

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)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення ефективності системи освітлення в укриттях

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи ЕТм-61

спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Пошивак М.Т.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Белякова І.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Коваль В. П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Коваль В. П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Медвідь В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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)

« 11 » жовтня 2024 р..

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Пошиваку Миколі Тарасовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності системи освітлення в укриттях

Керівник роботи Белякова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 11 » жовтня 2024 року № 4/7-988

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Відомості про системи освітлення укриттів

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Презентація кваліфікаційної роботи 12 аркушів формату А4

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці. Безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., старший викладач		
Нормоконтроль	Коваль В.П. к.т.н., доцент. кафедри ЕІ		

7. Дата видачі завдання

11 жовтня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Пошивак М.Т.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Белякова І.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У даній кваліфікаційній магістерській роботі необхідно провести дослідження та впровадити нові підходи до проектування систем освітлення для укриттів, з особливою увагою до специфіки приміщень дитячих садків. Потреба у розробці ефективних систем освітлення виникає в умовах зростаючих вимог до енергоефективності та безпеки цивільних споруд.

Мета цих досліджень полягає у досягненні високої ефективності систем освітлення в укриттях шляхом впровадження інноваційних технологій, що забезпечать автоматичний контроль та надійність експлуатації. Необхідно провести аналіз об'єктів проектування, встановити ключові вимоги до освітлення та вибрати відповідні характеристики для приміщення. На основі цього потрібно розробити і реалізувати модернізовану систему освітлення з використанням фотодатчиків та світлодіодних (LED) технологій для підвищення енергоефективності.

Для досягнення необхідного рівня освітленості в укритті слід обрати світлові прилади, що забезпечать нормовані характеристики (2400 люменів), і інтегрувати автоматичне фотореле для регулювання освітлення залежно від природного освітлення. Необхідно розробити систему управління з акцентом на економію електроенергії, використовуючи датчики руху для активації освітлення лише в зайнятих зонах.

Слід провести розрахунки, які підтвердять надійність і довговічність впроваджених компонентів і системи в цілому. Впровадження інфрачервоних безконтактних перемикачів повинно продемонструвати перспективність і актуальність таких технологій в управлінні освітленням. Особливу увагу необхідно приділити дотриманню всіх встановлених норм та технічних вимог у сфері безпеки, з акцентом на протипожежну захищеність і зручність експлуатації.

Практична цінність даної роботи полягатиме у можливості застосування її результатів для покращення енергоефективності у приміщеннях, що

потребують цивільного захисту. Інноваційний підхід до проектування освітлювальних систем має дозволити зменшити енергоспоживання, підвищити комфортність приміщень і забезпечити оптимальні умови для виконання зорових завдань. Це стане особливо важливим в умовах сучасних екологічних і економічних викликів, створюючи умови для підвищення енергоефективності та безпечності експлуатації освітлювальних систем у різноманітних типах укриттів.

Ключові слова: освітлення, укриття, система освітлення, датчики руху, підвищення ефективності, світлові прилади, освітлювальні компоненти

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналітичний розділ.....	9
1.1 Аналіз об'єктів дослідження	9
1.2 Вимоги до системи освітлення укриттів	11
1.3 Аналіз джерел світла до освітлення укриттів	14
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	22
2.1 Аналіз існуючої системи освітлення укриття	22
2.2 Вибір нормованих характеристик системи освітлення.....	25
2.3 Вибір світлових приладів	33
2.4 Визначення коефіцієнтів амортизації світлового потоку лампи та бруді світильника	34
2.5 Вибір освітлювальних компонентів.....	36
2.6 Регулювання яскравості світильників.....	37
2.7 Висновки до другого розділу:.....	43
3 Розрунково-дослідницький розділ	44
3.1 Розробка удосконаленої системи освітлення з використанням датчиків руху	44
3.2 Система освітлювання укриття найпростішого типу.....	45
3.3 Розрахунок надійності проєктованого виробу.....	49
3.4 Висновки до третього розділу:	60
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	62
4.1 Безпека життєдіяльності.....	62
4.2 Основи охорони праці	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68

ВСТУП

Актуальність теми: підвищення ефективності системи освітлення в укриттях є важливим через необхідність автоматизації освітлювальних систем для економії електроенергії в умовах розвитку технологій. За статистикою, приблизно 40% виробленої електроенергії витрачається на освітлення.

Однією з ключових переваг адаптивної системи освітлення є її здатність значно знизити споживання енергії. Це досягається шляхом надання освітлювальним приладам певного рівня автономності.

Система адаптивного освітлення, яка добре налаштована, може бути значно ефективнішою, ніж система, що повністю залежить від прийнятих людиною рішень.

Щоб система освітлення могла самостійно приймати рішення щодо світлового випромінювання та функціонування, вона має отримувати потік інформації, на основі якого можливе прийняття таких рішень.

Більшість цієї інформації надходить від датчиків. Мережа "розумних" лампочок, керованих датчиками, може відстежувати зміни в навколишньому середовищі та інтерпретувати їх, щоб динамічно регулювати свою роботу, забезпечуючи оптимальний комфорт і енергоефективність, а також знижуючи витрати на електроенергію.

В даній роботі метою було підвищити ефективність системи освітлення в укриттях.

Для підвищення ефективності системи освітлення укриття було:

- змодельовано систему освітлення найпростішого укриття в приміщенні дитячого садка;
- досліджено вплив температури на функціонування фотодетекторних освітлювальних елементів та розрахунок їх надійності.

Об'єкт дослідження: процеси та методи проектування системи освітлення укриття найпростішого типу.

Предмет дослідження: системи освітлення укриття з використанням датчиків руху та залежність їх роботи від температури навколишнього середовища.

Практична цінність: запропоновано систему освітлення укриття найпростішого типу з використанням LED джерел світла.

Апробація результатів роботи: Результати, отримані під час написання кваліфікаційної роботи магістра, представлено на CEUR Workshop Proceedings Volume 3736, Pages 30 - 46, 2024 1st International Workshop on Intelligent and CyberPhysical Systems, ICyberPhyS 2024 Khmelnytskyi 28 June 2024 Study of the temperature effect on the functioning of photodetecting lighting elements and calculation of their reliability.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз об'єктів дослідження

Для вирішення завдань управління та контролю освітленням було використано метод зондування зайнятості. Цей метод передбачає застосування датчиків присутності, які автоматично регулюють рівень освітлення, вимикаючи або зменшуючи яскравість світла, коли певний простір не використовується протягом заданого користувачем часу. Крім того, було впроваджено метод зондування природного освітлення. Він реалізується за допомогою датчиків, що відслідковують рівень природного світла у приміщенні та перевіряють його відповідність встановленим нормативам [1].

Проблеми процесу вимірювання та точності описані в ряді робіт відомих вчених України та зарубіжних авторів, таких як Аршан Є.В., Бондаренко Р.І., Калачников О.О., Сіднев О.Б., Семікіна Т.В. [2], [3], [4]. Вона також відображена в роботах інших авторів [5], [6] та інших видатних вчених технічного спрямування.

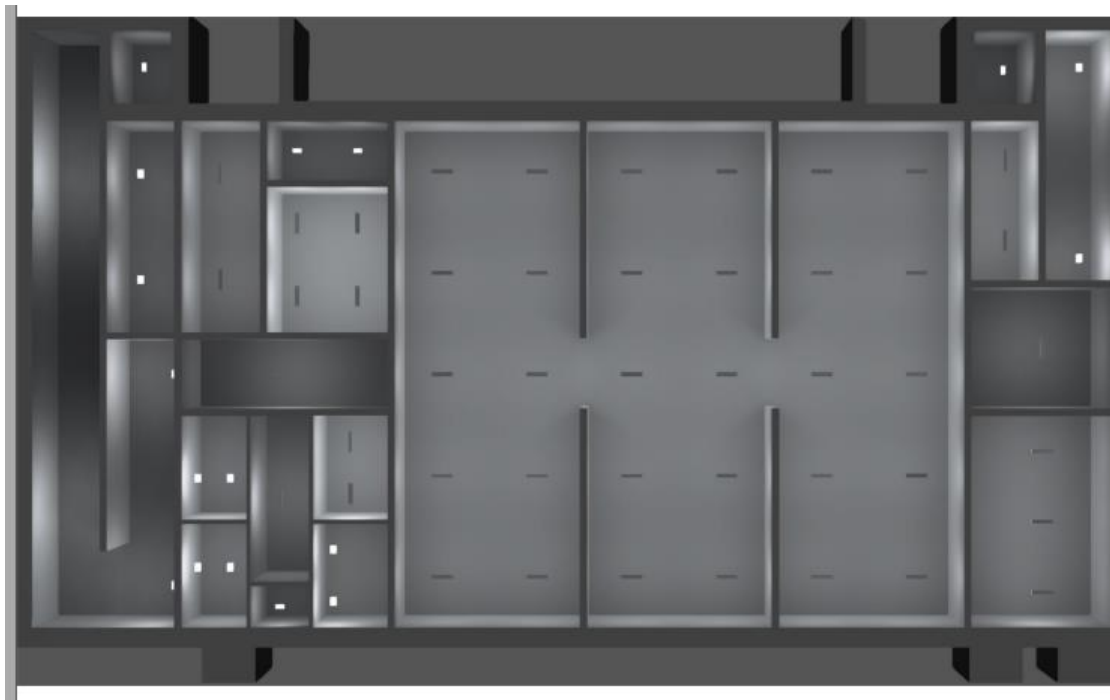


Рисунок 1.1 - План розташування приміщень укриття дитячого садочку у селі Вишневе, Київська область

Все більше і більше малих сховищ - з'являється у містах. У цих сховищах зазвичай розміщують різного роду обладнання, проте ці невеликі сховища не завжди забезпечують достатнє освітлення для ефективного використання. У цій роботі розглядаються фактори, які необхідно враховувати, і наводяться процедури для проектування належних систем освітлення для укриттів.

У цій роботі наведено критерії освітлення та методи проектування освітлювальних систем для ефективного освітлення інтер'єрів малих укриттів, а саме у нашому випадку це укриття - дитячий садок. с. Вишневе, Київська область. Він підсумовує кількість світла, що наразі рекомендується для репрезентативних візуальних завдань, а також методи управління світлом. Потім, щоб показати, як ці методи світлового дизайну насправді застосовуються, описується система освітлення.

Незалежно від розміру укриття, необхідні рівні освітлення визначаються конкретними візуальними завданнями. Рекомендована кількість світла повинна бути забезпечена в точці і в горизонтальній, вертикальній або проміжній площині, де виконується зорове завдання.

У деяких застосуваннях зорові завдання можуть варіюватися від тих, що вимагають високих рівнів освітленості.

Щоб задовольнити широкий діапазон рівнів освітленості, необхідних для візуальних завдань в одному додатку, система освітлення повинна мати можливість регулювання яскравості.

Різні рівні освітлення потрібні для того, щоб забезпечити людей безпекою. Однак, якщо вартість або інші фактори роблять таку конструкцію неможливою, система освітлення повинна забезпечувати постійний рівень освітленості, який найкраще підходить для найбільш важливих візуальних завдань.

Іноді візуальні завдання виконуються на різній висоті робочої площини в укритті. У цих складних випадках, коли одна система освітлення не може

забезпечити достатнє освітлення всієї робочої зони, необхідно встановити додаткові світильники на додаток до загального освітлення приміщення.

Для додаткового освітлення можуть використовуватися різноманітні освітлювальні компоненти: прожектори, лампи розпізнавання, флуоресцентні панелі, а також шкали, елементи управління та індикатори, що підсвічуються зсередини.

Особливості функціонування фотоприймаючих елементів для побутових приміщень. Зондування зайнятості є одним із найчастіше використовуваних методів керування освітленням у сучасних будівлях. Його суть полягає в автоматичному зменшенні яскравості або вимкненні світла, якщо в певній зоні протягом встановленого часу не виявляється руху або присутності людини.

Коли датчики фіксують рух, освітлення автоматично вмикається або налаштовується відповідно до визначених сценаріїв. Виявлення руху здійснюється за допомогою датчиків, оснащених інфрачервоною, ультразвуковою або мікрохвильовою технологією. Щоб забезпечити систему освітлення надійними даними, кількість датчиків варіюється залежно від розміру та типу приміщення, а також від бажаного рівня освітленості.

У простішому випадку всі світлові прилади працюють синхронно, забезпечуючи однакову яскравість усього простору, поки будь-який з датчиків фіксує присутність людини. Більш складний і ефективний варіант передбачає поділ простору на кілька окремих зон освітлення, кожна з яких підключена до одного або кількох датчиків. При виявленні руху в одній зоні освітлюється тільки ця конкретна зона. Такий підхід до зонування (приклад наведено на рис. 1.1) є особливо корисним у великих відкритих просторах, на сходах або в довгих коридорах.

1.2 Вимоги до системи освітлення укриттів

Вимоги до систем освітлення приміщень укриття регламентуються у відповідності до:

ДБН В.1.2-4:2019 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту.

ДБН В.2.2-5:2023 "Захисні споруди цивільного захисту".

ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом.

ДСТУ 8773:2018 Склад та зміст розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту у складі проектної документації на будівництво об'єктів. Основні положення

ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення

Визначаємо категорію укриття. Так як площа укриття $237,77 \text{ кв}^2$ а згідно норми на одну людини $0,6 \text{ м}^2$ площі основних приміщень то наше укриття буде на 396 людини.

Згідно з додатком 1 до ДБН В.2.2.5-97 "Будинки і споруди. Захисні споруди цивільного захисту", захисні споруди визначаються за кількома параметрами. Перш за все, вони класифікуються за здатністю протистояти повітряним ударним хвилям, що поділяється на класи від I до IV. Щодо зниження зовнішнього іонізуючого випромінювання, застосовується коефіцієнт захисту $A (K_z)$. По місткості ці споруди вміщують від 150 до 600 осіб. Залежно від розташування, вони можуть бути окремо розташовані, заглиблені в місцевість, або вбудовані в підвальні поверхи будівель. Щодо вентиляції, передбачена система з механічним спонуканням. Електропостачання забезпечується як мережею міста або суб'єкта господарювання, так і автономними джерелами живлення, призначеними для укриття.

Перш ніж проектувати систему освітлення, потрібно знати, який рівень освітлення вимагають конкретні візуальні завдання. Чим складніше візуальне завдання, тим більше освітлення воно потребує. Наприклад, тьмяно освітлений коридор забезпечує достатньо світла, щоб помістити ключ у замкову щілину, але недостатньо, щоб втягнути нитку в голку.

Питання оснащення, утримання та експлуатації захисних споруд цивільного захисту регламентуються Вимогами щодо їх утримання та експлуатації. Згідно з цими вимогами, захисні споруди повинні постійно

перебувати в такому стані, який забезпечує можливість приведення їх у готовність для використання за призначенням протягом 12 годин.

