміщення 103 від системи робочого освітлення

Проектне рішення передбачає встановлення 2 світильників ДВО27У-33-001 для створення комфортного світлового середовища на робочих місцях. Встановлено, що розрахункова:

$$M = \frac{17,6 + 4,8}{16} \cdot 10^{0,25} \approx 1,4 \cdot 1,333 \approx 18,66$$

середня освітленість на рівні 0,75 м становить 320 лк;

коефіцієнт рівномірності – 0,65;

об'єднаний показник блискавості $UGR = 17,6$.

Це повністю задовольняє ергономічні норми для зорової роботи в офісних приміщеннях, оскільки менше 19..

Приміщення електрощитової (прим. 116)

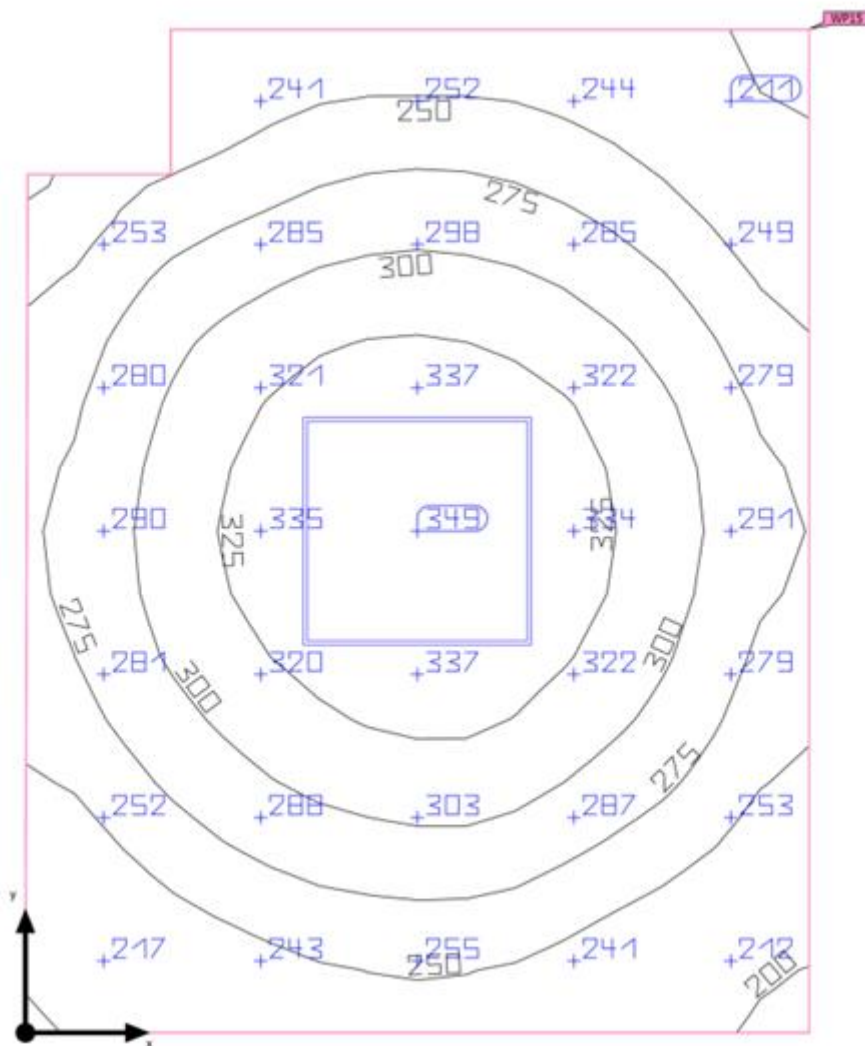


Рисунок 3.5 – Графіки розподілу освітленості по поверхні підлоги приміщення електрощитової (116) від системи робочого освітлення

З метою забезпечення безпечних умов під час обслуговування електрообладнання, встановлено світильник ДВО27У-33-001. Моделювання підтвердило:

- середня освітленість на рівні підлоги – 280 лк;
- показник рівномірності – 0,68;
- UGR = 18,0.

$$M = \frac{18,2 + 4,8}{16} \cdot 10^{0,25} \approx 1,437 \cdot 1,333 \approx 19,16$$

Висновок: $19,16 \leq 25$ (допустимо).

Коридори будівлі (перший поверх)

