

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення "Електрифікація та інформаційні системи"

Кафедра “Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка”

До захисту допущено
завідувач кафедру
Інна НЕЗДВЕЦЬКА
_____ “___” _____ 2024 року

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр

спеціальність: 141 “ Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка ”

на тему: “ Проект системи адаптивного освітлення квартирної приміщення
на базі сучасних LED-технологій ”

Виконав: студент IV курсу, групи Е-42
спеціальності

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

_____ Тимур ПОЛЯКОВ

Керівник проекту _____ Богдан АНТИПЧУК

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Житомир – 2024 року

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення "Електрифікація та інформаційні системи"
Кафедра "Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка"
галузь знань 14 "Електрична інженерія"
спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"
освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри
Інна НЕЗДВЕЦЬКА

“___” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Полякову Тимурі Миколайовичу

1. Тема дипломного проекту “Проект системи адаптивного освітлення квартирної приміщення на базі сучасних LED-технологій” та керівник дипломного проекту Антипчук Богдан Олександрович, затверджені наказом навчального закладу від 25 жовтня 2023 року, №434у.
2. Строк подання студентом проекту “___” червня 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи: план квартирної приміщення.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - Вступ;
 - Аналіз систем адаптивного освітлення;
 - Основні типи джерел освітлення;
 - Система адаптивного освітлення квартирної приміщення;
 - Економічна частина;
 - Охорона праці;
 - Висновки.
5. Перелік візуального та графічного матеріалу:
 - Схема електрична структурна. Система адаптивного освітлення квартирної приміщення на базі LED-технологій;
 - Схема електрична принципова. Підключення датчика освітленості LM393 до контролера Arduino Nano;
 - Схема електрична принципова. Підключення датчика руху HC SR501 до контролера Arduino Nano;

- Схема електрична принципова. Підключення радіо модуля nRF24L01 до контролера Arduino Nano.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
Розділ 1	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
Розділ 2	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
Розділ 3	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р..	
Розділ 4	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
Розділ 5	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р..	
Висновки	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
ГЧ та технічна документація.	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	

7. Дата видачі завдання “25” жовтня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ.	9.11.2023р.	
2.	Розділ 1	30.11.2023р.	
3.	Розділ 2	20.12.2023р.	
4.	Розділ 3	29.01.2024р.	
5.	Розділ 4	29.02.2024р.	
6.	Розділ 5	27.03.2024р.	
7.	Висновки	10.04.2024р.	
8.	Графічна частина та технічна документація	29.05.2024р.	

Студент: _____ Тимур ПОЛЯКОВ

Керівник проекту: _____ Богдан АНТИПЧУК

[illegible]

“ Проект системи адаптивного освітлення квартирної приміщення на базі сучасних LED-технологій ”

РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з 84 листів пояснювальної записки, яка включає п'ять розділів та графічну частину виконану на 4 листах формату А1 креслярського паперу.

У першому розділі даного дипломного проекту було здійснено порівняльний аналіз сучасних технічних рішень, які можуть бути використані для проектування системи адаптивного освітлення квартирної приміщення.

У другому розділі було проведено аналіз основних видів та типів джерел освітлення і обґрунтовано доцільність використання LED-ламп, порівняно з іншими можливими типами та видами джерел світла.

У третьому розділі було проведено детальний розрахунок системи адаптивного освітлення квартирної приміщення на основі LED-технологій. Під час цього розрахунку було визначено необхідну кількість LED-світильників, кількість датчиків освітленості та руху, а також кількість модулів радіо зв'язку. Був обґрунтований вибір типів та моделей всього обладнання, яке буде задіяне у реалізації системи адаптивного освітлення квартирної приміщення. Також був розроблений алгоритм роботи системи адаптивного освітлення та її структурна схема.

У четвертому розділі було проведено розрахунок економічної ефективності системи адаптивного освітлення квартирної приміщення, яка базується на LED-технологіях. В ході розрахунків були визначені капітальні затрати на реалізацію системи, експлуатаційні витрати та термін її окупності.

У п'ятому розділі наведено інформацію про заходи безпеки під час проведення електромонтажних робіт, а також основні правила та процедури надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СИСТЕМ АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ	10
1.1 Принципи побудови адаптивних систем освітлення	10
1.2 Методи зондування зайнятості та освітлення приміщень	11
1.3 Прототипи плат керування системами адаптивного освітлення приміщень	14
2 ОСНОВНІ ТИПИ ДЖЕРЕЛ ОСВІТЛЕННЯ	18
2.1 Типи освітлення та їх характеристика	18
2.2 Порівняння освітлювальних установок з різними джерелами світла за показниками енергетичної ефективності	25
2.3 Порівняльний аналіз джерел світла, що використовуються в системах внутрішнього освітлення квартирних приміщень	28
3 СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ КВАРТИРНОГО ПРИМІЩЕННЯ	33
3.1 Вихідні дані дипломного проекту	33
3.2 Розрахунок рівня освітленості кімнат квартирних приміщень	34
3.3 Розрахунок кількості та вибір типу світильників кімнат квартирних приміщень	47
3.4 Вибір типу датчиків освітленості та руху	52
3.5 Вибір типу зв'язку між елементами системи керування адаптивним освітленням	58
3.6 Розробка структурної схеми та алгоритму роботи системи адаптивного освітлення квартирних приміщень	60
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	63

					ДП.141.042.020.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Поляков Т.М.			ЗМІСТ			
Перевір		Антипчук Б.О.						
Н. Контр.		Антипчук Б.О.						
Затв.		Лавріщев О.О.						
						Літ.	Арк.	Аркушів
						У	6	84
						ЖАТФК, Гр. Е-42		

4.1 Розрахунок капітальних витрат на встановлення розробленої системи адаптивного освітлення	63
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на встановлення системи адаптивного освітлення	66
4.3 Розрахунок терміну окупності розробленої системи адаптивного освітлення	68
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	72
5.1 Заходи безпеки в електроустановках напругою до 1000 В	72
5.2 Перша допомога при ураженні електричним струмом	74
ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	78
ДОДАТКИ	80

ВСТУП

З розвитком сучасної науки і техніки з'явилися і набули широкого поширення інтелектуальні системи прийняття рішень і системи, які аналізують сигнали від великої кількості датчиків різного типу в режимі реального часу, стрімко зайнявши ринок домашніх користувачів.

Концепція мікромереж та інтелектуальних мереж швидко розвивається, і сучасні будівлі та квартири все більше оснащуються засобами та технологічними рішеннями «розумних пристроїв», а тому проектування та розробка системи адаптивного освітлення є актуальною задачею, так як з розвитком технології постає проблема в автоматизації систем освітлення задля економії споживання електроенергії. За статистикою, майже 40% виробленої електроенергії використовується для систем освітлення.

Однією з головних переваг систем адаптивного освітлення є значна економія електроенергії. Цього можна досягти, надавши освітлювальним приладам деяку автономність. Добре спроектована адаптивна система освітлення набагато ефективніша, ніж система, заснована виключно на людському керуванні.

Для того, щоб система освітлення могла самостійно приймати рішення щодо випромінювання світла та продуктивності, вона повинна мати потік інформації, на основі якого вона зможе приймати рішення. Значна частина цих даних надходить від датчиків. Керована датчиками мережа розумних ламп може відстежувати та інтерпретувати зміни в навколишньому середовищі та динамічно коригувати свою поведінку для оптимального комфорту, а також енергетичної ефективності, зменшуючи рахунки за електроенергію.

					ДП.141.042.020.ПЗ						
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Поляков Т. М.			ВСТУП				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір		Антипчук Б.О.							У	8	84
									ЖАТФК, Гр. Е-42		
Н. Контр.		Антипчук Б.О.									
Затв.		Лавріщев О.О.									

Тому метою даного дипломного проекту є розробка системи з комбінованою структурою модулів керування для реалізації адаптивного керування освітленням квартири на основі обробки та аналізу даних від датчиків руху та освітлення. Поставлена мета вимагає вирішення наступних задач:

- дослідження та порівняльний аналіз типів та видів джерел світла, на основі якого буде проведено їх розрахунок та вибрано оптимальний варіант для реалізації системи адаптивного освітлення квартирної приміщення;
- дослідження та порівняльний аналіз типів та видів датчиків, які використовуються в системах адаптивного освітлення, а також визначення їх необхідної кількості;
- вибір та обґрунтування структурної організації системи керування адаптивним освітленням квартирної приміщення;
- розробка системи керування освітленням квартирної приміщення з комбінованим типом зв'язку між керуючими модулями.

Щоб вирішити проблеми з контролем та керуванням освітленням, у цьому проекті використовуватимуться метод визначення присутності та метод зондування природного освітлення. Метод визначення присутності буде реалізований за допомогою використання датчиків присутності та дозволить автоматично затемнювати або вимикати світло після того, як певний простір був вільним протягом певного періоду часу визначеного користувачем. Метод зондування природного освітлення буде реалізований на базі датчиків освітлення, які, в свою чергу, забезпечують контроль природного освітлення в приміщенні та надають інформацію про відповідність рівня освітлення нормам.

1 АНАЛІЗ СИСТЕМ АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ

1.1 Принципи побудови адаптивних систем освітлення

Створення системи керування освітленням у квартирних приміщеннях та приватних будинках – це досить складне завдання автоматизації, особливо у випадках, коли необхідно враховувати різні фактори, а саме: наявність або відсутність жалюзі, особливості архітектури будинку або квартири, географічне положення, погодні умови, сезонність, різні типи світильників тощо.

Системи адаптивного освітлення можуть забезпечити економію енергії, за рахунок зменшення використання штучного освітлення в світлі години дня, а також в приміщеннях, де реєструється відсутність користувачів. Ще одне завдання системи адаптивного освітлення – інтеграція природного та штучного освітлення в автоматизовані системи, оскільки природне освітлення нестабільне навіть у фіксованій точці, а інтенсивність сонячного світла змінюється залежно від часу доби, зміни погоди, пори року тощо. Щоб забезпечити інтеграцію, потрібно проводити моніторинг інтенсивності денного світла і на основі цього приймати рішення про відповідне штучне освітлення. Однак, головне при цьому – система має забезпечити рівномірне освітлення та уникати надто яскравого світла (або відблисків). Таким чином, система керування освітленням містить два взаємодіючі модулі: модуль контролю денного світла та модуль штучного освітлення. Цілі цих двох модулів різні. Поєднання цих модулів забезпечує комфортне середовище проживання та знижує споживання електроенергії. Автоматизація та балансування системи керування освітленням забезпечує рівномірне та стабільне освітлення на робочому місці та мінімальне споживання енергії.