Обладнання для найпростіших укриттів повинно забезпечувати можливість безперервного перебування в них протягом не менше ніж 48 годин. Для цього такі укриття оснащують місцями для сидіння або лежання, такими як лавки, нари, стільці або ліжка. Вони також мають бути забезпечені ємностями для питної води (з розрахунку 2 літри на добу на одну особу) та технічної води у разі відсутності централізованого водопостачання. Для зберігання харчових продуктів надаються спеціальні контейнери, а для відходів – герметичні баки (у будівлях, що не підключені до каналізації). Резервне штучне освітлення забезпечується за допомогою електричних ліхтарів, свічок чи газових ламп. Укриття повинні мати первинні засоби пожежогасіння, відповідно до норм для приміщень з їх функціональним призначенням, а також обладнання для надання медичної допомоги. Засоби зв'язку та оповіщення, такі як телефон або радіоприймач, також є необхідними. Крім того, укриття повинні мати шанцевий інструмент, включаючи штикові і совкові лопати, лом, сокири, та ножівки для різання дерева і металу. За можливості, укриття можуть бути додатково оснащені обладнанням, інструментами та інвентарем у відповідності до встановлених норм для захисних споруд.

Поточні рекомендовані рівні освітленості для конкретних візуальних завдань можна знайти в різних публікаціях.

Захисна споруда (укриття) повинна бути забезпечена штучним освітленням. Прокладання тимчасових електричних і інших інженерних мереж, а також наявність незакріпленої електротехніки і світильників у таких спорудах не допускається. Електричні світильники мають бути захищені від можливих механічних пошкоджень. Застосування світильників з лампами розжарювання без захисного покриття заборонено. Для освітлення у захисних спорудах (укриттях) дозволено використовувати світлодіодні та інші енергоефективні лампи. Використання люмінесцентних ламп не дозволяється. Усі розетки в

захисній споруді повинні бути встановлені з урахуванням безпеки та надійності.

1.3 Аналіз джерел світла до освітлення укриттів

Користувачі повинні мати певний відповідний рівень освітлення для виконання зорових завдань. Але з огляду на цю мінімальну інтенсивність, найважливішим фактором є якість освітлення. Такі змінні, як відблиски, контрастність або коефіцієнт яскравості, колір, розподіл і дифузія, впливають на сумісність візуального середовища з ефективною зоровою роботою.

Відблиски - це відносно яскраве світло, що потрапляє в очі спостерігача з відносно темного поля зору, за яким він намагається спостерігати. Очі адаптуються до яскравішого світла, зменшуючи видимість поля, а напруження, пов'язане з намаганням побачити поле, незважаючи на яскраві відблиски, робить зорову роботу некомфортною та неефективною. Відблиски можуть бути прямими або відбитими. Прямі відблиски — це штучне або природне джерело світла в полі зорового завдання, яке створює прямі відблиски.

Існує кілька способів контролювати пряме засліплення:

а) видалення джерел світла з конуса на 60° градусів вище і нижче, а також праворуч і ліворуч від нормальної лінії зору.

б) вибір світильників, які відповідають рекомендованій середній яскравості і співвідношенню середньої яскравості до максимальної.

в) освітлення зони навколо джерела засліплення.

г) використання декількох менш інтенсивних джерел світла замість декількох інтенсивних.

Добре спроектовані освітлювальні прилади можуть зробити багато для зменшення прямого засліплення. Пряме засліплення не повинно бути проблемою для систем освітлення, що забезпечують середню освітленість, за умови, що (а) коефіцієнт відбиття поверхні і (б) світильники відповідають рекомендованим критеріям для поперечного і торцевого середнього розподілу яскравості, а також співвідношення середньої і максимальної яскравості.

Світильники з лампами, які зазвичай мають приблизно четверту частину площі світильника, можуть мати вдвічі більші середні значення яскравості, ніж рекомендовані критерії для led світильників.

Іноді неможливо уникнути джерел прямого відблиску в межах 60-градусного конуса. Однак такі джерела можуть бути допустимими, якщо вони не більше ніж у п'ять разів яскравіші за навколишнє середовище. Якщо джерела додаткового освітлення створюють прямі відблиски, розсіювач низької яскравості, капюшон або козирок можуть запобігти потраплянню прямих променів світла в очі.

Відбиті відблиски - це відображення джерела світла в межах поля зору, що контролюються:

а) розсіюванням відбитого світла за допомогою матових (неглянцевих) поверхонь на зоровій ділянці та в її оточенні.

б) використання матеріалів і кольорів, які збільшують яскравість поля навколо джерела відблисків.

в) розташування робочих поверхонь відносно джерел світла таким чином, щоб небажане світло відбивалося від очей спостерігача (наявні поверхні можна перевірити, переміщуючи дзеркало вздовж поверхонь).

г) зміна характеру поверхні для усунення дзеркального відображення і, як наслідок, відбитих відблисків.

г) використання світильників з низькою яскравістю.

Кольори, що використовуються на внутрішніх поверхнях, визначають поверхневі коефіцієнти відбиття та освітленості. Тому важливо використовувати ті кольори, які забезпечують поверхневі коефіцієнти відбиття та освітленості. Розподіл і розсіювання. Правильний розподіл і розсіювання світла допоможе мінімізувати тіні у візуальному середовищі. Розподіл світла (рівномірність) вважається задовільним, якщо максимальне і мінімальне значення освітленості в приміщенні знаходяться в межах 17% від середнього рівня освітленості.

Щоб отримати задовільний розподіл, світильники повинні бути встановлені з дотриманням рекомендованого співвідношення відстані між ними та висоти встановлення - як правило, бажано розташовувати їх ближче один до одного, ніж ці межі - і передбачити додаткові світильники для зон зорової роботи, які затінюються від системи загального освітлення. Тіні зменшуються, якщо світло розсіяне і надходить з декількох напрямків. Правильно розподілене і розсіяне світло допоможе зменшити коефіцієнт яскравості.

Люмінесцентна лампа є основним прогресом і комерційним успіхом у невеликому освітленні, оскільки оригінальна вольфрамова лампа розжарювання. Ці лампочки відрізняються високою ефективністю в порівнянні з лампами розжарювання. Флуоресценція - це явище, при якому поглинання світла заданої довжини хвилі флуоресцентною молекулою супроводжується випромінюванням світла на більших довжині хвиль.

Люмінесцентні лампи приблизно в 2 - 4 рази ефективніші, ніж лампи розжарювання при виробленні світла на довжині хвиль, які корисні для людини.

Люмінесцентні лампи потребують баласту (пристрої, що контролюють електроенергію, що використовується агрегатом) для пуску і захисту ланцюга. Баласту вимагають енергії, а для деяких типів баластів ефективність досягається лише в тому випадку, якщо люмінесцентна лампа залишається включеною протягом тривалого періоду часу без частих циклів включення-виключення.

Економія енергії для існуючого люмінесцентного освітлення може бути збільшена за рахунок:

- пересвічування (наприклад, заміна існуючої лампи на одну з менших потужностей);
- заміна баластів;
- заміна світильників на більш ефективні моделі.

На рисунку 1.2 показано зображення повнорозмірного світильника люмінесцентної лампи.

Економія енергії для існуючого люмінесцентного освітлення може бути збільшена за рахунок:

- пересвічування (наприклад, заміна існуючої лампи на одну з менших потужностей);
- заміна баластів;
- заміна світильників на більш ефективні моделі.

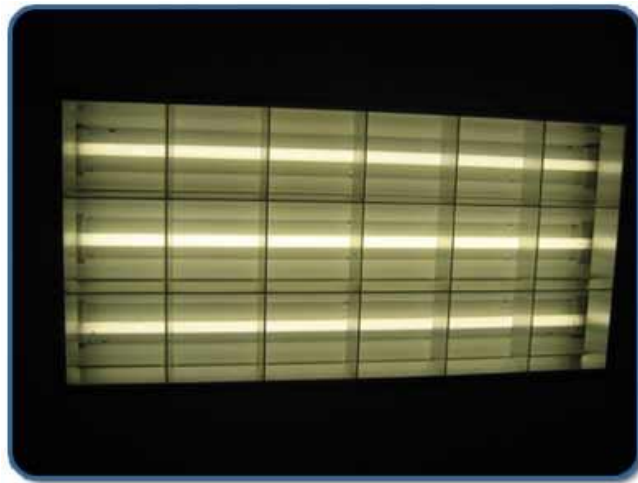


Рисунок 1.2 - Повнорозмірний люмінесцентний світильник типу ЛЛ Т8

Світильники типу ЛЛ Т8 є найпопулярнішими серед цього виду ламп. Їх можна знайти в складських приміщеннях, виробничих цехах, офісах та школах, і оснащені вони цоколем G13. Тривалість їх роботи в середньому становить 12,000 годин, а потужність варіюється від 18 до 58 Вт. Повнорозмірні люмінесцентні лампи випускаються в різних формах, таких як прямі, U-подібні та круглі. Їх діаметри варіюються від 2,54 до 6,3 сантиметрів. Найпоширеніша модель — чотирифутова (F40) пряма лампа з діаметром 3,8 сантиметри, відома під маркою T12. Тепер доступні більш ефективні варіанти з меншим діаметром, такими як T10 (3 сантиметри) та T8 (2,54 сантиметри). Люмінесцентні лампи випускаються з різними колірними температурами — від теплих відтінків (2700 K), схожих на світло розжарювання, до дуже холодних (6500 K), що імітують денне світло.

У процесі облаштування укриттів, які зазвичай не мають належного освітлення, особлива увага приділяється вибору світильників із відповідними

джерелами світла. Найчастіше для таких приміщень використовуються люмінесцентні та сучасні led світильники.

1. Люмінесцентні трубчасті лампи:

Переваги: Ці лампи надають рівномірне та розсіяне світло, що особливо важливо для освітлення великих приміщень.

Вони зазвичай мають нижчу вартість у порівнянні з більш сучасними варіантами та є досить економічними у використанні.

Недоліки: Люмінесцентні лампи містять ртуть, що вимагає уваги при їх утилізації. Вони також потребують певного часу для досягнення повної яскравості після ввімкнення та можуть мерехтіти, що інколи спричинює зоровий дискомфорт.

Застосування: Використовуються завдяки своїй здатності покривати значні площі та забезпечувати достатню освітленість при низьких витратах.

2. Світлодіодні (LED) світильники:

Переваги: LED світильники відрізняються високою енергоефективністю та тривалим терміном служби. Вони забезпечують яскраве світло без затримок при включенні і мають широкий діапазон кольорових температур. Світлодіоди не містять таких шкідливих речовин, як ртуть, що робить їх екологічно безпечними.

Недоліки: Основним обмеженням є вища вартість початкової установки, яка з часом компенсується економією на експлуатаційних витратах та заміні ламп.

Застосування: LED світильники є ідеальним рішенням для освітлення укріттів завдяки своїй надійності, стійкості до перепадів напруги та здатності працювати в широкому діапазоні температур.

Вибір між цими двома типами освітлення залежить від конкретних вимог приміщення, бюджету та пріоритетів щодо енергоефективності та екологічності. Обидва варіанти широко застосовуються для забезпечення безпечного та ефективного освітлення в укріттях.

Компактні люмінесцентні лампи (CFL) - це мініатюризовані люмінесцентні лампи, які зазвичай мають люмінофори преміум-класу, які часто поставляються в комплекті з інтегральним або модульним баластом.

Незважаючи на те, що вони випромінюють жовте світло, натрієву лампу низького тиску не слід плутати зі стандартною натрієвою лампою високого тиску, яка є розрядною лампою високої інтенсивності.

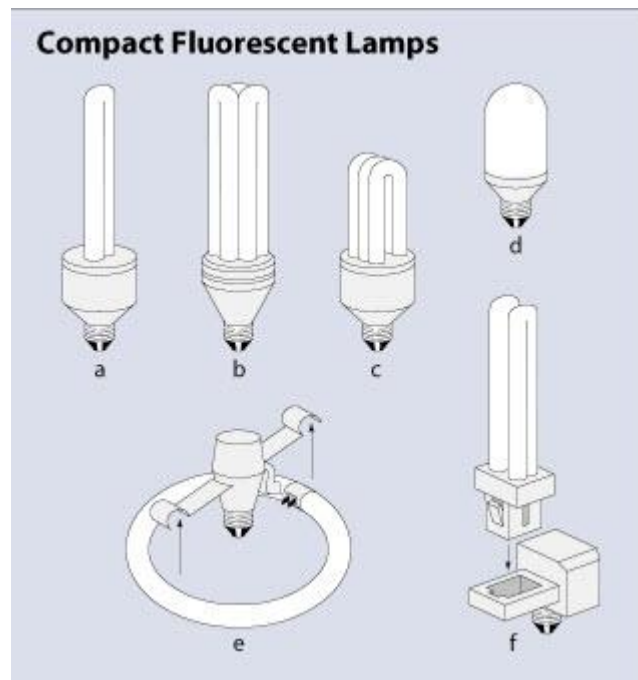


Рисунок 1.3 - Види компактних люмінесцентних ламп

Компактні люмінесцентні лампи (CFL) доступні в різноманітних розмірах і формах, як це можна побачити на малюнку 1.3. Серед них є: (а) двотрубні інтегровані лампи, (б і в) тритрубні інтегровані варіанти, (г) моделі з корпусом для зменшення відблисків, (г) модульні системи з баластом тощо (д) чотиритрубні модульні варіанти з баластом. Вони можуть замінювати звичайні лампи розжарювання, споживаючи при цьому менш ніж третину енергії від аналогічних ламп розжарювання.

Люмінесцентні лампи є газорозрядними джерелами світла у вигляді двосторонньо запаяної скляної трубки з люмінофором на внутрішній поверхні. Завдяки невисокій ціні, ці освітлювальні пристрої широко застосовуються, особливо у вбудованих стельових або підвісних світильниках. Ефективність таких ламп перевищує 20%, що дозволяє суттєво заощаджувати електроенергію

у порівнянні з лампами розжарювання. Проте головним недоліком є вміст ртуті, що вимагає спеціальної утилізації пошкоджених ламп.

Люмінесцентні лампи працюють завдяки скляній трубці, до кінців якої припаяні електроди. Внутрішня поверхня трубки вкрита люмінофором, що трансформує ультрафіолетове випромінювання у видиме світло. Унікальна властивість цих ламп полягає у створенні світла різного спектрального складу, що значно розширює колірну палітру.

У сучасному освітленні популярними є лінійні люмінесцентні лампи типу T8 та T5.

Лінійні лампи T8 (діаметром 26 мм) широко використовуються у складських приміщеннях, цехах, офісах та школах, і мають цоколь G13. Їх середній термін служби становить 12000 годин, а потужність — від 18 до 58 Вт. Лінійні лампи T5 (діаметром 16 мм) поширені у житлових приміщеннях, завдяки своїм компактним розмірам легко монтуються у підвісні світильники. Діапазон їх потужності варіюється від 8 до 21 Вт, з колірною температурою 4000K, і середнім терміном служби близько 8000 годин.

Переваги люмінесцентного освітлення включають високу світловіддачу, здатність забезпечувати якісне освітлення великих приміщень, світловипромінювання, наближене до природного, високі показники передачі кольору, та велику площу випромінювання завдяки лінійній формі колби. Довгий термін експлуатації також є значною перевагою при дотриманні умов належного використання.

