

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНИ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Розробка концепції освітлення автомобільних доріг категорії
Б

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922-мопа-дн
спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Містобудування та
об'ємно-просторова архітектура

(назва освітньої програми)

Азізі Іссам

(ініціали та прізвище)

Керівник проф.,к.арх, Єгоров Ю. П.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц.,к.т.н, Банах В. А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2024

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНИ

Кафедра міського будівництва і архітектури
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Освітня програма Містобудування та об'ємно-просторова архітектура

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри [підпис]
« 10 » 10 20 23 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Азізі Іссаму

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проекту) Розробка концепції освітлення автомобільних доріг
категорії Б

керівник роботи проф.к.арх. Єгоров Ю. П.

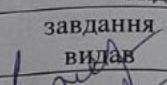
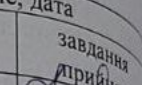
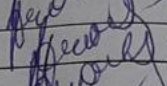
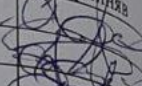
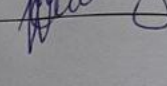

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 09 » 10 2023 року № 1578-с

- 1 Строк подання студентом роботи 01.03.2024
- 2 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливість розвинення проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень
- 3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Аналіз предметної області. Алітичний огляд існуючих систем детектування та комунікації. На основі технічного аналізу та аналізу правових норм було розроблено алгоритм визначення та контролю зони освітлення.

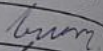
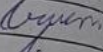
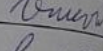
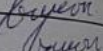
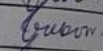
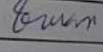

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація із результатами аналітичних обґрунтувань наукових напраму досліджень, результатами експериментальних досліджень результати розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень


5 Консультанти розділів роботи

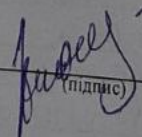
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Сгоров Ю. П.		
2	Сгоров Ю. П.		
3	Сгоров Ю. П.		

6 Дата видачі завдання 01.09.2023

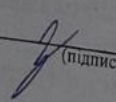
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Срок виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	01.01	
2	Розділ 1	15.01	
3	Розділ 2	01.02	
4	Розділ 3	15.02	
5	Розробка графічної частини	20.02	
6	Оформлення роботи	25.02	
7	Попередній захист	01.03	

Студент  (підпис) Азізі Іссам (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту)  (підпис) Сгоров Ю. П. (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) Гребенюк І.В. (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Азізі Іссам. Розробка концепції освітлення автомобільних доріг категорії Б.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Ю.П. Єгоров. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра міського будівництва і архітектури, 2024.

Проводився аналітичний огляд існуючих систем детектування та комунікації. Було розроблено експериментальну установку, за допомогою якої проведено експериментальні дослідження швидкості реакції датчиків на рух у зоні контролю, в ході якої було визначено оптимальні датчики для детектування руху в зоні контролю. На основі технічного аналізу та аналізу правових норм було розроблено алгоритм визначення та контролю зони освітлення.

Ключові слова: ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ, СИСТЕМА КОМУНІКАЦІЇ, СИСТЕМА ДЕТЕКТУВАННЯ, ЗОНА ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ, МІКРОКОМП'ЮТЕР BEAGLEBONE.

ABSTRACT

Azizi Issam. Development of the concept of illumination of B-category highways .

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in the specialty 192 - Construction and civil engineering, academic supervisor Yu.P. Egorov. Engineering Educational and Scientific Institute named after U.M. Potebny ZNU, Department of Urban Construction and Architecture, 2024.

An analytical review of existing detection and communication systems was carried out. An experimental setup was developed, with the help of which

experimental studies were carried out on the speed of response of sensors to movement in the control zone, during which the optimal sensors for detecting movement in the control zone were determined. Based on technical analysis and analysis of legal norms, an algorithm for determining and controlling the lighting zone was developed.

Keywords: INTELLIGENT LIGHTING SYSTEM, COMMUNICATION SYSTEM, DETECTION SYSTEM, STREET LIGHTING ZONE, BEAGLEBONE MICROCOMPUTER.

ЗМІСТ

	Визначення, позначення, скорочення	7
	Вступ	8
Розділ 1	Концепція інтелектуальної системи освітлення	10
1.1	Порівняльний аналіз аналогів	11
1.2	Вимоги до інтелектуальної системи освітлення, що розробляється	14
1.3	Запропоноване технічне рішення	15
Розділ 2	Проектування системи детектування	17
2.1	Визначення інтенсивності дорожнього руху	17
2.1.1	Порівняльний аналіз існуючих датчиків руху	17
2.1.2	Експериментальне встановлення	19
2.1.3	Результати експериментів та аналіз	25
2.2	Визначення зміни погодних умов	28
2.3	Проектування системи комунікації	30
2.3.1	Апаратна частина системи комунікації	30
2.3.2	Дротові системи комунікації	31
2.3.3	Бездротові системи комунікації	33
2.3.4	Програмна частина системи комунікації	35
Розділ 3	Розробка алгоритму роботи інтелектуальної системи освітлення	39
3.1	Попередні дослідження інтенсивності дорожнього руху	40
3.2	Правові особливості проектування дорожніх просторів	42
3.3	Алгоритм роботи інтелектуальної системи освітлення	45
3.4	Техніко-економічне обґрунтування впровадження інтелектуальної системи освітлення у місті Запоріжжі	53
3.5	Аналіз небезпечних та шкідливих факторів та заходи щодо їх усунення	55
3.6	Екологічна безпека	61
3.7	Правові та організаційні питання забезпечення безпеки	65
	Основні висновки	68
	Список використаних джерел	70

ВИЗНАЧЕННЯ, ПОЗНАЧЕННЯ, СКОРОЧЕННЯ

У цій роботі застосовані такі скорочення:

ОУ - освітлювальна установка;

ВЗО - встановлення зовнішнього освітлення ;

СП - світловий прилад ;

ВО - вуличне освітлення

ДС - джерело світла ;

КСС – крива сили світла ;

ОП - освітлювальний прилад ;

LED - light-emittingdiod (світлодіод) ;

СУО – системи управління освітленням ;

АСО - автоматизовані системи керування освітленням ;

GPS - супутникова система навігації.

ВСТУП

Вуличне освітлення у сучасних містах охоплює як функціональну, і декоративну функції. В даний час освітлення вулиць складає 53% від зовнішнього використання освітлення в усьому світі. Крім того, ринок рішень у галузі зовнішнього освітлення продовжує зростати (сукупні щорічні темпи зростання ринку зовнішнього освітлення оцінюється у 42% у період 2012-2021 років). В умовах зростання цін на енергоносії та зростаючої екологічної свідомості, вищезазначені тенденції вимагають підвищення ефективності вуличного освітлення.

Повсюдний розвиток та впровадження в експлуатацію вбудованих систем на основі мікрокомп'ютерів дозволяє впроваджувати сучасні методи автоматизації та управління у різних технічних системах. Таке застосування знаходить себе в інтелектуальних системах висвітлення. На відміну від класичних систем освітлення інтелектуальні системи освітлення дозволяють досягти зниження споживання електроенергії за рахунок адаптивності системи за зміни зовнішніх умов: інтенсивності дорожнього руху, погодних факторів, часу доби.

Окрім зниження витрат електроенергії за рахунок високої адаптивності інтелектуальної системи освітлення, ресурсоефективність розробки може бути забезпечена за рахунок використання світлодіодного освітлення.

Важлива складова для розробки інтелектуальних систем освітлення - це баланс між енергоефективністю та безпекою для учасників дорожнього руху, оскільки освітленість дорожніх просторів впливає як на ймовірність дорожньо-транспортних пригод, так і на загальний рівень злочинності.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є проектування інтелектуальної системи освітлення та попереднє дослідження можливостей впровадження інтелектуальної системи освітлення у місті Запоріжжя.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є інтелектуальна система

освітлення.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є визначення та контролю зони освітлення для інтелектуальної системи освітлення.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань використовувалися узагальнення та аналіз теоретичних та практичних досліджень на тему роботи. Системний підхід є методологічною основою всього дослідження та використовується для вирішення більшості поставлених завдань. Аналіз та моделювання використані при виконанні розрахунків.

Наукова новизна одержаних результатів. Алгоритм визначення та контролю зони освітлення доповнить розроблені раніше алгоритми автоконфігурації вузлів та визначення сусідніх вузлів для будь-якого вузла.

Практичне значення одержаних результатів. Дані технічні рішення можна використовувати при розробці плану підвищення ефективності міської системи вуличного освітлення.

Особистий внесок дослідника. Постановки мети та завдання дослідження. Збір та аналіз даних для проведення дослідження.

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел містить 74 сторінки, 26 рисунків, 21 таблиць, 46 список використаних джерел

РОЗДІЛ 1

КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

Інтелектуальна система вуличного освітлення – це концепція ефективного розподілу електроенергії у процесі вуличного освітлення. Даний напрямок бурхливо розвивається в даний момент за рахунок орієнтованості суспільства на «зелені» технології, що підтверджується прийняттям важливих документів, що регламентують, на державному та міжнародному рівні: зокрема, можна виділити Кіотський протокол [9].

Вирізняють інтелектуальні системи освітлення двох поколінь. Перше покоління – це системи освітлення на основі світлодіодів. Заміна класичних джерел освітлення на світлодіодні джерела освітлення дозволяє значно збільшити термін експлуатації, уникнути наслідків забруднення навколишнього середовища при утилізації. Також світлодіоди дозволяють налаштувати рівень освітленості, що застосовується нині в інтелектуальних системах освітлення другого покоління, де реалізуються принципи адаптивності та ресурсефективності.

В даний час проводиться серйозна робота зі стандартизації та розвитку концепції інтелектуального вуличного освітлення. Зокрема, робота проводиться у провідних альянсах та товариствах з інтелектуальних систем освітлення, інтернету речей – IERC, StreetLight Vision, IEEE, OMG, Industrial Internet Consortium тощо.

Дослідження у рамках магістерської роботи спрямоване на розробку інтелектуальної системи висвітлення для муніципалітетів міста Запоріжжя.

Проект SmartLighting, що проводиться на базі лабораторії FILA Університету прикладних наук Анхальта, спрямований на розробку інтелектуальної системи освітлення для пішохідних просторів міста Кетена в землі Саксонія-Анхальт, Німеччинаю

1.1 Порівняльний аналіз аналогів

В даний час ринок рішень у галузі інтелектуальних систем освітлення представлений безліччю рішень. Декілька європейських міст повністю замінили міську систему освітлення на користь інтелектуальних систем освітлення. Наприклад можна навести систему освітлення Лейпцига у Німеччині, Квебеку у Канаді [10].

Для детального розгляду типових рішень були обрані 5 інтелектуальних систем освітлення від виробників: OSRAM, Amko Solara, Lux Monitor, Citenergy, Echelon (Табл. 1.1) [18].

У системах освітлення, що розглядаються, реалізовано світлодіодне освітлення. При цьому адаптивний контроль реалізований у всіх системах, окрім Citenergy. Lux Monitor та Echelon використовують бездротову передачу даних за допомогою mesh-мереж та IPv6. У разі бездротової передачі використовується стандарт 6LowPAN. В OSRAM, Amko Solara та Citenergy використовується технологія power line communication (PLC) – передача даних за допомогою лінії електропередач, яка заснована на стандарті ISO 14908.

Контроль джерелами освітлення здійснюється за допомогою Digital addressable lighting interface (DALI) - інтерфейсу, розробленого як інтерфейс між логічним і фізичним рівнями контролю світлодіодними ліхтарями. Безпосередній контроль забезпечується системою програмного управління StreetLight Vision, стандартизованим рішенням, яке може поєднувати інтелектуальні системи освітлення кількох виробників.

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз інтелектуальних систем освітлення

Характеристики	OSRAM	Amko Solara	Lux Monitor	Citenergy	Echelon
Технологія зв'язку	PLC ISO14908	PLC ISO14908	Wireless mesh IPv6 6LowPAN	PLC	Wireless mesh IPv6
IPv6	Ні	Ні	ДТак	Ні	Так
Швидкість передачі даних та пропускна здатність	5 кб/с	5 кб/с	10 кб/с	15 кб/с	<5 кб/с
Підтримка динамічного режиму роботи з датчиками руху	Так	Так	Так	Ні	Так
Підтримка динамічного режиму роботи з обліком трафіку	Так, SLV CMS	Так, SLV CMS	Так, SLV CMS	Ні	Так
Інтерфейс для джерела освітлення	1-10 В, DALI	1-10 В	1-10 В, DALI	1-10 В, DALI	1-10 В, DALI
Дані про неполадки	Так	Так	Так	Так	Так

* SLV CMS (StreetLight Vision Central Management Software) - система

програмного управління StreetLight Vision

Також у всіх системах здійснюється моніторинг на наявність неполадок, що дозволяє оперативно реагувати за наявності останніх.

Для порівняльного аналізу було обрано зарубіжні виробники, оскільки комплексні рішення у сфері інтелектуального висвітлення російського походження були знайдено під час проведення аналітичного огляду. У масштабах країни цією проблемою займалися в , але готовий продукт все ще не був представлений. Найбільш поширеними нині є окремі ліхтарі з датчиками руху, або світлодіодні системи освітлення без адаптивного управління вітчизняного виробництва. Проте, наприклад, у Києві було впроваджено системи інтелектуального освітлення Echelon.

Таким чином, згідно з аналізом розроблених інтелектуальних систем освітлення, можна виявити наступні тренди та ключові особливості розвитку таких систем:

- системи, що розробляються, використовують світлодіодне освітлення, що впливає на енергоефективність всієї системи. Нині основним інтерфейсом для драйверів управління LED є DALI;

- більшість систем адаптуються під зовнішні умови - наявність руху у зоні контролю, інтенсивність дорожнього руху, погодні умови. Забезпечується максимальна автономність систем, але при цьому виникають неполадки можуть бути оперативно відстежені та усунені;

- комунікація в інтелектуальних системах освітлення складає основі mesh-мереж або PLC. На даний момент обидві технології активно розвиваються та уніфікуються, що дозволяє використовувати їх у великих масштабах.

Відповідно до наведених трендів можливе проектування інтелектуальної системи освітлення, що відповідає сучасним вимогам та перевершує аналоги за характеристиками.

1.2 Вимоги до інтелектуальної системи освітлення, що розробляється

Проектована інтелектуальна система освітлення повинна задовольняти такі вимоги:

- Система децентралізована, тобто немає центрального контролюючого елемента.
- Система може бути легко вбудована в міську систему.
- Стан роботи системи залежить від зовнішніх факторів, таких як інтенсивність дорожнього руху та погодні умови.
- Кожен ліхтар системи працює автономно і не потребує налаштування.
- Рівень загального освітлення, що забезпечується системою, не повинен виходити за межі, передбачені вимогами безпеки.

Таким чином, інтелектуальна система освітлення повинна бути здатна визначати об'єкт руху в зоні контролю та контролювати рівень освітленості залежно від об'єкта руху та характеристик руху – швидкості та напрямки руху (рис. 1.1).