					ДП.141.042.020.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ СИСТЕМ АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ		
Розробив	Поляков Т.М.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Нездвецька І.В.						
Затв.	Антипчук Б.О.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	10	84
					ЖАТФК, Гр. Е-42		

Налагоджена інтелектуальна система керування освітленням може бути в рази ефективнішою, а ніж та, яка спирається виключно на прийняті людиною рішення. Однак, щоб система керування освітлення мала змогу приймати автономні рішення стосовно світлового випромінювання та режимів роботи освітлення приміщень, вона повинна мати необхідні інформаційні дані, на підставі яких, такі рішення будуть прийматися. Тому в таких системах завжди мають місце датчики освітленості та датчики руху.

Система освітлення керована датчиками, здатна відстежувати зміни в навколишньому середовищі та інтерпретувати ці зміни, щоб динамічно регулювати режими роботи для забезпечення комфорту та енергоефективності, а також економії вартісних витрат.

Отже, далі розглянемо існуючі можливі технічні рішення та технології реалізації адаптивного керування освітленням для вирішення поставлених завдань даного дипломного проекту.

1.2 Методи зондування зайнятості та освітлення приміщень

Метод зондування зайнятості є одним із найбільш часто використовуваних методів керування освітленням у сучасних будинках і будівлях. Простіше кажучи, світло може бути автоматично затемнене або вимкнуте, якщо в певній кімнаті не буде виявлено руху або присутності людини протягом визначеного користувачем періоду часу. Щойно буде виявлено рух, освітлення знову ввімкнеться або зменшить свою інтенсивність залежно від налаштованого алгоритму роботи.

Виявлення руху здійснюється за допомогою датчиків руху (див. рис. 1.1), що використовують інфрачервону, ультразвукову або мікрохвильову технологію зондування. Кількість датчиків, які слід розмістити у даному просторі, щоб забезпечити систему освітлення коректними даними, залежить як від розміру та типу цього простору, так і від бажаної продуктивності освітлення в ньому. Більш простий сценарій включає всі лампочки, що

працюють синхронно, і забезпечують однаковий рівень інтенсивності світла по всьому простору, поки мешканець знаходиться в полі зору будь-якого з встановлених датчиків.

Дещо складніший алгоритм, який забезпечує більш ефективну роботу – це розділення простору приміщення на декілька окремих зон освітлення, кожна з яких пов'язана з одним або декількома датчиками. Кожного разу при детектуванні руху в одній із зон вмикається освітлення лише цієї конкретної зони. Таке розділення на зони є особливо ефективним на більших відкритих просторах, сходах або довгих коридорах. Без поділу приміщення на зони та встановлення відповідності між локальним освітленням і датчиками руху вся кімната буде залишатися повністю освітленою весь час, збільшуючи споживання електроенергії.

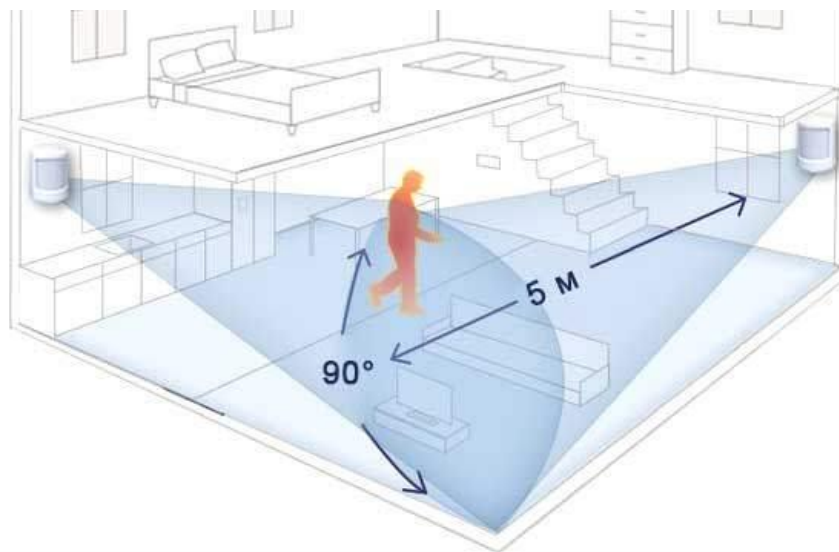


Рисунок 1.1 – Принцип роботи системи зондування зайнятості

Найбільш ефективним алгоритмом з точки зору енергоефективності є той, коли датчики руху вбудовані безпосередньо в освітлювальні прилади. Це дозволяє кожному приладу автономно реагувати на сигнали від розташованих в ньому датчиків. (див. рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Світильники із вмонтованими датчиками руху

Зондування зайнятості є перевіреною стратегією зменшення споживання енергії та витрат на освітлення. З цієї причини зондування часто є необхідною вимогою комерційних енергетичних кодексів будівель. Потенційна економія, яку пропонує така система, суттєво залежить від типів приміщень, однак загальне зниження світлового навантаження приблизно на 20-30% можна досягти таким чином у більшості квартир, будинків та офісних приміщень.

Методика зондування зайнятості практично однакова для дротових і бездротових систем керування освітленням. Бездротові рішення забезпечують гнучкість встановлення адаптивних сенсорних систем освітлення. Застосування бездротової технології значно скорочує час монтажу сенсорних мереж і зменшує трудомісткість процесу налаштування системи освітлення. Ще одна перевага полягає в тому, що не потрібне фізичне прокладання кабелів живлення.

Бездротові технології забезпечують надзвичайну гнучкість у підтримці систем адаптивного освітлення. З метою підвищення ефективності роботи системи освітлення, пристосування до потреб власників, особливостей користування мешканців, змін структури та нормативних регламентів, у систему впродовж всього періоду користування можна і повинні вноситися зміни шляхом ручного налаштування. Серед побажань з боку користувачів

системи може бути рівень освітленості або проміжок часу між моментом фіксації руху та перемиканням або затемненням світла. Розумні системи освітлення дозволяють змінювати їх за лічені секунди за допомогою додатку для смартфона.

Зондування зайнятості можна поєднувати з іншими стратегіями керування освітленням, щоб підвищити ефективність та знизити витрати. Використання датчиків навколишнього освітлення (див. рис. 1.3) ще більше покращує керування освітленням завдяки налаштуванню потужності штучного освітлення під поточний рівень.



Рисунок 1.3 – Датчик навколишнього освітлення приміщення

1.3 Прототипи плат керування системами адаптивного освітлення приміщень

Наразі існує багато способів налаштування адаптивного освітлення за допомогою готових плат керування, таких як: Arduino, Raspberry Pi та NooLite. Ці плати дозволяють дистанційно керувати освітленням за допомогою різних типів додаткових модулів керування.

Arduino – це електронна платформа з відкритим кодом, заснована на простому у використанні апаратному та програмному забезпеченні [10]. Плати Arduino (див. рис. 1.4) здатні оперувати з сигналами від датчиків освітлення та натискання клавіш. Реакцією системи може бути запуск двигуна, ввімкнення світлодіодів та інших виконавчих пристроїв. Для цього потрібно організувати логіку роботи у вигляді набору інструкцій мікроконтролера. Такі команди та інструкції задаються за допомогою мови програмування Arduino (на основі підключення) та програмного забезпечення Arduino IDE, заснованого на обробці даних.

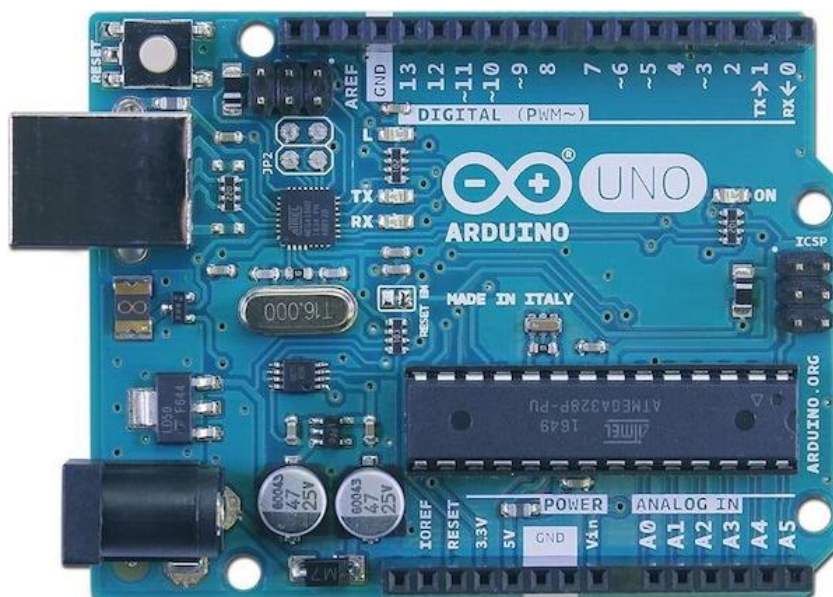


Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд плати Arduino

Завдяки простому та доступному для користувачів інтерфейсу, Arduino набуває все більшої популярності не лише для любительських, але й професійних застосувань. Програмне забезпечення Arduino є простим у використанні та опануванні початківцями, але при цьому досить гнучким та функціональним для досвідчених користувачів. Програма адаптована для різних операційних систем – Mac, Windows, Linux.

Raspberry Pi (див рис. 1.5) – це одноплатний комп'ютер невеликого розміру (як кредитна картка), який має інтерфейси підключення до дисплею

(монітору комп'ютера або телевізора), стандартної клавіатури та миші [12]. Це багатофункціональний та достатньо потужний пристрій, який дозволяє реалізувати різноманітні обчислення. Програмування Raspberry Pi здійснюється на таких мовах, як Scratch та Python. Функціональність цього пристрою сумірна з функціональністю звичайного персонального комп'ютера, включаючи перегляд, редагування та відображення електронних документів, Інтернет-ресурсів, відтворення відео високої чіткості, тощо. Raspberry Pi широко використовується в проектах автоматизації різного призначення, починаючи від музичних машин, закінчуючи метеостанціями з інфрачервоними камерами [13].