Люмінесцентні лампи стали значущим прогресом в освітлювальних технологіях, перевершуючи вольфрамові лампи розжарювання за ефективністю. Флуоресценція — це процес, за якого поглинання світла певної довжини хвилі флуоресцентною молекулою призводить до випромінювання світла на довших хвилях. Для отримання додаткової інформації про люмінесцентні лампи можна переглянути наступне відео.

Світлодіодні (LED) лампи є однією з найбільш перспективних технологій, відзначаючись високою енергоефективністю, довгим терміном

служби та стійкістю до ударів і вібрацій, що особливо важливо для укриттів. Вони є кращим вибором для освітлення укриттів завдяки своїм винятковим показникам енергоефективності, надійності й довговічності. Завдяки низькому енергоспоживанню ці лампи суттєво знижують експлуатаційні витрати, не втрачаючи якості освітлення. Їх здатність витримувати механічні навантаження робить їх ідеальними для використання в середовищах, де необхідна висока міцність.

Світлодіоди також забезпечують якісне та рівномірне освітлення, яке легко можна налаштувати залежно від потреб, що робить їх ідеальним вибором для адаптивного освітлення у складних умовах підземних або захищених будівель. Усе це робить LED лампи стратегічно важливим елементом для забезпечення ефективного та надійного освітлення в укриттях.

1.4 Висновки до першого розділу:

1. Проаналізовано освітлення укриття площею 237,77 м², здатного вмістити 396 осіб (за нормою 0,6 м² на особу).
2. Вивчено вимоги до захисних споруд цивільного захисту, які повинні бути готові до використання за призначенням протягом 12 годин.
3. Перебування в укриттях має бути можливим безперервно протягом щонайменше 48 годин.
4. Оцінено світлові пристрої для освітлення укриттів та підземних споруд із метою їх раціонального вибору.

Цей середній рівень освітлення зазвичай вибирається шляхом компромісу між тим, що потрібно для виконання завдань, які вимагають найбільшої кількості світла, і тими завданнями, які виконуються частіше за все.

Після цього проектування системи освітлення детально описується в наведених нижче розділах.

При проектуванні системи освітлення необхідно враховувати ще кілька факторів. Адаптація до темряви. Під час деяких нічних відвідувань, люди які перебуватимуть в укритті, можуть раптово покинути його і опинитися в темному середовищі.

Коли очі, пристосовані до нормального освітлення в укритті, потрапляють в умови значно нижчого рівня освітлення, їм потрібен час, щоб пристосуватися до нового середовища - персонал не зможе чітко бачити об'єкти протягом приблизно 15 хвилин або більше. Час необхідний для адаптації до темряви, значною мірою залежить від початкового рівня і кольору освітлення, і особливо від самої людини.

Будь-яка система освітлення повинна бути спроектована так, щоб її було легко обслуговувати. Завжди бажано, хоча і не завжди можливо, використовувати світильники, в яких лампочки можна замінити без інструментів. Інші компоненти системи освітлення, такі як запобіжники, тощо, повинні бути легкодоступними і легко замінюватися. Компоненти освітлення, розташовані за кришками доступу в світильниках, повинні бути чітко позначені етикетками, розміщеними там, де їх легко побачити.

Аварійне освітлення повинно бути передбачене там, де відмова нормальної системи освітлення може погіршити роботу системи або створити потенційну небезпеку для персоналу.

Тип необхідної системи аварійного освітлення буде залежати від того, наскільки сильно відмова системи освітлення погіршує роботу системи. Наприклад, для того, щоб люди покинули укриття (як звичайна подія у разі відключення електроенергії), потрібно набагато менше світла.

Система аварійного освітлення повинна вмикатися автоматично при цьому спрацьовують датчики освітлення, коли звичайна система освітлення виходить з ладу.

Деякі процеси вимагають системи повного затемнення, щоб люди могли увійти або вийти з укриття, не пропускаючи світло.

Найпростіший спосіб задовольнити вимоги до затемнення - це автоматично вимкнути все світло в укритті, коли відкриваються зовнішні двері. Але іноді лічильники, циферблати та інші зони повинні бути освітлені навіть протягом короткого часу, коли хтось входить або виходить з укриття.

Якщо необхідно підтримувати нормальну освітленість, між шторами і зовнішніми дверима повинні бути затемнювальні штори, піддверні двері і блокування для вимкнення всього світла.

Тому при розташуванні обладнання в укриттях, що використовуються в умовах затемнення, проєктувальники повинні розміщувати обладнання, яке потребує постійного контролю, подалі від зовнішніх дверей або люка.

Деякі процеси вимагають системи повного затемнення, щоб люди могли увійти або вийти з укриття, не пропускаючи світло.

Найпростіший спосіб задовольнити вимоги до затемнення - це автоматично вимкнути все світло в укритті, коли відкриваються зовнішні двері. Але іноді лічильники, циферблати та інші зони повинні бути освітлені навіть протягом короткого часу, коли хтось входить або виходить з укриття.

Якщо необхідно підтримувати нормальну освітленість, між шторами і зовнішніми дверима повинні бути затемнювальні штори, піддверні двері і блокування для вимкнення всього світла.

2.2 Вибір нормованих характеристик системи освітлення



Рисунок 2.2 – План приміщення та розташування світильників у дитячому садочку

Рівень освітленості в приміщенні. Метод розрахунку за люменом найчастіше використовується для визначення кількості ламп або світильників, необхідних для заданого рівня освітленості (тобто середнього значення для всіх точок на робочій площині приміщення).

Але не весь світловий потік, який генерує лампа, може досягти робочої площини через втрати в світильнику і на внутрішніх поверхнях, тому світловий потік лампи повинен бути помножений на коефіцієнт використання.

Спосіб оцінки освітленості.

Таким чином світловий коефіцієнт розраховують геометричним методом за допомогою формули:

$$KO = \frac{S_{\text{вікон}}}{S_{\text{підлогу}}}, \quad (2.1)$$

Формула має такий вигляд:

$$E = \frac{N \times x \times P}{S}, \quad (2.2)$$

де, E – освітленість (лк), N – кількість ламп, P – потужність однієї лампи (Вт), S – площа приміщення (м²).

Обчислення коефіцієнта використання.

Фактичний коефіцієнт використання буде залежати від конкретного світильника, який ви вибрали.

Однак його можна розрахувати на основі даних.

Першим кроком є розрахунок співвідношення порожнин для порожнини стелі, порожнини кімнати та порожнини підлоги за такою формулою:

$$K_{п.} = \frac{5 \text{ год} \cdot (\text{довж.}_{\text{кімнати}} + \text{шир.}_{\text{кімнати}})}{(\text{довж.}_{\text{кімнати}} \times \text{шир.}_{\text{кімнати}})}, \quad (2.3)$$

де, Кп. - коефіцієнт порожнистості, год. (година): для коефіцієнта порожнистості приміщення (К.П.П.), коефіцієнт порожнистості стелі (К.П.С.); для коефіцієнта порожнистості підлоги (К.П.П.).

Значення К.П.П., К.П.С. і К.П.П. - це вертикальні висоти від площини світильника до робочої площини, площини світильника до стелі і робочої площини до підлоги відповідно. Коефіцієнти порожнин підлоги і стелі також дорівнюють:

$$C.П.С. = К.П.П. \cdot \frac{\text{год} \times П.П.}{\text{год} \times П.К.}, \quad (2.4)$$

де, С.П.С. - співвідношення порожнин підлоги і стелі, К.П.П - коефіцієнт порожнистості приміщення, П.П. - порожнина підлоги, П.К. - порожнина кімнати.

$$К.П.С. = К.П.П. \cdot \frac{\text{год} \times П.С.}{\text{год} \times П.К.}, \quad (2.5)$$

де, К.П.С. - коефіцієнт порожнистості стелі, К.П.П. - коефіцієнт порожнистості приміщення, П.С. - порожнина стелі, П.К. - порожнина кімнати.

Другий крок - визначення ефективних коефіцієнтів відбиття порожнин стелі (П.С.) і підлоги (П.П.).

За винятком оцінки початкової освітленості, для визначення ефективних коефіцієнтів відбиття порожнин слід використовувати очікувані підтримувані коефіцієнти відбиття від стелі, підлоги та стін.

Оскільки більшість малих укриттів мають світильники на стелі, коефіцієнт порожнистості стелі дорівнює нулю, а коефіцієнт відбиття стелі може бути використаний як ефективний коефіцієнт відбиття порожнини стелі.

На останньому кроці використовуються значення з кроків 1 і 2, щоб отримати приблизне значення коефіцієнту використання. Інтерполяція зазвичай необхідна для знаходження коефіцієнту використання для точного коефіцієнта порожнистості приміщення. Тому важливо використовувати коефіцієнт для світильника, найбільш схожого на той, який фактично буде використовуватися в укритті. Коефіцієнти використання припускають порожні інтер'єри. Тому, якщо конфігурація інтер'єру укриття робить його меншим або неправильним, це зменшення об'єму приміщення і робочої площини необхідно враховувати при розрахунку коефіцієнта порожнин.

Для цілей розрахунку коефіцієнта порожнистості такі елементи, як стелажі для обладнання, робочі верстаки та шафи для зберігання, не зменшують ефективно коефіцієнт порожнистості приміщення.

Таблиця 2.1 - Список кімнат укриття

Властивості	$\bar{E}$	$E_{\text{мін}}$	$E_{\text{макс}}$	$U_o(g_1)$	мін/макс с	Позначення
1	2	3	4	5	6	7
Робоча площа 1 Тамбур Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	75.1 lx	45.0 lx	103 lx	0.60	0.44	WP4
Робоча площа 2 Сходи Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	152 lx	61.7 lx	275 lx	0.41	0.22	WP3

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Робоча площа 3 Приміщення брудного одягу Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	118 lx	69.7 lx	164 lx	0.59	0.43	WP14
Робоча площа 4 Приміщення медсестри Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	303 lx	205 lx	380 lx	0.68	0.54	WP10
Робоча площа 5 Буфетна Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	338 lx	206 lx	406 lx	0.61	0.51	WP17
Робоча площа (6 Елек- трощитова) Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	233 lx	145 lx	297 lx	0.62	0.49	WP5
Робоча площа 7 Венткамера Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	178 lx	77.6 lx	297 lx	0.44	0.26	WP1
Робоча площа 8 Комора продуктів та води. Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	103 lx	56.8 lx	129 lx	0.55	0.44	WP18
Робоча площа 9 Пандус Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	87.9 lx	11.7 lx	235 lx	0.13	0.050	WP13

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Робоча площа 10 Технічне приміщення ВК Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	174 lx	92.9 lx	259 lx	0.53	0.36	WP15
Робоча площа 11 Тамбур Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	74.6 lx	40.9 lx	102 lx	0.55	0.40	WP19
Робоча площа 12 Санвузол МГН та персоналу Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	182 lx	105 lx	234 lx	0.58	0.45	WP7
Робоча площа (13 Санвузол (дитячий М)) Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	203 lx	99.8 lx	277 lx	0.49	0.36	WP11
Робоча площа 14 Санвузол (дитячий Ж) Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	204 lx	107 lx	279 lx	0.52	0.38	WP12
Робоча площа 15 Коридор Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	127 lx	50.8 lx	245 lx	0.40	0.21	WP9
Робоча площа 16 Місце зберігання предметів прибир. Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	94.9 lx	67.6 lx	114 lx	0.71	0.59	WP8

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Робоча площа 17 Коридор Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	100 lx	32.6 lx	231 lx	0.33	0.14	WP16
Робоча площа 18 Тамбур- шлюз Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	98.3 lx	40.4 lx	221 lx	0.41	0.18	WP2
Робоча площа 19 Приміщення укріття Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Відступ від стіни: 0.000 m	213 lx	95.7 lx	316 lx	0.45	0.30	WP6

Якщо подивитися на приміщення, можна побачити, що освітлена тільки його частина. Це відбувається тому, що людина, яка заходить у кімнату, проходить через неї лише для того, щоб потрапити до іншого приміщення, тому немає потреби вмикати все світло в цій кімнаті.

У цьому випадку вмикається лише частина світильників, і як тільки людина залишає кімнату, освітлення вимикається. Без поділу простору на зони та відповідного налаштування локального освітлення з датчиками руху, вся кімната залишалася б освітленою постійно, що призвело б до більших витрат електроенергії.

Практичний досвід та розрахунки демонструють, що зондування зайнятості є дієвим методом для покращення енергоефективності в офісах. Найбільш енергоефективним є сценарій, коли датчики руху інтегровані безпосередньо в освітлювальні прилади, що дозволяє кожному приладу автономно реагувати на сигнали від вбудованого датчика.

Цей підхід добре підходить для офісних приміщень та деяких виробничих підприємств, оскільки кожне робоче місце освітлюється лише за присутності працівника.

Зондування зайнятості є перевіреною стратегією для зниження енергоспоживання та витрат на освітлення, тому воно часто є обов'язковою вимогою в енергетичних кодексах комерційних будівель [3].

Можлива економія від такої системи в значній мірі залежить від типу приміщення. Найбільші переваги досягаються в приміщеннях, де працівники мають перерви в роботі, таких як навчальні класи або офіси. Однак у більшості комерційних середовищ можна досягти загального споживання світла зменшенням приблизно на 20-30%.

Концепція зондування зайнятості залишається практично незмінною як для дротових, так і для бездротових систем керування освітленням.

Бездротові рішення забезпечують можливість гнучкого встановлення адаптивної системи керування освітленням із сенсорами.

Впровадження бездротових технологій значно скорочує час, необхідний для монтажу мережі датчиків, і знижує трудові витрати при встановленні системи освітлення, завдяки відсутності потреби у прокладанні кабелів. Проблема з електроживленням датчиків ефективно вирішується за допомогою використання технології бездротового зв'язку Bluetooth Smart [4].

Завдяки підтримці протоколу «сонних вузлів», які зазвичай перебувають у режимі очікування і активуються лише при отриманні ID-запиту для виконання своєї задачі, а потім знову переходять у режим сну, інтелектуальна бездротова система освітлення може працювати декілька років без потреби у заміні акумуляторів.

Системи адаптивного керування освітленням умовно поділяються на два типи: системи для керування локальним та загальним освітленням.

Локальне освітлення використовується в робочих зонах та приміщеннях, де потрібна підвищена яскравість. Ці системи можуть бути простішими, оскільки вони контролюють лише одне або кілька джерел світла.

Розробка і встановлення системи адаптивного локального освітлення є актуальною в умовах періодичного використання робочого місця. Така система може бути реалізована з використанням датчика освітленості або присутності та модуля для обробки даних (див. рис. 2.2).



Рисунок 2.2 - Структурна схема системи керування локальним освітленням.

Доцільно реалізувати зв'язок між модулями цієї системи за допомогою провідного з'єднання. Таке з'єднання може бути організоване із використанням стандарту RS-485 або кабелю UTP5.

Оскільки модулі розташовані на невеликій відстані один від одного, це рішення забезпечує вищу швидкість роботи системи та зменшує кількість помилок при передачі сигналу.

Однак, недоліком такого підходу є конструктивні складнощі, пов'язані з необхідністю прокладання дротів під час монтажу.