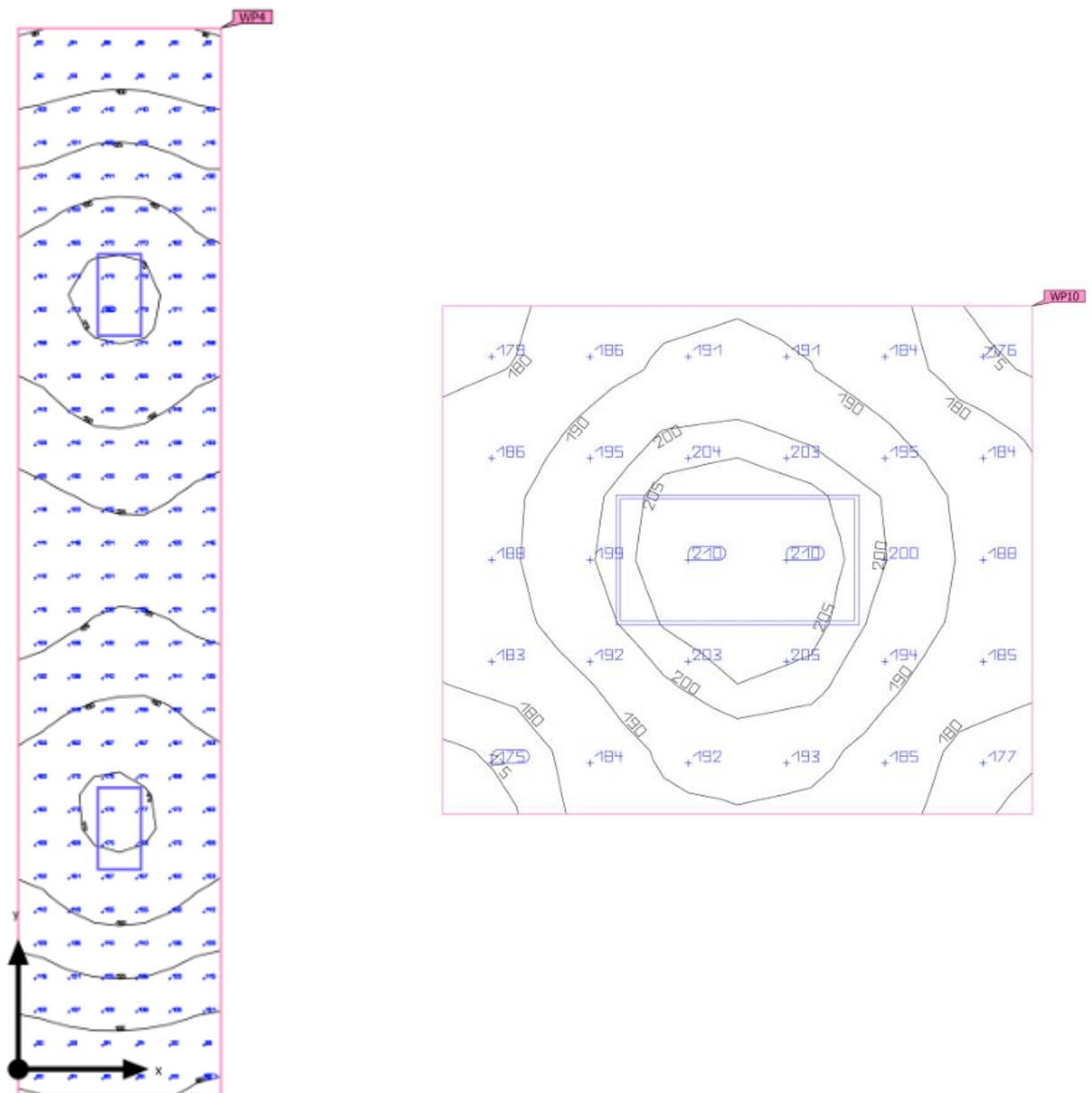


Рисунок 3.6 – Графіки розподілу освітленості по поверхні підлоги приміщення коридорів (105 і 111) від системи робочого освітлення

Освітлення шляхів евакуації реалізовано шляхом встановлення 3 світильників ДВО27У-16-001. Розрахункові показники: середня освітленість – 191 лк (при нормі 210 лк), $U_0 = 0,91$.

$$M = \frac{18,2 + 4,8}{16} \cdot 10^{0,25} \approx \mathbf{19,16}$$

Для системи евакуаційного освітлення застосовано світлодіодні модулі з автономним живленням, що дозволило отримати $E_{min} = 1,1$ лк та $E_{max} = 5,2$ лк, при співвідношенні $E_{max}/E_{min} = 4,7$.

Для забезпечення належних умов освітлення приміщень 2-го поверху було обрано світлодіодні світильники серії ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2. Нижче наведено результати світлотехнічного моделювання для ключових зон.

1. Кабінет (прим. 203), площа 16,40 м²:

- Система освітлення: 4 світильники типу ДВО27У-16-001.