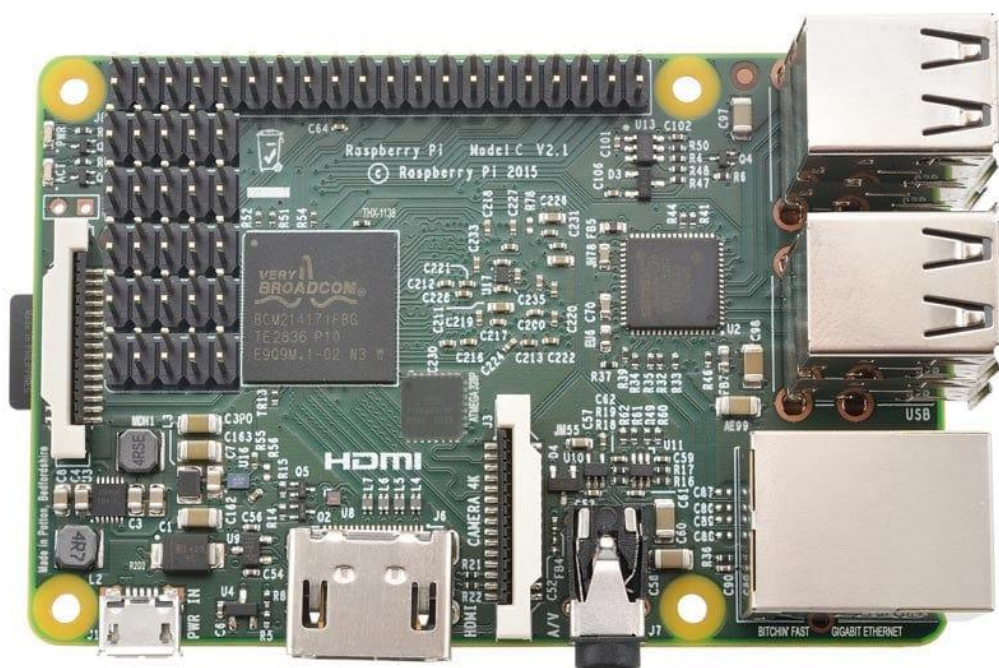


Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд плати Raspberry Pi

Система радіокерування NooLite (див. рис. 1.6) – це технологія «розумного будинку» за доступною ціною. Система радіокерування NooLite складається з пультів радіозв'язку NooLite та радіо перемикачів NooLite (блоків живлення).

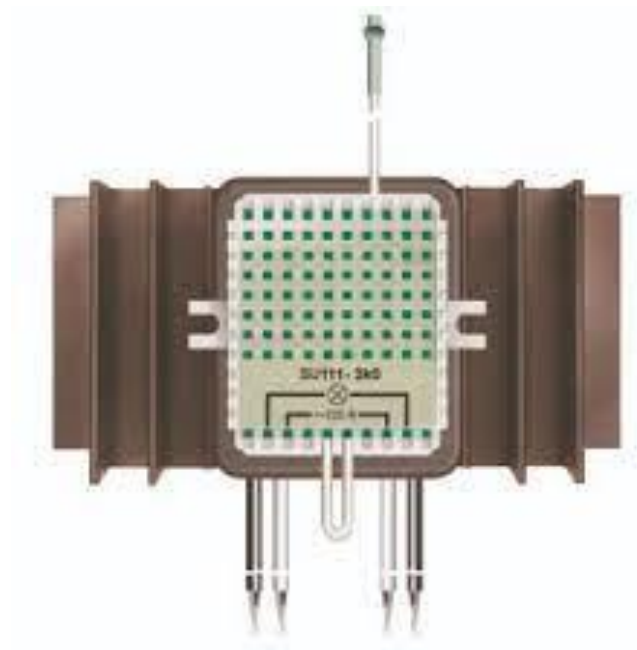


Рисунок 1.6 – Система радіокерування NooLite

При використанні такої системи немає необхідності прокладати електричні кабелі, а саму панель керування NooLite можна розмістити на будь-якій поверхні, яка не заважає сигналу керування. Основна перевага використання бездротової системи керування NooLite полягає в тому, що ми можемо керувати своїми освітлювальними приладами з будь-якого місця. Використання таких систем дає можливість встановити стільки модулів керування NooLite, скільки потрібно і де завгодно. Система радіоконтролю NooLite є чудовою альтернативою прохідним вимикачам. Пульт дистанційного керування такої системи (передавач) також є бездротовим.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.042.020.ПЗ

Аркуш

17

2 ОСНОВНІ ТИПИ ДЖЕРЕЛ ОСВІТЛЕННЯ

2.1 Типи освітлення та їх характеристика

На сьогоднішній день джерела освітлення можна поділити на такі основні типи [14], а саме:

- природне денне світло;
- освітлення лампами розжарювання;
- флуоресцентне освітлення;
- вольфрамово-галогенне освітлення;
- світлодіодне освітлення;
- освітлення високої інтенсивності (HID).

Природне денне світло (див. рис. 2.1) – це джерело, за яким оцінюються всі інші джерела світла. Його використання має переваги та недоліки. Його використання має переваги та недоліки. Хоча загально визнано, що денне світло має позитивний психологічний вплив на людину, зовнішня освітленість дуже різниться – від 120 000 люкс під прямим сонячним світлом опівдні, до 5 люкс у похмурі дні. Людям із вадами зору та іншими сенсорними порушеннями може бути важко пристосуватися до різної рівня природного освітлення в дні, коли чергуються сонячні та похмурі дні.

Природне освітлення є однією з найбільших причин утворення відблисків та тіней всередині будівель, де за всіма санітарними нормами денне світло має бути розсіяним і рівномірним. І те, і інше може бути проблемою для людей з вадами зору.

До ефективних методів контролю відблисків та тіней включають тонування віконного скла, використання напівпрозорих систем настінних

					ДП.141.042.020.ПЗ							
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ОСНОВНІ ТИПИ ДЖЕРЕЛ ОСВІТЛЕННЯ					Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Поляков Т.М.									У	18	84
Перевір	Антипчук Б.О.									ЖАТФК, Гр. Е-42		
Н. Контр.	Антипчук Б.О.											
Затв.	Лавріщев О.О.											

панелей, зовнішніх тентів та навісів. На існуючі вікна встановлюються спеціальні плівки, що зменшують сонячне та видиме випромінювання [15].



Рисунок 2.1 – Природне денне світло

Людам із вадами зору важко пересуватися між областями високого контрасту світла. Важливо забезпечити достатній рівень освітлення, особливо біля входів у будівлі та приміщення, а також там, де є перешкоди (підвіконня, сходи тощо). Внутрішнє і зовнішнє освітлення повинні бути максимально близькими за своєю інтенсивністю та рівнем яскравості.

Застосування вхідних навісів може ефективно зменшити відблиски від природних джерел світла, але вони також можуть приховати вхід від очей людини зі слабким зором. Подібним чином зовнішні сходи завжди повинні бути добре видимими і ніколи не повинні бути закриті навісами чи іншими предметами.

Що стосується будівель, існує багато способів зменшити відблиски та надмірне сонячне світло. Внутрішні віконні покриття, що забезпечують затінення 97 – 100% можуть бути автоматизовані для реагування на відблиски. Комп'ютеризовані системи керування дозволяють визначити стан відблиску відповідно до потреб користувачів.

Природне освітлення можна посилити, використовуючи світлі полицки, які являють собою горизонтальні площини або ряд параболічних жалюзі на висоті близько 2,3 метри від підлоги, які відбивають непряме світло від стелі та глибше в будівлю. Використання їх у поєднанні з автоматизованим керуванням штучним освітленням (тобто відключення світильників за умови достатньої інтенсивності природного світла) ефективно створює більше непрямого світла, яке не має відблисків. Це також економить електричну енергію.

Вікна мансардного типу та інші природні джерела світла слід розташовувати так, щоб сонячне світло не потрапляло в приміщення. Якщо це неможливо, слід використовувати тоноване скло або інші засоби затемнення.

Освітлення лампами розжарювання (див. рис. 2.2) є досить застарілою на сьогоднішній день технологією. Цей тип ламп виробляє як тепло, так і світло. За параметрами освітленості це хороша альтернатива природному світлу, оскільки його колірний спектр ближче до природного освітлення, ніж інші джерела світла.

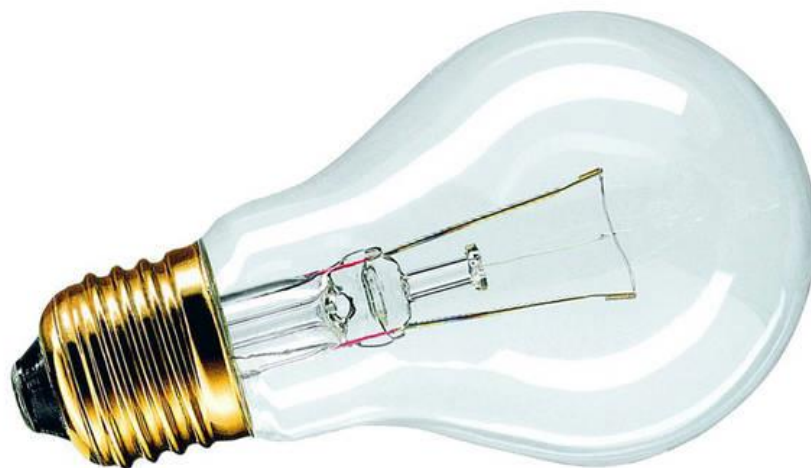


Рисунок 2.2 – Лампа розжарення

Оскільки лампи розжарювання не є енергоефективними, їх все частіше замінюють іншими освітлювальними пристроями, а саме: люмінесцентними лампи, світлодіодними індикаторами та світлодіодами, які дають більше видимого світла при меншій кількості споживання електричної енергії [16].

Флуоресцентне (люмінесцентне) освітлення (див. рис. 2.3) споживає менше електроенергії, служить довше і не випромінює стільки тепла, як лампи розжарювання. Освітлювальні прилади виконуються у формі трубок, які створюють лінію світла, що є традиційним освітлювальним середовищем у великих будівлях та офісах. Прилад може бути оформлений також у формі лампи, що відомо як компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ). КЛЛ забезпечують хороше загальне освітлення і є досить популярними у використанні. Багато юридичних нормативів заохочують їх використання як енергозберігаючий захід за допомогою програм економічного та законодавчого стимулювання [17].



Рисунок 2.3 – Лампа флуоресцентного освітлення

У флуоресцентній лампі світло більш рівномірно розподілене без точкового джерела відблисків, яке виробляється ниткою розжарювання.

Головним недолік ламп флуоресцентного освітлення є те, що вони викликають легке мерехтіння [17]. Існує кілька методів протидії цьому ефекту,

зокрема, використання відповідних лінз або екранування джерела світла для забезпечення рівного непрямого освітлення.

Флуоресцентне освітлення має різні відтінки в спектрі світла. Холодні «сині» тони минулого не дуже підходили до природного світла. Сьогоднішні кращі рецептури фосфору всередині трубок лампи забезпечують більш теплі тони. Найкращі «м'які» або «теплі» білі флуоресцентні лампи, які зараз доступні, за кольоровою температурою наближені до параметрів стандартного освітлення.

Вольфрамowo-галогенне освітлення – це тип лампи розжарювання, коли нитка розжарювання оточена інертним газом і невеликою кількістю галогену (див. рис. 2.4), що робить саму лампу більш ефективною і збільшує термін її придатності. Галогенне освітлення виробляє яскраве біле світло і забезпечує більшу питому освітленість (на 1 Вт потужності), ніж звичайні лампи розжарювання, що робить його гарним джерелом освітлення.



Рисунок 2.4 – Вольфрамowo-галогенна лампа

Галогенні лампи – дуже яскраві, тому необхідно враховувати положення лампи, щоб зменшити негативний вплив відблисків і тіней. Галогенні лампи також виділяють велику кількість тепла, що є важливим фактором безпеки в будь-якому приміщенні. Не дозволяється встановлювати галогенні лампи нижче лінії зору людини.