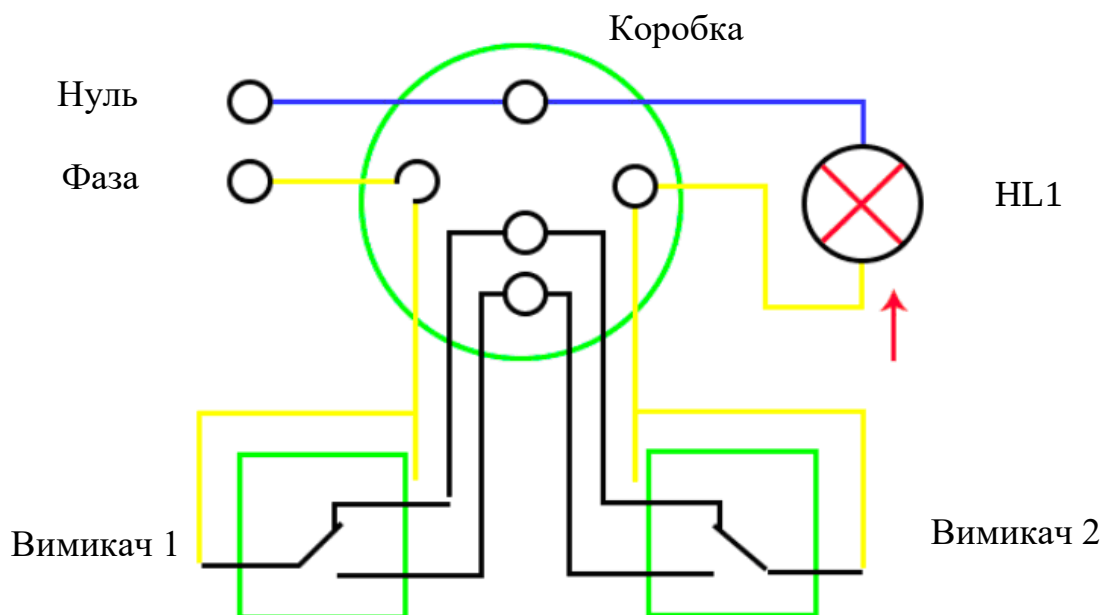


Рисунок 2.3 - Принципова електрична схема для побутових приміщень

2.3 Вибір світлових приладів

За допомогою програми DIALux було проведено моделювання та світлотехнічний розрахунок систем освітлення укриття в підвальному приміщенні дитячого садка.

Таблиця 2.2 - Специфікація світильників

Назва виробу	Потужність (P) W	Електрична ємність (Ф) lm	Світловіддача lm/W	Кількість світильників
ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED	12.0	1680	140.0	8
ДББ26У-20-106 У1 Селена-LED	20.0	2800	140.0	6
ДББ27У-6-011 У3	6.0	720	120.0	5
ДББ37У-20 Селена- LED-3	20.0	2400	120.0	46
Всього	1166.0 W	144240	123.7	

У деяких системах освітлення використовуються світильники різних розмірів або типів. Навіть якщо два різні світильники мають однакову кількість і тип ламп, їхня яскравість може відрізнятися.

Якщо яскравість значно відрізняється, вони не будуть рівномірно розподіляти світло на робочій площині.

Якщо обставини вимагають використання різних світильників, їх завжди слід тестувати. Занадто велику різницю іноді можна зменшити, модифікувавши більший світильник так, щоб його внутрішні розміри були еквівалентні розмірам іншого світильника - наприклад, можна подовжити або розширити кришку внутрішньої електропроводки.

Схеми освітлення з led лампами можна використовувати на будь-якій з цих частот без змін.

Зі збільшенням частоти джерела живлення необхідно змінювати реактивний опір і підвищувати напругу живлення.

Робота led ламп на більш високих частотах знижує витрати на освітлення, оскільки більш високі частоти є більш ефективними.

Частота ламп можуть працювати на декількох різних частотах змінного струму.

Зі збільшенням частоти джерела живлення необхідно змінювати реактивний опір і підвищувати напругу живлення.

Робота led ламп на більш високих частотах знижує витрати на освітлення, оскільки більш високі частоти є більш ефективними.

2.4 Визначення коефіцієнтів амортизації світлового потоку лампи та бруду світильника

Зменшення світлового потоку лампи спричинене її старінням. Величина зносу може бути визначена на основі даних виробника про експлуатаційні характеристики. Коефіцієнт амортизації світлового потоку лампи порівнює світловіддачу нової лампи та лампи, яка підлягає заміні згідно з графіком заміни ламп.

Знос світильника виникає через забруднення, яке накопичується на світильнику та його компонентах.

Світильники класифікуються різних категорій за їхніми характеристиками притягання та утримання бруду. Наприклад світильник, що працює в чистому середовищі і чиститься раз на рік, має коефіцієнт амортизації бруду світильника 0,88.

Існують точкові методи розрахунку рівнів освітленості в конкретних точках. На жаль, вони зазвичай не підходять для розрахунку рівнів освітленості в невеликих укриттях, оскільки відстань від точки до джерела освітлення зазвичай менше п'ятикратного максимального розміру світильника.

Рівні освітленості (яскравості) приміщення. Освітленість поверхонь у візуальному середовищі повинна бути визначена для забезпечення хорошої зорової роботи і комфорту.

Середні рівні освітленості стелі та стін розраховуються наступним чином:

- а) розрахувати коефіцієнт порожнистості приміщення.
- б) визначити відсоток відбиття стін та ефективне відбиття порожнини стелі.
- в) знайти коефіцієнти освітленості порожнин стін і стелі для типу розподілу світильників, які будуть використовуватися.
- г) для розрахунку освітленості порожнин стін і стелі скористайтесь наступними співвідношеннями:

$$C.P.Y.C. = \frac{\Phi_{\text{заг.}} \times K.O.C.}{S_{\text{прим.}}} \quad (2.6)$$

де, C.P.Y.C. - середня початкова яскравість стіни, K.O.C. - коефіцієнт освітленості стіни; $\Phi_{\text{заг.}}$ - загальний світловий потік лампи, $S_{\text{прим.}}$ - площа приміщення.

$$C.P.O.P.C. = \frac{\Phi_{\text{заг.}} \times K.O.C.}{S_{\text{прим.}}} \quad (2.7)$$

де, C.P.O.P.C. - середня початкова освітленість порожнини стелі, $\Phi_{\text{заг.}}$ - загальний світловий потік лампи, K.O.C. - коефіцієнт освітленості стелі, $S_{\text{прим.}}$ - площа приміщення.

Метод світлового потоку передбачає, що:

- а) світильники розташовані таким чином, щоб вони розподіляли світло досить рівномірно.
- б) коефіцієнти використання засновані на порожніх приміщеннях. Інтер'єр з великими вертикальними перешкодами може імітувати меншу кімнату і, таким чином, вимагати іншого коефіцієнту використання.
- в) світильники встановлені таким чином, щоб вони забезпечували свою номінальну потужність.

Змінні фактори, такі як напруга в мережі, лампи без сезону та температура, можуть спричинити розбіжності між виміряними та розрахунковими рівнями освітленості.

2.5 Вибір освітлювальних компонентів.

Огляд каталогів освітлювальних компонентів показує, що освітлювальні компоненти доступні лише у стандартних розмірах. Led лампи мають різні довжини, діаметр, потужність, люмен тощо.

Світильники доступні лише в певних стилях і розмірах. Дизайнери повинні бути знайомі з багатьма видами освітлювальних компонентів, доступних на ринку, щоб вони могли швидко і легко знайти компоненти, які будуть сумісні з їхніми конкретними укріттями.

Визначення сумісності між системою сумісності та укріттям.

Після короткого огляду доступних освітлювальних компонентів, і особливо розмірів світильників, проектувальник вибирає світильники, які впишуться в наявний простір стелі.

У деяких випадках може знадобитися перенесення повітропроводів кондиціонування, кабельних каналів, аварійних люків тощо, щоб забезпечити достатній простір для монтажу.

Якщо буде два або більше рядів світильників, необхідний монтажний простір буде залежати від рекомендованого виробником співвідношення відстані між світильниками до висоти монтажу (від підлоги).

Наприклад, для світильника з коефіцієнтом 1,35, встановленого на висоті 193 сантиметри над підлогою, відстань між світильниками не повинна перевищувати $(1,35) \times (193) = 259$ сантиметрів.

Для багатьох невеликих укріттів буде достатньо одного ряду led світильників. Однак для системи освітлення, що використовує ці лампи, може знадобитися більше одного ряду.

Щоб зробити освітлення більш рівномірним, бажано розташовувати світильники ближче, ніж максимально допустима відстань між ними.

Коли світильники монтуються в стелю, їх може бути неможливо повністю заглибити, а частини, що виступають, можуть становити небезпеку. Потрібно визначити мінімальну глибину для наявних у продажу led світильників.

Тому, якщо максимальна глибина заглиблення в стелю менше 7,62 сантиметрів, а зазор над головою є проблемою, необхідно збільшити загальну висоту від стелі до підлоги.

Існують стрічкові світильники, які монтуються на відповідній глибині, але ці лампи можуть бути випадково пошкоджені, а персонал може бути травмований. Стрічкові світильники слід використовувати тільки в місцях, де існує низька небезпека пошкодження і травмування.

2.6 Регулювання яскравості світильників

Якщо візуальні завдання в будь-якому застосуванні вимагають різних рівнів освітленості, система освітлення повинна мати регулятор яскравості. Регулювання яскравості також дозволяє компенсувати старіння і забруднення: нові лампи, чисті і яскраві, вимагають найбільшої яскравості, а в міру накопичення бруду і падіння потужності лампи яскравість поступово зменшується.

Компоненти для регулювання яскравості як led ламп є у вільному доступі. Система освітлення з цими лампами зазвичай регулюється за допомогою змінного автотрансформатора, який контролює напругу.

Система освітлення може регулюватися або змінним трансформатором і окремими баластами для ламп, або кремнієвим керованим випрямлячем.

Хоча блок кремнієвого керованого випрямляча коштує дорожче, ніж змінний трансформатор для керування тим самим освітлювальним

навантаженням, компактність блоку кремнієвого керованого випрямляча може бути важливою перевагою в умовах обмеженого простору.

Це обмеження необхідно враховувати при розрахунках освітлення та розміщенні обладнання в укрітті.

Для надійного регулювання яскравості світлорегулятори кремнієві керовані випрямлячі повинні мати принаймні мінімальне навантаження на лампу.

Для деяких пристроїв потрібно щонайменше шість ламп. Інші потребують мінімум двох або чотирьох ламп, що майже відповідає кількості ламп, які використовуються в системах освітлення невеликих укріттів.

Димери кремнієвого керованого випрямлячі також доступні для керування системами освітлення з лампами.

Таблиця 2.4 - Список кімнат укріття

Назва кімнат	К-сть світильників	Площа кімнати m ²	Потужність світильників Р	Назва виробу	Експериментальний (Робоча площа) lx	Ф світильника lm	Питома споживана потужність
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Тамбур	1	3.62	6	ДББ27У-6-011 У3	75.1	720	1.66 W/m ² = 2.20 W/m ² /100 lx
2 Сходи	2	13.92	40	ДББ26У-20-106 У1 Селена-LED	152	2800	2.87 W/m ² = 1.89 W/m ² /100 lx
3 Приміщення для брудного одягу	2	11.80	24	ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED	118	1680	2.87 W/m ² = 1.89 W/m ² /100 lx
4 Приміщення медсестри	2	6.39	40	ДББ37У-20 Селена-LED-3	303	2400	6.26 W/m ² = 2.07 W/m ² /100 lx

Продовження таблиці 2.4

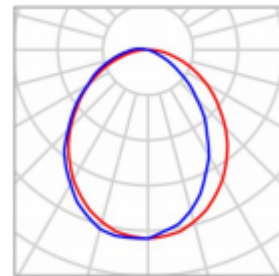
1	2	3	4	5	6	7	8
5 Буфетна	4	14.54	80	ДББ37У-20 Селена-LED-3	338	2400	5.50 W/m ² = 1.63 W/m ² /100 lx
6 Список кімнат укриттяЕлект рощитова	2	8.90	40	ДББ37У-20 Селена-LED-3	233	2400	4.50 W/m ² = 1.93 W/m ² /100 lx
7 Венткамера	3	24.84	60	ДББ37У-20 Селена-LED-3	178	2400	2.42 W/m ² = 1.36 W/m ² /100 lx
8 Комора продуктів та води	2	5.88	12	ДББ27У-6-011 У3	103	720	2.04 W/m ² = 1.99 W/m ² /100 lx
9 Пандус	4	49.53	80	ДББ26У-20-106 У1 Селена-LED	87.9	2800	1.62 W/m ² = 1.84 W/m ² /100 lx
10 Технічне приміщення ВК	2	13.66	40	ДББ37У-20 Селена-LED-3	174	2400	2.93 W/m ² = 1.68 W/m ² /100 lx
11 Тамбур	1	3.63	6	ДББ27У-6-011 У3	74.6	720	1.65 W/m ² = 2.21 W/m ² /100 lx
12 Санвузол МГН та персоналу	2	6.39	24	ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED	182	1680	3.76 W/m ² = 2.06 W/m ² /100 lx
13 Санвузол (дитячий М)	2	5.55	24	ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED	203	1680	4.33 W/m ² = 2.13 W/m ² /100 l
14 Санвузол (дитячий Ж))	2	5.55	24	ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED	204	1680	4.32 W/m ² = 2.12 W/m ² /100 lx
15 Коридор	1	7.96	20	ДББ37У-20 Селена-LED-3	127	2400	2.51 W/m ² = 1.97 W/m ² /100 lx
16 Місце зберігання предметів прибирання	1	2.00	6	ДББ27У-6-011 У3	94.9	720	3.00 W/m ² = 3.16 W/m ² /100 lx

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
17 Коридор	1	11.81	20	ДББ37У-20 Селена-LED-3	100	2400	$1.69 \text{ W/m}^2 =$ $1.69 \text{ W/m}^2/100$ lx
18 Тамбур- шлюз	1	14.25	20	ДББ37У-20 Селена-LED-3	98.3	2400	$1.40 \text{ W/m}^2 =$ $1.43 \text{ W/m}^2/100$ lx
19 Приміщенн я укриття	30	237.77	600	ДББ37У-20 Селена-LED-3	213	2400	$2.52 \text{ W/m}^2 =$ $1.18 \text{ W/m}^2/100$ lx



а)



б)

Рисунок 2.4 - Зображення світильника ДББ27У-6-011 УЗ(а) та графік кривої сили світла (б)

Напруга живлення, 220 В

Діапазон потужностей, 6 Вт

Коефіцієнт активної потужності 0.95 Вт

Світловий потік, 720 лм

Світлова віддача, 120 лм/Вт

Тип кривої сили світла (кут випромінювання) Д (120°С)

Корельована колірна температура, 4000 ... 5000 К

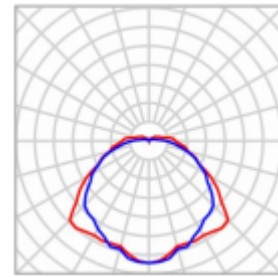
Клас електрозахисту I Ступінь пиловологозахисту IP65