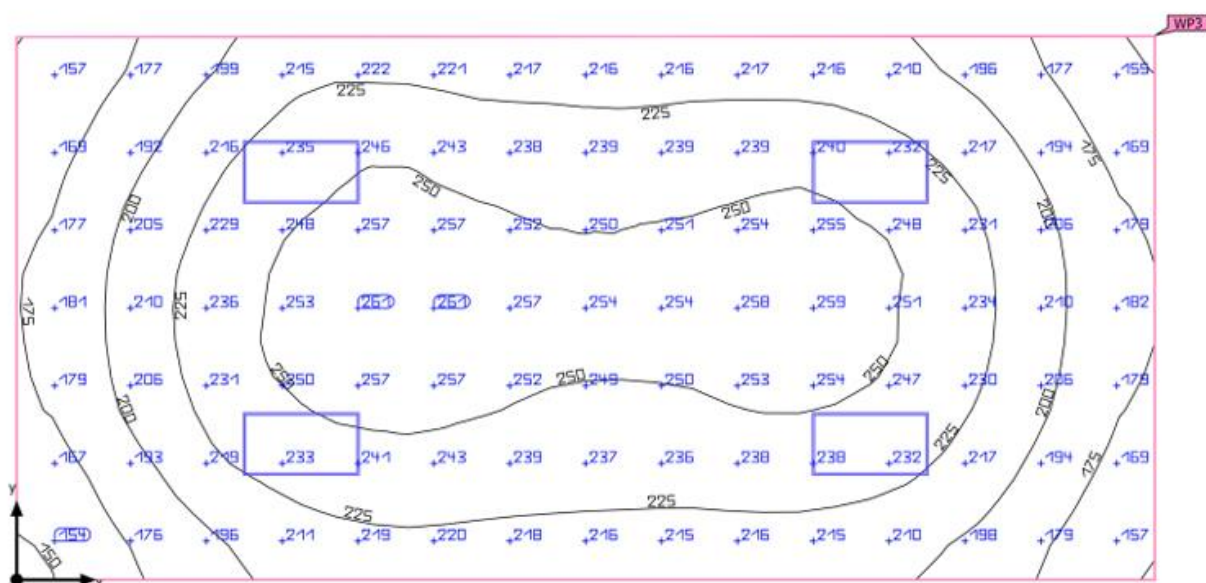


Рисунок 3.7 – Графіки розподілу освітленості по поверхні підлоги приміщення 203 від системи робочого освітлення

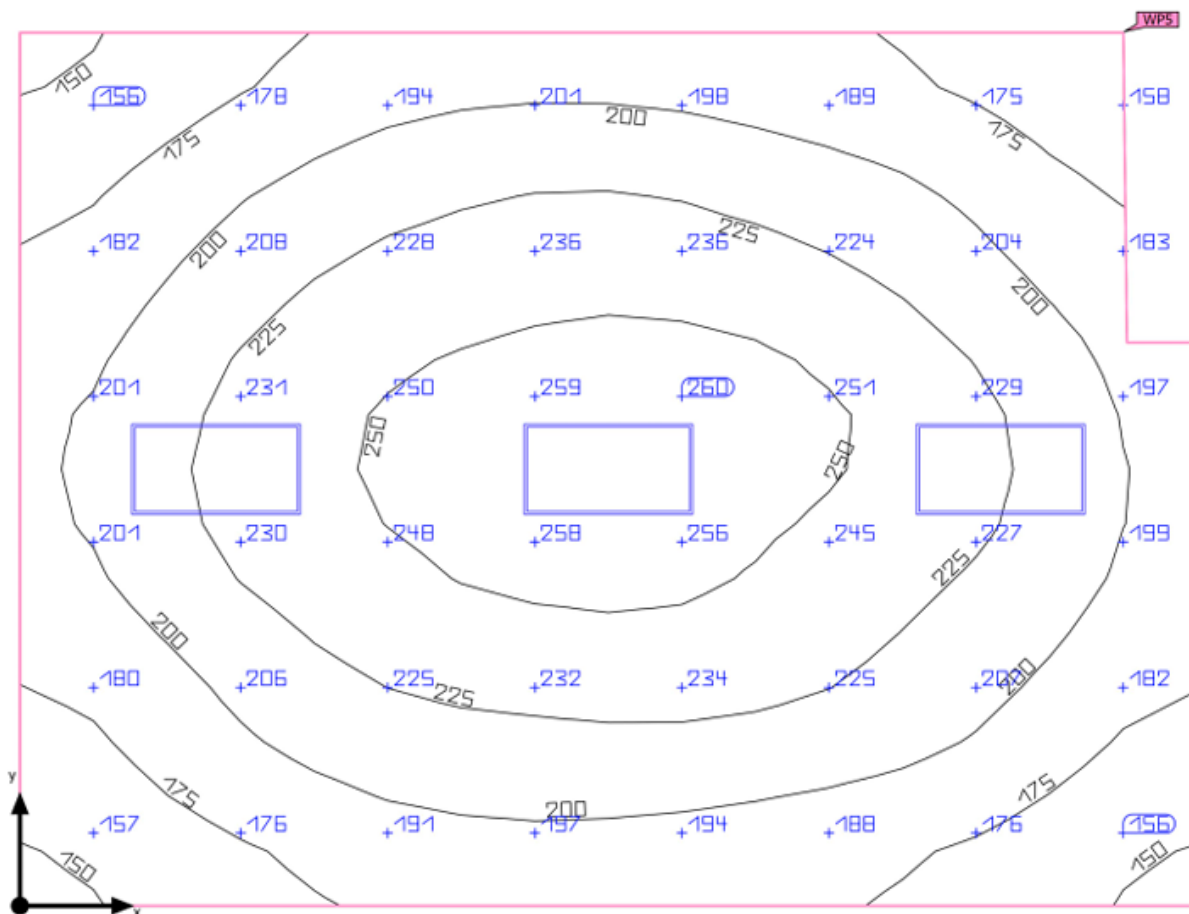
- **Результати розрахунку:** середня освітленість на умовно-робочій поверхні $E_{сер} = 221$ лк; показник рівномірності $U_0 = 0,67$; об'єднаний показник блискавості $UGR = 19$.

$$M = \frac{19 + 4,8}{16} \cdot 10^{0,25} \approx 1,487 \cdot 1,333 \approx 19,83$$

Коментар: Застосування чотирьох світильників дозволило досягти високої рівномірності освітлення, що є оптимальним для тривалої роботи з технічною документацією.