Світлодіодне освітлення є енергоефективним джерелом світла та характеризується простотою схемної реалізації. Світлодіодні лампи (див. рис. 2.5) виробляють світло, дуже схоже за параметрами на денне, що робить ці лампи практичними та найбільш ефективними у використанні. Вони часто використовуються як спрямоване джерело світла, щоб сфокусувати світло на

об'єктах або елементах споруди. Світлодіоди також можна налаштувати на масиви всередині лампочок, забезпечуючи різноспрямоване освітлення, подібне до того, яке виробляється лампами розжарювання.



Рисунок 2.5 – Світлодіодна лампа

Світлодіодні лампи не виробляють ультрафіолетового (УФ) випромінювання і майже не продукують тепла, що робить їх найбільш придатними для освітлення предметів, чутливих до ультрафіолетового світла, таких, як твори мистецтва.

Світлодіодні лампи, які раніше традиційно використовувалися в якості індикаторних ліхтарів на електронних пристроях, тепер знайшли широке застосування, включаючи вивіски, вуличні ліхтарі та архітектурне освітлення деталей. Світлодіодне освітлення також використовується як робоче або точкове освітлення у побуті.

Перевагами світлодіодних джерел освітлення є:

- миттєва комутація;
- можливість плавного регулювання (у випадку ліхтарів з великою кількістю світлодіодів);

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.042.020.ПЗ

Аркуш

23

- можливість забезпечення будь-якої кольорової температури та спектру освітлення;
- безшумна робота;
- низьковольтне джерело живлення (що підвищує безпеку).

Завдяки цим перевагам світлодіодні освітлювальні прилади стають все більш поширеними та доступними.

HID-лампи (High Intensity Discharge), які відносять до газорозрядних джерел освітлення високої інтенсивності – це тип дугових ламп, які мають більший термін служби і забезпечують більшу питому освітленість (люменів/Вт), ніж будь-яке інше джерело світла. Найбільш поширеними серед них є лампи з паровим натрієм низького та високого тиску, які є надзвичайно ефективними (див. рис.2.6). Такі типи джерел світла виробляють глибоке жовто-помаранчове світло і мають ефективний показник кольоропередачі (близький до нуля). Предмети, розглянуті під освітленням таких ламп виглядають однотонними, що є особливо важливим для людей із вадами зорового сприйняття.



Рисунок 2.6 – Натрієва лампа

Натрієві лампи високого тиску, як правило, видають світло, спектр якого найбільш близький до білого, але все одно з характерним помаранчево-рожевим відтінком. Сучасні лампи мають вбудовані засоби корекції кольору.

Ще одним із широко застосовуваних типів НІД-ламп є галогенні та керамічно-галогенні лампи (див. рис. 2.7), які можуть створювати нейтральне біле світло, що корисно для застосувань, де критичними є параметри кольоропередачі (наприклад, виробництво телевізорів та кінофільмів, спортивні ігри в приміщенні чи вночі, автомобільні фари та освітлення акваріумів).



Рисунок 2.7 – Галогенні лампи

В цілому ж НІД-лампи зазвичай використовуються на великих територіях, де потрібен високий рівень верхнього освітлення, і коли бажана енергоефективність та / або інтенсивність світла, наприклад: спортзали, великі громадські площі, склади, кінотеатри, футбольні стадіони, майданчики для активного відпочинку, проїжджі частини, стоянки ділянки та шляхи.

2.2 Порівняння освітлювальних установок з різними джерелами світла за показниками енергетичної ефективності

Від надійності функціонування систем внутрішнього освітлення залежить безпека і комфорт людини під час роботи і відпочинку. Одночасно освітлення, як внутрішнє, так і зовнішнє, є істотним споживачем електроенергії. У багатьох будинках різного призначення: промислових,

житлових, адміністративних, освітлення становить більшу частину від загальної споживаної електроенергії. Енергозбереження в освітлювальних установках істотно впливає на витрату електроенергії, а проблеми її якості і раціональні методи експлуатації є надзвичайно актуальними.

Під системою внутрішнього освітлення будемо розуміти сукупність освітлювальної мережі та освітлювальної установки.

Під енергоефективним функціонуванням системи внутрішнього освітлення будемо розуміти найменше споживання електроенергії при забезпеченні нормативного рівня освітленості.

В сучасних електричних джерелах світла електрична енергія перетворюється на світлове випромінювання трьома шляхами: шляхом нагрівання тіла електричним струмом, електричним розрядом в газах та парах металів і пропусканням електричного струму через напівпровідники.

Перші джерела отримали назву теплових, другі – розрядних, треті – світлодіодних. Для характеристики джерел світла використовують наступні показники: енергетичні, світлотехнічні, електричні, експлуатаційні.

До енергетичних показників належать:

- енергетичний ККД лампи:

$$\eta_{\text{ен.л.}} = \Phi_{\text{е.л.}} / P_{\text{л}} , \quad (2.1)$$

де:

$\Phi_{\text{е.л.}}$ – повний потік випромінювання лампи, Вт;

$P_{\text{л}}$ – потужність лампи, Вт;

- ефективний ККД лампи:

$$\eta_{\text{еф.л.}} = \Phi_{\text{еф.л.}} / P_{\text{л}} , \quad (2.2)$$

де:

$\Phi_{\text{еф.л.}}$ – ефективний потік випромінювання лампи, Вт;

- ефективний ККД потоку випромінювання лампи:

$$\eta_{\text{еф.л.}} = \Phi_{\text{еф.л.}} / \Phi_{\text{е.л.}} ; \quad (2.3)$$

- світловіддача лампи (лм/Вт):

$$H = \Phi / P_{\text{л}} , \quad (2.4)$$

де:

Φ – спектральний склад випромінювання лампи.

До світлотехнічних показників відносять:

- спектральний склад випромінювання лампи $\Phi(\lambda)$;
- світловий (ефективний) потік випромінювання лампи Φ , Лм;
- пульсація світлового потоку;
- зміна світлового потоку в часі при живленні лампи змінним струмом;
- колірна температура $T_{\text{кт}}$;
- температура чорного тіла, при якій її випромінювання має таку ж кольоровість, як і випромінювання, що розглядається;
- передача кольору – характеризує вплив спектрального складу випромінювання джерела на зорове сприйняття кольорових об'єктів в порівнянні з сприйняттям при освітленні опорним джерелом.

Електротехнічні показники джерел світла можна охарактеризувати наступними величинами:

- номінальна (активна) потужність лампи $P_{\text{л}}$, Вт;
- номінальна напруга лампи $U_{\text{ном}}$, В;
- коефіцієнт потужності лампи $\cos \varphi$;
- реактивна потужність лампи $Q_{\text{л}}$, Вар;
- спосіб запалювання лампи.

До експлуатаційних показників джерел світла відносять:

- корисний термін служби лампи

- середня тривалість роботи до моменту зміни одного з її параметрів до величини, що більша за граничні, встановлені стандартом;
- повний термін служби лампи;
- час роботи лампи до виходу її з ладу;
- залежність основних параметрів лампи від відхилень напруги;
- старіння лампи;
- погіршення світлотехнічних показників лампи в процесі її експлуатації;
- періодичність чищення ламп;
- періодичність заміни ламп.

Отже при виборі джерела штучного світла (для потреб внутрішнього освітлення) при визначенні доцільності їх використання до параметрів можна віднести показники, що визначають кількість світла, такі як світловий потік, світлова віддача, колірна температура, передача кольору [7]. Під енергетичною ефективністю будемо розуміти комплекс рішень, які характеризують залежність витрачених коштів (енергоресурсів) до отриманого корисного ефекту. Використання меншої кількості енергії при отриманні того ж рівня енергетичного забезпечення – завдання енергоефективних рішень [6]. З точки зору енергоефективності, одним з найбільш важливих параметрів джерела світла будемо вважати світлову віддачу, що представляє собою відношення світлового потоку джерела світла до його електричної потужності.

2.3 Порівняльний аналіз джерел світла, що використовуються в системах внутрішнього освітлення квартирної приміщення

Основними нормативними документами, що визначають вимоги до систем штучного освітлення: ДБН В. 2.5–28–2018, згідно з яким для штучного освітлення нормується абсолютне значення освітленості в

залежності від розряду, підрозряду зорових робіт (їх чотири а, б, в, г), контрасту об'єкту розрізнення з фоном і характеристики фону.

Згідно з [ДБН В. 2.5–28–2018] для загального штучного освітлення приміщень слід використовувати, як правило, розрядні джерела світла, віддаючи перевагу за однакової потужності джерелам світла з найбільшою світловою віддачею і строком служби.

Використання ламп розжарювання для загального освітлення допускається тільки у випадках неможливості або техніко-економічної недоцільності використання розрядних ламп.

Застосування ксенонових ламп у приміщеннях не дозволяється. Для місцевого освітлення, крім розрядних джерел світла, рекомендується використовувати лампи розжарювання, в тому числі галогенні.

Основні вимогами, що ставляться до сучасного освітлення є наступні:

- забезпечення найкращих умов зорової роботи;
- керування освітленням безпосередньо із робочого місця;
- енергоефективність;
- енергозбереження протягом усього періоду експлуатації;
- мінімізація шкоди навколишньому середовищу.

Аналізуючи сказане в підрозділі 2.1 даного дипломного проекту можна побачити, що варіантів реалізації системи адаптивного освітлення квартири дуже багато, оскільки існує велика кількість різноманітних джерел світла, однак, серед усіх можливих рішень найоптимальнішими для використання в нашій системі є застосування світлодіодного «LED» освітлення (найкращий із можливих варіантів, враховуючи його переваги та незначні недоліки), освітлення базованого на флуоресцентних (люмінесцентних) лампах та лампах розжарення, технічні характеристики яких наведено в таблиці 2.1.

З точки зору підвищення енергоефективності системи внутрішнього освітлення за рахунок впровадження автоматизованих систем управління, однією із важливих характеристик є можливість регулювання потужності

ламп, а отже обрані варіанти джерел світла, які ми будемо порівнювати між собою та обирати кращий варіант їм цілком і повністю відповідають.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики ламп

Технічні характеристики	Тип ламп		
	Лампа розжарення	Люмінесцентна лампа	Світлодіодна лампа
Строк служби, тис.год	1	12 – 15	50
Світлова віддача (ефективність), Лм/Вт	10 – 20	47-104	120 – 140
Виділення тепла при горінні	високе	високе	низьке
Можливість регулювання потужності, що споживається	-	+	+
Залежність від напруги живлення	висока	висока	низьке
Пульсація випромінювання	15 – 18	20	10
Індекс передачі кольору, Ra	> 95	> 90	60 – 95
Спеціальна утилізація	-	+	-
ККД світильника	0,1	0,5 – 0,8	0,95
Середня варт.	14	89	31

Проведемо порівняльний аналіз світлодіодних, флуоресцентних ламп та ламп розжарення і виберемо кращий варіант для подальшого впровадження в нашу систему адаптивного освітлення квартири. В таблиці 2.2 наведено залежність світлової віддачі обраних типів ламп від потужності споживання.