Маса, 0.8 кг

Температура навколишнього середовища, -20°С...+40°С



а)



б)

Рисунок 2.5 - Зображення світильника ДББ26У-20-106У1 Селена-LED

(а) та графік кривої сили світла (б)

Напруга живлення, 220 В

Діапазон потужностей, 20 Вт

Коефіцієнт активної потужності 0.95 Вт

Світловий потік, 2800 лм

Світлова віддача, 120 лм/Вт

Тип кривої сили світла (кут випромінювання) Д (120°)

Корельована колірна температура, 4000 К

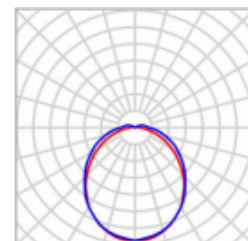
Клас електрозахисту I Ступінь пиловологозахисту IP65

Маса, 0.95 кг

Температура навколишнього середовища, -20°C...+40°C



а)



б)

Рисунок 2.6 - Зображення світильника ДББ37У-20 Селена-LED-3 (а) та графік кривої сили світла (б)

Напруга живлення, 220 В

Діапазон потужностей, 20 Вт

Коефіцієнт активної потужності 0.95 Вт

Світловий потік, 2400 лм

Світлова віддача, 120 лм/Вт

Тип кривої сили світла (кут випромінювання) Д (120°)

Корельована колірна температура, К 3500 ...4500 К

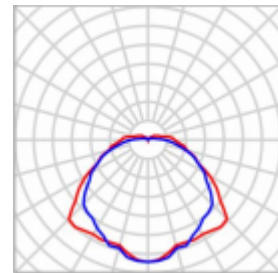
Клас електрозахисту I Ступінь пиловологозахисту IP54

Маса, 1.6 кг

Температура навколишнього середовища, -30°C...+40°C



а)



б)

Рисунок 2.7- Зображення світильника ДББ26У-12-102У1Селена-LED (а) та графік кривої сили світла (б)

Напруга живлення, 220 В

Діапазон потужностей, 12 Вт

Коефіцієнт активної потужності 0.95 Вт

Світловий потік, 1680 лм

Світлова віддача, 120 лм/Вт

Тип кривої сили світла (кут випромінювання) Д (120°)

Корельована колірна температура, 4000 К

Клас електрозахисту I Ступінь пиловологозахисту IP65

Маса, 0.95 кг

Температура навколишнього середовища, -20°C...+40°C

2.7 Висновки до другого розділу:

1. Проведено аналіз існуючої системи освітлення в укритті з визначенням специфічних вимог до її проектування та експлуатації.
2. Виявлено, що заміна газорозрядних приладів на світлодіодні (LED) підвищує ефективність освітлення.
3. Нормовані світлотехнічні характеристики укриття повинні складати 2400 люменів, для чого обрані світильники з потужностями 6, 20, 20 та 12 Вт.
4. Для підвищення ефективності системи освітлення рекомендовано використання фотореле ФМ, яке автоматично вмикає і вимикає світло залежно від рівня природної освітленості.
5. У фотореле ФР-2 за фотодатчик використовується фоторезистор ФСК-ГІ у герметичному виконанні.

3 РОЗРАУНОКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка удосконаленої ситеми освітлення з використанням давачів руху

Компоненти розробленої системи освітлення були отримані, і для перевірки проєкту було проведено дослідження рівня освітленості. Освітленість оцінювалася за допомогою люксметра, який враховує поправку на косинус. Вимірювання здійснювалися на горизонтальній поверхні робочої зони на висоті 76,2 см від підлоги.

Дослідження варто проводити з встановленим імітованим обладнанням. Очікується, що отримані результати освітленості не повинні суттєво відрізнятися від показників у порожньому приміщенні, оскільки коефіцієнт відбиття матеріалу устаткування приблизно відповідатиме коефіцієнту відбиття стін.

В цілому, обладнання займає близько 2/3 поверхні сторони приміщення. Крім цього, у порожньому приміщенні розподіл світла може бути менш рівномірним через те, що світильники на стелі встановлені не по центру у поздовжньому напрямку.

Рівень освітленості, виміряний в приміщенні, повинен трохи перевищувати теоретично розраховане значення.

Це пов'язано з тим, що коефіцієнти відбиття від стелі та стін істотно впливають на середнє значення освітленості на робочій поверхні, на відміну від коефіцієнта відбиття підлоги. Через це незначна розбіжність фактичного коефіцієнта відбиття підлоги зі стандартним зазвичай не має істотного впливу на рівень освітленості.

Після множення початкового виміряного рівня освітленості на коефіцієнти зниження світлового потоку лампи і забруднення світильника можна спрогнозувати рівень освітленості безпосередньо перед запланованим періодом обслуговування.

Це забезпечує відповідність системи освітлення необхідним вимогам під час її експлуатації. Оскільки світильники є новими та чистими, коефіцієнти зниження світлового потоку та забруднення світильників дорівнюють одиниці.

Рівні освітленості стін, стелі та підлоги виявилися кращими, ніж розраховані показники. Якщо ж розбіжності спостерігаються, це, ймовірно, пов'язано з тим, що під час розрахунків замість фактичної площі стіни використовувалася її приблизна площа.

Це пояснюється складністю отримання точних даних для обладнання, яке не складається з повністю вертикальних поверхонь, наприклад, консолі. Крім того, у розрахунках використовувалися стандартні коефіцієнти відбиття для стелі, стін і підлоги, замість фактичних значень, характерних для конкретного укриття.

У більшості випадків виміряні коефіцієнти відбиття відповідають рекомендованим діапазонам. Єдина поверхня, яка не відповідає рекомендованим значенням, — це робоча поверхня консолі, але, оскільки її коефіцієнт відбиття майже вписується в рекомендований діапазон, вона не повинна викликати дискомфорт або втому у людей, які там знаходяться.

3.2 Система освітлювання укриття найпростішого типу.

Особливості роботи фотоприймаючих елементів у режимі трьохфазного підключення можуть включати специфічні характеристики взаємодії з електричною системою та регулювання освітленості.

На рисунку 3.1 наведена електрична структурна схема регулятора освітленості РОП-15-16-24, яка демонструє взаємозв'язок між компонентами системи та пояснює принципи її роботи. Ця схема відображає, як фотоприймаючі елементи інтегруються до регулятора, забезпечуючи оптимальний контроль рівня освітлення за трьохфазного підключення.

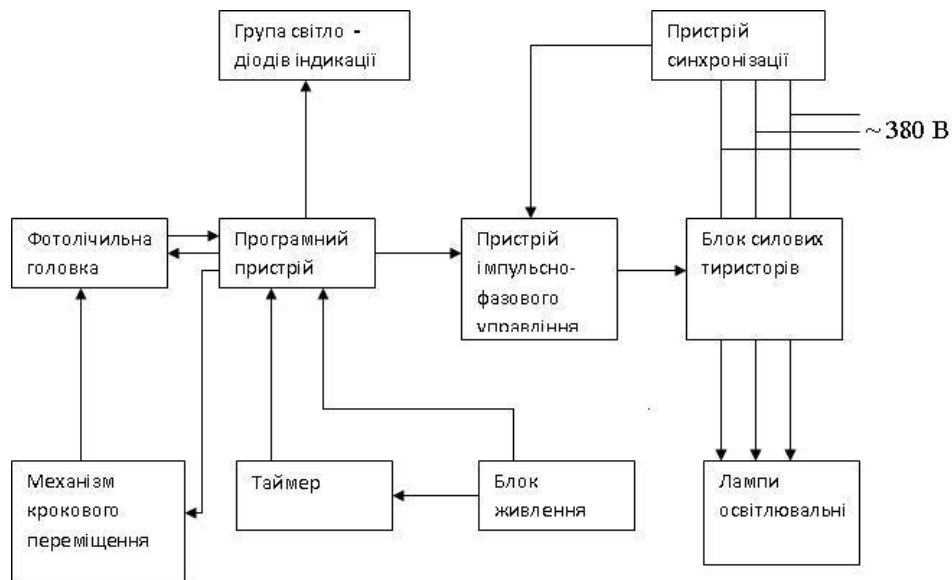


Рисунок 3.1 - Електрична структурна схема регулятора

На рисунку 3.1 зображено електричну структурну схему регулятора освітленості, яка забезпечує автоматичне включення освітлення в укритті під час нічного періоду за допомогою декількох пристроїв, як-от фотореле й фото вимикачі [5]. Фотореле ФМ, зокрема, призначене для автоматичного вмикання і вимикання освітлення залежно від рівня природної освітленості.

Цей пристрій реагує на зміни освітлення в укритті, що регулює подачу живлення відповідно до цих змін. На рисунку 3.2 показана електрична принципова схема фотореле ФР-2, яка демонструє, як цей пристрій інтегрує функції автоматизації до системи освітлення.

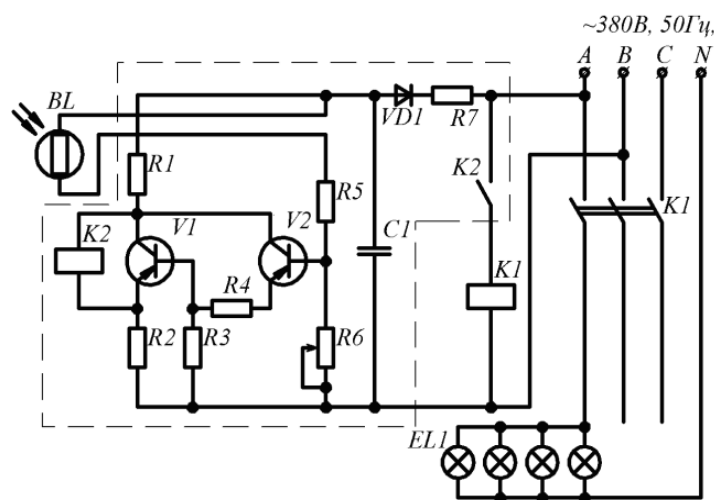


Рисунок 3.2 - Принципова електрична схема управління освітленням за допомогою фотореле ФР-2.

У фотореле ФР-2 як фотодатчик ВЛ використовується фоторезистор типу ФСК-ГІ у герметичному виконанні. Фоторезистор може бути інтегрований у корпус приладу або розташовуватися окремо від реле, залежно від умов експлуатації. Важливо встановити фоторезистор так, аби пряме сонячне світло не падало на його поверхню.

Принцип роботи фотореле полягає в наступному:

Зі збільшенням освітленості опір фотодатчика зменшується, внаслідок чого змінюється потенціал на базі транзистора VT2. Коли транзистор VT2 відкривається, він відкриває транзистор VT1, який шунтує обмотку реле К2, що викликає вимкнення магнітного пускача К1.

Коли освітленість знижується, опір фотодатчика збільшується, транзистори VT1 і VT2 закриваються, реле К2 активується, і магнітний пускач вмикається. Налаштування схеми здійснюється шляхом зміни опору R6. Фотореле, що постачаються з заводу, налаштовані на вмикання вуличного освітлення при 5 лк і вимикання при 10 лк.

Фотовимикач ФВ-2 широко застосовується для автоматичного вмикання й вимикання освітлення в залежності від рівня природної освітленості. Він призначений для регулювання освітлення відповідно до змін у середовищі.

Технічні характеристики фотовимикача ФВ-2 включають:

- Вмикання навантаження при освітленості $1,3 \pm 1$ лк
- Вимикання навантаження при освітленості 7 ± 2 лк
- Допустимий тривалий струм 20 А

Принцип роботи фотовимикача базується на зміні опору фотодатчика ВЛ в залежності від освітленості. Як датчик використовується фоторезистор ФСК-Г2.

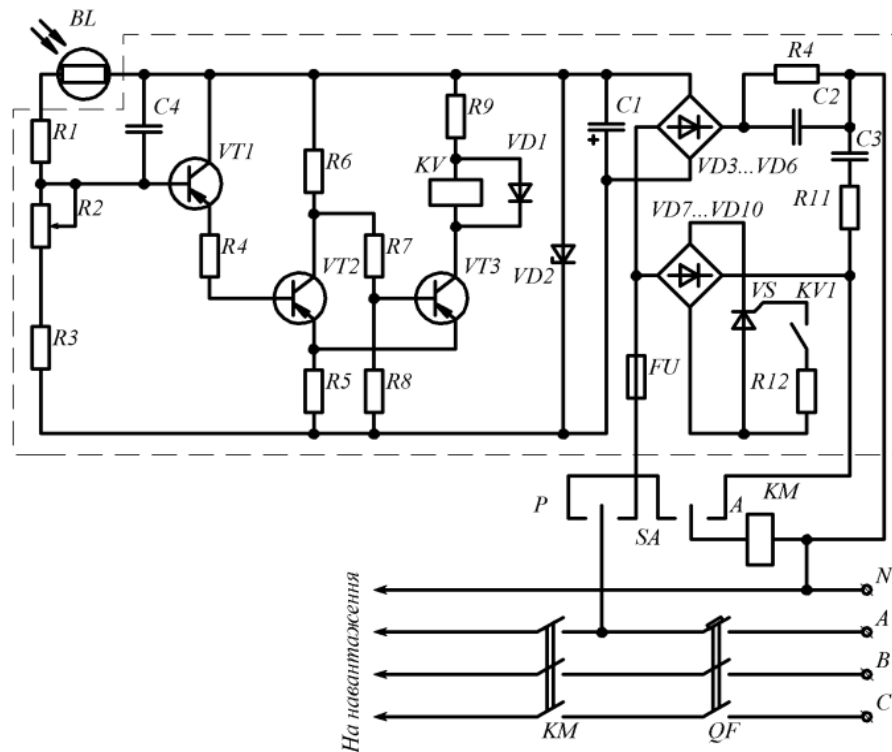


Рисунок 3.3 - Принципова електрична схема фотовимикача ФВ-2

Електрична схема фотовимикача складається з автоматичного вимикача на базі тригера Шмідта, що використовує транзистори VT1, VT2, VT3, мостового тиристорного ключа у випрямляючому блоці VD7-VD10, тиристора VS і магнітного пускача KM. Управління тиристорним ключем відбувається через контакти реле KV.

Коли освітленість зростає до 7 ± 2 лк, опір фотодатчика зменшується, що призводить до подачі негативного зміщення на базу транзистора VT1. Це відкриває транзистор VT1, викликаючи збільшення негативної напруги на базі транзистора VT2, який також починає відкриватися.

При цьому негативна напруга на транзисторі VT3 зменшується, і транзистор VT3 починає закриватися. Цей процес знижує негативну напругу зворотного зв'язку на резисторі R5, провокуючи лавиноподібний процес: транзистор VT2 переходить у режим насичення, а транзистор VT3 закривається. Це призводить до розриву живлення реле KV, закриття тиристора VS і вимкнення магнітним пускачем KM освітлювального навантаження.

Коли освітленість знижується до $1,3 \pm 1$ лк, опір фотодатчика збільшується, що веде до зменшення негативного зміщення на базі транзистора VT1, змушуючи його закриватися.