2. Кабінет (прим. 205), площа 12,65 м²:

- **Система освітлення:** 3 світильники типу ДВО27У-16-001.



- Рисунок 3.8 – Графіки розподілу освітленості по поверхні підлоги приміщення 205 від системи робочого освітлення

- **Результати розрахунку:** середня освітленість $E_{\text{ср}} = 210$ лк; рівномірність $U_0 = 0,70$; $UGR = 18,0$.

$$M = \frac{18,0 + 4,8}{16} \cdot 10^{0,25} \approx 1,425 \cdot 1,333 \approx 19,00$$

- *Коментар:* Світлотехнічні характеристики відповідають ергономічним вимогам до адміністративних приміщень.

3. Коридор 2-го поверху, площа 12,50 м²:

- Система освітлення: 2 світильники типу ДВО27У-16-001.

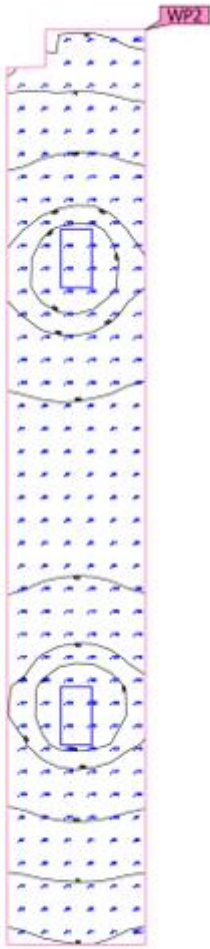


Рисунок 3.9 – Графіки розподілу освітленості по поверхні підлоги робочої площини (коридор 202) від системи робочого освітлення

- **Робоче освітлення:** $E_{сер} = 100$ лк; рівномірність $U_0 = 0,59$; $UGR = 19$.

$$M = \frac{19 + 4,8}{16} \cdot 10^{0,25} \approx \mathbf{19,83}$$

- **Евакуаційне освітлення:** Враховуючи специфіку евакуаційного шляху, застосовано інтегровані БАЖ: $E_{min} = 1,1$ лк, $E_{max} = 5,1$ лк, співвідношення $E_{max}/E_{min} = 4,6$.

Для наочності та систематизації результатів моделювання, основні світлотехнічні параметри системи освітлення зведені у таблицю 3.1.

3.2 Оцінка падіння напруги та режимів роботи електричної мережі

Для забезпечення стабільної роботи LED-світильників та дотримання вимог ПУЕ щодо якості електроенергії, необхідно виконати перевірку перерізів провідників за допустимим падінням напруги. Розрахунок проводиться для найбільш віддаленої ділянки кожної групової лінії.

Методика розрахунку:

Падіння напруги в лінії визначається за наступною формулою:

$$\Delta U = \frac{\sum(P \cdot L)}{C \cdot S}$$

де:

P — потужність навантаження лінії, кВт;

L — довжина лінії до найвіддаленішого світильника, м;

S — переріз провідника, мм²;

C — коефіцієнт, що залежить від матеріалу провідника та системи напруги (для міді в однофазній мережі 220 В, C ≈ 12,8);

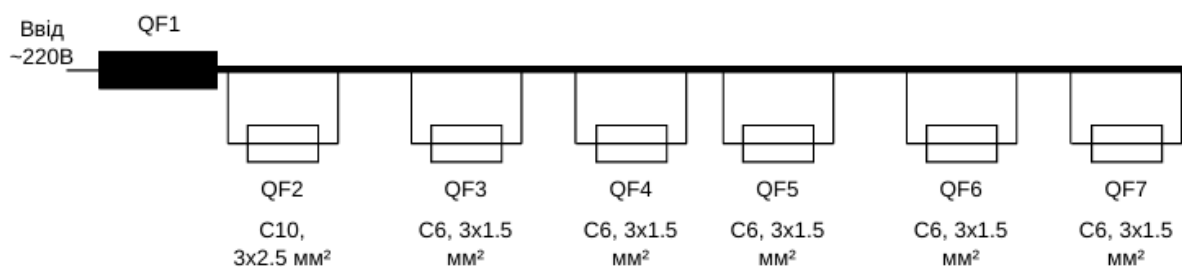


Рисунок 3.12 — Однолінійна розрахункова схема щита освітлення ЩО-1

Методика розрахунку

Для кожної групи (від QF2 до QF7) ми використовуємо формулу:

1. **Момент навантаження:**

$$M = P \cdot l \quad (\text{кВт} \cdot \text{м})$$

Втрати напруги:

$$\Delta U = \frac{M}{c \cdot S} \cdot 100\% \quad (\%)$$

де:

P — потужність навантаження (кВт);

l — довжина лінії до найвіддаленішого світильника (м);

c — коефіцієнт (для міді при 220В = 12);

S — переріз кабелю (мм²).