Таблиця 2.2 – Залежність світлової віддачі ламп від потужності

Потужність, Вт	Лампи розжарення, Лм/Вт	Люмінесцентні лампи, Лм/Вт	Світлодіодні лампи Лм/Вт
5	10	60	105
10	13	77	120
15	15	92	129
25	17	105	141
50	20	124	156
80	23	137	167

Виходячи з даних таблиці 2.2 побудуємо порівняльний графік залежності для лампи розжарювання та світлодіодної лампи (див. рис. 2.8).

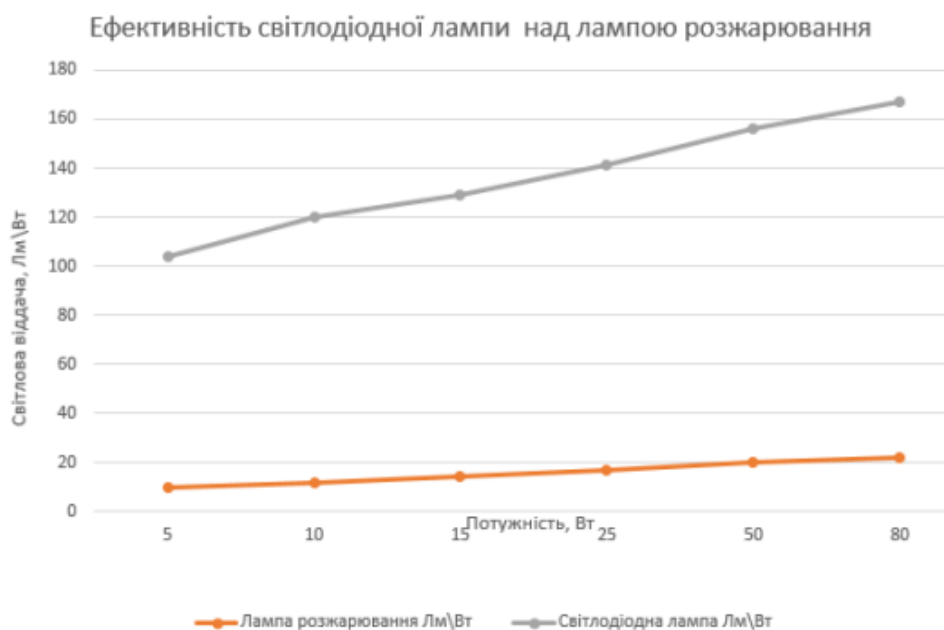


Рисунок 2.8 – Ефективність світловіддачі світлодіодної лампи та лампи розжарення залежно від потужності споживання

Побудуємо порівняльний графік (див. рис.2.9) для трьох типів ламп представлених в таблиці 2.2 за показниками світловіддачі.

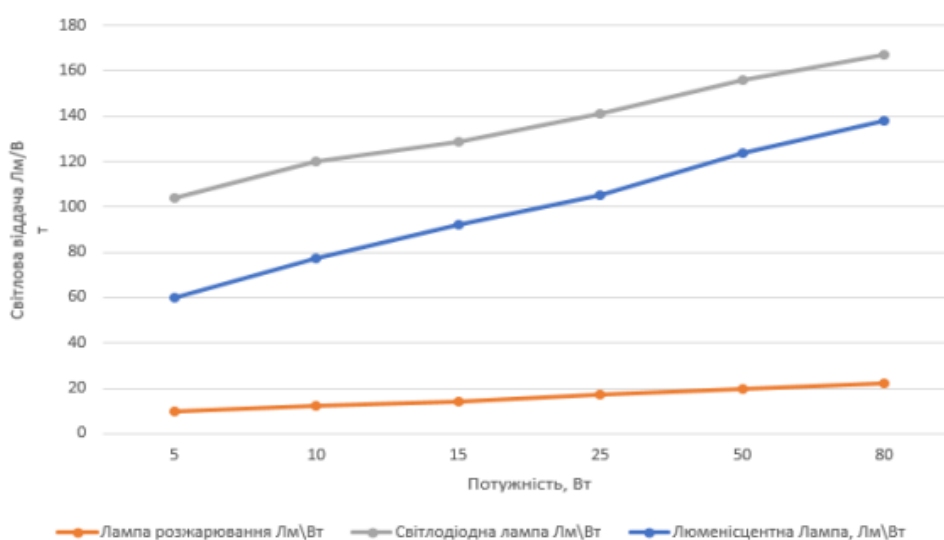


Рисунок 2.9 – Ефективність світловіддачі ламп різного типу представлених в таблиці 2.2 залежно від потужності споживання

В таблиці 2.3 наведено залежність світлового потоку світлодіодних, люмінесцентних ламп та ламп розжарення залежно від потужності споживання. За даними таблиці 2.3 побудовано графічну залежність показану на рисунку 2.10.

Таблиця 2.3 Залежність світлового потоку ламп від потужності

Потужність, Вт	Лампи розжарення, Лм/Вт	Люмінесцентні лампи, Лм/Вт	Світлодіодні лампи Лм/Вт
5	10	60	105
10	13	77	120
15	15	92	129
25	17	105	141
50	20	124	156
80	23	137	167

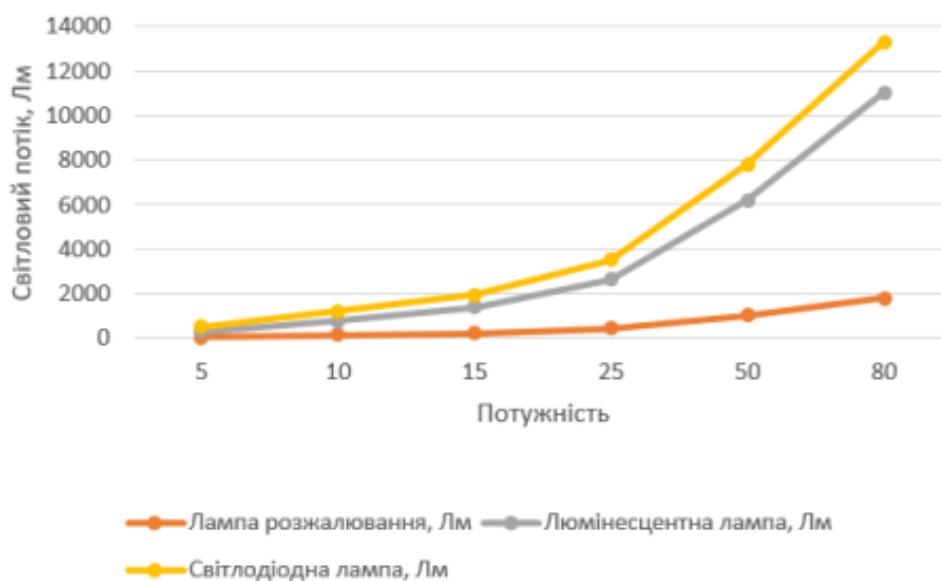


Рисунок 2.10 – Графік залежності світлового потоку ламп від потужності

Виходячи з проведеного аналізу джерел світла, можна зробити висновок, що при розробці системи адаптивного освітлення квартирного приміщення необхідно зробити акцент саме на світлодіодних «LED» джерелах світла, оскільки вони дозволяють не тільки збільшити світловий потік, але й покращити енергоефективність всієї системи.

3 СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ КВАРТИРНОГО ПРИМІЩЕННЯ

3.1 Вихідні дані дипломного проекту

Основними вихідними даними для розробки системи адаптивного освітлення на базі LED-технологій в даному дипломного проекті є план приміщення двокімнатної квартири, який наведено на рисунку 3.1. Квартирне приміщення має сім житлових зон загальною площею 49,1 м².

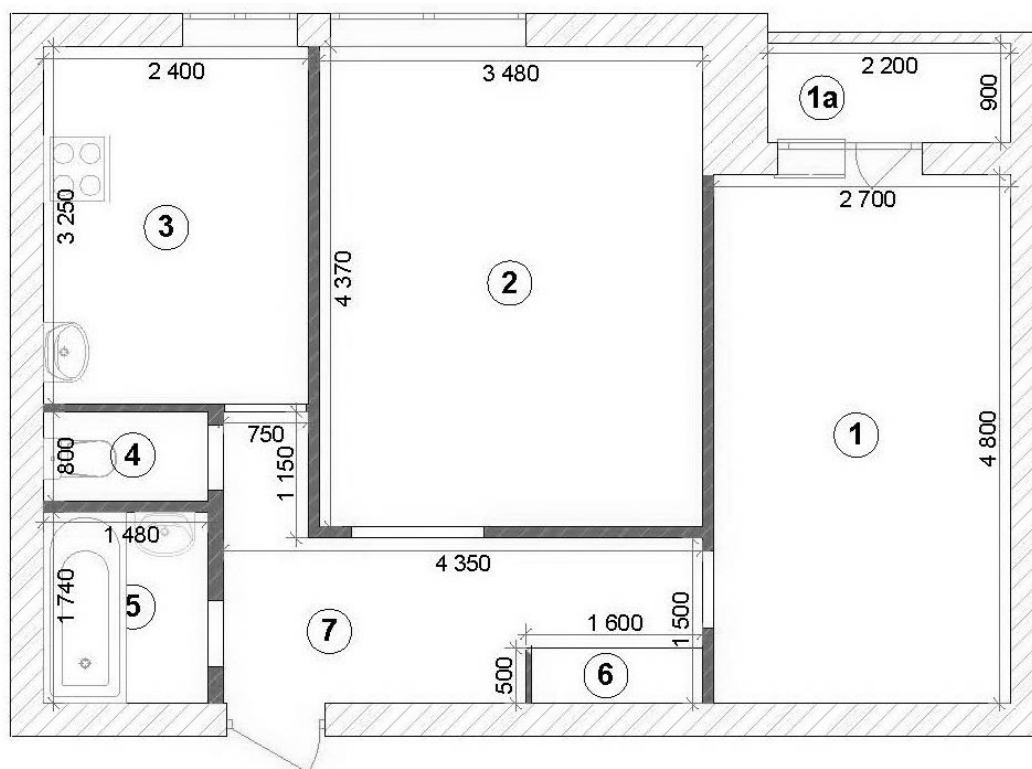


Рисунок 3.1 – План квартирної приміщення

Першим важливим кроком у вирішенні завдань цього дипломного проекту є розрахунок та визначення необхідної освітленості для кімнат квартири, а також розрахунок кількості світильників і джерел світла, тому

					ДП.141.042.020.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ КВАРТИРНОГО ПРИМІЩЕННЯ		
Розробив	Поляков Т.М.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.	Лавріщев О.О.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	33	84
					ЖАТФК, Гр. Е-42		

для зручності зведемо всі необхідні геометричні розміри нашого квартирнього приміщення до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні геометричні розміри квартирнього приміщення

№	Назва приміщення	Площа, м ²		
		Житлова	Допоміжна	Літня
1	Спальня кімната	13,0	–	–
1а	Лоджія	–	–	1,9
2	Вітальня	15,2	–	–
3	Кухня	–	7,8	–
4	Туалет	–	1,2	–
5	Ванна кімната	–	2,6	–
6	Гардеробна кімната	–	0,8	–
7	Передпокій	–	6,6	–
Всього:		28,2	19,0	1,9
Загальна:		49,1		

Також, важливо зазначити: при подальших розрахунках буде враховано те, що висота всіх приміщень стандартна та становить 2,5 м.