Це зменшує негативну напругу на базі транзистора VT2, який також починає закриватися. Одночасно негативна напруга на базі транзистора VT3 зростає, що веде до його відкривання. Це підвищує негативну напругу зворотного зв'язку на резисторі R5, викликаючи лавиноподібний процес: транзистор VT2 закривається, а транзистор VT3 переходить у режим насичення. У відкритому стані транзистора VT3 реле KV спрацьовує, тиристор VS відкривається, і магнітний пускач КМ вмикає освітлювальне навантаження. Діапазон спрацьовування схеми регулюється за допомогою резистора R2. Перемикач режимів роботи SA має три положення: «ВКЛ», «0», «АВТ» [5].

3.3 Розрахунок надійності проектного виробу

Розрахунок надійності проектного виробу передбачає кількісну оцінку за допомогою імовірнісних характеристик, оскільки відмови та відновлення працездатності є випадковими подіями, і точне передбачення часу та місця їхнього виникнення неможливе.

Імовірність безвідмовної роботи (ІБР) елемента $p(t)$ або системи $p_c(t)$ відображає ймовірність того, що протягом визначеного часу t за встановлених умов експлуатації не відбудеться жодної відмови. Інтенсивність відмов $\lambda(t)$ є умовною щільністю ймовірності виникнення відмов пристрою, що розраховується для конкретного моменту часу, за умови, що до цього моменту відмови не сталися [6].

Взаємозв'язок між інтенсивністю відмов і ймовірністю безвідмовної роботи можна виразити наступним чином:

$$p(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right], \quad (3.1)$$

Надійність щодо раптових експлуатаційних відмов ($\lambda_0 = \text{const}$) оцінюється для періоду нормальної експлуатації, коли початковий етап роботи (входження в режими) вже завершився, але відмови, пов'язані зі зношуванням і старінням, ще не настали. У випадку складного різнотипного обладнання інтенсивність відмов системи можна також вважати постійною на етапі зношування.

Розрахунок базується на принципі визначення показників надійності системи на основі характеристик надійності комплектуючих елементів.

Це дозволяє здійснювати розрахунок під час проектування апаратури, яка складається з відомих елементів і вузлів.

Для цього потрібно уточнити отримані вище вирази для показників надійності елементів, таких як $p(t)$, $q(t)$, $\lambda(T)$, T_{CP} , T_0 , з урахуванням постійної інтенсивності відмов [7]. Далі обчислюємо ймовірність безвідмовної роботи:

$$p(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right] = \exp(-\lambda_0 t) \quad (3.2)$$

Ця залежність відома як експоненціальний закон надійності. Під змінною t розуміється не календарний час, а період, для якого здійснюється розрахунок надійності. За припущення $\lambda_0 = \text{const}$, імовірність безвідмовної роботи для рівних проміжків часу t не залежить від вибору початкової точки відліку цього інтервалу [8].

У такому разі середнє напрацювання до відмови можна визначити:

$$T_{CP} = \int_0^{\infty} p(t) dt = \int_0^{\infty} \exp(-\lambda_0 t) dt = \frac{1}{\lambda_0} \quad (3.3)$$

Зібравши елементи з однаковою надійністю, ми отримаємо:

$$p_{\epsilon}(t) = \exp \left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j \right) \quad (3.4)$$

де, λ_{0j} – інтенсивність відмов для j -ї групи, N_j – число елементів у j -й групі, m – кількість груп з однаковою надійністю.

Загальна інтенсивність відмов пристрою:

$$\lambda_c = \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j, \quad (3.5)$$

Приблизний розрахунок надійності здійснюється на етапі технічного проектування за допомогою вищезгаданих формул. Значення λ -характеристик (інтенсивності відмов) елементів пристрою визначаються за довідниковими даними [9].

Під час уточненого розрахунку надійності враховуються впливи умов експлуатації, температури та електричного режиму, використовуючи такі співвідношення:

$$p_c(t) = \exp\left(-k_\lambda \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j\right), \quad (3.6)$$

$$\lambda_c = k_\lambda \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j, \quad (3.7)$$

$$\lambda_j = \lambda_{0j} \alpha_j, \quad (3.8)$$

$$k_\lambda = k_{\lambda 1} k_{\lambda 2} k_{\lambda 3}, \quad (3.9)$$

де, λ_j – інтенсивність відмов для j -ї групи елементів з однаковою надійністю за умов експлуатації, λ_{0j} – інтенсивність відмов для тих же елементів, але при номінальних умовах експлуатації, α_j – коефіцієнт корекції інтенсивності відмов для j -ї групи, що враховує вплив температури навколишнього середовища та електричне навантаження на елемент.

Поправочний коефіцієнт k_λ враховує умови експлуатації радіоелектронної апаратури (РЕА). $k_{\lambda 1}$ – вплив механічних факторів, таких як вібрація та ударні навантаження, $k_{\lambda 2}$ – вплив кліматичних факторів, включаючи температуру та вологість, $k_{\lambda 3}$ – умови роботи за зниженого атмосферного тиску.

Значення поправочного коефіцієнта α в залежності від температури та коефіцієнта навантаження k_H , подібно до інтенсивності відмов елементів пристрою, наводяться в довідкових таблицях [10].

При цьому коефіцієнт навантаження визначається як відношення навантаження за певним параметром (потужність, струм, напруга), що діє на елемент, до його номінального навантаження, встановленого нормативною документацією:

Коефіцієнт навантаження за потужністю:

$$K_P = \frac{P_P}{P_H}, \quad (3.10)$$

де, P_P – робоче значення потужності розсіювання; P_H – номінальне значення потужності розсіювання.

Коефіцієнт навантаження за напругою:

$$K = \frac{U_P}{U_H}, \quad (3.11)$$

де, U_P – робоче значення напруги, U_H – номінальне значення напруги.

Під час проектування коефіцієнт електричного навантаження зазвичай береться в діапазоні від 0,4 до 0,8. Температуру та коефіцієнт навантаження можна встановити експериментально на етапі випробувань дослідного зразка або визначити розрахунковим шляхом.

Типові значення поправочних коефіцієнтів також знаходяться в довідковій літературі [11].

Для розрахунку надійності радіопристрою потрібні такі дані:

- перелік компонентів (елементів);
- кількість елементів кожного типу;
- умови експлуатації;
- довідкові дані з інтенсивності відмов електронних радіоелементів (ЕРЕ).

Розрахунок надійності виконується в такій послідовності:

1. Скласти таблицю вхідних даних для розрахунку. Визначити конструктивні характеристики компонентів (наприклад, для транзисторів - кремнієвий чи германієвий, або польовий; для конденсаторів - електролітичний

чи керамічний тощо). Визначити кількість елементів за групами, щоб з таблиці визначити значення поправочних коефіцієнтів α_i та інтенсивності відмов λ_0 [12]. Розрахувати інтенсивність відмов λ_i для кожної з груп компонентів.

2. Для врахування умов експлуатації визначити з таблиць поправочні коефіцієнти відповідно до умов експлуатації проектного радіопристрою та обчислити сумарний коефіцієнт K_λ . Якщо умови експлуатації відповідають лабораторним, K_λ приймається рівним 1.

3. Провести розрахунок інтенсивності відмов.

4. Виконати розрахунок середнього напрацювання до відмови у відповідності з відповідною формулою та врахуванням необхідних факторів.

5. Розрахувати ймовірність безвідмовної роботи радіопристрою для заданих значень часу t_p . Рекомендується обрати кількість значень t_p в межах від 6 до 10.

6. За результатами розрахунків побудувати графік залежності ймовірності безвідмовної роботи радіопристрою від часу t_R .

Розрахунок надійності радіоелектронної апаратури (РЕА) значно спрощується завдяки використанню комп'ютерної програми NAD_Release. Щоб забезпечити ефективність розрахунків, програмі висуваються такі вимоги:

1. Можливість обчислення ймовірності безвідмовної роботи та середнього напрацювання до відмови радіоелектронної апаратури з урахуванням умов експлуатації.

2. Збереження результатів розрахунку у файлі, який можна роздрукувати і використовувати для подальшої обробки в інших програмах (наприклад, в MathCAD).

3. Візуалізація результатів розрахунку у вигляді графіка, що відображає залежність ймовірності безвідмовної роботи від часу роботи пристрою.

4. Наявність комп'ютерної бази даних інтенсивності відмов різних електрорадіоелементів і електромеханічних блоків РЕА.

5. Можливість редагування бази даних для врахування специфіки різних пристроїв.

6. Здатність поповнювати базу даних характеристиками нових елементів.

7. Можливість коригування даних про інтенсивність відмов та інші експлуатаційні характеристики радіоелементів під час розрахунків.

8. Інтуїтивно зрозумілий та зручний для користувача інтерфейс програми.

На рисунку 3.4 показано вікно програми.

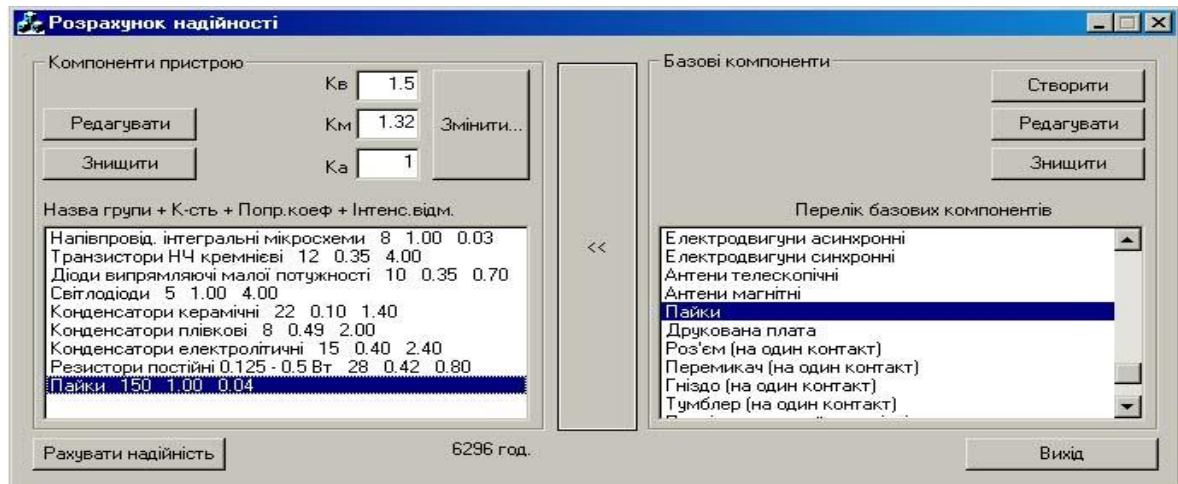


Рисунок 3.4 - Основне вікно програми для розрахунку надійності

Результати, які зберігаються у файлі:

- таблиця вхідних даних (перелік компонентів пристрою — назва групи компонентів, кількість елементів у групі, інтенсивність відмов, поправочний коефіцієнт, сумарна інтенсивність відмов для даного типу елементів);
- значення коефіцієнтів впливу $k_{\lambda 1}$, $k_{\lambda 2}$, $k_{\lambda 3}$;
- сукупна інтенсивність відмов пристрою;
- середній час напрацювання до відмови;
- дані для побудови графіка залежності ймовірності безвідмовної роботи від тривалості роботи.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	$K_{\text{нопр}}$	Івідм* 1e-06	К-сть* Кнав від*1e-06
1	Напівпровідникові інтегральні мікросхеми	5	1	0.03	0.15
2	Транзистори НЧ кремнієві	5	0.35	4	7
3	Діоди випрямляючі малої потужності	9	0.35	0.7	2.205
4	Світлодіоди	1	1	4	4
5	Конденсатори керамічні	6	0.1	1.4	0.84
6	Конденсатори електролітичні	8	0.4	2.4	7.68
7	Резистори постійні 0.125 - 0.5 Вт	16	0.42	0,8	5.376
8	Трансформатори живлення	1	0.1	3	0.3
9	Дроселі	1	0.1	1	0.1
10	Лампи розжарення	1	1	1.2	1.2
11	Друкована плата	3	1	0,1	0.1
12	Пайки	155	1	0,02	3.1
13	Запобіжник	1	1	0,5	0,5

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1

Коефіцієнт впливу вологості та температури: 1

Коефіцієнт атмосферних впливів: 1

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 3.2551×10^{-5} 1/год

Середнє напрацювання до відмови: 30721.0 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t=10$ год. $P(t)=0.999675$

$t=100$ год. $P(t)=0.996750$

$t=1000$ год. $P(t)=0.967973$

$t=10000$ год. $P(t)=0.722159$

$t=100000$ год. $P(t)=0.038577$

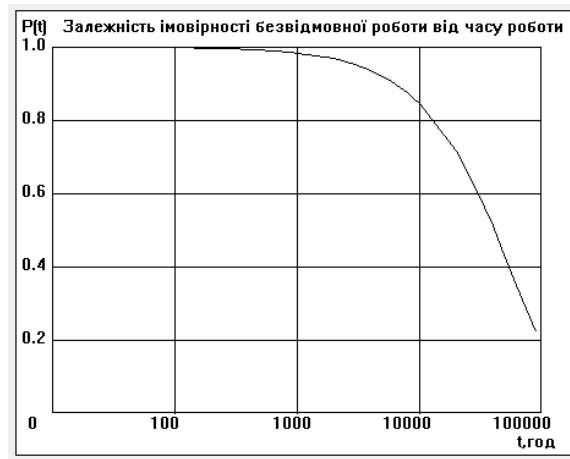


Рисунок 3.5 - Графік, що показує залежність P від t

Під час розрахунку надійності пристрою були враховані всі елементи з урахуванням коефіцієнтів механічних впливів, вологості та температури, і було визначено, що середнє напрацювання до відмови становить 30,721 год [14].

Розробка математичної моделі об'єкта дослідження. Особливості функціонування фотоприймаючих елементів. При проектуванні пристрою вибір безконтактного перемикача, що працює в інфрачервоному спектрі, обґрунтований специфікою вхідного сигналу.

Пікова довжина хвилі інфрачервоного випромінювання людського тіла при температурі 37°C дорівнює приблизно 10 мкм [15].

Це випромінювання характеризується меншим розсіюванням у робочому середовищі, що забезпечує кращу передачу через різні матеріали. Сигнал може сприйматися в межах 1-8 см від датчика.

Типовими прикладами середовищ для передачі інфрачервоного випромінювання є вакуум, атмосфера та оптичні волокна. В атмосфері поглинання відбувається на певних довжинах хвиль через H_2O , CO_2 та інші компоненти [16].

Для певних частотних діапазонів інтенсивність поглинання є нижчою, зокрема у спектральних смугах від 3 мкм до 5 мкм та від 8 мкм до 12 мкм. Ці діапазони іноді називають "атмосферними вікнами" і часто використовуються для безконтактної передачі керуючого сигналу.

Для регулювання яскравості необхідно утримувати руку в зоні перемикача протягом 2 секунд, доки не буде досягнуто бажаного рівня освітлення [17].