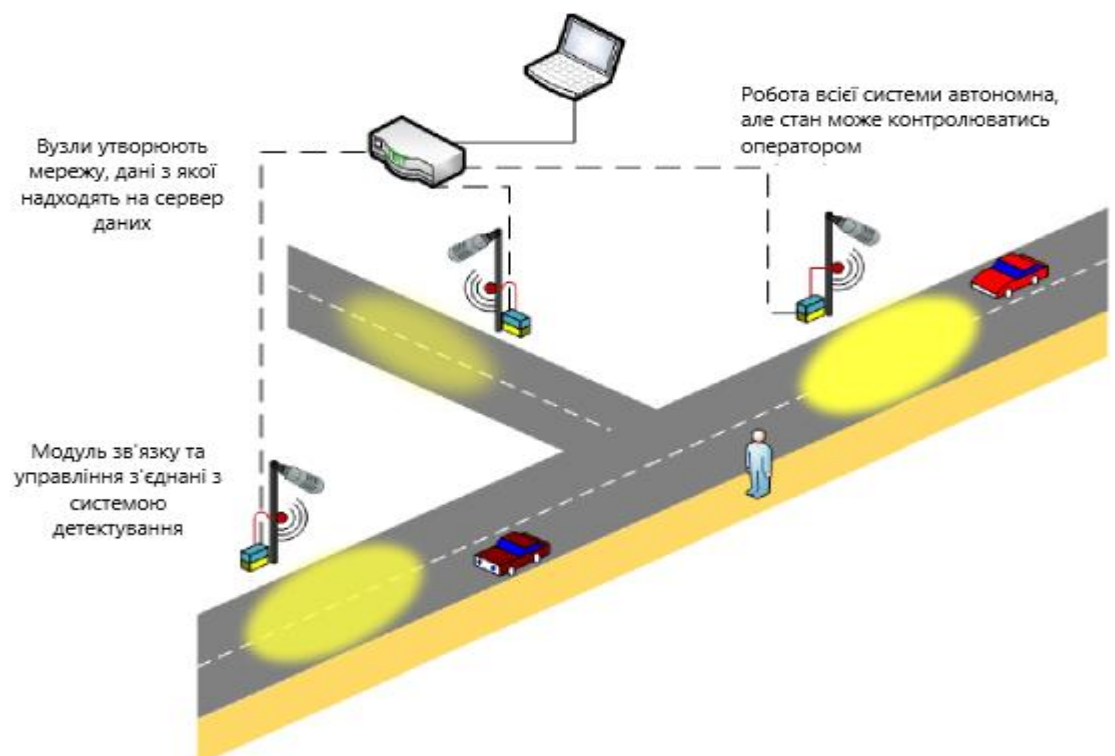


Рисунок 1.1- Реалізація концепції інтелектуальної системи освітлення

Крім того, має забезпечуватись моніторинг погодних умов та прийняття відповідних рішень системою при зміні погодних умов.

1.3 Запропоноване технічне рішення

Запропонована структура інтелектуальної системи освітлення (рис. 1.2) складається з вузлів, що поєднують мікрокомп'ютер Beaglebone або будь-який інший модуль System-on-Chip, модулі детектування та комунікації та світлодіодний ліхтар.



Рисунок 1.2 – Структурна схема інтелектуальної системи освітлення

Як центральний керуючий пристрій для вузла виступає мікрокомп'ютер. Кожній лампі відповідає система комунікації та детектування. Система комунікації служить зв'язку елементів вузла, і навіть дозволяє передавати інформацію інші вузли системи. Система детектування необхідна визначення інтенсивності дорожнього руху, створюваного автомобільними засобами і пішоходами, і навіть зміни погодних умов.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ДЕТЕКТУВАННЯ

Принцип роботи інтелектуальних систем висвітлення ґрунтується на аналізі подій, що відбуваються у зовнішньому середовищі у зв'язку з тими чи іншими факторами, та відповідному прийнятті рішень для мінімізації енерговитрат. До таких факторів належать інтенсивність дорожнього руху та погодні умови. Щоб визначити наявність таких подій необхідно створення ефективної системи детектування. Таким чином, даний розділ включає попереднє дослідження датчиків різних типів для подальшого застосування в інтелектуальній системі освітлення.

2.1 Визначення інтенсивності дорожнього руху

Аналіз дорожнього руху ґрунтується на визначенні руху транспортних засобів, пішоходів з високою точністю, після чого отримані дані про об'єкт, що рухається, або об'єкти обробляються, передаються по каналу зв'язку, визначається об'єкт руху. Залежно від об'єкта руху робляться різні сценарії дії інтелектуальної системи висвітлення.

Дані про інтенсивність дорожнього руху, які необхідні для роботи інтелектуальної системи освітлення, - це сам факт руху, що реєструється різними датчиками, що дозволяє визначити учасника руху (автомобіль або пішохід), швидкість руху учасника руху, напрямок руху. При цьому дані, що надходять із датчиків, повинні бути інтерпретовані максимально точно.

Розглянемо датчики руху, які можуть застосовуватись в інтелектуальних системах освітлення.

2.1.1 Порівняльний аналіз існуючих датчиків руху

Докладно було розглянуто методи виявлення руху, а також присутності.

Як основні за фізичним принципом дії можна виділити такі методи контролю руху:

- акустичний (ультразвуковий);
- радіохвильовий (НВЧ);
- інфрачервоний (ІЧ);
- комбінований.

Кожен з цих типів має свої переваги і недоліки. Недоліки, зокрема, пов'язані з нездатністю датчиків виявити людину за певних умов або, навпаки, їх хибними спрацьовуваннями

Використання сукупності методів контролю та принципів виявлення може значно зменшити ймовірність некоректного спрацьовування датчика. Сигнал тривоги видається лише в тому випадку, якщо одночасно або протягом невеликого інтервалу часу спрацьовують обидва детектори. Для підвищення стабільності роботи системи, використовувані принципи виявлення повинні бути такими, щоб перешкоди, що викликають помилкові спрацьовування, по-різному впливали на кожний компонент детектор. У таблиці 2.1 наведено вплив зовнішніх факторів на роботу датчиків різних типів, де «+» - висока чутливість, «-» - низька чутливість.

Таблиця 2.1 - Чутливість датчиків до факторів, що заважають

Причина некоректної роботи	Інфрачервоний	Мікрохвильовий	Ультразвуковий
Турбулентність повітря	+	-	-
Дощ	-	+	+
Зміни температури	+	-	+

Яскраве світло	+	-	-
Електромагнітні перешкоди	+	+	-
Увімкнене люмінесцентне освітлення	-	+	-
Вібрації	+	+	+
Переміщення за межами зони контролю	-	+	-
Тварини	+	+	+

З таблиці видно, що більшість змін навколишнього середовища по-різному впливають на кожен детектор і в більшості випадків не можуть призвести до одночасного спрацьовування всіх сенсорів.

Найбільшого поширення нині набула комбінація мікрохвильового активного та ІЧ-пасивного принципів виявлення. Набагато рідше використовується комбінація ультразвукового та ІЧ детекторів. Існують також окремі зразки датчиків, в яких використовуються три різні фізичні принципи виявлення, однак такі датчики рідко застосовують на практиці [23].

2.1.2 Експериментальне встановлення

Найбільш поширеними датчиками руху, що використовуються в інтелектуальних системах освітлення, є радіохвильовий, інфрачервоний, ультразвуковий та комбінований типи датчиків.

Було зібрано експериментальну установку, що включає систему детектування інтелектуальної системи освітлення (рисунок 2.1).

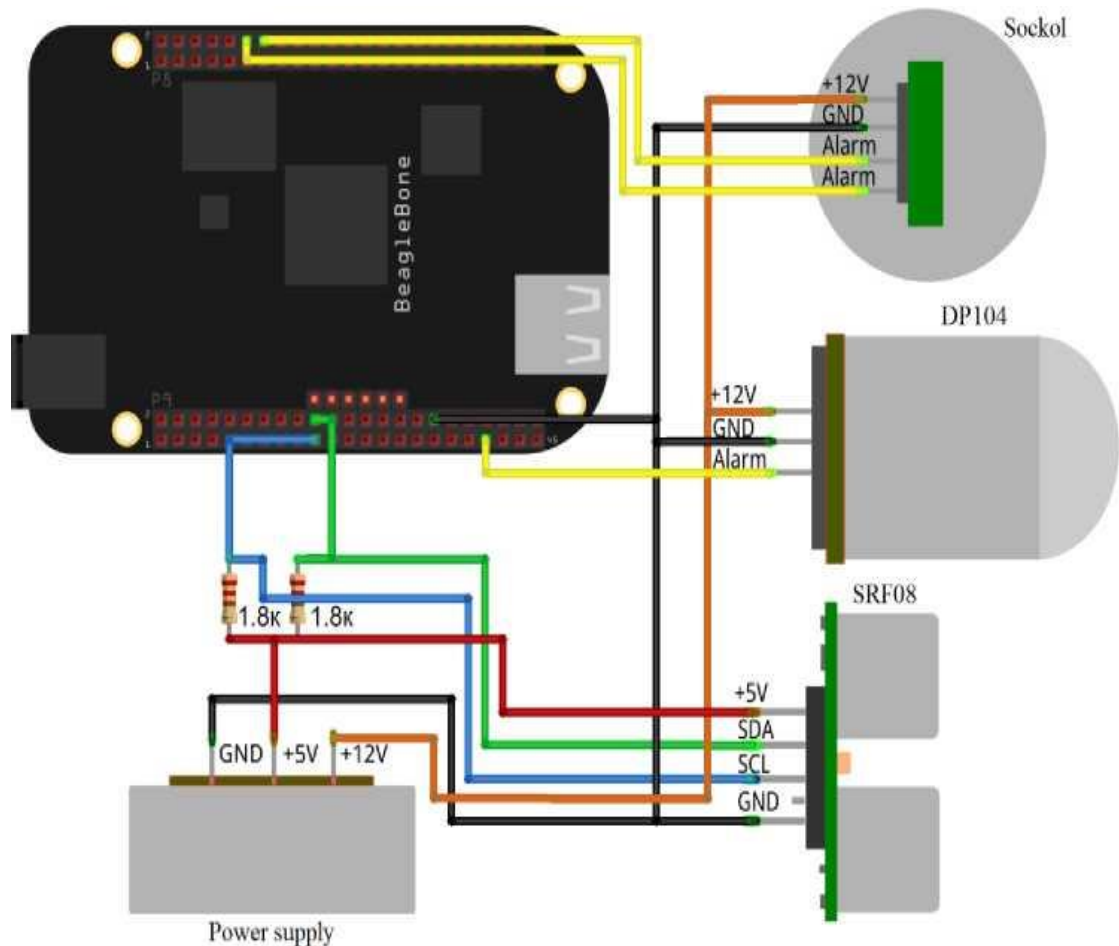


Рисунок 2.1 - Експериментальне встановлення

Основними елементами експериментальної установки є мікрокомп'ютер BeagleBone Black, інфрачервоний датчик DP104, ультразвуковий датчик SRF08, комбінований датчик Sockol-3, блок живлення з висновками 5 В, 12 В.

Мікрокомп'ютер BeagleBone Black

Мікрокомп'ютер BeagleBone Black використовується як керуючий пристрій, який виконує програму зчитування інформації з датчиків. Властивості BeagleBone Black представлені в таблиці 2.2 [24] [25].

Таблиця 2.2 - Специфікація на BeagleBone Black

Процесор	1 ГГц AM335x
Пам'ять	512 Мб DDR3
Память	On-board 2 Gb eMMC (4 Gb eMMC on the Revision C board) and micro-SD card slot
Підтримка відео	On-board HDMI
Послідовне з'єднання	TTL header present but separate cable needed
Вхідні/вихідні висновки	GPIO, аналогові висновки, 5 V, 3.3 V, 1.8 V напруга живлення, таймери, шини: I2C, UART, CAN, SPI, GPMC, MMC, LCD, McASP

Зовнішній вигляд BeagleBone Black представлений на рис. 2.2



Рисунок 2.2 - Зовнішній вигляд BeagleBone Black

Крім управління датчиками руху, в інтелектуальній системі освітлення мікрокомп'ютер підключено до блоку комунікації, який здійснює зв'язок між вузлами інтелектуальної системи освітлення.

Інфрачервоний датчик руху

Властивості інфрачервоного датчика представлені таблиці 2.3 [26].

Таблиця 2.3 - Специфікації інфрачервоного датчика

Напруга	DC 12 V
Робочий діапазон	6-10 m
Вихідна потужність	Max 100 W LED lamp
Час встановлення	5s~6min
Робочий діапазон для освітлення	2~2000lux
Матеріал	ABS
Рівень захисту IP	IP65

Зовнішній вигляд інфрачервоного датчика подано на рис. 2.3



Рисунок 2.3 - Інфрачервоний датчик

Ультразвуковий датчик SRF08

Ультразвуковий датчик SRF08 підключається до мікрокомп'ютера BeagleBone Black за допомогою послідовної шини даних I²C.

На початку роботи мікрокомп'ютер ініціалізує адресу датчика, підключеного протоколом I2C [24]. Для виконання сканування датчиком зони контролю виконується команда, яка відправляє певне значення в командний регістр SRF08. Наступним етапом є зчитування даних з регістрів датчика. Дані надходять у шістнадцятковому форматі та несуть інформацію про відстань до об'єкта в сантиметрах (рисунок 2.4).

```

      0  1  2  3  4  5  6  7
00: 0a f8 00 16 00 47 00 87
10: 01 ca 02 0a 02 4a 02 8d
20: 03 d7 04 1a 1a 1a 1a 1a
30: 1a 1a 1a 1a 1a 1a 1a 1a

```

Рисунок 2.4 - Дані про відстань до об'єкта (координати 0x02 - старший біт та 0x03 - молодший біт), $0x16_{16} = 22_{10}$ см.

Властивості ультразвукового датчика SRF08 представлені у таблиці 2.4

Таблиця 2.4 - Специфікації датчика SRF08

Напруга	5 В
Струм	15 мА, 3 мА в режимі очікування.
Частота	40 кГц
Робочий діапазон	3 см..6 м
Макс. аналог. посилив.	Зміна до 1025 за 32 кроки
Підключення	Шина I ² C

Зовнішній вигляд інфрачервоного датчика подано на рис. 2.5.



Рисунок 2.5 - Ультразвуковий датчик

Комбінований датчик Sockol-3

При появі людини в зоні виявлення спрацьовують обидва канали виявлення (у будь-якій послідовності), при цьому видається сповіщення про тривогу шляхом розмикання контактів вихідного реле [27].

Датчик здійснює постійний контроль за перешкодовою обстановкою в приміщенні, що охороняється: якщо рівень перешкод по одному з каналів перевищить допустимий, датчик автоматично змінює алгоритм виявлення. За зміненим алгоритмом виявлення датчик працює протягом 2 хв, через 2 хв датчик повертається до основного алгоритму виявлення цикл повторюється. Повідомлення про перехід на інший алгоритм відображається зеленим світловим індикатором. Якщо під час роботи датчик за алгоритмом виявлення в умовах підвищених перешкод видається повідомлення про тривогу, відразу після закінчення датчик повертається до основного алгоритму виявлення.

Властивості комбінованого датчика Sockol-3 представлені у таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Специфікація датчика Сокіл-3

Типи використовуваних датчиків	НВЧ, інфрачервоний
Напруга	10..15 В
Струм	30 мА
Робочий діапазон	5...10 м
Діапазон робочих температур	-30..+50 °С

Зовнішній вигляд комбінованого датчика подано на рис. 2.6.



Рисунок 2.6 - Комбінований датчик

2.1.3 Результати експериментів та аналіз

Основна мета проведення експериментальних досліджень датчиків руху – порівняльний аналіз існуючих датчиків, визначення найбільш оптимальних варіантів для використання в інтелектуальній системі освітлення на основі мікрокомп'ютера BeagleBone Black. Зовнішній вигляд експериментальної установки представлений малюнку 2.7.

Мовою C++ була розроблена програма, яка дозволяє отримати інформацію про спрацювання датчиків під час руху в зоні контролю датчиків.