Розрахунки по ділянках

Ділянка 2 (Гараж, QF2)

$$P_2 = 0,600 \text{ кВт}, l_2 = 12 \text{ м}, S = 2,5 \text{ мм}^2$$

$$M_2 = 0,600 \cdot 12 = 7,2 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$\Delta U_2 = \frac{7,2}{12 \cdot 2,5} = 0,24\%$$

Ділянка 3 (Кабінети 203+205, QF3)

$$P_3 = 0,110 \text{ кВт}, l_3 = 6,5 \text{ м}, S = 1,5 \text{ мм}^2$$

$$M_3 = 0,110 \cdot 6,5 = 0,715 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$\Delta U_3 = \frac{0,715}{12 \cdot 1,5} = 0,04\%$$

Ділянка 4 (Кабінети 103..., QF4)

$$P_4 = 0,130 \text{ кВт}, l_4 = 2,5 \text{ м}, S = 1,5 \text{ мм}^2$$

$$M_4 = 0,130 \cdot 2,5 = 0,325 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$\Delta U_4 = \frac{0,325}{12 \cdot 1,5} = 0,02\%$$

Ділянка 5 (Електрощитова, QF5)

$$P_5 = 0,030 \text{ кВт}, l_5 = 3,6 \text{ м}, S = 1,5 \text{ мм}^2$$

$$M_5 = 0,030 \cdot 3,6 = 0,108 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$\Delta U_5 = \frac{0,108}{12 \cdot 1,5} = 0,006\% \approx 0,01\%$$

Ділянка 6 (Коридори, QF6)

$$P_6 = 0,080 \text{ кВт}, l_6 = 3,5 \text{ м}, S = 1,5 \text{ мм}^2$$

$$M_6 = 0,080 \cdot 3,5 = 0,28 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$\Delta U_6 = \frac{0,28}{12 \cdot 1,5} = 0,015\% \approx 0,02\%$$

Ділянка 7 (Аварійне осв., QF7)

$$P_7 = 0,200 \text{ кВт}, l_7 = 4,1 \text{ м}, S = 1,5 \text{ мм}^2$$

$$M_7 = 0,200 \cdot 4,1 = 0,82 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$\Delta U_7 = \frac{0,82}{12 \cdot 1,5} = 0,045\% \approx 0,05\%$$

Таблиця 3.1 – Підсумкова таблиця для розділу "Результати розрахунків"

№ групи	Навантаження P, кВт	Довжина l, м	Переріз S, мм ²	Втрати ΔU, %
QF2	0,600	12,0	2,5	0,24
QF3	0,110	6,5	1,5	0,04
QF4	0,130	2,5	1,5	0,02
QF5	0,030	3,6	1,5	0,01
QF6	0,080	3,5	1,5	0,02
QF7	0,200	4,1	1,5	0,05

Розрахунок сумарних втрат напруги:

Сумарні втрати напруги визначаються як сума втрат на ділянці вводу до розподільчого щитка та втрат на найбільш навантаженій груповій лінії.

$$\Delta U_{\Sigma} = \Delta U_{\text{вводу}} + \Delta U_{\text{групи}} = 0,47\% + 0,24\% = 0,71\%$$

Оскільки отримане значення $\Delta U_{\Sigma} = 0,71\%$ значно менше допустимого значення (5%), можна зробити висновок, що вибрані перерізи провідників (4,0 мм² для вводу та 2,5 мм² для лінії гаража) є технічно обґрунтованими та забезпечують нормальну роботу освітлювальних приладів.

3.3 Висновки по розділу 3

У даному розділі проведено комплексний розрахунок системи електропостачання освітлювальної мережі об'єкта. На основі аналізу встановленої потужності світильників виконано вибір автоматичних вимикачів захисту та перерізів живильних кабелів типу ВВГнг-LS, що відповідають нормативним вимогам ПУЕ щодо струмових навантажень та пожежної безпеки.

Розроблена однолінійна розрахункова схема щита освітлення (ЩО-1) забезпечує надійний захист групових ліній та легкість експлуатації мережі. Розрахунок втрат напруги, виконаний для кожної ділянки мережі, показав, що сумарне падіння напруги становить 0,71%, що є значно нижчим за нормативно допустиме значення у 5%. Це свідчить про високу якість проектних рішень, енергоефективність мережі та надійність електропостачання споживачів. Запропоновані технічні рішення є повністю обґрунтованими та готовими до впровадження.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Охорона праці та техніка безпеки при виконанні робіт з обслуговування діючих електроустановок

Електрообладнання та електроустановки при використанні та зберіганні піддаються впливу різних експлуатаційних факторів, в результаті чого зношуються і старіють. Через зношеність і старіння збільшується небезпека появи відмов, що призводять до порушення працездатності виробу. Зазвичай виникнення відмови передуює поява несправностей, обумовлених зміною характеристик пристрою, відхиленням від нормальних режимів їх використання.