3.2 Розрахунок рівня освітленості кімнат квартирнього приміщення

Рівень освітлення впливає на працездатність та самопочуття. Національні держстандарти враховують це та визначають яким має бути освітлення в приміщеннях, залежно від їхнього призначення та робочих місць які в ньому знаходяться. Ці стандарти використовуються в плані освітлення об'єктів, а тому від них безпосередньо залежить: саме якого типу світильники та скільки ламп потрібно придбати та встановити в конкретному приміщенні.

На практиці для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному, три методи:

- метод світлового потоку (коефіцієнта використання): застосовують для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь;

- точковий метод: призначений для розрахунку локалізованого та комбінованого освітлення, а також для освітлення похилих площин;
- метод питомої потужності: є найбільш простим і в той же час найменш точним, тому його використовують для приблизних, орієнтовних розрахунків.

Найбільш точним методом для розрахунку загального рівномірного освітлення, що враховує прямий світловий потік світильників та відбите світло від стін і стелі, вважається метод світлового потоку (або коефіцієнта використання світлового потоку). Основним розрахунковим рівнянням методу світлового потоку є:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot k_{\text{з}} \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (3.1)$$

де:

$\Phi_{\text{л}}$ – розрахункове значення світлового потоку однієї лампи в кожному світильнику, Лм;

$E_{\text{н}}$ – нормоване значення освітленості, Лк;

S – площа освітлюваної поверхні, м² ;

$k_{\text{з}}$ – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості;

N – загальна кількість світильників;

n – кількість ламп у одному світильнику;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

З 2019 року діють державні правила природного та штучного освітлення – ГСН В.2.5-28:2018, які визначають вимоги до використання всіх освітлювальних приладів. У ДБН вказані конкретні показники яскравості (див. таблицю 3.2).

Таблиця 3.2 – Норми освітленості у відповідності до ГСН В.2.5-28:2018

Приміщення	Норма, Лк
Вітальня (підлога)	150
Спальня кімната (підлога)	150
Кухня (стіл)	150
Дитяча кімната (підлога)	200
Кабінет та бібліотека (стіл)	300
Передпокій (підлога), лоджія	50
Ванна кімната, гардеробна, туалет (підлога)	50

Норми беруть до уваги всі найбільш важливі особливості зору, фізіологічні процеси людини, а також фактори, які впливають на концентрацію, зорову напругу під час роботи, відпочинку (наприклад, контрастність, колір поверхні робочого столу).

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення z – це відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості, як правило він становить:

- $z = 1,1$ – для люмінесцентних ламп низького тиску та лінійних LED-світильників;

$z = 1,15$ – для ламп розжарювання ЛР, газорозрядних ламп високого тиску типу та точкових LED-світильників.

В другому розділі даного дипломного проекту ми вже визначились із типом джерел світла, які будемо використовувати в нашій системі, це LED-лампи, оскільки вони мають перевагу над іншими типами ламп як за економічними, так і світлотехнічними показниками, а оскільки в кімнатах нашого квартирної приміщення будуть використані в переважній більшості саме точкові типи світильників, то приймемо коефіцієнт нерівномірності освітлення $z = 1,15$.

Світлотехнічні характеристики світильників визначаються, в основному, двома параметрами:

- відношенням світлового потоку, що випромінюється світильником у нижню півсферу до повного світлового потоку світильника;
- кривими сили світла.

Крива сили світла – це одна з фізичних характеристик LED-освітлення, що відображає графічне зображення розподілу світла в просторі. Воно представляється у вигляді графіка показаного на рисунку 3.2.

Класифікацію світильників за світлорозподілом показано в таблиці 3.3, а в таблиці 3.4 наведено класифікацію світильників у відповідності до графіку кривої сили світла. Всі ці дані нам необхідні для подальшого розрахунку світлового потоку, вибору типу та кількості світильників в кожній із кімнат квартири.

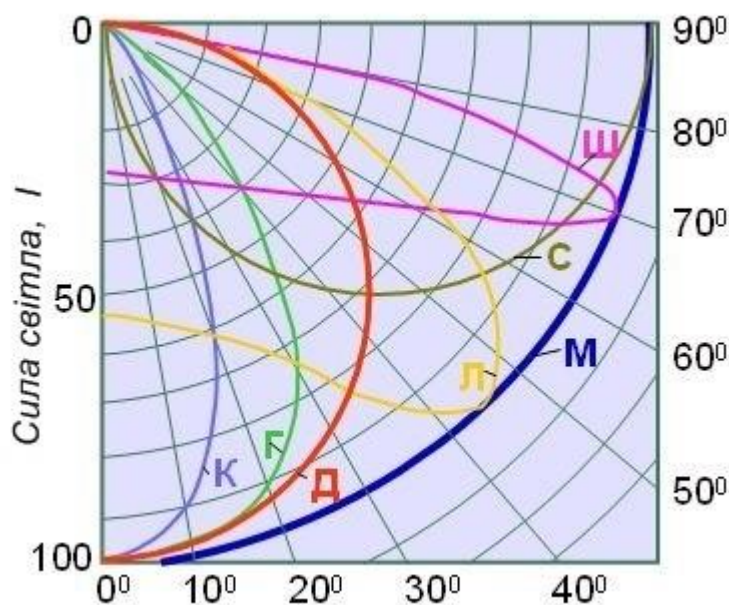


Рисунок 3.2 – Крива сили світла

Таблиця 3.3 – Класифікація світильників за світлорозподілом

Клас світильника за світлорозподілом	Доля світлового потоку світильника, яка спрямована у нижню півсферу, %	Використання світильників визначеного класу
Прямого світла	понад 80	для приміщень, в яких стіни і стеля мають невисокий коефіцієнт відбитку
Переважно прямого світла	60-80	для приміщень, в яких стіни і стеля мають високий коефіцієнт відбитку
Розсіяного світла	40-60	для приміщень, де небажані різкі тіні і тіні взагалі
Переважно відбитого світла	20-40	
Відбитого світла	менше 20	

Таблиця 3.4 – Класифікація світильників за типом кривої сили світла

Тип кривої сили світла		Коефіцієнт світильника L/h
К	Концентрована	0,4 – 0,7
Г	Глибока	0,8 – 1,2
Д	Косинусна	1,2 – 1,6
Л	Напівширока	1,4 – 2,0
Ш	Широка	1,6 – 2,2
М	Рівномірна	1,8 – 2,6
С	Синусна	2,0 – 2,8

Коефіцієнт запасу k_z залежить від висоти стелі приміщення для якого проводиться розрахунок. Прийняті основні співвідношення коефіцієнту запасу відносно висоти стелі у відповідності до ГСН В.2.5-28:2018 показано в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Залежність коефіцієнту запасу від висоти приміщення

Висота приміщення, м	Коефіцієнт запасу K_z
до 2,7	1
від 2,7 до 3	1,2
від 3 до 3,5	1,5
від 3,5 до 4	2

В нашому випадку, згідно і даними таблиці 3.5 приймаємо коефіцієнт запасу $k_z = 1$, бо висота наших приміщень у квартирі становить 2,5 м.

Отже, почнемо наш розрахунок із визначення чисельного значення індексу кожної кімнати квартирнього приміщення за формулою:

$$i_{\text{приміщення}} = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (3.2)$$

де:

$i_{\text{приміщення}}$ – індекс приміщення;

S – площа освітлюваної поверхні, м^2 ;

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – допустима висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

Як видно із формули 3.2 для того щоб знайти індекс приміщення потрібно визначити висоту підвісу світильника над робочою поверхнею. Для цього необхідно визначитись із кількістю рядів світильників у приміщенні та для чого скористаємось даними таблиці 3.4 та формулою 3.3:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot [L/h]}, \quad (3.3)$$

де:

N_p – кількість рядів світильників;

H – висота приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м;

B – ширина приміщення, м;

$[L/h]$ – числове значення коефіцієнта світильника (вибираємо із таблиці 3.4).

Оскільки, в нашому дипломному проекті переважна кількість кімнат квартирного приміщення є побутовими та враховуючи інформацію таблиці 3.2 в якій показано, що в більшості наших приміщень концентрація світла має припадати на підлогу, або робочу зону схожу на стіл або щось подібне, то приймемо середнє числове значення коефіцієнта світильника для всіх кімнат рівне $[L/h] = 0,55$ (концентрований розподіл світла за типом кривої). Стосовно ж висоти умовної робочої поверхні над підлогою кімнат, то її, як правило, приймають рівною значенню $h_p = 0,8$ м.

Беручи до уваги все вище сказане, будемо мати наступні результати по визначенню кількості рядів світильників в кожній кімнаті квартири за формулою 3.3:

$$N_{p(\text{спальна кімната})} = \frac{2,7}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 2,88 \approx 3 \text{ ряди};$$

$$N_{p(\text{лоджія})} = \frac{0,9}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 0,95 \approx 1 \text{ ряд};$$

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$N_{p(\text{вітальня})} = \frac{3,48}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 3,7 \approx 4 \text{ ряди ;}$$

$$N_{p(\text{кухня})} = \frac{2,4}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 2,6 \approx 3 \text{ ряди ;}$$

$$N_{p(\text{туалет})} = \frac{0,8}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 0,85 \approx 1 \text{ ряд ;}$$

$$N_{p(\text{ванна кімната})} = \frac{1,48}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 1,58 \approx 2 \text{ ряди ;}$$

$$N_{p(\text{гардеробна кімната})} = \frac{0,5}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 0,53 \approx 1 \text{ ряд ;}$$

$$N_{p(\text{передпокій})} = \frac{1,5}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 1,6 \approx 2 \text{ ряди .}$$

Тепер проведемо розрахунок максимальної допустимої відстань між рядами світильників для кожної із кімнат квартири за формулою:

$$L_{\max} = \frac{B}{N_p}, \quad (3.4)$$

де:

B – ширина приміщення, м;

N_p – кількість рядів світильників;

$L_{\max}$ – максимальна допустима відстань між рядами світильників, м.