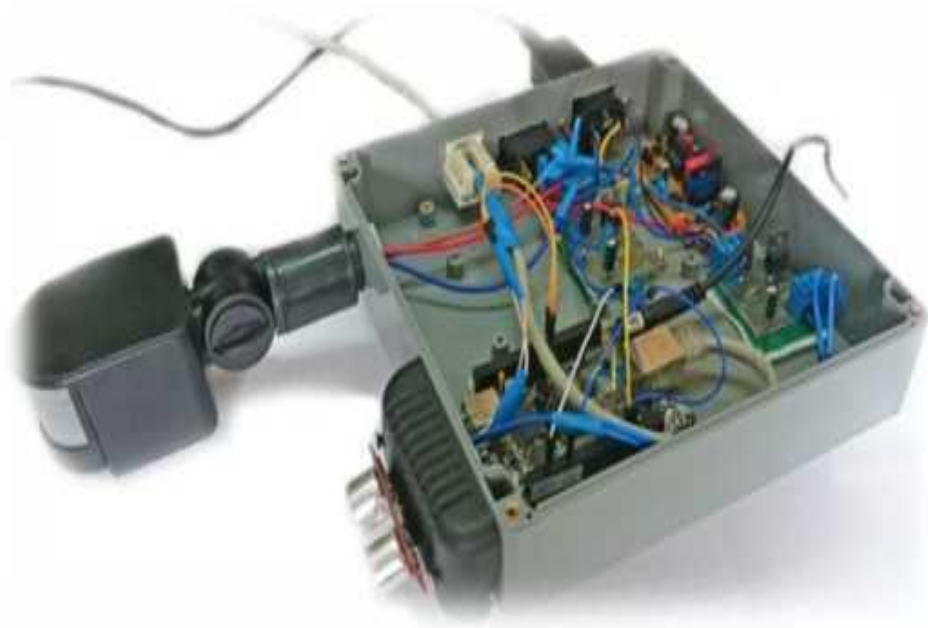


Рисунок 2.7 – Експериментальна установка для дослідження системи детектування

У ході дослідження датчиків різних типів було обрано типових представників кожної категорії. Дані датчики використовувалися в експериментальній установці. Для датчиків руху різних типів було побудовано діаграму, що показує їх зони дії, знайдені експериментальним шляхом (рис. 2.8). У зоні, яку охоплюють всі розглянуті датчики, був проведений експеримент визначення відгуку кожного датчика на руху пішохода.

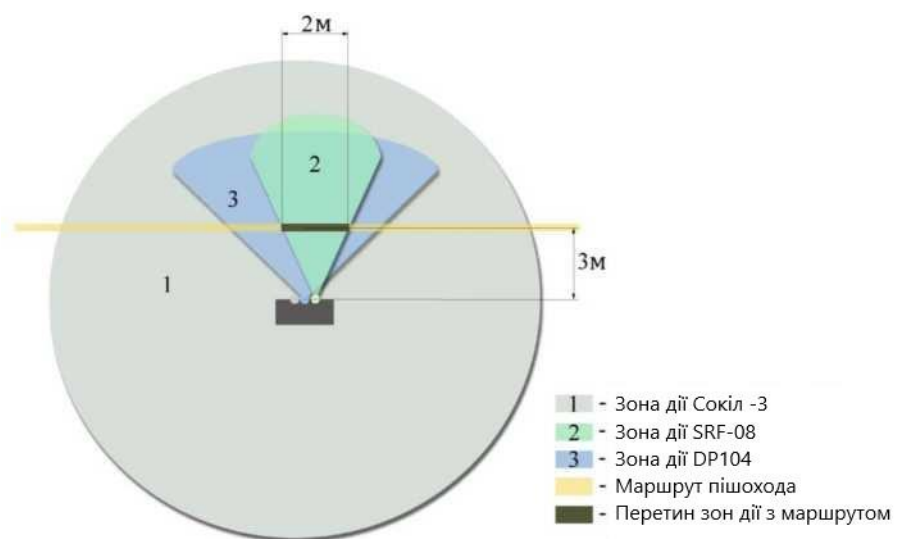


Рисунок 2.8 - Зони детектування для сенсорів та експериментальні

УМОВИ

Визначення відгуку датчиків на рух пішохода відбувалося за 3 метри від місця розташування датчиків. Результати вимірів представлені малюнку 2.9. Відстань руху пішохода в зоні перетину всіх датчиків становить 2 метри, при цьому відстань для Sockol-3 та DP104 вдвічі більша.

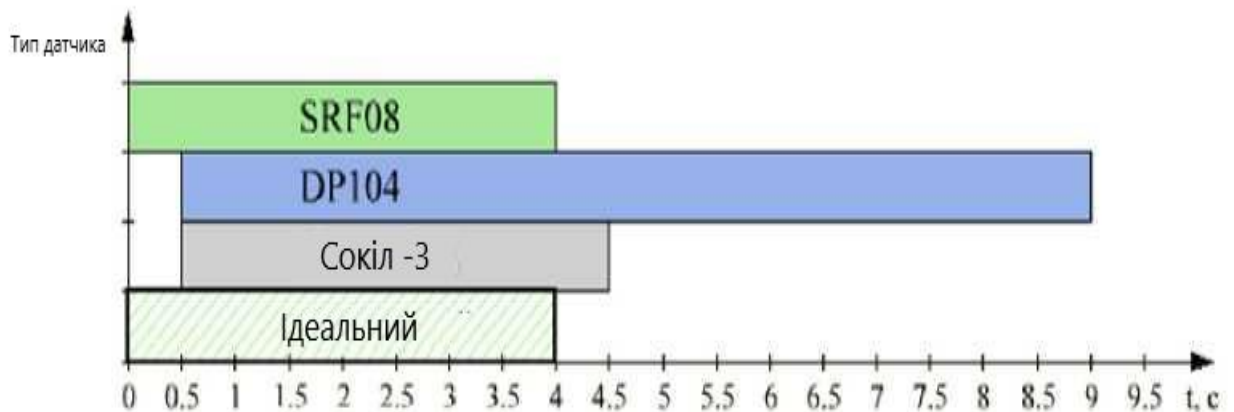


Рисунок 2.9 - Діаграма відгуків датчиків руху пішоходів

У ході вимірювань було визначено, що найшвидшим часом відгуку має ультразвуковий датчик SRF08, що становить частки секунди. Затримка під час входження пішохода до зони контролю притаманна інфрачервоному та комбінованому датчикам, що становить 0.5 с. При цьому затримка після виходу пішохода із зони контролю для DP104 становить 5 с., а Сокіл-3 - 0.5 с.

Згідно з результатами, наведеними на рисунках 10 і 11, можемо зробити висновок, що для використання в інтелектуальній системі освітлення найбільш оптимальним є комбінований датчик. При цьому використання ультразвукового датчика в таких системах навряд чи можливо через малого кута дії датчика, крім того, даний тип датчиків має високу вартість щодо інших. Також в інтелектуальній системі освітлення можливе використання інфрачервоного датчика, так як він має великий кут дії, однак, має більшу затримку за часом.

2.2 Визначення зміни погодних умов

Крім залежності від інтенсивності руху, адаптивність інтелектуальної системи освітлення полягає в адекватній реакції на зміну погодних умов. Під погодними умовами насамперед розуміється рівень природного освітлення, зумовлений світлом Сонця чи Місяця. Для цього завдання можна використовувати фоторезистор, який змінює свій опір під впливом світла.

Як експериментальну установку використовувалося схемне рішення, представлене на рис. 2.10. Ця експериментальна установка складається з мікрокомп'ютера Beaglebone Black, фоторезистора та резистора на 10 кОм. Фоторезистор і резистор утворюють дільник напруги, який використовується для того щоб перетворити змінну величину опору значення, яке можливо виміряти на аналоговому вході ВВВ, дана величина повинна бути перетворена в напругу від 0 до 1,8 В.

Фоторезистор, що використовується, має темновий опір близько 200 кОм, при яскравому світлі опір падає до 1 або 2 кОм.

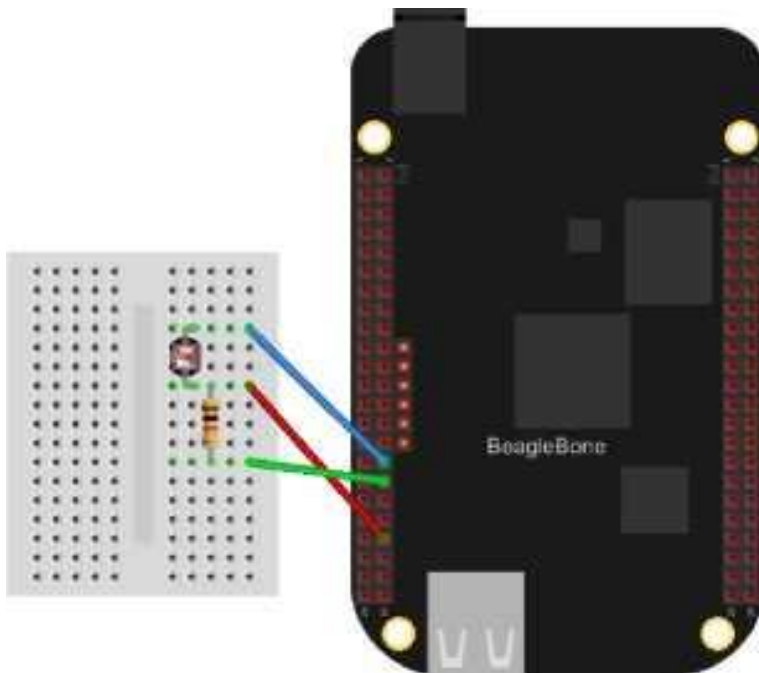


Рисунок 2.10 - Експериментальне встановлення для вимірювання освітленості
Електрична принципова схема для використовуваної експериментальної
установки представлена на рис. 2.11.

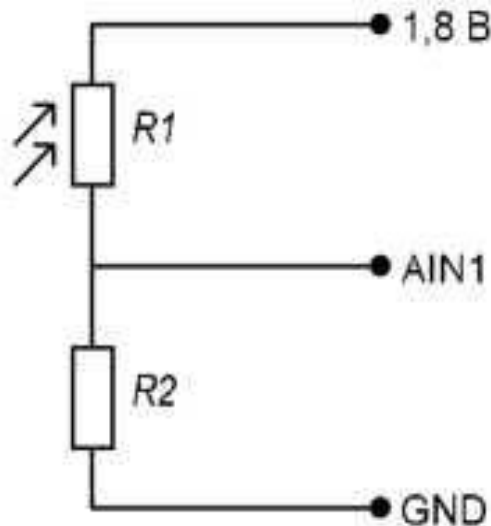


Рисунок 2.11 - Електрична принципова схема підключення
фоторезистора

Якщо фоторезистор освітлений, його опір зменшується, так що напруга буде прагнути значення 1,8 В. Навпаки, при зменшенні освітлення опір збільшується, і напруга падає до 0 В.

Далі скористаємося бібліотекою `Adafruit_BBIO.ADC` для використання висновків BBB та рахуємо значення з висновку AIN1 BBB [28]:

```
>> import Adafruit_BBIO.ADC as ADC
>> ADC.setup()
>> ADC.read("P9_40")
0.64435346654646456
>> ADC.read("P9_40")
0.59456554555552234
```

Далі можливо використовувати отримані дані для перерахунку значення освітленості відповідно до рівняння, що відповідає використаному

фоторезистори.

Дана схемне рішення може бути використане як визначення природного освітлення, так визначення стану ліхтаря - за відсутності необхідного освітлення подається сигнал про непрацездатність джерела освітлення.

Також для адекватної роботи системи при використанні НВЧ-датчиків необхідно враховувати наявність дощу та вітру, що можливо, використовуючи дані, що зчитуються з датчиків вологості та вітру. Докладне дослідження впливу додаткових факторів на інтелектуальну систему висвітлення планується надалі.

2.3 Проектування системи комунікації

Система комунікації, реалізована в інтелектуальній системі освітлення, визначає як спосіб комунікації між вузлами системи, а й ефективність всієї системи. Контроль за системою освітлення може бути як централізованим, і розподіленим. В цілому, [29] було показано, що розподілений контроль більш перспективний для використання в інтелектуальних системах висвітлення.

Розвиток розподілених систем призвело до виникнення поняття міжмашинної взаємодії (M2M), якого відносять як апаратні, і програмні компоненти.

Системи M2M мають три категорії компонентів:

- пристрої, які служать як контрольно-обчислювальні пункти і утворюють фізичний рівень мережі комунікації;
- телекомунікаційні компоненти, у тому числі шлюзи між мережею інтернету та різномірними мережами (бездротові, PLC);
- домени програм, що мають керуючу функцію [30].

2.3.1 Апаратна частина системи комунікації

За фізичним принципом комунікаційні системи можна поділити на:

- передача інформації за допомогою лінії електропередач (PLC);
- передача інформації за допомогою інформаційної шини;
- бездротове передавання інформації (RF).

Передача інформації за допомогою інформаційної шини практично не застосовується через обмеження на топологію мережі - можлива лише фізична топологія шини, а також обмеження на висновки керуючого пристрою та додаткові витрати на дроти. Отже, розглянемо найімовірніші способи передачі - бездротовий і PLC.

2.3.2 Дротові системи комунікації

Передача інформації за допомогою лінії електропередач є технологією, призначеною для передачі даних за допомогою силових ліній, що використовуються для передачі електроенергії. Для цього способу передачі не потрібно додаткових виділених ліній, оскільки передача інформації здійснюється по лінії електропередачі. Виділяють два основні типи технологій PLC: вузькосмугові (NB-PLC) та широкосмугові (BB-PLC) [31].

У широкосмуговій технології використовується смуга частот від 1,8 МГц до 86 МГц та забезпечує швидкість передачі даних у сотні Мбіт/с. Широкасмугова технологія використовується в додатках малої дальності, що визначає високу швидкість передачі даних [32].

Низькочастотні PLC-системи працюють у смузі частот нижче 500 кГц. У Європі ця смуга обмежена діапазоном частот від 3 кГц до 148,5 кГц і розділена на 4 частотні піддіапазони, що регулюється CENELEC і повністю описано в стандарті EN 50065-1 [33].

Данные поддиапазоны определяются как:

- А-діапазон: 3 кГц – 95 кГц – зарезервовані для постачальників енергії для моніторингу або керування розподільних мереж низької напруги.
- В-діапазон: 95 кГц – 125 кГц – може використовуватися споживачами

додатків без будь-якого протоколу доступу.

- С-діапазон: 125 кГц – 140 кГц – зарезервовані для домашніх мережевих систем з обов'язковим протоколом доступу CSMA/CA.

- D-діапазон: 140 кГц – 148,5 кГц – використовуються для сигналізації та систем безпеки без будь-якого протоколу доступу [34].

Основними елементами PLC-мережі є:

- PLC-контролер;
- модулі підключення;
- об'єднавча плата;
- блок живлення;
- програмне забезпечення.

Здійснення передачі полягає у застосуванні методів модуляції. Донедавна вузькосмугові системи були засновані на окремих модуляціях несучих. У такій модуляції дані були отримані шляхом зміни або модуляції параметрів несучої сигналу, наприклад: частоти модуляції (частотна маніпуляція) або фази модуляції (фазова маніпуляція) [34].

До переваг PLC можна віднести:

- можливість швидкої адаптації існуючої мережі електропередач, що знижує витрати на проектування та експлуатацію;
- інтенсивний розвиток, який надає кілька стандартів передачі.

До недоліків можна віднести:

- згасання та спотворення, спричинені електропроводкою та підключеними електроприладами.

Стосовно інтелектуальних систем освітлення, [35] було виявлено, що ртутні лампи негативно впливають на якість передачі даних в PLC-мережах. Цей суттєвий недолік можна уникнути, використовуючи світлодіодне освітлення.

Також використання мереж змінного струму додає гармонійні перешкоди в PLC-мережі та сприяє загасанню сигналу. Проводяться

дослідження, що доводять перевагу переходу із мереж живлення змінного струму на мережі з постійним струмом [36].