Безперебійність електропостачання споживачів досягається впровадженням різних схем автоматики та електромеханіки.

У силу цього значно підвищуються вимоги до кваліфікації працівників міських електромереж. Одним з основних елементів цих мереж є підстанції.

У процесі виробничого навчання учні - майбутні інженери-електрики та електромонтери - повинні міцно засвоїти широке коло спеціальних питань:

- Призначення різних об'єктів будівництва;
- Шляхи і засоби механізації і індустріалізації виробництва електромонтажних робіт;
- Конструкцію і принцип роботи верстатів, апаратів, машин, інструментів і пристосувань, що використовуються електромонтером;
- Властивості і застосування основних електротехнічних і будівельних матеріалів;
- Основну проектну документацію, електротехнічні креслення і схеми;
- Організацію робочого місця, техніку безпеки і першу допомогу, виробничу санітарію і протипожежні заходи;
- Основи економіки організації і планування будівництва і виробництва електромонтажних робіт.

Крім того, вони повинні придбати основні професійні навички:

- Правильно виконувати основні технологічні операції при спорудженні електричних мереж, монтажі електрообладнання та апаратури;
- Виробляти необхідний ремонт, наладку і регулювання електроустановок напругою до 1 кВ (і вище);
- Вибирати необхідні для монтажу і ремонту матеріали і вироби, проводити розрахунки і складати схеми нескладних електроустановок.

Техніка безпеки

Роботи в діючих електроустановках повинні виконуватися відповідно до міжгалузевими правил з охорони праці (правила безпеки) при експлуатації електроустановок споживачів (Міжгалузеві ПОТ (ПБ)).

Ремонт електроустаткування виконують за нарядом з повним відключенням напруги та накладанням заземлення.

Ремонтна бригада складається не менше ніж з двох електрослюсарів, один з яких (виконавець робіт) повинен мати IV кваліфікаційну групу з техніки безпеки, а другий - не нижче II групи.

До початку робіт роблять всебічне відключення електроустаткування, що підлягає ремонту, і в місцях, звідки може бути подана напруга, вивішують забороняють плакати.

Перед початком робіт перевіряють відсутність напруги, і устаткування заземлюють включенням стаціонарних роз'єднувачів заземлення або переносного, на місці робіт вивішують плакати «Заземлено» і «Працювати тут». Після закінчення робіт видаляють людей, знімають плакати, заземлення і виробляють включення.

Роботи переносним інструментом. Ремонтно-монтажні роботи в електроустановках доводиться вести в умовах заземлених металевих конструкцій, струмопровідних підлог, значною вологості, що становить підвищену небезпеку для працюючих. До роботи з електроінструментом допускаються особи, які пройшли виробниче навчання і мають II кваліфікаційну групу при експлуатації електроустановок споживачів.

Електроінструмент повинен швидко включатися в електромережу та відключатися від неї і мати недоступні для випадкового дотику струмоведучі частини. Напруга живлення електроінструменту має бути не вище 220 В при роботі в приміщеннях без підвищеної небезпеки і не вище 50 В у приміщеннях з підвищеною небезпекою і поза приміщеннями. Допускається застосовувати електроінструмент напругою до 220 В, але при надійному заземленні корпусу інструменту і наявності захисних засобів - діелектричних рукавичок, калош, килимків. В особливо небезпечних приміщеннях напруга має бути не вище 50 В з обов'язковим застосуванням захисних засобів. Перед початком роботи з електроінструментом необхідно застебнути рукави.

У електроінструменту і переносних світильників не рідше одного разу на місяць перевіряють мегомметром відсутність замикань на корпус, обриву заземлюючого проводу і стан ізоляції проводів.

Електрозварювальні роботи. При ремонті устаткування виникає необхідність проведення нескладних електрозварювальних робіт, таких, як ремонт контуру заземлення, монтаж сітчастих огорож і т. д. Недотримання спеціальних правил виконання електрозварювальних робіт може призвести до ураження електричним струмом, отриманню опіків від дуги і бризок розплавленого металу, впливу електричної дуги на очі, а так само виникнення пожежі.

Тому до зварювальних робіт допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання і мають групу з техніки безпеки не нижче II.

4.2 Вимоги до працівників під час обслуговування електроустановок

Порядок навчання і перевірки знань працівників має бути відповідним галузевим положенням про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці (z0095-94), узгодженого з Держнаглядом охорони праці, а також вимогам до електротехнічного розрахунку, які містяться в ПТЕ.

Первинний (під час прийняття на роботу) і періодичний (протягом трудової діяльності) медичний огляд працівників здійснюється згідно з Положенням про медичний огляд працівників певних категорій, затвердженим наказом Міністерства охорони здоров'я від 31.03.94 N 45 (z0136-94), зареєстрований в Міністерстві юстиції 21.06 .94 за N 136/345.