Порівняно з видимими та ультрафіолетовими променями, інфрачервоне випромінювання має нижчу енергію: 1,24 еВ при довжині хвилі 1 мкм і 0,12 еВ при 10 мкм. Енергія інфрачервоного випромінювання описується наступним рівнянням:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = 1.24/\lambda \text{ еВ}, \quad (3.12)$$

де, $h \approx 4,14 \times 10^{-15}$ Дж·с — стала Планка, $c \approx 3 \times 10^{10}$ см/с — швидкість світла, λ — довжина хвилі в мікрометрах.

Для підвищення ефективності інфрачервоного випромінювання індикатор слід охолоджувати. Основними характеристиками, що вказують на ефективність роботи інфрачервоного детектора, є співвідношення між потужністю корисного випромінювання та потужністю шуму [18].

Іноді шуми можуть з'являтися внаслідок дії самого інфрачервоного випромінювання на апаратуру. Джерелами таких шумів можуть бути сам інфрачервоний детектор, його електронна схема, або фонові коливання.

Фоточутливість є відношенням вихідної напруги (або вихідного струму) до потужності падаючої енергії у ватах, за умови, що шумом можна знехтувати.

Якщо порівняно з шумом, спричиненим фоновими коливаннями, ігнорувати перші два джерела, здатність пристрою реагувати на керуючий вплив визначається лише фоновими шумами. Цей підхід відомий як "Background Limited Infrared Photodetection (BLIP)" [19].

Моделювання реакції фотоприймача на опромінювання здійснювалося в системі MicroCap-8 згідно зі схемою підключення досліджуваного елемента X1, яка показана на рисунку 3.6. Параметри, що описують фотоелемент (чутливість, ємність р-п переходу тощо), були задані в його моделі. Вплив опромінення моделювався за допомогою імпульсного джерела Vlight, а вихідна реакція виражалася через напругу VOUT [20]. Аналіз схеми в частотному режимі

(рисунки 3.8) показує, що елемент стабільно реагує на опромінення з низькочастотної області спектра.

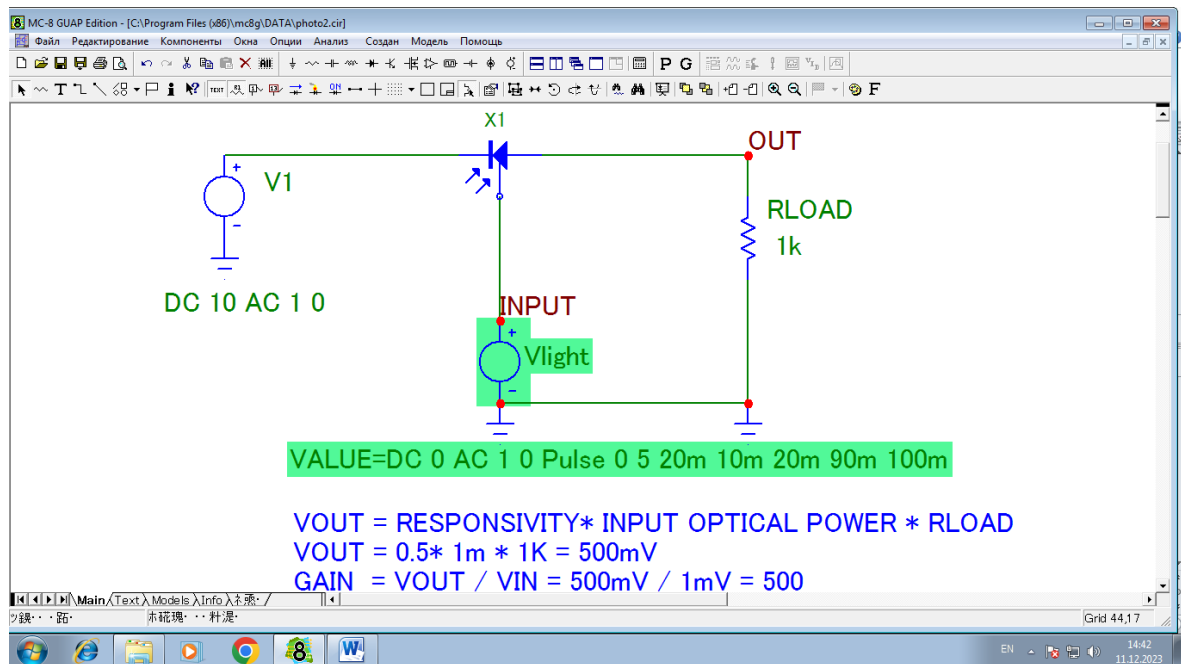


Рисунок 3.6 - Схема для дослідження реакції фотодіодного елемента на опромінення.

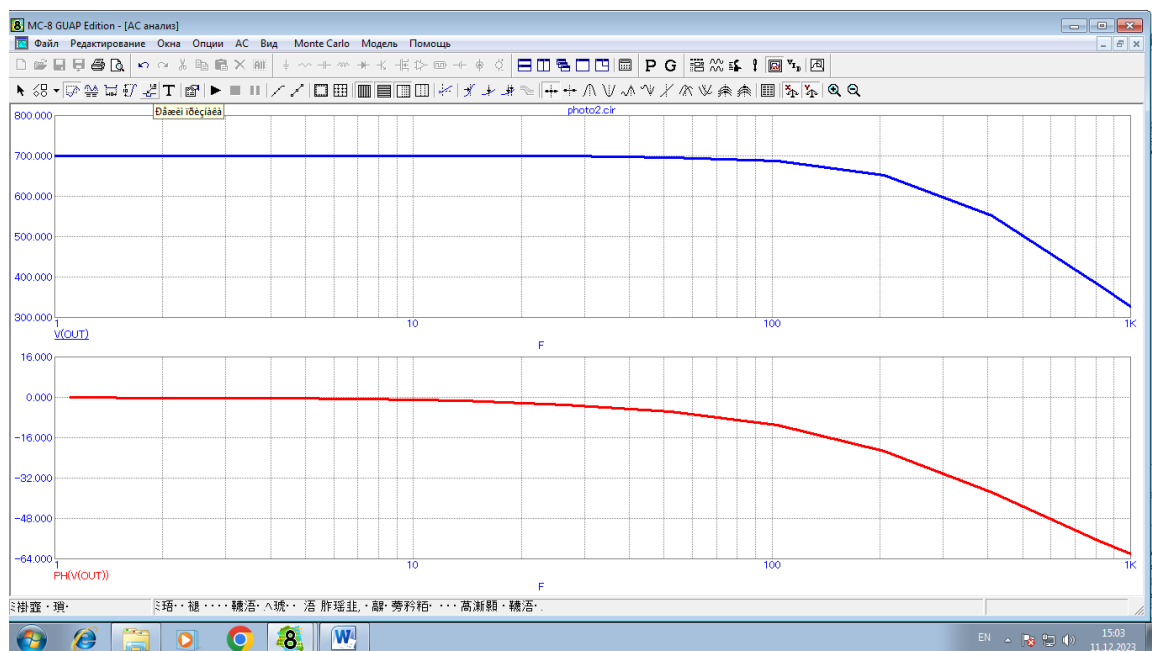


Рисунок 3.7 - Частотні характеристики досліджуваного фотодіодного елемента (верхній графік – амплітудно-частотна характеристика (АЧХ), нижній – фазочастотна характеристика (ФЧХ)).

На рисунках 3.7 та 3.8 представлені результати аналізу по змінному струму: реакція фотодіодного елемента на шумове (рис. 3.8) та керуюче (рис.3.9) опромінення.

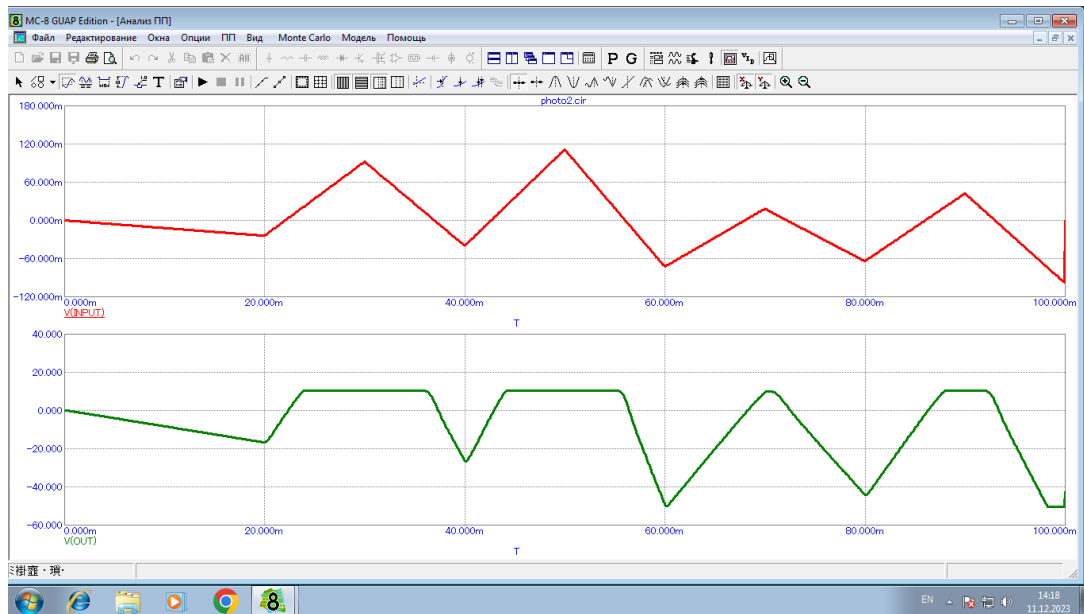
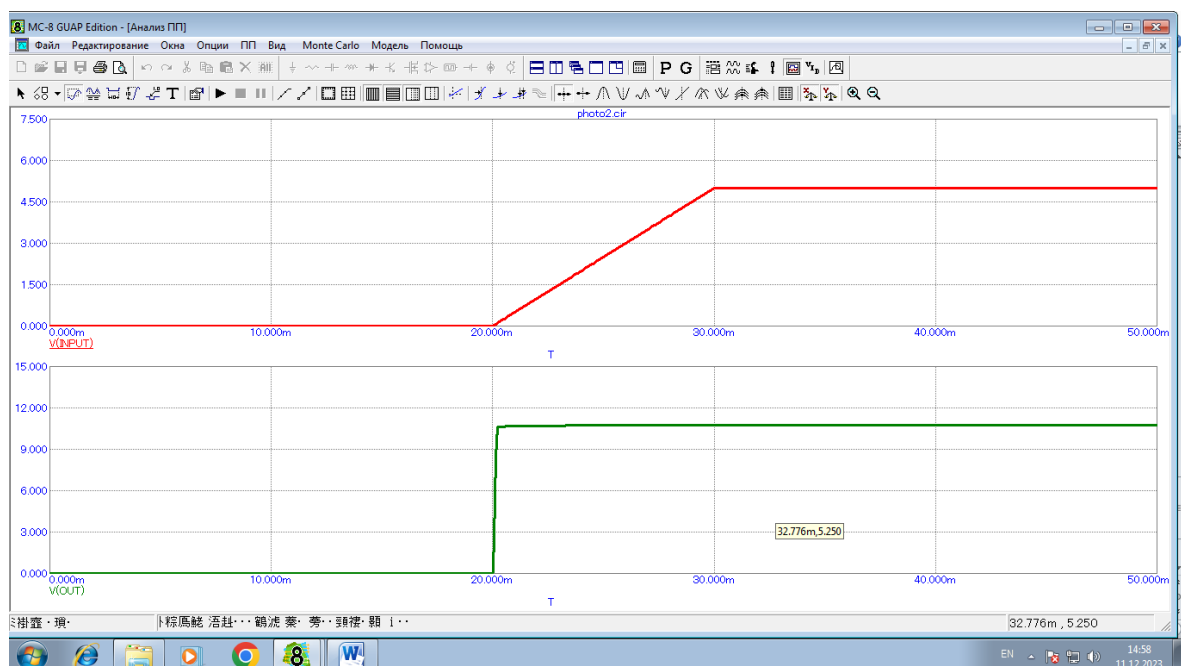
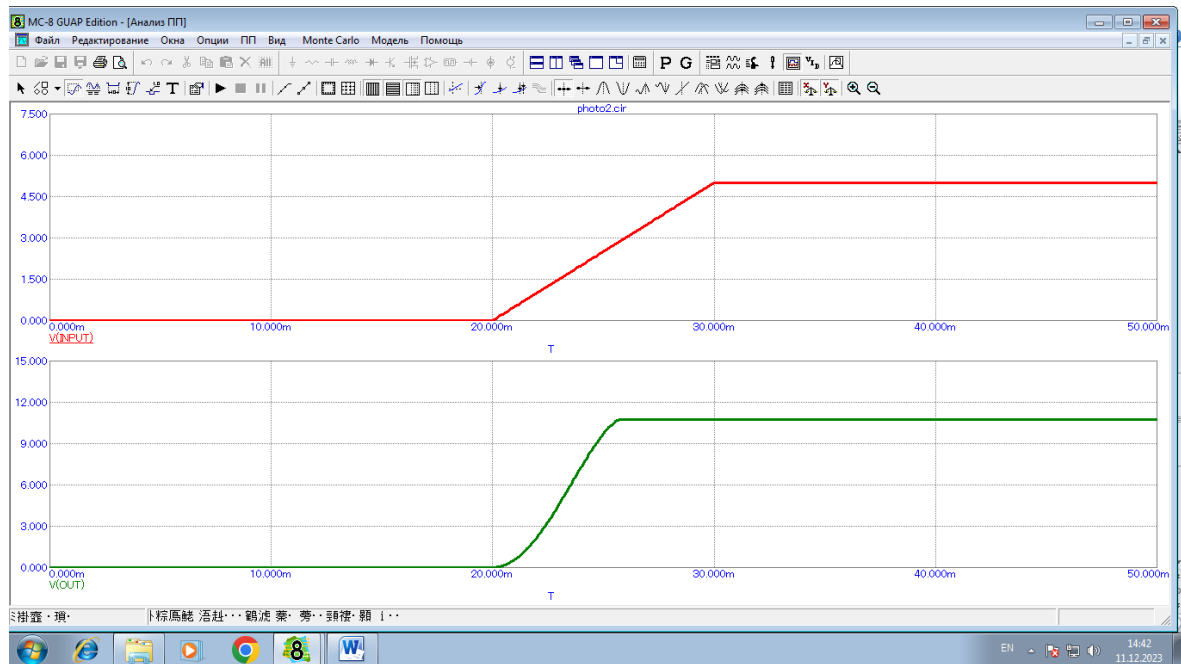


Рисунок 3.8 - Реакція фотодіодного елемента на шумовий сигнал низькочастотного спектра (верхній графік – вхідний сигнал, нижній – напруга на навантаженні)

Зокрема, на рисунках 3.9 а) і б) показано, як фотоеlementи з різними фізичними параметрами (чутливістю і ємністю р-п переходу) реагують на однаковий керуючий сигнал [22].



а)



б)

Рисунок 3.9 - Реакція фотодіодних елементів різних марок (з різними значеннями ємностей р-п переходу) на керуючий сигнал (верхній графік – вхідний сигнал, нижній – напруга на навантаженні).