Труднощі, пов'язані з використанням PLC-мереж у Росії, пов'язано, мабуть, зі слабким правовим забезпеченням цієї технології стосовно міської інфраструктури.

2.3.3 Бездротові системи комунікації

Бездротові системи комунікації, що використовуються в системах управління, включають мережі GSM/GPRS, Bluetooth мережі [37], Wi-Fi [38], Zigbee [39], мережі з надширокополосною передачею даних [40].

За дальністю зв'язку можна класифікувати:

WWAN (Wireless Wide Area Network) - бездротова глобальна обчислювальна мережа, де використовуються такі технології, як UMTS, GPRS, GSM тощо.

WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) – бездротові мережі масштабу міста, такі як WiMAX-мережа, що працює на основі стандарту IEEE 802.16 зі швидкостями 1-10 Мбіт/с у зоні 4-10 км.

WLAN (Wireless Local Area Network) – бездротова локальна мережа з дальністю дії до 100 м. Wi-Fi (IEEE 802.11) – найбільш відомий набір стандартів.

WPAN (Wireless Personal Area Network) – бездротова персональна мережа, призначена для передачі даних з низькою швидкістю та частотою передачі 2.4 ГГц. Bluetooth, ZigBee – найвідоміші представники даної категорії.

- Переваги бездротової передачі даних: • усунення всіх можливих витрат, пов'язаних із фізичним зв'язком елементи системи; • можливість встановлення з'єднання для пристроїв, які використовують різні протоколи передачі даних від різних виробників; • можливість автоматично

переконфігурувати мережу під час додавання нового елемента [30].

Було проведено порівняльний аналіз бездротових та PLC-мереж (табл.2.6) .

Таблиця 2.6 - Порівняльний аналіз бездротових мереж та PLC-мереж

Бездротові мережі	Вузькосмугові PLC-мережі (3-500 кГц)
Вибірчість каналу за часом обумовлена мобільністю вузлів..	Вибірчість у часі обумовлена випадковими перемиканнями в енергосистемі.
Стохастичний характер зміни часу визначається за допомогою доплерівського спектру.	Зміна в часі, як правило, періодична з періодом, що дорівнює половині від мережі змінного струму з логнормальним селективним завмиранням за часом.
Потужність зменшується згідно $d^{-\eta/2}$, де d - відстань, η - постійна поширення.	Потужність зменшується згідно $e^{-\alpha(f)d}$ вздовж лінії електропередачі і далі згасає під час проходження через трансформатори.
Додатковий шум зазвичай є стаціонарним та Гауссовським.	Додатковий шум є не Гауссовським та імпульсним з циклічним компонентом
Середовище поширення сигналів, що динамічно змінюється.	Фіксована топологія мережі забезпечує детермінованість процесу розповсюдження сигналу
Лімітована інтерференція	Потенційна інтерференція обмежена неузгодженими користувачами через збільшення розгортання різних стандартів

Багатоканальний вхід - багатоканальний вихід (MIMO) широко використовується, наприклад, у WiMAX та LTE	MIMO порядку (# проводів - 1) можлива (як, наприклад, у стандарті G.9964 MIMO для BB-PLC)
Глобальна синхронізація через мережу скрутна	Несучий сигнал змінного струму може спростити синхронізацію

Згідно з порівняльним аналізом на даний момент найперспективнішим варіантом для використання в інтелектуальній системі освітлення є бездротові технології, такі як ZigBee та Wi-Fi, оскільки вимагають менших витрат на встановлення та експлуатацію. Можливість використання Wi-Fi мереж реалізується зараз у рамках проекту SmartLighting в Німеччині.

Але водночас, згідно з табл. 2.7 ZigBee передбачає більшу кількість вузлів комунікації та дозволяє економічно витратити електроенергію.

Таблиця 2.7- Порівняння стандартів передачі інформації

	ZigBee	Wi-Fi	Bluetooth
Стандарт IEEE	802.15.04	802.11 b/g	802.15.01
Призначення	Управління	Широкопasmугова мережа	Мобільні пристрої
Кількість пристроїв у мережі	До 65 000	32	7
Робоча зона	100 м	100 м	10 м
Час роботи батареї	100-1000 днів	1-5 днів	1-7днів

2.3.4 Програмна частина системи комунікації

Як базові механізми, що використовуються в програмній частині системи комунікації, є:

- загальна пам'ять: загальна область пам'яті встановлюється між процесами для обміну інформацією;
- механізм повідомлень: механізм повідомлень є одним із комунікаційних примітивів, які використовуються для зв'язку між процесами. Процеси взаємодіють один з одним, приймаючи та відсилаючи між собою повідомлення;
- конвеєр (pipeline communication): механізм, який виконує перенаправлення введення-виведення, тобто. те, що виводить на потік стандартного виведення попередній процес, потрапляє в потік стандартного введення наступного процесу;
- сокети: кожна сторона відкриває порт для встановлення сокет-з'єднання, через яке відбувається передача даних.

Інтелектуальна система освітлення, що розробляється, не включає центрального блоку управління. Але це твердження правильне лише щодо апаратної реалізації - немає спеціального устрою у системі, яке централізовано керує і контролює світильники. Однак, якщо розглядати логічні рівні функціональної схеми системи, такий центр існує (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Структура інтелектуальної системи освітлення

Центральний блок управління (Програм. Забезпечення)
Скрипти
Маршрутизація/Рівень комунікації
Середовище передачі/Фізичний рівень
Рівень програмного забезпечення

Центральний блок управління є елементом системи, що управляє. Він контролює інші шари, шари, як показано в таблиці 9, отримує сигнали від датчиків, встановлює зв'язок між вузлами і контролює рівень освітленості

джерела освітлення. Таким чином, центральний блок керування асоціюється з кожним вузлом інтелектуальної системи освітлення. У ході роботи відбувається комунікація між даними вузлами та реалізація відповідних сценаріїв.

При виявленні руху дані з датчика передаються на центральний блок управління, який, у свою чергу, визначає напрямок, швидкість, момент виявлення руху та географічні або логічні координати, після чого отримана інформація обробляється та видається команда джерелу освітлення. Далі центральний блок управління посилає повідомлення про виявлення руху сусіднім вузлам чи отримує від нього відповідь.

IPv6-автоконфігурація мережі та отримання інформації про комфортну зону освітлення при виявленні руху - сценарії, які запускаються за допомогою центрального блоку управління, коли вони необхідні.

Для виявлення об'єкта, що рухається, і певному напрямку руху необхідно, щоб кожен ліхтар володів координатами, на основі яких можливе присвоєння кожному ліхтарю унікального розташування. Для цієї мети в інтелектуальній системі освітлення, що розробляється, використовується спеціальна схема адресації (рис. 2.12).

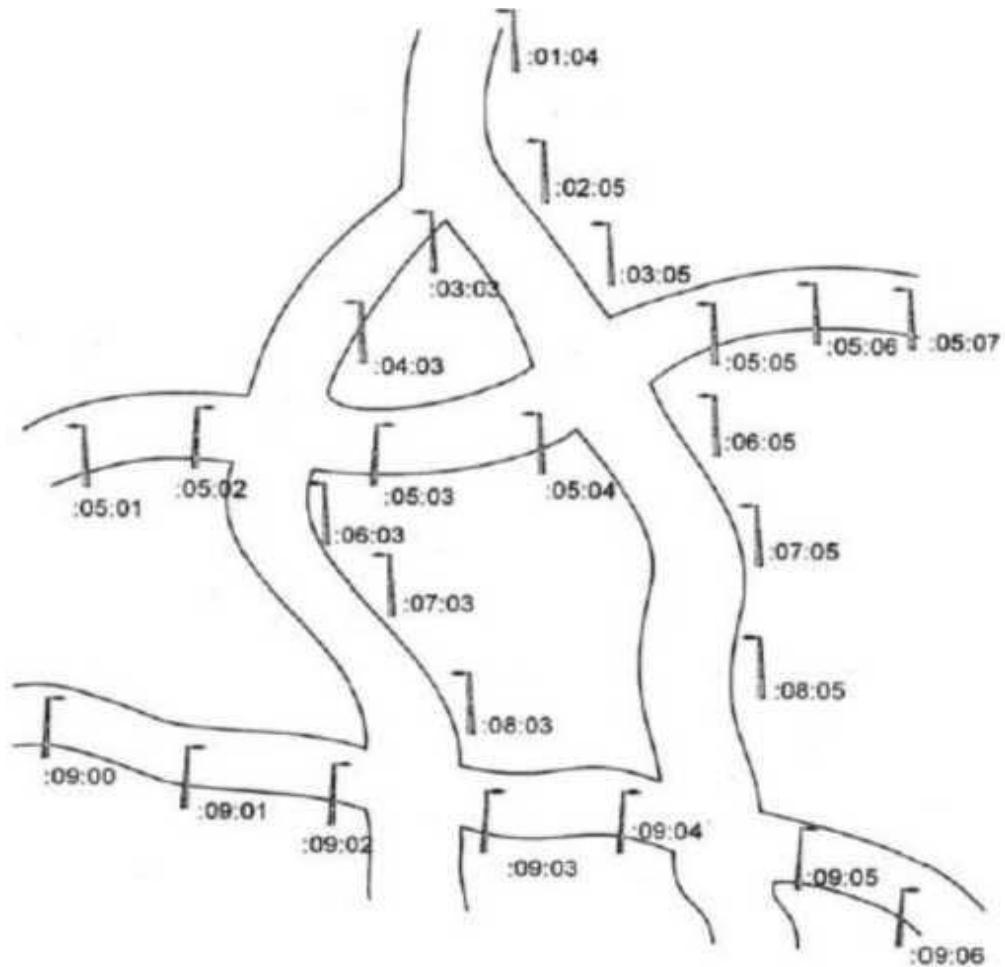


Рисунок 2.12 - Схема адресації, яка використовується в інтелектуальній системі освітлення

Таким чином, передбачається використання схеми адресації, заснованої на двовимірній структурі сітки з координатами X і Y . Ці координати кодуються в адресу мережі кожного мережного вузла. Інформація про місцезнаходження або логічний, заснований на декартовій системі координат з початком координат $(0; 0)$, або абсолютна, на основі абсолютних географічних координат, що включають довготу і широту, отримані за допомогою модуля GPS.

Автоконфігурування IPv6 реалізує кодування розташування IPv6-адрес кожного мережного вузла, і, таким чином, позиціонує кожен вузол на сітці. Ця функція є перевагою, оскільки розташування вуличного ліхтаря може бути встановлене за допомогою запиту IP-адреси відповідного вузла.

В якості другої частини автоконфігурування IPv6 відбувається

визначення сусідніх ламп для кожної лампи, таким чином будуючи мережеву топологію ламп, які потім дають можливість відповідним чином реагувати на певний напрямок руху.

Перед включенням відповідних вогнів для учасників дорожнього руху системою визначається зона освітлення лише необхідного простору. Для роботи даного алгоритму необхідні такі вхідні параметри: розташування виявленого об'єкта, напрямок руху і швидкість руху.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

Розглянувши можливі технології для реалізації інтелектуальної системи освітлення, було розроблено схему вузла інтелектуальної системи освітлення згідно з рис. 3.1.

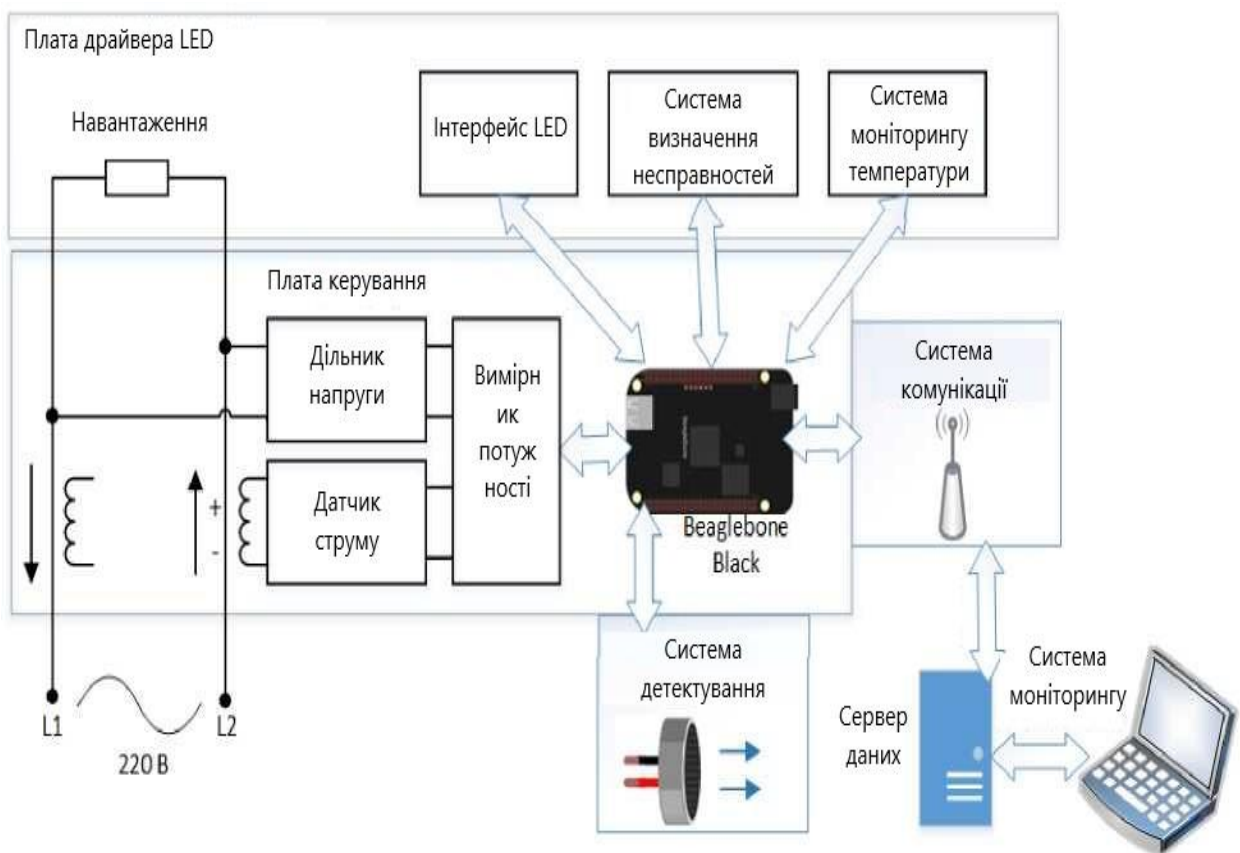


Рисунок 3.1 – Блок-схема вузла інтелектуальної системи освітлення

Як центральний керуючий пристрій обраний мікрокомп'ютер Beaglebone Black, який здійснює управління системами детектування та комунікації, живленням джерела освітлення, платою управління освітленням. Вимірник потужності дозволяє вимірювати силу струму, потужність, що використовується для подальшого керування освітленістю залежною від

поданої напруги. Система детектування визначає зміна зовнішніх умов, з урахуванням чого приймається рішення про рівень освітленості.

У плату драйвера LED включені реалізований інтерфейс, необхідний для керування ліхтарем, система визначення несправностей, яка дозволяє оперативно реагувати на несправності, система моніторингу температури, яка необхідна для запобігання перегріву плати, що може призвести до несправності.

Система комунікації включає як функції передачі між рівнозначними вузлами мережі, і функції передачі на сервер даних наступного моніторингу оператором.

Далі для створення повноцінної системи необхідна комбінація вузлів, розглянутих вище, створення програмної частини, налаштування та налагодження системи. Розгляд даних питань зачіпає визначення зміни системи, що неможливе без визначення відповідних обмежень та вимог до системи, що розглядається далі.