Працівники, які обслуговують електроустановки, зобов'язані знати ці правила відповідно до займаної посади чи роботою, яку вони виконують, і мати відповідну групу з електробезпеки згідно з такими вимогами:

1) для одержання групи I, незалежно від посади і професії, необхідно пройти інструктаж з електробезпеки під час роботи в даній електроустановці з оформленням в журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

Інструктаж з електробезпеки на I групу має здійснювати особа, відповідальна за електрогосподарство, або, за його письмовим розпорядженням, особа зі складу електротехнічних працівників з групою III.

Мінімальний стаж роботи в електроустановках і видання посвідчень працівникам з групою I не вимагаються;

2) особам молодше 18 років, не дозволяється присвоювати групу вище II;

3) для присвоєння чергової групи з електробезпеки необхідно мати мінімальний стаж роботи в електроустановках з попередньою групою, зазначеній у додатку 1 цих правил;

4) для одержання груп II-III працівники мають:

а) чітко усвідомлювати небезпеку, пов'язану з роботою в електроустановках;

б) знати і вміти застосовувати на практиці ці та інші правила безпеки в обсязі, потрібному для роботи, яка виконується;

в) знати будову і пристрій електроустановок;

г) уміти практично надавати першу допомогу постраждалим у разі нещасних випадків, в тому числі застосовувати способи штучного дихання і зовнішнього масажу серця;

5) для одержання груп IV-V додатково необхідно знати компонування електроустановок і уміти організувати безпечно проведення робіт, уміти навчити працівників інших груп правилам безпеки та надання першої допомоги потерпілим від електричного струму.

б) для одержання групи V необхідно також розуміти, чим викликані вимоги пунктів правил безпечної експлуатації електроустановок.

Працівникові, який пройшов перевірку знань правил, видається посвідчення, яке він зобов'язаний мати при собі під час роботи.

Посвідчення про перевірку знань працівника є документом, який засвідчує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом.

Посвідчення про перевірку знань видається працівникові комісією з перевірки знань підприємства, організації після перевірки знань і є дійсним тільки після внесення відповідних записів.

Під час виконання службових обов'язків працівник повинен мати з собою посвідчення про перевірку знань. За відсутності посвідчення, або за наявності посвідчення з простроченими термінами перевірки знань, працівник до роботи не допускається.

Посвідчення про перевірку знань підлягає заміні у випадку зміни посади або за відсутності місця для записів.

Посвідчення про перевірку знань вилучається у працівника комісією з перевірки знань в разі незадовільних знань, керівником структурного підрозділу - в разі закінчення терміну дії медичного огляду.

Забороняється допускати до роботи в електроустановках осіб, які не пройшли навчання та перевірку знань цих правил.

Ті працівники, зайняті виконанням спеціальних видів робіт, до яких висуваються додаткові вимоги безпеки, повинні бути навчені безпечному виконанню таких робіт і мати відповідний запис про це у посвідченні перевірки знань з питань охорони праці.

Перелік робіт з підвищеною небезпекою затверджується керівництвом підприємства.

Перевірка знань технології робіт (правила експлуатації, виробничі інструкції) може здійснюватися Держенергонаглядом окремо від перевірки знань з безпечної експлуатації електроустановок, в цьому випадку робиться окремий запис в журналі.

Забороняється допускати до роботи працівників з ознаками алкогольного або наркотичного сп'яніння, а також з явними ознаками захворювання. Забороняється виконання розпоряджень та завдань, що суперечать вимогам цих правил. Кожен працівник особисто відповідає за свої дії в частині дотримання вимог цих правил.

У разі якщо працівник самостійно не в змозі вжити дієві заходи щодо усунення виявлених ним порушень правил, він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника, а в разі його відсутності керівника вищого рівня.

У разі нещасних випадків з людьми зняття напруги для звільнення потерпілого від дії електричного струму має бути виконано негайно, без попереднього дозволу.

Працівники, які порушили вимоги цих правил, усуваються від роботи і несуть відповідальність (дисциплінарну, адміністративну, кримінальну) згідно з чинним законодавством.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі проведено комплексне проектування системи електропостачання та електричного освітлення об'єкта, що дозволило вирішити поставлені технічні завдання та забезпечити надійну роботу електротехнічного обладнання.

Основні результати роботи полягають у наступному:

1. **Проведено аналіз об'єкта проектування:** На основі функціонального призначення приміщень визначено категорії надійності електропостачання та розроблено раціональну схему живлення, яка мінімізує втрати електричної енергії та забезпечує безперебійність роботи систем освітлення.

2. **Виконано світлотехнічні розрахунки:** Застосування сучасного методу коефіцієнта використання світлового потоку дозволило точно розрахувати необхідну кількість світильників. Розрахунки підтверджують забезпечення нормованих значень освітленості з урахуванням показника дискомфорту (UGR), що гарантує високі ергономічні показники робочих місць.

3. **Здійснено вибір електротехнічного обладнання:** Згідно з розрахунковими струмами навантаження та вимогами нормативних документів (ПУЕ, ДБН), підібрано автоматичні вимикачі захисту (QF1–QF7) та визначено перерізи провідників (кабелі типу ВВГнг-LS). Обґрунтовано застосування мідних провідників, що забезпечує тривалий термін експлуатації та високу стійкість до корозії.