Слід зазначити, що залежності були отримані паралельно при трьох значеннях температури середовища — 10, 20 і 30 градусів Цельсія [23]. Як видно, у цьому діапазоні реакції фотоприймача на опромінення практично не змінилися (графіки накладаються один на одного).

3.4 Висновки до третього розділу:

Ефективність освітлення: Розроблена система освітлення з використанням датчиків руху демонструє надійний рівень освітленості, перевищуючи теоретично розраховані значення завдяки відбиттю світла від стелі та стін. Це сприяє створенню комфортних умов для роботи в приміщеннях.

1. Автоматизація та контроль: використання фотоприймаючих елементів у системі освітлення забезпечує автоматичне регулювання освітленості в

залежності від зовнішніх умов, підвищуючи енергоефективність та зручність використання.

2. Надійність системи: аналіз імовірності безвідмовної роботи свідчить про високу надійність впроваджених систем і компонентів, що забезпечує стабільну експлуатацію протягом тривалого часу.

3. Технологічний внесок: впровадження інфрачервоних безконтактних перемикачів демонструє актуальність та перспективність використання новітніх технологій у покращенні управління освітленням, підвищуючи загальну ефективність системи.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Безпека життєдіяльності

Забезпечення безпеки у всіх випадках проявленої небезпеки повинно підкорятись чітко упорядкованим закономірностям, які складають методологічні основи моделі забезпечення БЖД. Сутність її полягає в з'ясуванні задач. Велике значення в забезпеченні безпеки людини грають бар'єри попередження та захисту – це заходи і засоби, спрямованні на захист системи життєдіяльності людини від зовнішніх та внутрішніх небезпек.

Вимоги до протипожежної безпеки захисної споруди

Захисна споруда обов'язково має бути забезпечена первинними засобами пожежогасіння, обладнана системами внутрішнього протипожежного водопостачання, пожежної автоматики та сигналізації, відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні, а також державних будівельних норм і національних стандартів, що діють у сфері пожежної безпеки.

Місця розташування первинних засобів пожежогасіння, план евакуації із захисної споруди мають позначатися й освітлюватися.

Для виготовлення спальних місць й іншого обладнання захисної споруди забороняється використовувати горючі синтетичні матеріали.

Не допускається використання синтетичних та інших матеріалів, що під час нагрівання або експлуатації виділяють небезпечні хімічні речовини, для оздоблення внутрішніх приміщень захисної споруди.

У захисній споруді забороняється зберігати або використовувати легкозаймисті, небезпечні хімічні та радіоактивні речовини.

Якими мають бути входи до захисної споруди:

Входи до захисної споруди мають забезпечувати вільний доступ усередину, можливість користування ними особами з інвалідністю та іншими маломобільними групами населення й мати достатню пропускну спроможність. Підходи до зовнішніх дверей, двері й сходові марші мають бути в справному стані, очищуватися від бруду і сміття, а в зимовий час – від снігу й льоду.

Не допускається захаращення входів! Якщо на входах немає пандусів – входи додатково обладнуються дерев'яними чи металевими трапами. Необхідно забезпечувати належний стан оголовків аварійних виходів і повітрозабірних каналів, очищати їх від снігу, сміття і сторонніх предметів, систематично перевіряти справність противибухових пристроїв, надійність їхнього кріплення й періодично змащувати металеві частини інгібованим мастилом k.

До замків від дверей і ставень має бути не менше двох комплектів ключів.

Один комплект зберігається у відповідальній особі, інший в опечатаному вигляді – у посадової особи або в структурному підрозділі балансоутримувача, що працює в цілодобовому режимі.

Ціла низка чинників навколишнього середовища може негативно впливати на здоров'я та життя людини.

Нещасні випадки виникають удома, на роботі, на дорогах, у місцях відпочинку – тобто далеко від лікувальних закладів.

Вони завжди трапляються несподівано і вимагають невідкладної допомоги, протягом перших 4-5 хвилин після нещасного випадку, коли ще не настали необоротні зміни в клітинах організму.

Перша долікарська допомога – це комплекс простих термінових дій, спрямованих на збереження здоров'я і життя потерпілого.

Однак, у перші хвилини поруч із потерпілим не завжди є медичні працівники. Тому долікарська допомога може і повинна бути надана очевидцями трагедії. Для цього потрібні знання і вміння.

Кожному необхідно знати методи первинної реанімації, тобто комплекс заходів щодо надання допомоги на місці події, попередження смертельного кінця й оживлення людини.

Бездіяльність в очікуванні медичних працівників, як би вона не мотивувалася: розгубленістю, страхом, невмінням, повинна розглядатись як

невиконання морального й громадянського обов'язку відносно людини, котра гине.

4.2 Основи охорони праці

Поділ несприятливих чинників виробничого середовища на шкідливі та небезпечні зумовлене різним характером їх дії на людський організм, тим, що вони потребують різних заходів і засобів боротьби з ними та профілактики викликаних ними ушкоджень, а також низкою причин організаційного характеру. Разом з тим між шкідливими та небезпечними виробничими факторами інколи важко провести чітку межу.

Шкідливі речовини – це ті речовини, які при контакті з організмом людини можуть викликати захворювання чи відхилення від нормального стану здоров'я, що виявляються сучасними методами, як у процесі контакту з ними, так і у віддалений термін, у тому числі і в наступних поколіннях. Найбільш розповсюдженими видами забруднень є тверді суспензії (пил, зола, дим), оксиди вуглецю, азоту та сірки, вуглеводні, аміак, оксиди і солі важких металів тощо.

Найбільш шкідливі для навколишнього середовища і, зокрема повітря, установки та види діяльності. Забруднюючі атмосферу, шкідливі речовини при контакті з організмом можуть викликати різні захворювання, професійні і гострі отруєння (у тому числі зі смертельними наслідками).

Шкідливі речовини проникають в організм людини головним чином через дихальні шляхи, а також через шкіру і шлунково-кишковий тракт. Ефект токсичної дії різних речовин залежить від кількості речовини, що потрапила в організм, її фізико-хімічних властивостей, агрегатного стану і тривалості надходження.

Нормалізація повітря робочої зони, а також захист працюючих, враховує як заходи підтримання нормативних параметрів мікроклімату, так і заходи забезпечення регламентованої чистоти повітря.

Вони включають у себе: підтримання нормованих параметрів мікроклімату за рахунок комплексу будівельно-планувальних, організаційно-технологічних, санітарно-технічних та інших заходів колективного захисту; вилучення шкідливих речовин у технологічних процесах, заміна шкідливих речовин менш шкідливими. Удосконалення технологічних процесів й устаткування; автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами й обладнанням; герметизація виробничого устаткування, робота технологічного устаткування під розрідженням, локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції й аспіраційних укриттів. Попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють у шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни. Контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони; використання засобів індивідуального захисту. Застосування засобів вентиляції.

Найбільш поширеним й ефективним засобом регулювання якістю повітря робочої зони на діючому підприємстві є вентиляція.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

На основі проведених досліджень і проектування можна зробити наступні загальні висновки до кваліфікаційної магістерської роботи:

1. Аналіз і Вимоги до Освітлення: Проаналізовано об'єкт укриття (приміщення дитячого садка) та встановлено основні вимоги до його освітлення, такі як нормативні характеристики площі та освітленості, необхідні для ефективного функціонування укриття площею 237,77 м².

2. Удосконалення Освітлювальної Системи: Запропоновано і реалізовано модернізовану систему освітлення з використанням фотодатчиків та LED технологій, що дозволило підвищити її енергоефективність та адаптивну здатність.

3. Підбір Складових Системи Освітлення: Проведено детальний підбір світлових приладів, що задовольняють нормовані світлотехнічні характеристики укриття (2400 люменів). До системи додано світильники з потужностями 6, 20, 20 та 12 Вт і інтегровано фотореле для автоматичного регулювання залежно від природної освітленості.

4. Автоматизація і Контроль: Розроблено систему освітлення з датчиками руху та автоматичного керування, що забезпечує економію енергії та комфорт шляхом увімкнення освітлення лише в активних зонах.

5. Надійність та Інновації: Проведено розрахунки надійності впровадженої системи та їх компонентів, що підтвердило їх високу ефективність та тривалий термін служби. Впроваджено інфрачервоні безконтактні перемикачі, що демонструють актуальність новітніх технологій в управлінні освітленням.

6. Безпека та Охорона Праці: Забезпечено відповідність системи освітлення всім нормам і технічним вимогам, зосереджено увагу на протипожежній безпеці, зручності та безпеці експлуатації під час надзвичайних ситуацій.

Таким чином, робота демонструє комплексний підхід до проектування та реалізації ефективної і безпечної системи освітлення для укриттів, що значно знижує енергоспоживання і підвищує комфортність експлуатації приміщень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. E. Arshan, T. Semikina, Development of an electronic stand based on a microcontroller for debugging programs [Electronic resource], XIII scientific and practical conference "Perspective directions of modern electronics" April 4, 2019, Kyiv: conference materials, 2019, Pp. 31-38.
2. E. Arshan, R. Bondarenko, O. Kalachnikov, O. Sidnev, T. Semikina, Ultraviolet radiation power meter [Electronic resource], Microsystems, Electronics and Acoustics, 2020, №2. Pp. 45-49.
3. J. An, et al., Load characteristics and impacts of different electric heating equipment integrated into power grid, In: 2019 IEEE 3rd Conference on Energy Internet and Energy System Integration. EI2, IEEE, pp. 1252-1257.
4. K. Berg, M. Resch, T. Weniger, S. Simonsen, Economic evaluation of operation strategies for battery systems in football stadiums, A Norwegian case study. J. Energy Storage 34, 102190. 2021.
5. P. Kushlyk, V. Yakovlev, Y. Kutsenko, M. Lisichenko, M. Kundenko, Y. Fedyushko, Electric lighting and irradiation, Kharkiv, Planeta-Print LLC, 2016. 332 p.
6. J. Yamnenko, T. Tereshchenko, L. Klepach and D. Palii, Forecasting of electric - ty consumption in SmartGrid, International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). 2017. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8248891/>.
7. R. Ahshan, R. Al-Abri, H. Al-Zakwani, N. Ambu-Saidi, Solar PV system design for a sports stadium. In: 2019 IEEE 10th GCC Conference & Exhibition. GCC, IEEE, 2019, pp. 1-6.
8. E. Schubert, Light-Emitting Diodes, 2018, p. 672.
9. M. Rouse, Smart home or building (home automation or domotics), TechTarget, 2020, <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-home-or-building>.

10. K. Suvorov, L. Gurakov, A. Beketov, Sources of light. Textbook, Kharkiv, KhNUiA, 2021, 110 p.
11. V. Yatsuk, T. Bubela, M. Mykiychuk, E. Pokhodylo, "Ensuring metrological reliability in dispersed measuring systems", Measuring technique and metrology, t.79, #3, (2018), pp.71-82.
12. Data-Acquisition-Handbook, A Reference For DAQ and Analog & Digital Signal Conditioning, 2012, MA, USA: Measurement Computing Corporation, 2023. URL: <http://www.mccdaq.com/pdfs/anpdf/Data-AcquisitionHandbook.pdf>.
13. Adaptive lighting systems: Occupancy sensing, Silvair, 2020. <https://silvair.com/blog/adaptivelighting-systems-occupancy-sensing/>.
14. R. Matviiv, Yu. Yatsuk, V. Yatsuk, "Development of Portable DC Voltage Calibrators with Additive Offsets Adjusting", Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, no. 5/9 (95), 2018, pp. 35-42.
15. B. Schweber, "How to Select the Right Galvanic Isolation Technology for IoT Sensors", Digi-Key's North American Editors, 2017. URL: <https://www.digikey.com/en/articles/how-select-galvanic-isolation-technology-for-iot-sensors>.
16. V. Yatsuk, T. Bubela, M. Mykyjchuk, Je. Pokhodylo, "Ensuring metrological reliability in dispersed measuring systems". Measuring equipment and metrology, vol. 79, no. 3, 2018, pp. 71-82.
17. Maker Faire Rome, Make Community LLC, 2020 <https://makerfaire.com/>.
18. S. Fedin and I. Zubretska, Neural network approximation of calibration characteristics of NTC-thermistors, monograph, Kyev, Interservice, 2017, 196 p.
19. V. Milykh, O. Shavyolkin Electrical engineering, electromechanics, electronics and microprocessor technology, Kyiv, Caravel, 2015.
20. S. Fedin, I. Zubretska, and O. Polikarpov, "Ensuring the accuracy of construction of calibration characteristics of NTC-thermistors based on neural networks with radial basis functions," Metrology and Devices, no. 1(63), 2017, pp. 37-46.

21. Information Technology. Glossary of terms: DSTU ISO/IEC 2382:2017. Kiev, SE "UkrNDNC", 2020, 464 p.
22. A. Soskov, Yu. Kolontaevskyi, Industrial electronics. 2nd. Ed, Kyiv, Caravel, 2016.
23. M. Yavorska, T. Dubyniak, V. Nevozhai, M. Poshyvak Testing of the calculated bridge rectifier cascade in the MICROCAP-8 system, Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Strength and Durability of Modern Materials and Structures", November 10-11, Ternopil, Palianytsia, 2022, pp. 142-144.
24. T. Dubyniak, L. Dmytrotsa, M. Yavorska, N. Shostakivska, O. Manziy, Methods and Means of Automatic Statistical Assessment of Information Measuring Systems. ITTAP, 2023, pp. 574-585.
25. V. Martsenyuk, A. Sverstiuk, A. Klos-Witkowska, N. Kozodii, O. Bagriy-Zayats, I. Zubenko, Numerical analysis of results simulation of cyber-physical biosensor systems. CEUR Workshop Proceedings, 2019, 2516, pp. 149–164.
26. Коваль В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів другого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 51 с.
27. Belyakova, V. Medvid, V. Piscio, O. Shkodzinsky, R. Mykhailyshyn and M. Markovych, "Usage of Light-Emitting-Diode Lamps in Decorative Lighting,"// 2019 IEEE 20th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE), – Lviv-Slavske, Ukraine, 2019, pp. 1-4.
28. Iryna Belyakova, Volodymyr Medvid, Vadim Piscio, Roman Mykhailyshyn, Volodymyr Savkiv, Mariya Markovych. Optimization of LED Drivers Depending on the Temperature of Their Operation in Lighting Devices// IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). -2021 p. - Lviv, Ukraine. – P. 266-271.
29. Beliakova, I., Kostyk, L., Maruschak, P., Medvid, V., Piscio, V., Shovkun, O., & Mykhailyshyn, R. (2024). The Temperature Dependence of the Parameters of

- LED Light Source Control Devices Powered by Pulsed Voltage. *Applied Sciences*, 14(13), 5678
30. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
 31. Martsenyuk Vasyl, Sverstiuk Andrii, Dubynyak Taras, Mykulyk Petro, Shostakivska Nadia, Poshyvak Mykola. Study of the temperature effect on the functioning of photodetecting lighting elements and calculation of their reliability. *CEUR Workshop Proceedings Volume 3736, Pages 30 - 04.06.2024 1st International Workshop on Intelligent and CyberPhysical Systems, ICyberPhyS 2024 Khmelnytskyi 28 June 2024 Code 201321.*