3.1 Попередні дослідження інтенсивності дорожнього руху

У даному розділі розглядаються результати досліджень інтенсивності дорожнього руху автомобілів, проведених у Запоріжжі та пішоходів, проведених у місті Кетені, земля Саксонія-Анхальт, Німеччина, колективом з лабораторії FILA Університету прикладних наук Анхальта.

Застосування результатів передбачається використовувати на вулицях м. Запоріжжя – Леоніда Жаботинського та Перемоги як передбачувані вулиці для тестування інтелектуальної системи освітлення. Таке припущення можливе за рахунок тотожності категорій вулиць, що враховуються в дослідженнях та передбачуваних вулиць для реалізації системи освітлення.

На рис. 3.2 представлені результати дослідження інтенсивності руху автомобілів.

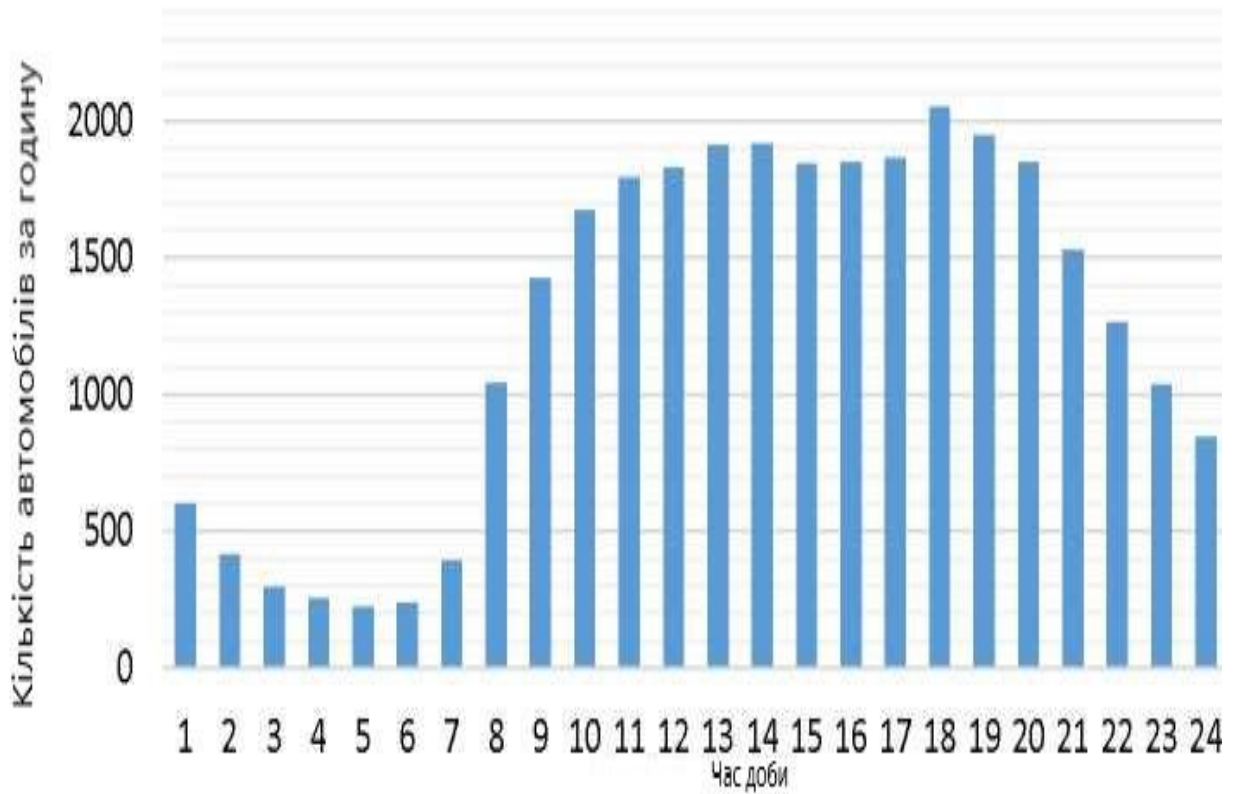


Рисунок 3.2 - Середня інтенсивність руху автомобілів у Запоріжжі в залежності від часу доби

Прийmemo, що в середньому необхідний час освітлення – від 20:00 до 5:00. Тоді за цей час інтенсивність руху - від 216 до 1521 од/ч.

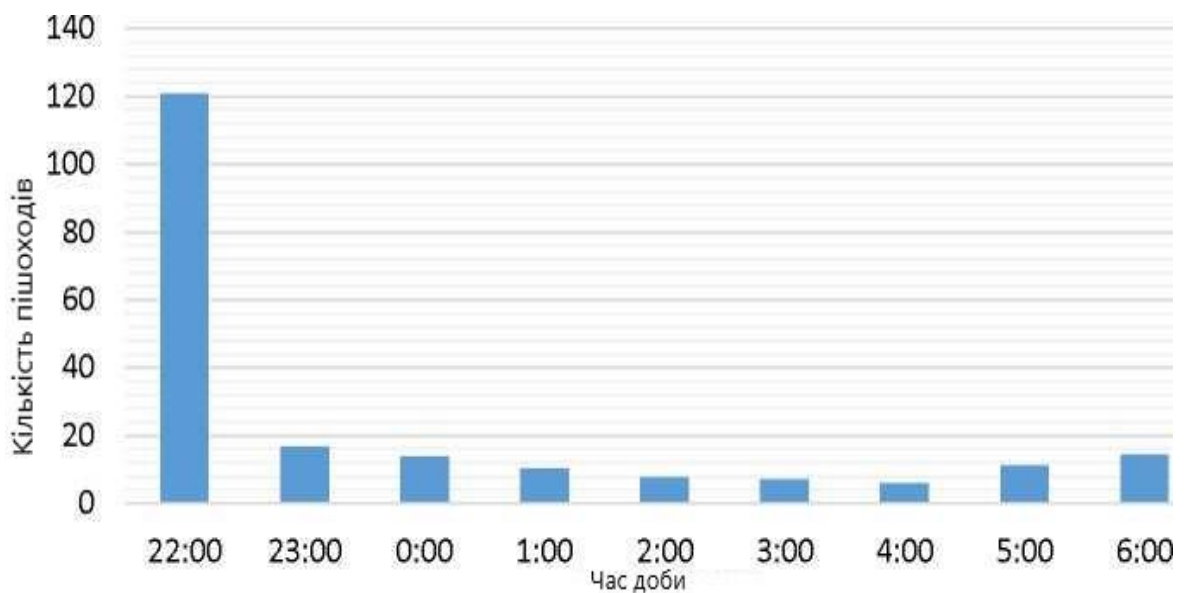


Рисунок 3.3 - Середня інтенсивність руху пішоходів у м. Кетені в

залежності від часу доби

Інтенсивність руху пішоходів у період необхідного освітлення становить від 6 до 120 од./год.

Отримані дані використовуються в наступному розділі для визначення категорії доріг для вибору оптимального рівня освітленості.

3.2 Правові особливості проектування дорожніх просторів

Цей розділ освячує правові питання проектування вуличних систем освітлення насамперед з погляду норм освітленості та конструкцій елементів освітлення для планування елементів системи освітлення з певною потужністю.

Вимоги щодо освітленості дозволяють впровадити відповідні обмеження під час імплементації алгоритму роботи інтелектуальної системи освітлення - як в апаратній частині, так і в програмній.

Аналіз документації ґрунтується на ключових документах щодо проектування вуличного освітлення міст:

- правила влаштування електроустановок;
- СНіП 3.05.06-85. Електротехнічні пристрої;
- ДСТУ-Н Б В.2.5-83:2016 Настанова з проектування засобів та обладнання зовнішнього освітлення міст, сіл та сільських населених пунктів.

Згідно з проведеним дослідженням інтенсивності дорожнього руху, можемо укласти, що категорія доріг, що розглядаються, відноситься до Б2 (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Дані визначення категорії дороги

Категорія об'єктів		Клас	Основне призначення об'єкту	Транспортна характеристика	Розрахункова швидкість, км/год	Число смуг руху в обох напрямках	Пропускна здатність, тис. од/год
Вулиці та дороги місцевого значення	Житлова забудова у центрі міста	Б2	Транспортні та пішохідні зв'язки у житлових мікрорайонах, вихід на магістралі	Легковий, спеціальний та обслуговуючий вантажний транспорт, рух регульований, перетину в одному рівні	60	2-4	1,5-3

Для знайденої категорії визначимо норми освітленості (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Показники, що нормуються, для дороги з регулярним транспортним рухом з асфальтобетонним покриттям

Категорія об'єкту	Клас об'єкту	Середня яскравість дорожнього покриття L _{ср} , кд/м ² не менше	Загальна рівномірність розподілення яскравості дорожнього покриття L _{мін} , L _{ср} , не менше	Поздовжня рівномірність розподілу яскравості дорожнього покриття L _{мін} , L _{макс} , не менше	Середня освітленість дорожнього покриття E _{ср} , лк, не менше	Рівномірність розподілу освітленості дорожнього покриття E _{со} , E _{мін} не менше
Б	Б2	0,6	0,4	0,5	10	0,25

Висвітлення проїжджої частини ділянок вулиць, доріг та площ міських поселень зі стандартною геометрією з регулярним транспортним рухом слід

проекувати виходячи з норм середньої яскравості дорожніх покриттів $L_{\text{ср}}$, сліпучої дії та загальної та поздовжньої рівномірності розподілу яскравості дорожнього покриття $L_{\text{мін}}/L_{\text{ср}}$ та $L_{\text{мін}}/L_{\text{макс}}$. При цьому середня яскравість або середня освітленість покриття проїзної частини в межах транспортного перетину в двох і більше рівнях на всіх магістралях, що перетинаються, повинна бути як на основній з них, а на з'їздах і відгалуженнях - не менше $1,2 \text{ кд/м}^2$, або 15 лк.

На вулицях, дорогах та транспортних зонах площ порогове збільшення яскравості ТІ не повинно перевищувати 15% у діапазоні $0,4-1,0 \text{ кд/м}^2$. А також на ділянках міського простору, де нормується освітленість, потрібно обмежити граничну силу світла світильників у встановленні у напрямку водіїв під кутами 80° та 90° від вертикалі відповідно до значень 30 та 10 кд на 1000 лм сумарного світлового потоку ламп у світильнику.

Інтелектуальна система освітлення дозволяє знижувати освітленість у разі зменшення інтенсивності дорожнього руху. При цьому необхідне дотримання норм безпеки для запобігання дорожньо-транспортним пригодам, а також підвищення рівня злочинності. У нічний час допускається знижувати рівень зовнішнього освітлення міських вулиць, доріг та площ при нормованій середній яскравості більше $0,8 \text{ кд/м}^2$ або середньої освітленості понад 15 лк:

- на 30 % за зменшення інтенсивності руху до $1/3$ від максимальної величини;
- на 50 % за зменшення інтенсивності руху до $1/5$ від максимальної величини.

Також у нічний час не допускається часткове відключення світильників при однорядному їх розташуванні та встановленні по одному світильнику на опорі, а також на пішохідних містках, автостоянках, пішохідних алеях та дорогах, внутрішніх, службово-господарських та пожежних проїздах, а також на вулицях та дорогах сільських поселень. Для надійної орієнтації водіїв і пішоходів світильники повинні розташовуватися таким чином, щоб лінія, що утворюється ними, ясно і однозначно вказувала на напрямок дороги.

Крім чисельного значення освітленості необхідно визначити зону освітленості, яка має бути більшою за відстань безпечного гальмування учасників дорожнього руху. У табл. 3.3 представлена залежність даної відстані швидкості руху.

Таблиця 3.3 – Відстань безпечного гальмування

Показник	Проектна швидкість руху, км/год				
	40	60	80	100	120
Відстань безпечного гальмування, м	25	55	100	155	220

При встановленні ліхтарів необхідно враховувати крок світильників - відстань між світильниками або їх комплексами в одному ряду по лінії розташування вздовж вулиці. Відношення кроку світильників до висоти їх підвісу на вулицях та дорогах усіх категорій повинно бути не більше 5:1 при односторонньому, осьовому чи прямокутному розміщенні світильників та не більше 7:1 при шаховій схемі розміщення.

Таким чином, було розглянуто ключові правові особливості проектування систем висвітлення. Ці вимоги включені до доказової бази технічного регламенту, і, відповідно, обов'язкові до виконання. Дотримання регламентуючих правил, встановлених у вивченій документації, дозволить задовольнити необхідним вимогам безпеки, що є важливою особливістю інтелектуальної системи освітлення.

3.3 Алгоритм роботи інтелектуальної системи освітлення

Крім розглянутих аспектів, що стосуються обмежень у галузі права, проєктована інтелектуальна система освітлення має наступні технічні характеристики, розглянуті раніше:

- Систем є децентралізованою;

- мережевий протокол, що використовується в системі - IPv6;
- кожен вузол самоналаштовується відповідно до зовнішніх умов;
- Система дозволяє використовувати як PLC, і Wi-Fi, ZigBee.

З урахуванням розглянутих обмежень збудуємо функціональну схему для інтелектуальної системи освітлення (рис. 3.4).

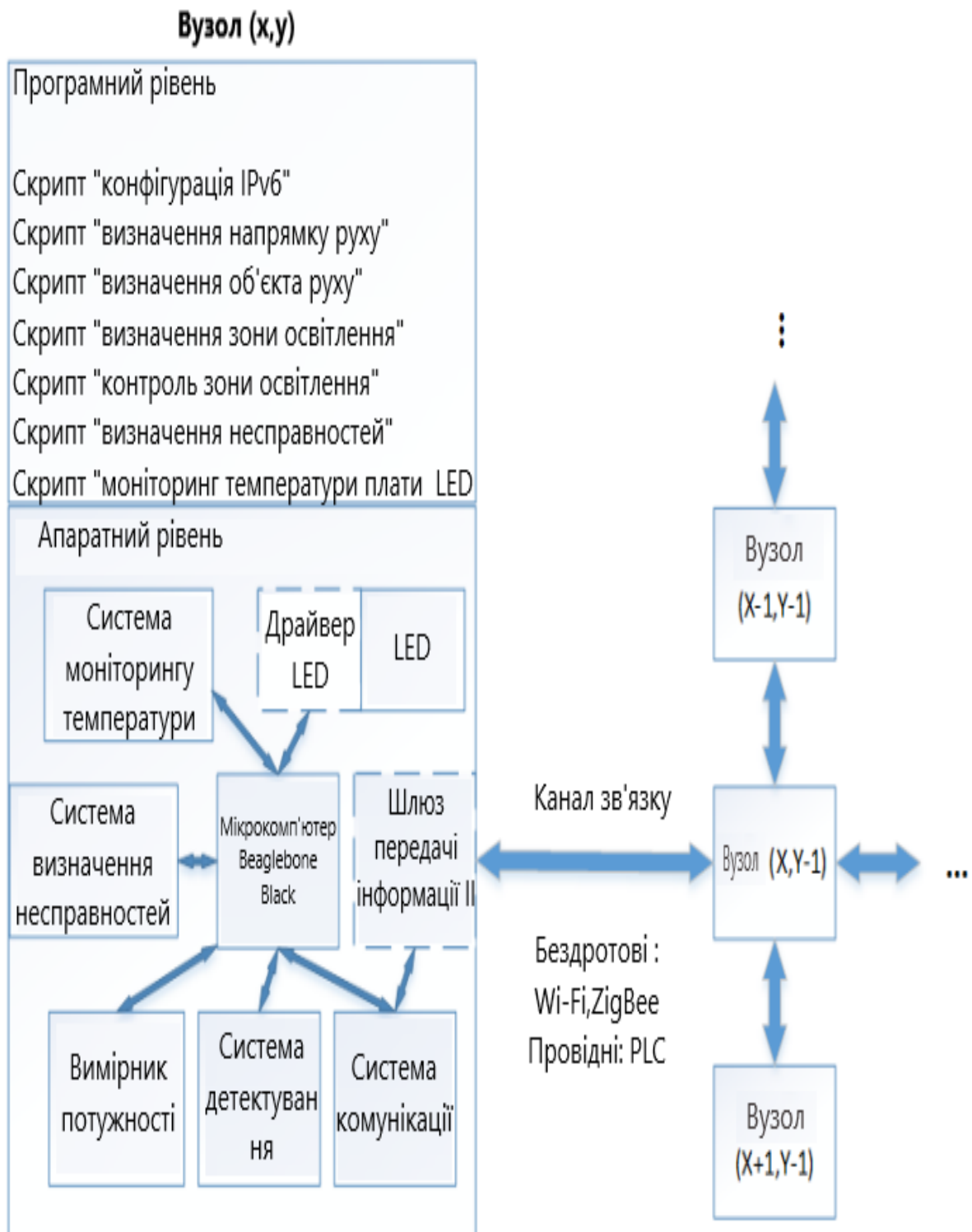


Рисунок 3.4 – Функціональна схема інтелектуальної системи освітлення

Розглянемо алгоритм роботи для інтелектуальної системи висвітлення (рис. 3.5).