4. **Розроблено технічну документацію:** Побудована однолінійна розрахункова схема щита освітлення (ЩО-1) повністю відповідає сучасним вимогам проектування електромереж. Розрахунок втрат напруги, виконаний для всіх ділянок мережі, довів ефективність проектних рішень (сумарне падіння напруги становить $0,71\%$, що значно нижче допустимих 5%).

5. **Забезпечено високий рівень безпеки:** Впроваджено комплекс заходів з охорони праці та техніки безпеки. Зокрема, передбачено систему

захисного заземлення (TN-S), встановлення пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ) та застосування кабелів з низьким димовиділенням (нг-LS). Особливу увагу приділено системі аварійного освітлення для забезпечення безпечної евакуації людей у надзвичайних ситуаціях.

Практичне значення роботи: Розроблені технічні рішення є економічно виправданими, відповідають державним будівельним нормам України та готові до впровадження на об'єкті. Реалізація даного проекту дозволить підвищити енергоефективність системи освітлення, забезпечити стабільність електропостачання та відповідати всім сучасним вимогам з охорони праці та пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Про прийняття національного стандарту ДСТУ-Н Б В.2.5-83:2016 "Настанова з проектування засобів і обладнання зовнішнього освітлення міст, селищ та сільських населених пунктів": наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, від 30.06.2016 № 190. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0190858-16#Text> (дата звернення: 17.02.2026)
2. ДБН В.2.5 – 23 – 2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення – К.: Мінрегіонбуд України, 2010.– 171 с.
3. ПУЕ:2017 Правила улаштування електроустановок
4. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок
5. ДСТУ Б В.2.5-82: 2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів ураження електричним струмом – К.: ДП «УКРНДНЦ», 2016.– 110 с.
6. ДБН В.2.5-56: 2014. Системи протипожежного захисту. Зі зміною № 1 – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019.– 103 с.
7. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017.– 39 с. 69
8. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
9. ДСТУ EN 12464-1:2016 (EN 12464-1:2011, IDT). . Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1.– К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 53 с.
10. Осадца Я.М. Курс лекцій з дисципліни “Світлотехнічні установки та системи” для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопіль: ТНТУ, 2020. 144 .

11. Тарасенко М. Dependences of relative and absolute glazed area from configuration and common areas of window embrasure / М. Тарасенко, В. Бурмака, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2018. – №1 (89). – С. 122-131.

12. Тарасенко М. Шляхи економії паливно-енергетичних ресурсів у побуті / М. Тарасенко, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2017. – №1 (85). – С. 101-108.

13. Тарасенко М. Економічна ефективність багато-тарифного обліку електроенергії в Україні / М. Тарасенко, К. Козак // Світлотехніка та електроенергетика. – 2017. – №1. – С. 23-33.

14. Тарасенко М. Ways to save fuel and energy resources in daily graft / М. Тарасенко, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2017. – №1 (85). – С. 101-108.

15. Тарасенко М. Гранично можливі світлові віддачі джерел світла / М. Тарасенко, К. Козак // Світлотехніка та електроенергетика. – 2016. – №3. – С. 8-

16. Burmaka V. Definition of a composite index of glazing rooms / Burmaka V., Tarasenko M., Kozak K., Khomyshyn V. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – 4 (10-94), pp. 22-28. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.1410187.

17. А. С. Литвиненко, О. Ю. Полищук, Л. Г. Баландаева, Л. Д. Гуракова, «Источник света для световых приборов», Світлотехніка та електроенергетика, No 4, с. 24-26, 2009.

18. Л. А. Назаренко, Д. П. Зубков, С. А. Рева, «Методи вимірювання сили світла та світлового потоку світлодіодів». Український метрологічний журнал, No3, с.29-33, 2010.

19. Джерела світла : навч. посібник / К. І. Суворова, Л. Д. Гуракова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 110 с.

20. 20. Методичні рекомендації "Основи проєктування та реконструкції енергоефективних будівель закладів дошкільної освіти з поліпшеними 70

екологічними характеристиками" <https://iem.org.ua/images/librery/sadochky-05-05-2023.pdf> (дата звернення: 04.04.2026)

21. ДСП07У. URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA_UKR_DSP07U.pdf (дата звернення: 07.03.2026)

22. ДПП05В. URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA_UKR_DPP05V.pdf (дата звернення: 08.03.2026)

23. ДББ26У Селена LED. URL: [https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB26U\(SELENA LED\).pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB26U(SELENA_LED).pdf) (дата звернення: 08.03.2026)

24. ДБО02ВСП (АВАРІЙНИЙ). URL: http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBO02VSP.pdf (дата звернення: 10.03.2026)

25. ДПП06У (аварійний). URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP06U.pdf (дата звернення: 10.03.2026)

26. Інформаційна-пошукова система «Право. Україна» <http://www.legal.com.ua/document/kodeks/0CH56CH41042282-99.html>