Отже, отримаємо наступні розрахункові дані:

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
						40
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{\max(\text{спальна кімната})} = \frac{2,7}{3} = 0,9 \text{ м} ;$$

$$L_{\max(\text{лоджія})} = \frac{0,9}{1} = 0,9 \text{ м} ;$$

$$L_{\max(\text{вітлальня})} = \frac{3,48}{4} = 0,87 \text{ м} ;$$

$$L_{\max(\text{кухня})} = \frac{2,4}{3} = 0,8 \text{ м} ;$$

$$L_{\max(\text{туалет})} = \frac{0,8}{1} = 0,8 \text{ м} ;$$

$$L_{\max(\text{ванна кімната})} = \frac{1,48}{2} = 0,74 \text{ м} ;$$

$$L_{\max(\text{гардеробна кімната})} = \frac{0,5}{1} = 0,5 \text{ м} ;$$

$$L_{\max(\text{передпокій})} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ м} .$$

Наступним кроком буде визначення висоти підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]} , \quad (3.5)$$

де:

$L_{\max}$ – максимальна допустима відстань між рядами світильників, м;

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
						41
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$[L/h]$ – числове значення коефіцієнта світильника;

h – допустима висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

Матимемо наступні результати розрахунку:

$$h_{\text{(спальна кімната)}} = \frac{0,9}{0,55} = 1,6 \text{ м};$$

$$h_{\text{(лоджія)}} = \frac{0,9}{0,55} = 1,6 \text{ м};$$

$$h_{\text{(вітальня)}} = \frac{0,87}{0,55} = 1,58 \text{ м};$$

$$h_{\text{(кухня)}} = \frac{0,8}{0,55} = 1,45 \text{ м};$$

$$h_{\text{(туалет)}} = \frac{0,8}{0,55} = 1,45 \text{ м};$$

$$h_{\text{(ванна кімната)}} = \frac{0,74}{0,55} = 1,34 \text{ м};$$

$$h_{\text{(гардеробна кімната)}} = \frac{0,5}{0,55} = 0,9 \text{ м};$$

$$h_{\text{(передпокій)}} = \frac{0,75}{0,55} = 1,36 \text{ м}.$$

Далі визначимо висоту звисання світильника від стелі за формулою:

$$h_3 = H - h_p - h, \quad (3.6)$$

де:

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
						42
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

H – висота приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м;

h – допустима висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м;

h_z – висоту звисання світильника від стелі, м.

Отримаємо, що:

$$h_{z(\text{спальна кімната})} = 2,5 - 0,8 - 1,6 = 0,1 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{лоджія})} = 2,5 - 0,8 - 1,6 = 0,1 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{вітальня})} = 2,5 - 0,8 - 1,58 = 0,12 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{кухня})} = 2,5 - 0,8 - 1,45 = 0,25 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{туалет})} = 2,5 - 0,8 - 1,45 = 0,25 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{ванна кімната})} = 2,5 - 0,8 - 1,34 = 0,36 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{гардеробна кімната})} = 2,5 - 0,8 - 0,9 = 0,8 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{передпокій})} = 2,5 - 0,8 - 1,36 = 0,34 \text{ м}.$$

Висота звисання світильника в кімнатах квартирному приміщення від стелі може бути вибрана за технологічною доцільністю, тобто ми розрахували максимально можливі межі на яких рекомендується встановлювати світильники в кожній конкретній кімнаті квартири, а саму ж висоту можемо обирати в межах від 0 до розрахованих за формулою 3.6 значень.

Ще одним важливим розрахунковим кроком буде визначення, за формулою 3.2, чисельного значення індексу кожної кімнати квартирного приміщення:

$$i_{\text{(спальна кімната)}} = \frac{13}{1,6 \cdot (4,8 + 2,7)} = 1,08 ;$$

$$i_{\text{(лоджія)}} = \frac{1,9}{1,6 \cdot (2,2 + 0,9)} = 0,38 ;$$

$$i_{\text{(вітальня)}} = \frac{15,2}{1,58 \cdot (4,37 + 3,48)} = 1,23 ;$$

$$i_{\text{(кухня)}} = \frac{7,8}{1,45 \cdot (3,25 + 3,4)} = 0,8 ;$$

$$i_{\text{(туалет)}} = \frac{1,2}{1,45 \cdot (1,48 + 0,8)} = 0,36 ;$$

$$i_{\text{(ванна кімната)}} = \frac{2,5}{1,34 \cdot (1,74 + 1,48)} = 0,58 ;$$

$$i_{\text{(гардеробна кімната)}} = \frac{0,8}{0,9 \cdot (1,6 + 0,5)} = 0,42 ;$$

$$i_{\text{(передпокій)}} = \frac{6,6}{1,36 \cdot (4,35 + 1,5)} = 0,83 .$$

Тепер визначимо значення коефіцієнта використання світлового потоку η . Для цього нам потрібно визначитись із типом джерела світла, із індексом приміщення та коефіцієнтами відбиття поверхонь приміщення (ρ_c , $\rho_{ст}$, ρ_n). Із типом джерела світла ми визначились ще у другому розділі нашого проекту,

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

нагадаю, що це – LED-лампи, індекс приміщень квартири ми визначили за формулою 3.2, залишається розібратись із коефіцієнтами відбиття поверхонь приміщення. В залежності від виділення пилу у процесі роботи розрізняють :

- світлі приміщення: $\rho_c=70\%$; $\rho_{cm}=50\%$; $\rho_n=30\%$;
- приміщення з незначним пиловим виділенням $\rho_c=50\%$; $\rho_{cm}=30\%$; $\rho_n=10\%$;
- приміщення зі значним пиловим виділенням $\rho_c=30\%$; $\rho_{cm}=10\%$; $\rho_n=10\%$.

Як вже зазначалось раніше, в нашому проекті всі приміщення побутові тому приймемо значення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення: $\rho_c=70\%$; $\rho_{cm}=50\%$; $\rho_n=30\%$, тобто іншими словами: приймаємо, що всі приміщення у нас є світлими. Сам же коефіцієнт використання світлового потоку η виберемо із представлених у таблиці 3.6 його значень у відповідності до індексу приміщення та коефіцієнтів їх відбиття.

Таблиця 3.6 – Значень коефіцієнта використання світлового потоку

ρ_c , %	ρ_{cm} , %	ρ_n , %	Коефіцієнт використання світлового потоку η , % при індексі приміщення i								
			0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,25	1,5
70	50	30	0,25	0,31	0,35	0,38	0,41	0,43	0,45	0,47	0,50
50	30	10	0,23	0,29	0,33	0,36	0,38	0,40	0,32	0,44	0,46
30	10	10	0,20	0,26	0,30	0,22	0,35	0,37	0,49	0,41	0,44

Отже, враховуючи все вище зазначене та дані в таблиці 3.6, оберемо значення коефіцієнта використання світлового потоку η для кожної із кімнат квартирнього приміщення, тобто отримаємо такі результати:

- спальна кімната $\eta = 0,45$;
- лоджія $\eta = 0,25$;
- вітальня $\eta = 0,47$;
- кухня $\eta = 0,38$;
- туалет $\eta = 0,25$;
- ванна кімната $\eta = 0,31$;

- гардеробна кімната $\eta = 0,25$;
- передпокій $\eta = 0,38$.

Отже, тепер можемо визначити сумарний світловий потік освітлювальної установки у конкретному приміщенні квартири:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_z \cdot z}{\eta}, \quad (3.7)$$

де:

Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, Лм;

E_n – нормоване значення освітленості, Лк;

S – площа освітлюваної поверхні, м² ;

k_z – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Враховуючі дані таблиць 3.1, 3.2 та 3.5 будемо мати наступні результати за формулою 3.7:

$$\Phi_{\Sigma \text{ спальна кімната}} = \frac{150 \cdot 13 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,45} = 4983 \text{ Лм ;}$$

$$\Phi_{\Sigma \text{ лоджія}} = \frac{50 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,25} = 437 \text{ Лм ;}$$

$$\Phi_{\Sigma \text{ вітальня}} = \frac{150 \cdot 15,2 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,47} = 5579 \text{ Лм ;}$$

$$\Phi_{\Sigma \text{ кухня}} = \frac{150 \cdot 7,8 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,38} = 1346 \text{ Лм ;}$$

$$\Phi_{\Sigma \text{туалет}} = \frac{50 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,25} = 276 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{ванна кімната}} = \frac{50 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,31} = 463 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{гардеробна кімната}} = \frac{50 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,25} = 184 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{передпокій}} = \frac{50 \cdot 6,6 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,38} = 999 \text{ Лм}.$$

3.3 Розрахунок кількості та вибір типу світильників кімнат квартирному приміщенню

Розрахунок оптимальної необхідної кількості світильників у кожній із кімнат квартири проведемо за формулою:

$$N^* = \frac{S}{L_{\max}^2}, \quad (3.8)$$

де:

N^* – кількість LED-світильників в кімнаті квартирному приміщенню, шт.;

S – площа освітлюваної поверхні, м^2 ;

$L_{\max}$ – максимальна допустима відстань між рядами світильників, м.

Отримаємо, що:

$$N^*_{\text{спальна кімната}} = \frac{13}{0,9^2} = 16 \text{ шт};$$

$$N^*_{\text{лоджія}} = \frac{1,9}{0,9^2} = 2 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{вітальня}} = \frac{15,2}{0,87^2} = 20 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{кухня}} = \frac{7,8}{0,8^2} = 12 ;$$

$$N^*_{\text{туалет}} = \frac{1,2}{0,8^2} = 2 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{ванна кімната}} = \frac{2,5}{0,74^2} = 5 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{гардеробна кімната}} = \frac{0,8}{0,5^2} = 3 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{передпокій}} = \frac{6,6}{0,75^2} = 12 \text{ шт .}$$

Далі скорегуємо число світильників та визначимо їх фактичну кількість, яка відповідає рівнокількісному розміщенню світильників у кожному ряді (тобто є величиною кратною кількості рядів).

$$N^*_{\text{ск.}} = \frac{N^*}{N_{p(\text{туалет})}} , \quad (3.9)$$

де:

$N^*_{\text{ск.}}$ – скорегована кількість LED-світильників в кімнаті квартирного приміщення у відповідності до розрахованої за формулою 3.3 кількості рядів, шт./ряд;

N^* – кількість LED-світильників в кімнаті квартирного приміщення, шт.;

N_p – кількість рядів світильників.

Будемо мати:

$$N_{\text{ск. спальна кімната}}^* = \frac{16}{3} = 5,3 \rightarrow \text{приймаємо 6 шт./ряд ;}$$

$$N_{\text{ск. лоджія}}^* = \frac{2}{1} = 2 \rightarrow \text{приймаємо 1 шт./ряд ;}$$

$$N_{\text{ск. вітальня}}^* = \frac{20}{4} = 5 \rightarrow \text{приймаємо 8 шт./ряд ;}$$

$$N_{\text{ск. кухня}}^* = \frac{12}{3} = 4 \rightarrow \text{приймаємо 6 шт./ряд ;}$$

$$N_{\text{ск. туалет}}^* = \frac{2}{1} = 2 \rightarrow \text{приймаємо 1 шт./ряд ;}$$

$$N_{\text{ск. ванна кімната}}^* = \frac{5}{2} = 2,5 \rightarrow \text{приймаємо 2 шт./ряд ;}$$

$$N_{\text{ск. гардеробна кімната}}^* = \frac{3}{1} = 3 \rightarrow \text{приймаємо 1 шт./ряд ;}$$

$$N_{\text{ск. передпокій}}^* = \frac{12}{2} = 6 \rightarrow \text{приймаємо 6 шт./ряд.}$$

Оскільки площа приміщень лоджії, туалету та гардеробної кімнати – невелика, то в них доцільно буде встановити по одному більш потужному світильнику замість більшої розрахованої кількості, яку отримали за формулою 3.9.