Канал связи

Беспроводные:
Wi-Fi, ZigBee
Проводные: PLC

Рисунок 18 - Функціональна схема інтелектуальної системи

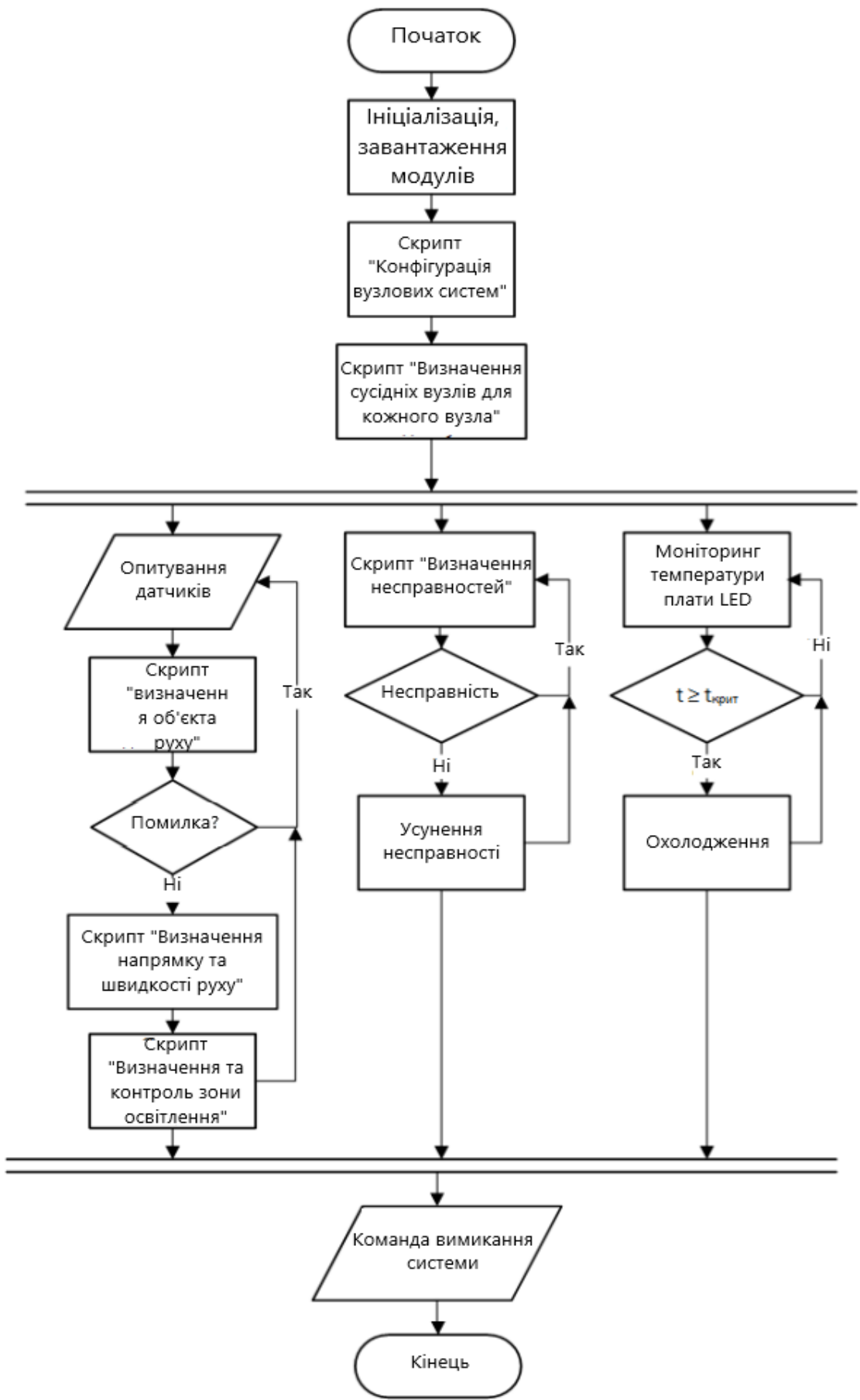


Рисунок 3.5 – Загальний алгоритм роботи інтелектуальної системи освітлення

Алгоритм роботи інтелектуальної системи освітлення згідно з рис. 19 наступний:

1. Відбувається ініціалізація системи, запуск скриптів початкового налаштування системи.

2. Виконується скрипт автоконфігурації вузлів системи для призначення адрес кожному вузлу системи, створюється список сусідніх вузлів для кожного вузла. 3. Далі в процесі роботи системи одночасно виконуються скрипти керування освітленням, визначення несправностей у системі та моніторингу температури плати LED.

3.1. Відбувається постійне опитування стану датчиків.

3.1.1. На підставі даних із датчиків виконується визначення об'єкт руху - рух автомобіля, мотоцикла і велосипеда, що належать до категорії транспортних засобів (С), або пішохода (Р), для яких потім виконуються наступні команди. В іншому випадку можливе помилкове спрацювання датчиків через перешкоди - тоді система ігнорує таку подію. За допомогою датчиків визначаються напрямок (за допомогою кута (α)) щодо координат розміщення датчика) та швидкість руху (v).

Можливі події (Е) щодо об'єкта руху:

- присутність людей та/або транспортних засобів, що й було виявлено;
- присутність людей та/або транспортних засобів, що не було виявлено;
- відсутність людей та/або транспортних засобів, що й було виявлено;
- відсутність людей та/або транспортних засобів, що не було виявлено.

Другий і четвертий сценарії мають бути ідентифіковані системою як помилку і повинні тягнути у себе неадекватних дій із боку системи, тобто. має відбуватися обробка помилок.

3.1.2. Виконується скрипт з визначення зони освітленості на на підставі отриманих даних і виконується контроль рівня освітлення. При видаленні об'єкта із зони освітленості відбувається зниження рівня освітленості до того, що було у стані спокою.

3.2. Виконується скрипт визначення несправностей. Це питання докладно було розглянуто у розділі 2.2 цієї дисертації.

3.3. Здійснюється моніторинг температури плати LED для запобігання перегріву, що може призвести до несправності ліхтаря та його плати.

4. У разі команди вимкнення системи відбувається безпечне вимкнення інтелектуальної системи освітлення.

Далі було детальніше розглянуто алгоритми роботи для скрипту "Визначення та контроль зони освітлення". Визначення зони освітленості має відбуватися відповідно до вимог безпеки, які, у свою чергу, залежать від зони видимості, необхідної при русі з відповідною швидкістю, що описується поліноміальною залежністю другого порядку (рис. 3.6) :

$$s \geq 10,5v^2 - 23,8 + 107,14.$$

При цьому зона освітлення попереду повинна дорівнювати або більше зони видимості.

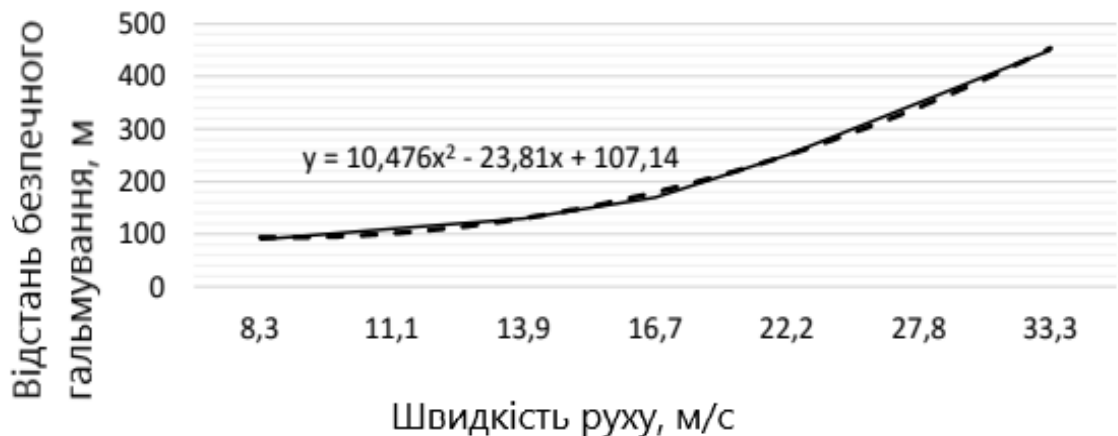


Рисунок 3.6 – Залежність відстані безпечного гальмування від швидкості руху

Можливо знизити рівні освітленості на 30% та 50% при зменшенні інтенсивності руху до 1/3 та до 1/5 від максимальної величини, відповідно.

Інтенсивність у разі переважно падає до 1/5 від максимальної величини, отже, застосуємо в алгоритмі зниження на 50 % освітленості.

Було визначено усереднену залежність світлового потоку від напруги та потужності, що виробляється на лампі (табл. 3.4). Розгляд значень світлового потоку доречно, оскільки зв'язок між освітленістю та світловим потоком прямо пропорційно.

Таблиця 3.4 - Зв'язок значень світлового потоку та напруги ліхтарів

	1/5	2/5	3/5	4/5	Макс. Рівень
Напруга, В	140	160	180	200	220
Потужність, Вт	199	244	293	345	400
Світловий потік, лм	4774	7498	11165	15941	22000

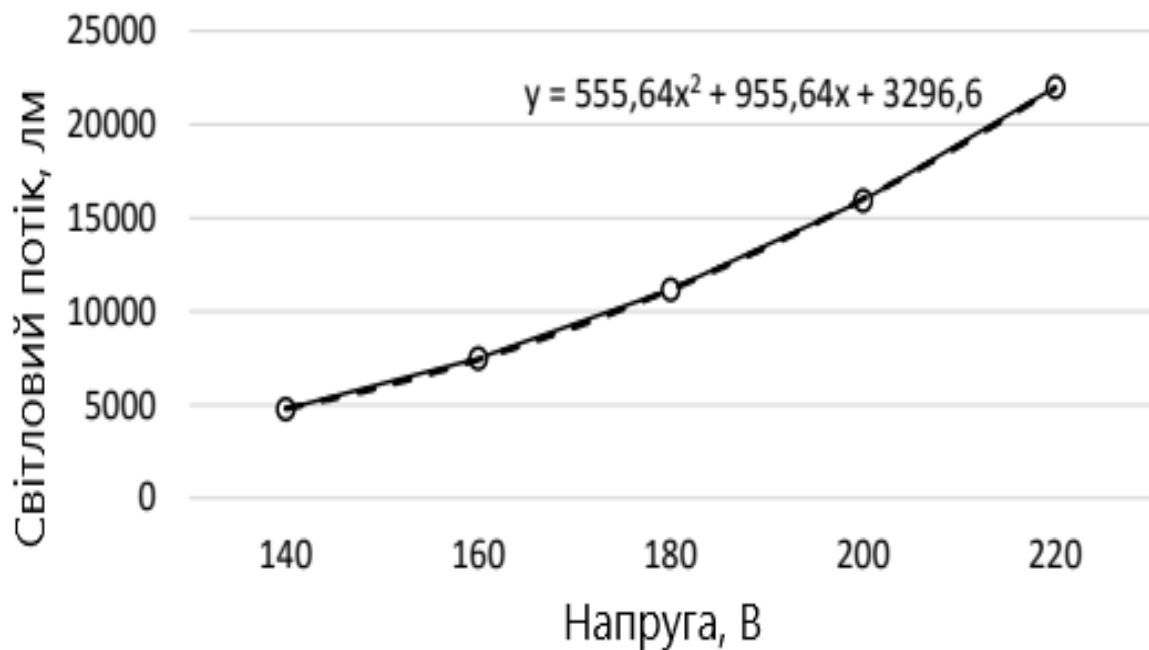


Рисунок 3.7 - Залежність світлового потоку від напруги світлодіодного ліхтаря

Залежність світлового потоку від напруги відповідно до рівняння лінії тренда (рис. 3.7) може бути представлена як:

$$\Phi = 555,64V^2 + 955,64V + 3296,6$$

При проходженні людини визначимо значення освітленості як 40% максимального значення. Освітленість у темний час доби та у стані спокою падає до 10 % від максимального значення. Включення інтелектуальної системи освітлення є доцільним при зниженні природного освітлення до 20 лк, а відключення - при його підвищенні до 10 лк.

Таким чином, визначимо сценарії, що визначають різний рівень освітленості (табл. 3.5)

Таблиця 3.5 – Сценарії різних рівнів освітленості

Сценарій №	Подія: С* або Р**	Інтенсивність (I)	Природна освітленість, лк	Освітленість (E)
1	С	<1/5	<20	0,5-Е
2	С	1/5<I<1/3	<20	0,7-Е
3	С	1/3<	<20	Е
4	Р	-	<20	0,4-Е
5	-	-	<20	0,1-Е
6	С або Р	Будь-яка, але на перехресті	<20	Е
7***	С та Р при перетині зон освітленості	Будь-яка	<20	Е або 0,7-Е або 0,5Е

* Транспортний засіб

** Пішохід

*** Якщо відбувається рух пішохода в зоні освітлення, визначеного для

транспортного засобу, виконується сценарій для транспортного засобу

На основі розглянутих вхідних даних та сценаріїв побудуємо алгоритм для скрипту «Визначення та контроль зони освітлення» (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Алгоритм роботи скрипту

Даний алгоритм виконується одного вузла, у якому виконується ідентифікація об'єкта руху, відбувається визначення зони освітлення і

здійснюється контроль рівня освітлення. Потім повідомлення з інформацією про необхідний рівень освітлення передається на всі вузли в зоні освітлення, яка визначається цілим числом від віддаленої відстані зони освітленості на щільність розміщення вузлів плюс один вузол. На сусідніх вузлах у разі отримання повідомлення автоматично запускається необхідний сценарій. При цьому важливим є виконання одного сценарію для дотримання однорідності освітлення у всій зоні. У разі зміни курсу руху, швидкості або напрямку об'єкта інформація зчитується на інших вузлах і відправляється на вузли знову, внаслідок чого відбувається оновлення сценарію.

Визначення зони освітлення залежить як від параметрів, що зчитуються датчиками, так і структури системи освітлення, розташування ліхтарів на дорожньому просторі: одностороннє, дворядне в шаховому порядку, дворядне прямокутне, осьове, дворядне прямокутне по осях руху, дворядне прямокутне по осі вулиці. Дослідження впливу кожної архітектури працювати інтелектуальної системи висвітлення планується надалі.

3.4 Техніко-економічне обґрунтування впровадження інтелектуальної системи освітлення у місті Запоріжжі

Вибрана конфігурація інтелектуальної системи освітлення є найбільш оптимальною відповідно до попередніх досліджень, проведених у проекті SmartLighting. Так, якщо порівнювати обрану інтелектуальну систему освітлення з типовою системою освітлення на основі газорозрядних ламп, економія може становити до 77,93 %. Розглянемо найбільш оптимальне устаткування цієї конфігурації.

Розрахунок системи проводиться з урахуванням переобладнання існуючих ліхтарних стовпів, таким чином їх кількість залишається такою самою і становить 46 одиниць.

Як датчики, що застосовуються в системі, були обрані комбінований

датчик руху Сокіл-3, датчик освітленості PDV-P8001. В якості системи комунікації пропонується використовувати модулі XBee ZigBee RF, що працюють на основі стандарту WiMAX. Керуючий модуль вибирається з альтернатив згідно з табл. 3.6.

Таблиця 3.6 Альтернативи вибору керуючого модуля

	RaspBerry Pi	Arduino	Beaglebone
Ціна,\$	25	35	50
Опер. система	Linux	Производителя	Linux
Підходить для	Проектів з ухилом у програмну область	Проектів з ухилом у апаратну область	Проектів з ухилом у програмну область
Кількість виходів	8 цифрових	14 цифрових, 6 аналогових	65 цифрових

Оптимальним рішенням щодо співвідношення ціни та необхідного функціоналу є використання Raspberry Pi.

Як джерело освітлення були обрані світлодіодні світильники вуличного освітлення SLED-Street-7-40-III1-5 та відповідні драйвери 104V300MA.

Більше того, необхідні витрати на встановлення та обслуговування, які становлять 1237 грн. за ліхтарний стовп. Таким чином, необхідне обладнання для реалізації інтелектуальної системи освітлення може бути подане у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 - Кошторис витрат на встановлення

Найменування	Кількість	Ціна	Сума грн.
Комбінований датчик руху Сокіл-3	46	1505 грн.	69 230
Датчик освітленості PDV-P8001	10	63 руб.	630
Модуль XBee ZigBee RF	46	1909 грн.	87 814
RaspBerry Pi	46	1651 грн.	75 946
Світлодіодний світильник SLED-Street-7-40-III-5	46	6000 грн.	276 000
Драйвер для світильника 104V300MA	46	635 грн.	29 210
Встановлення та обслуговування	46	1237 грн.	56 902
			595 732

3.5 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів та заходи щодо їх усунення

Недостатня освітленість робочої зони.

Приводить до перенапруження органів зору, у результаті знижується гострота зору, і людина швидко втомлюється. Причиною поганого освітлення в цеху є зниження рівня природного освітлення у зв'язку із забрудненням застелених поверхонь світлових прорізів, стін та стель. Штучне освітлення повинно забезпечувати в майстерні освітленість, що дозволяє виконувати

операції та налагодження обладнання без виробничих дефектів та травматизму, що виникають через недостатнє освітлення.

Крім того, освітленість на кожній ділянці цеху має бути такою, при якій виключається можливість надмірної втоми, що працює в результаті зорової напруги.

Майстерові дуже важливо зберігати зір, щоб продовжити собі термін служби, тому дуже важливо мати відмінне освітлення та бажано природне, оскільки подібне освітлення не спотворює кольори і дозволяє отримувати якісніші вироби.

Норми освітленості робочих поверхонь у виробничих приміщеннях встановлюють залежно від характеристики зорової роботи.

Майстерню можна віднести до VI класу візуальної роботи, оскільки робота пов'язана деталями більше 5 мм. Засіб колективного та індивідуального захисту - встановлення джерел освітлення за ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Норми освітленості для високої точності обробки вказані у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Норми освітлення.

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єктів та розрізнення,	Розряд зорової роботи	Підряд зорової роботи	Контраст об'єкту з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення					Природне освітлення		Поєднане освітлення	
						Освітленість, лк		Поєднання нормованих величин показника осліпленості	КПО. ей. %					
						при системі комбінованого освітлення	при системі загального освітлення		при верхньому освітленні	при бічному освітленні	при верхньому освітленні	при бічному освітленні		
													всього	у тому числі від загаль
7	8	9	10	11	12	13	14	15						
Груба (дуже малої точності)	Більше 5	VI		Незалежно від характеристик фону та контрасту	—	—	200	40	20	3	1	1.8	0,6	

Підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

При тривалому постійному впливі електромагнітного поля (ЕМП) радіочастотного діапазону при роботі за ПЕОМ на організм людини

спостерігаються порушення серцево-судинної, дихальної та нервової систем, характерні головний біль, стомлюваність, погіршення самопочуття, гіпотонія, зміна провідності серцевого м'яза. ЕМП впливає на організм теплом. Перехід ЕМП в теплу енергію викликає підвищення температури тіла, локальне вибіркоче нагрівання тканин, органів і клітин.

Крім того, тимчасові допустимі рівні електромагнітних полів, створюваних ПЕОМ, не повинні перевищувати значення, зазначені в таблиці 3.9.

Для дисплеїв на ЕПТ частота оновлення зображення повинна бути не менше 75 Гц при всіх режимах роздільної здатності екрану, що гарантуються нормативною документацією на конкретний тип дисплея, і не менше 60 Гц для дисплеїв на плоских дискретних екранах (рідкокристалічних, плазмових і т.п.).

Таблиця 3.9 - Тимчасові допустимі рівні ЕМП, створюваних ПЕОМ

Найменування параметрів		ВДУ ЕМП
Напруженість електричного поля	в діапазоні частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в діапазоні частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Щільність магнітного потоку	в діапазоні частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в діапазоні частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Електростатичний потенціал екрану відеомонітора		500 В

Відповідно до ДСН 239-96 «Державні санітарні норми та правила

захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» виділяють такі засоби захисту від ЕМП:

1) Організаційні заходи. Раціональне використання обладнання, що унеможливорює перебування персоналу в зоні дії ЕМП під час, не передбачене для роботи за ПЕОМ;

2) Інженерно-технічні заходи. Правильне розміщення обладнання, що передбачає наявність коштів, що обмежують поширення ЕМП на робочі місця працівників;

3) Лікувально-профілактичні заходи. Періодичні медичні огляди, для попередження, ранньої діагностики та усунення захворювань персоналу;

4) Кошти індивідуального захисту. Окуляри для роботи за комп'ютером.

Підвищена або знижена температура повітря робочого середовища

Мікроклімат виробничих приміщень - це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, який визначається поєднанням температури, вологості і швидкості руху повітря, що діє на організм, а також температури навколишніх поверхонь. Норми оптимальних та допустимих метеорологічних умов встановлені системою стандартів безпеки праці та зазначені в таблиці 6. При врахуванні інтенсивності праці всі види робіт, виходячи із загальних енерговитрат організму, поділяються на три категорії. Дані роботи можна віднести до робіт середньої тяжкості з витратою енергії 175...232 Вт (категорія Па), пов'язаних з постійною ходьбою, що їх стоячи або сидячи, але не потребують переміщення тяжкості.

Мікроклімат приміщення безпосередньо впливає на працездатність та здоров'я людини, при підвищеній вологості та зниженій температурі швидше проходять різні процеси щодо руйнування та запалення суглобів; при підвищеній температурі проявляється рясне потовиділення, що може призводити до зневоднення організму.

Таблиця 3.10 - Допустимі та оптимальні норми мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с			
		Оптимальна	Допустима					Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних та непостійних	Оптимальна, не більше	Допустима на робочих місцях постійних та непостійних
			Верхня межа		Нижня границя						
			На робочих місцях								
Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних						
Холодний	Па	18-20	23	24	17	15	40-60	75	0,2	Не більше 0,2	
Теплий	Па	21-23	27	29	18	17	40-60	65 (при 26°С)	0,3	0,2-0,4	

Підвищений рівень шуму на робочому місці.

Нормованими параметрами шуму служать рівні в децибелах (дБ) середньоквадратичних звукових тисків, що вимірюються на лінійній характеристиці шумоміра (або шкалі С) в октавних смугах частот із середньгеометричними частотами 63, 125, 500, 1000, 000, 2000. Для орієнтовної оцінки шуму слід вимірювати його загальний рівень за шкалою Ашумомер в дБА. Допустимі норми шуму у виробничих приміщеннях не більше 80 дБА. Перебіг функціональних змін може мати різні стадії. Короткочасне зниження гостроти слуху під впливом шуму з швидким відновленням функції після припинення впливу чинника сприймається як прояв адаптаційної захисно-приспосувальної реакції слухового органа. Адаптацією до шуму прийнято вважати тимчасове зниження слуху лише на 10-15 дБ із відновленням його протягом 3 хв після припинення дії шуму. Тривалий вплив інтенсивного шуму може призводити до подразнення клітин звукового аналізатора та його втоми, а потім до стійкого зниження гостроти

слуху.

Таблиця 3.11 - Гранично допустимі рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях для трудової діяльності різних категорій тяжкості та напруженості

Категорія напруженості трудового процесу	Категорія тяжкості трудового процесу				
	Легке фізичне навантаження	Середнє фізичне навантаження	Тяжка праця 1 ступеня	Тяжка праця 2 ступеня	Тяжка праця 3 ступеня
Легкого ступеня	80	80	75	75	75

Підвищений рівень вібрації.

На виробництві джерелом вібрації є щекова дробарка.

Вібрації, впливаючи на організм людини, можуть спричинити функціональні розлади нервової та серцево-судинної системи, а також опорно-рухового апарату. Систематична дія загальних вібрацій у резонансній або наколорезонансній зоні може бути причиною вібраційної хвороби, порушень фізіологічних функцій організму, обумовлених переважно впливом вібрацій на центральну нервову систему. Ці порушення проявляються у вигляді головного болю, запаморочення, поганого сну, зниженої працездатності, поганого самопочуття, порушень серцевої діяльності.

Нормування вібрацій проводиться залежно від категорії робочого місця, оцінка майстерні проводиться за 3 а категорії відповідно до ДБН В.1.2-10:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму та вібрації».

Категорія 3 - технологічна вібрація, що впливає на людину на робочих місцях стаціонарних машин або що передається на робочі місця, що не мають джерел вібрації.

Встановлено також гранично допустимі величини параметрів вібрації на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях залежно від середньгеометричних та граничних частот октавних смуг та амплітуди (пікового значення) переміщень при гармонійних коливаннях.

Гранично допустимі середньоквадратичні значення коливальної швидкості лежать в інтервалі 92дБ.

Таблиця 3.12 Гранично допустимі значення вібрації робочих місць категорії 3 – технологічного типу «а»

Середньгеометричні частоти смуг, Гц	Предельно допустимые значения по осям X_0, Y_0, Z_0							
	віброприскорення				віброшвидкості			
	м/с ²		дБ		м/с • 10 ⁻²		дБ	
	1/3 ОКТ	1/1 ОКТ	1/3 ОКТ	1/1 ОКТ	1/3 ОКТ	1/1 ОКТ	1/3 ОКТ	1/1 ОКТ
Кориговані та еквівалентні кориговані значення та їх рівні		0,10		100		0,20		92

Велике значення має рівень шуму та вібрації на робочому місці: важливо знизити рівень шуму та вібрації, якщо це можливо і якщо ні, то забезпечити захист – віброзахисне взуття, рукавички. І шум ізоляційні навушники проти шуму.

3.6 Екологічна безпека

Джерела небезпек, що діють на людину та природу, можуть бути: природні, техногенні та антропогенні. Природні джерела небезпек впливають як на довкілля, і на людини, але не можуть бути змінені за

бажанням людини. Аналізуючи взаємодію людини та техносфери, можна виділити, що на людину негативно діє зміна клімату, міське середовище, виділені відходи. На природу впливають відходи всіх цих середовищ і антропогенного втручання людини.

Основним завданням є скорочення смертності населення, зменшення негативного впливу шкідливих факторів на довкілля.

Щоб забезпечити захист, необхідно дотримуватись норм допустимих викидів шкідливих речовин в атмосферу та гідросферу ДСТУ 4462.3.01:2006

Для забезпечення безпеки підприємства, робітників та навколишнього природного середовища від антропогенних небезпек необхідно забезпечити на підприємстві пожежну безпеку за ДБН В.1.2-7:2021 «Пожежна безпека».

Екологічна задача виробництва полягає в раціональному використанні сировини та електроенергії, надійному зберіганні різних хімікатів, заміні шкідливих для довкілля технологічних процесів на більш екологічні.

Забруднень повітряного басейну, гідросфери та літосфери під час роботи безпосередньо за комп'ютером не виявлено.

Матеріал, що використовується при виготовленні виробів це кераміка - матеріал, що підлягає згодом вторинній переробці; Кераміка може використовуватися як матеріал-основа у виробничому процесі, або може використовуватися як цінна сировина в інших галузях.

Переробка глини та іншої керамічної сировини, особливо сухої, неминуче веде до появи пилу. Сушка (включаючи розпилювальну), подрібнення (подрібнення, помел), розсівання, змішування та транспортування сумішей призводять до утворення особливо тонкого пилу. Деяка кількість пилу виділяється при декоруванні та випалюванні виробів, а також при післявипалювальній обробці. Викиди пилу можуть бути пов'язані не тільки із сировинними матеріалами, а й зі згорянням палива.

Прийоми та заходи щодо запобігання неорганізованим та організованим викидам пилу:

- проведення технологічних операцій, що супроводжуються утворенням

пилу, у замкнутому обсязі;

- оснащення змішувачів захисними кожухами та витяжними установками;
- фільтрація повітря, що витісняється під час завантаження дозувального або змішувального обладнання;
- переміщення пилу за допомогою закритих конвеєрів;
- циркуляція повітря;
- зниження витоків повітря та усунення їх джерел, герметизація установок.

Газоподібні сполуки в основному виділяються із сировинних матеріалів при сушінні та випаленні.

Для запобігання викидам газоподібних забруднюючих речовин запропоновано першочергові та додаткові заходи та прийоми, які можуть бути впроваджені як окремо, так і спільно, та включають:

- зниження подачі джерела забруднюючих речовин
- введення багатих на кальцій добавок
- оптимізацію процесу
- ділянку сорбції (адсорбери, абсорбери)
- допалювання газів, що відходять.

Вода витрачається в основному при розпуску глинистих матеріалів у процесі виробництва або при промиванні обладнання, скидання у воду також мають місце при роботі скрубєрів мокрого очищення газів. Вода, що додається безпосередньо в сировинну суміш, випаровується при сушінні та випаленні.

Мінімізація водоспоживання - одна з основних заходів захисту навколишнього середовища, і для її реалізації можуть бути запропоновані наступні способи оптимізації технологічного процесу:

- модифікація водяного контуру, встановлення автоматичних клапанів для запобігання витоку води, коли немає необхідності в її подачі;
- встановлення на підприємстві системи промивки, що працює під

високим тиском;

- роздільне збирання стічних вод з різних стадій технологічного процесу;
- повторне використання стічних вод на тій же стадії процесу, зокрема багаторазове застосування промивної води після відповідного очищення;

При виробництві кераміки енергія в першу чергу витрачається на випал, у багатьох випадках сушіння напівфабрикатів або відформованих заготовок також виявляється дуже енергоємним.

Нижче наведено основні методи зниження енергоспоживання, які можна застосовувати як разом, так і окремо:

- модернізація печей та сушарок
- використання залишкового тепла печі
- спільне виробництво/когенерація тепла та енергії
- оптимізація форми заготовок.

Відходи виробництва відповідно до вимог виробничого процесу або специфікації готової продукції можуть бути використані повторно. Ті матеріали, які завод не в змозі переробити самостійно, передають до інших галузей або відправляють на сторонні підприємства з переробки відходів або на полігони.

Безпека у НС.

Захист від надзвичайних ситуацій є основним завданням у забезпеченні безпеки населення та навколишнього середовища. До природних та найбільш небезпечних НС належать: землетруси, природні пожежі, повені, сильні дощі, селі та ін. Техногенні НС призводять до великих жертв та втрат.

Джерелом НС техногенного походження є аварії на промислових об'єктах. До небезпечних відносяться об'єкти, на яких здійснюється використання токсичних речовин, вибухових та горючих речовин, що утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші, обладнання, що працює при великих тисках та температурі. Імовірність виникнення НС на небезпечних виробничих об'єктах необхідно враховувати як при проектуванні, так і на всіх

стадіях експлуатації.

Ліквідація НС здійснюється силами та коштами підприємств, установ та організацій, на території яких склалася НС, при проведенні аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

З можливих надзвичайних ситуацій техногенного характеру може бути виділено загоряння в цеху/виробничій ділянці при недотриманні вказаних норм пожежної безпеки або внаслідок короткого замикання або проблем із струмопровідним обладнанням.

Тому слід:

- 1) Проводити профілактичні заходи, інструктажі робітників.
- 2) У кожному цеху мають бути передбачені заходи евакуації, наприклад, запасні виходи, пожежні проходи.
- 3) Повинні бути засоби пожежогасіння (як первинних засобів пожежогасіння пінні вогнегасники ОХВП-10, вуглекислотні вогнегасники ОУ-2, ОУ-5, і ОУ-8 1 штуку на 700 м² площі, ящики з піском 1 на 500 м² площі).
- 4) У доступному місці повинні висіти інструкції щодо дій під час пожежі із зазначенням послідовності дій, а також планів евакуації з телефонами спецслужб, куди варто повідомити про виникнення надзвичайної ситуації.
- 5) Обов'язковою є наявність звукової пожежної сигналізації.
- 6) Система пожежної сигналізації включається до загальнозаводську/загальноцехову систему пожежних сповіщувачів кільцевого типу. Оповіщення робітників відбувається через місцевий зв'язок (радіозв'язок).

3.7 Правові та організаційні питання забезпечення безпеки

Для кожної галузі встановлено свої вимоги щодо організації робочих місць з урахуванням специфіки трудової функції, яку виконують працівники.

Вимоги встановлені до приміщень, де знаходяться робочі місця, до вентиляції та опалення таких приміщень. Певним вимогам має відповідати освітленість робочих місць, і навіть їх оснащеність обладнанням та інструментом.

- Так, для робочих місць, обладнаних персональними електроннообчислювальними машинами (ПЕОМ) вимоги до освітлення на робочих місцях встановлено:

- Робоче місце повинне розташовуватися так, щоб природне світло падало збоку, переважно ліворуч

- Штучне освітлення у приміщеннях для роботи ПК має забезпечуватись загальною рівномірною системою освітлення

- Як джерела штучного освітлення слід використовувати люмінесцентні лампи типу ЛБ та компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ).

При влаштуванні відбитого освітлення у виробничих та адміністративних громадських приміщеннях можна використовувати металогалогенні лампи. У світильниках місцевого освітлення повинні використовуватися лампи розжарювання, у тому числі галогенні.

Для того, щоб забезпечити нормовані значення освітленості в приміщенні з ПЕОМ повинні проводитися прибирання з чищенням скляних вікон і світильників не менше двох разів на рік. Вікна в кімнатах, в яких працюють з комп'ютерами, мають бути переважно орієнтовані на північ і північний схід.

Монітор, корпус комп'ютера та клавіатура повинні знаходитися прямо перед оператором; висота робочого стола з клавіатурою повинна бути в межах від 680 до 800 мм над рівнем підлоги, а висота нижньої межі екрана від 900 до 1280 мм;

Монітор слід розташувати на відстані 60-70 см на 20 градусів нижче за рівень очей оператора;

Простір для ніг повинен відповідати наступним вимогам: висота – не менше 600 мм, ширина – не менше 500 мм, глибина – не менше 450 мм. Слід також передбачити підставку для ніг працюючого завширшки не менше 300

мм з можливістю регулювання кута нахилу. Під час роботи ноги мають бути зігнуті під прямим кутом.

Так як виробництво керамічних виробів передбачає можливу наявність загроз життя (таких як робота в запиленому приміщенні, робота з рухомими частинами механізмів), слід забезпечити працівника всіма необхідними заходами захисту - окулярами, для виключення потрапляння сторонніх тіл в очі та область очей; спец. одягом, як мірою індивідуального захисту працівника, а також іншими засобами захисту залежно від роботи, яку виконує співробітник.

Кожному працівникові має бути надано робоче місце з урахуванням специфіки роботи, рівень світла також повинен бути достатнім для роботи, щоб співробітнику не доводилося підключати інші джерела світла, перед верстатом має бути рівна та зручна поверхня.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. У ході виконання випускної кваліфікаційної роботи було проведено аналітичний огляд технічних рішень у галузі інтелектуальних систем висвітлення, концепції розумного міста. Розглянуто можливі альтернативи для структурних частин інтелектуальної системи освітлення, обрано конфігурацію, що відповідає максимальній ресурсоефективності при створенні та експлуатації системи.

2. Проведено порівняльний аналіз можливих елементів системи детектування, що використовується в інтелектуальній системі освітлення для отримання необхідної адаптивності системи в залежності від зовнішніх умов, що змінюються, - наявності дорожнього руху і природного освітлення.

3. Використовуючи типові датчики руху та присутності різних типів, було розроблено експериментальну установку, за допомогою якої проведено експериментальні дослідження швидкості реакції датчиків на рух у зоні контролю, у ході якої було визначено оптимальні датчики для детектування руху в зоні контролю.

4. На основі аналітичного огляду можливих технологій комунікації було обрано оптимальні варіанти для використання в проектованій системі освітлення, а також розглянуто варіанти їх суміщення з розробленими рішеннями щодо автоконфігурування та визначення сусідніх вузлів у рамках проекту SmartLighting.

5. Було проведено огляд правової інформації щодо проектування та розробки систем вуличного освітлення в Україні, та, використовуючи результати досліджень щодо інтенсивності дорожнього руху, було розроблено алгоритм визначення та контролю зони освітлення.

Таким чином, отримані результати доповнюють розроблені елементи інтелектуальної системи висвітлення науковим колективом на лабораторії FILA Університету прикладних наук Анхальта в рамках проекту SmartLighting та дозволяють використовувати їх при впровадженні системи у будь-якому

місті.

Варто зазначити, що отримані результати використовуються в умовах правової невизначеності, тому що в офіційних державних документах на даний момент не є терміном «інтелектуальна система висвітлення».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бікеєв Д. О., Копчиков О. М. Підвищення надійності електропостачання систем освітлення з використанням смарт технологій в парковій зоні та зон відпочинку на прикладі дендропарку. IV науково-технічна конференція магістрантів НН ІЕЕ. 2021. С. 19–28.
2. ДБН Б.2.2-5:2011 БЛАГОУСТРІЙ ТЕРИТОРІЙ – Чинний від 01.09.2012 - Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – 61 с. – (Офіційне)
3. ДБН В.2.5-28-2006 ПРИРОДНЕ І ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ – Чинний від 15.05.2006 - Київ: Мінбуд України, 2006. – 79 с. – (Офіційне).
4. Червінський Л.С. . Сторожук Л.О. Електричне освітлення та опромінення Київ. 2011.- 226 с.
5. ДСТУ ГОСТ 15597–2008. Світильники для виробничих приміщень. Загальні технічні умови.
6. Кошик О. І. Енергозберігаючі технології у установках вуличного освітлення / О.І. Кошик // Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій - Тернопіль 25-26 листопада 2020.: Зб. тез доп. Т. 2. - Тернопіль, 2020. - С. 112.
7. Гужов, С. Мережі вуличного освітлення з напівпровідниковими керуючими пристроями і джерелами світла: управління і розрахунок режимів [Текст] / С. Гужов, А. Поліщук, А. Туркін // Напівпровідникова світлотехніка. - 2009. - №1. - С. 42-46.
8. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України (П-Г.1-218-113:2009) // Київ 2009 – 232 сторінок.
9. Дороги і мости. Випуск 1. Збірник наукових статей. / Служба автомобільних доріг України, Державний Дорожній Науково-Дослідний-Інститут імені М. П. Шульгіна // Київ 2003 – 218 сторінок

10. Транскордонне співробітництво в євроінтеграційній стратегії України / І. В. Артёмов // Ужгород 2009 – 257 сторінок.
11. Стайворода В. П. Ввідні та кільцеві автомагістралі / В. П. Стайворода // – К.: Будівельник
12. ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво. Заміна № 1. / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України // Київ 2018 – 11 сторінок.
13. Пректування вулично-дорожньої мережі міст. Практикум для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної програми «Автомобільні дороги і аеродроми» / О. В. Степанчук, С. Ю. Тімкіна, А. В. Вишнеvsька // НАУ 2020 – 36 сторінок.
14. ДСТУ 4100-2002 Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування / ДЕРЖСТАНДАРТ України // Київ 2002 – 66 сторінок.
15. ДСТУ 2587:2010 Безпека дорожнього руху. Дорожня розмітка. Загальні технічні вимоги. Методика контролювання. Правила застосування / ДЕРЖСТАНДАРТ України // Київ 2011 – 60 сторінок.
16. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України // Київ 2018 – 61 сторінка.
17. ДСТУ Б В.2.7-126:2011 Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови / Мінрегіонбуд України // Київ 2011 – 63 сторінок.
18. ДСТУ 8752:2017 Безпека дорожнього руху. Проект організації дорожнього руху. Правила розроблення, побудови, оформлення. Вимоги до змісту / ДП «УкрНДНЦ» // Київ 2017 – 45 сторінок.
19. Старовойда В.П. Визначення зони розташування обхідних доріг / В.П.Старовойда // Київ 2009.
20. Основи експлуатації автомобільних доріг і аеродромів / В. С. Степура, А. О. Белятинський, Н. В. Кужель // Київ 2013 – 204 сторінок.
21. S.A. Klein. Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces

// Solar Energy. 1977. V. 19. P. 325-329.

22. S.A. Klein, W.A. Beckman. Review of Solar Radiation Utilizability // Journal of Solar Energy Engineering. 1984. V. 106. P. 1-10.

23. R.K. Aggarwal. Estimation of Total Solar Radiation on Tilted Surface // Journal of Environmental Engineering and Technology. 2013. V. 2. P. 4-6.

24. Ahmed Said Al Busaidi, Hussein A Kazem, Abdullah H Al-Badi, Mohammad Farooq Khan. A review of optimum sizing of hybrid PV-Wind renewable energy systems in Oman // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. V. 53. P. 185-193.

25. Arnau Gonzales, Jordi-Roger Riba, Antony Rius, Rita Puig. Optimal sizing of a hybrid grid-connected photovoltaic and wind power system // Applied Energy. 2015. V. 154. P. 752-762.

26. Abdolvahhad Fetanat, Ehsan Khorasaninejad. Size optimization for hybrid photovoltaic-wind energy system using ant colony optimization for continuous domains based integer programming // Applied Soft Computing. 2015. V. 31. P. 196-209.

27. Amit Kumar Yadav, S.S. Chandel. Solar energy potential assessment of western Himalayan Indian state of Himachal Pradesh using J48 algorithm of WEKA in ANN based prediction model // Applied Soft Computing. 2015. V. 75. P. 675-693.

28. Guiseppe Marco Tina, Salvina Gagliano. Probabilistic modelling of hybrid solar/wind power system with solar tracking system // Renewable Energy. 2011. V. 36. P. 1719-1727.

29. Ahmad Murtaza Ershad, Robert J. Brecha, Kevin Haliman. Analysis of solar photovoltaic and wind power potential in Afghanistan // Renewable Energy. 2016. V. 85. P. 445-453.

30. Manuel Castaneda, Antonio Cano, Francisco Jurado, Higinio Sanchez, Luis M. Fernandez. Sizing optimization, dynamic modeling and energy management strategies of a stand-alone PV/hydrogen/battery-based hybrid system // International Journal of Hydrogen Energy. 2013. V. 38. P. 38303845.

31. A. Kaabeche, M. Belhamel, R. Ibtouen. Sizing optimization of grid-independent hybrid photovoltaic/wind power generation system // *Energy*. 2011. V. 36. P. 1214-1222.
32. Wei Zhou, Chengzhi Lou, Zhongshi Li, Lin Lu, Hongxing Yang. Current status of research on optimum sizing of stand-alone hybrid solar-wind power generation systems // *Applied Energy* 2010. V. 87. P. 380-389.
33. Getachew Bekele, Gelma Boneya. Design of a Photovoltaic-Wind Hybrid Power Generation System for Ethiopian Remote Area // *Energy Procedia*. 2012. V. 14. P. 1760- 1765.
34. Gilles Notton, Said Diaf, Ludmil Stoyanov. Hybrid Photovoltaic/Wind Energy Systems for Remote Locations // *Energy Procedia*. 2011. V. 6. P. 666677.
35. Jasmina Radosavljevic, Amelija. Dordevic. Defining of the intensity of solar radiation on horizontal and oblique surfaces Earth // *Facta Universitatis*. 2001. V. 2. P. 77-86.
36. Cooper P.I. The absorption of radiation in solar stills // *Solar Energy*. 1969. V. 12. P. 333-346.
37. F. Kasten, Young, A. T., Revised optical air mass tables and approximation formula // *Applied Optics*. 1989. V. 28. P. 4735-4738.
38. Meinel A.B., Meinel M.P. *Applied solar energy* // Addison Wesley Publishing Co. 1976.
39. Jonas Allegrini, Kristina Orehounig, Georgios Mavromatidis, Florian Ruesch, Viktor Dorer, Ralph Evins. A review of modelling approaches and tools for the simulation of district-scale energy systems // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. V. 52. P. 1391-1404.
40. Fang-Fang Li, Jun Qiu. Multi-objective optimization for integrated hydro- photovoltaic power system // *Applied Energy*. 2015.
41. Morteza Zare Oskouei, Ahmad Sadeghi Yazdankhad. Scenario-based stochastic optimal operation of wind, photovoltaic, pump-storage hybrid system in frequency- based pricing // *Energy Conversion and Management*. 2015. V. 105. P.

1105-1114.

42. M.K. Deshmukh, S.S. Deshmukh. Modeling of hybrid renewable energy systems // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2008. V. 12. P. 235249.

43. Sajjad Haider Shami, Jameel Ahmad, Raheel Zafar, Muhammad Haris, Sajid Bashir. Evaluating wind energy potential in Pakistan's three provinces, with proposal for integration into national power grid // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. V. 53. P. 408-421.

44. Carlos Eduardo Camargo Nogueira, Magno Luiz Vidotto, Rosana Krauss Niedzialkoski, Samuel Nelson Melegari de Souza, Luiz Inacio Chaves, Thiago Edwiges, Darlisson Bentes dos Santos, Ivan Werncke. Sizing and simulation of a photovoltaic-wind energy system using batteries, applied for a small rural property located in the south of Brazil // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. V. 29. P. 151-157.

45. Esmail M.A. Mokheimer, Ahmed Z. Sahin, Abdullah Al-Sharafi, Ahmad I. Ali. Modeling and optimization of hybrid wind-solar-powered reverse osmosis water desalination system in Saudi Arabia // *Energy Conversion and Management*. 2013. V. 75. P. 86-97.

46. Aeidapu Mahesh, Kanwarjit Singh Sandhu. Hybrid wind/photovoltaic energy system developments: Critical review and findings // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. V. 52. P. 1135-1147.