На рисунку 3.3 показано схему розташування точкових світильників із врахуванням проведених розрахунків, при яких ми визначили кількість рядів,

необхідну кількість світильників, а також відстань на якій світильники будуть розміщені один від одного в кожному ряду для кожної окремої кімнати квартирного приміщення у відповідності до завдання поставленого вихідними даними даного дипломного проекту.

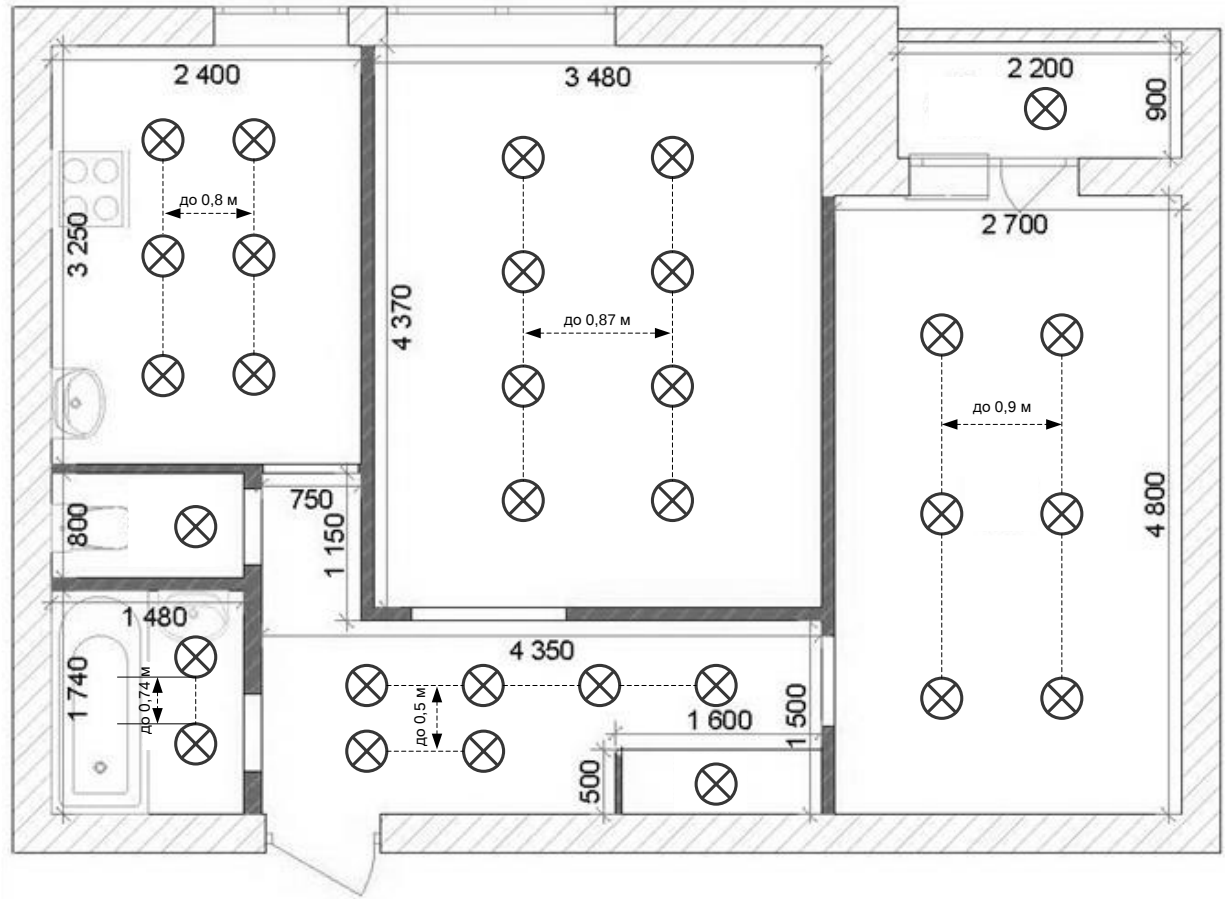


Рисунок 3.3 – Схема розташування точкових світильників квартирного приміщення із врахуванням проведених розрахунків

Тепер залишається вибрати тип світильників у відповідності до розрахованого сумарного значення світлового потоку за формулою 3.7. Для зручності вибір точкових світильників для кожної із кімнат зведемо до таблиці 3.7.

Однак, при виборі точкових світильників також слід враховувати, що:

$$\Phi_{\Sigma} \leq \Phi_{\Sigma \text{ виб. світ. }} \quad (3.10)$$

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.042.020.ПЗ

Аркуш

де:

Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, Лм;

$\Phi_{\Sigma \text{ виб. світ.}}$ – загальний світловий потік вибраних типів світильників в кімнаті квартирному приміщенні, Лм.

Таблиця 3.7 – Вибір типу світильників квартирному приміщенні

Назва кімнати квартирному приміщення	Розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні Φ_{Σ} , Лм	Тип обраного світильника, та його світловий потік, $\Phi_{\text{світильника}}$, Лм	Скорегована кількість світильників в кімнаті квартирному приміщення $N_{\text{ск.}}^*$, шт.	Загальний світловий потік вибраних типів світильників $\Phi_{\Sigma \text{ виб. світ.}}$, Лм
1	2	3	4	5
Спальна кімната	4983	 NOWODVORSKI $\Phi_{\text{світильника}} = 850 \text{ Лм}$	6	5100
Лоджія	437	 NOWODVORSKI $\Phi_{\text{світильника}} = 500 \text{ Лм}$	1	500
Вітальня	5579	 BIT S $\Phi_{\text{світильника}} = 700 \text{ Лм}$	8	5600
Кухня	1346	 ESTARES CLN-RT $\Phi_{\text{світильника}} = 300 \text{ Лм}$	6	1800

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5
Туалет	276	 AZZARDO $\Phi_{\text{світильника}} = 300 \text{ Лм}$	1	300

Ванна кімната	463	 AZZARDO $\Phi_{\text{світильника}} = 250 \text{ Лм}$	2	500
Гардеробна кімната	184	 JAZZWAY PPL-R $\Phi_{\text{світильника}} = 200 \text{ Лм}$	1	200
Передпокій	999	 JAZZWAY PPL-R $\Phi_{\text{світильника}} = 200 \text{ Лм}$	6	1200

3.4 Вибір типу датчиків освітленості та руху

Датчик освітленості (світловий датчик) – це пасивні пристрій, який перетворює світлову енергію видимої або інфрачервоної частини спектра у вихідний електричний сигнал.

Датчики світла більш відомі як фотоелектричні прилади або фотосенсиори, оскільки перетворюють світлову енергію (фотони) в електрику (електрони). Датчик світла генерує вихідний сигнал, що вказує на інтенсивність світла, вимірюючи енергію випромінювання, яке існує в дуже вузькому діапазоні частот, в основному таке випромінювання називається "світло", воно знаходиться в діапазоні частот від інфрачервоного до ультрафіолетового спектру (див. рис. 3.4).

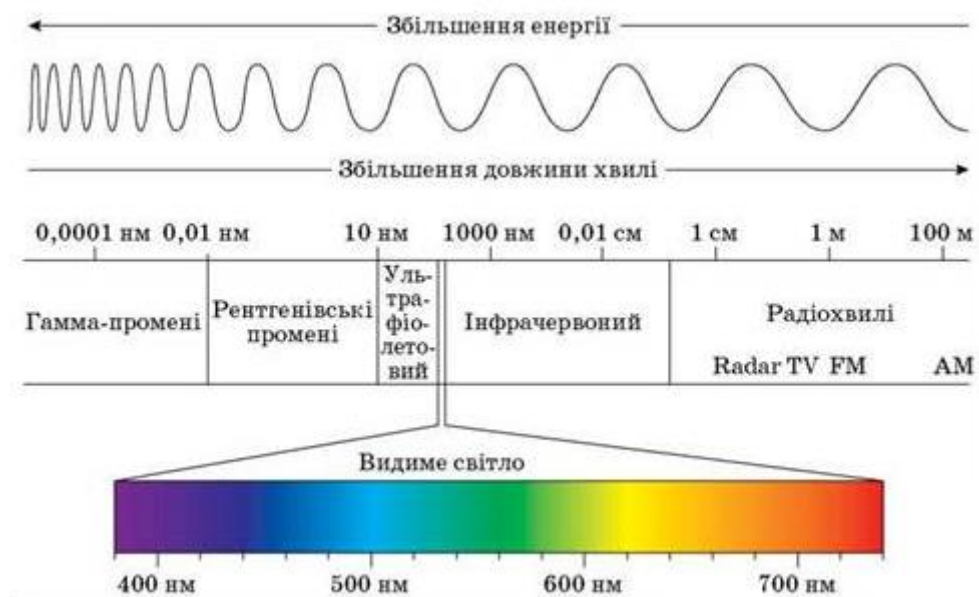


Рисунок 3.4 – Шкала електромагнітних хвиль

При розрахунку необхідної кількості датчиків освітленості для кімнат квартирного приміщення в основному враховують ту кількість кімнат, де є вікна, адже якщо в кімнату не потрапляє денне світло, то датчику немає на що реагувати і, як наслідок – він не зможе підвищувати або понижувати яскравість ламп, а тому для того, щоб визначити кількість датчиків освітленості скористаємось наступним виразом:

$$n_{\text{до}} = n_{\text{к. з вікн.}}, \quad (3.11)$$

де:

$n_{\text{до}}$ – кількість датчиків освітленості, шт.;

$n_{\text{к. з вікн.}}$ – кількість кімнат квартирного приміщення у яких є вікна.

Враховуючи вираз 3.10, а також план квартирного приміщення зображений на рисунку 3.1 маємо, вікна встановлені в наступних кімнатах:

- спальна кімната;
- вітальня;
- кухня.

Отже, приймаємо кількість датчиків освітленості рівною $n_{\text{до}} = 3$ шт.

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.042.020.ПЗ

Аркуш

53

На сьогоднішній день на ринку продажу України, існує досить великий вибір різнотипних датчиків освітленості, більшість з яких є не програмованими (тобто не мають можливості підключення до мікроконтролера), що не підходить для виконання поставлених задач дипломного проекту, бо наша система освітлення має бути адаптивною. Тому єдиним раціональним варіантом для нас є датчик освітленості, а точніше модуль освітленості побудований на мікросхемі LM393 (див. рис. 3.5).

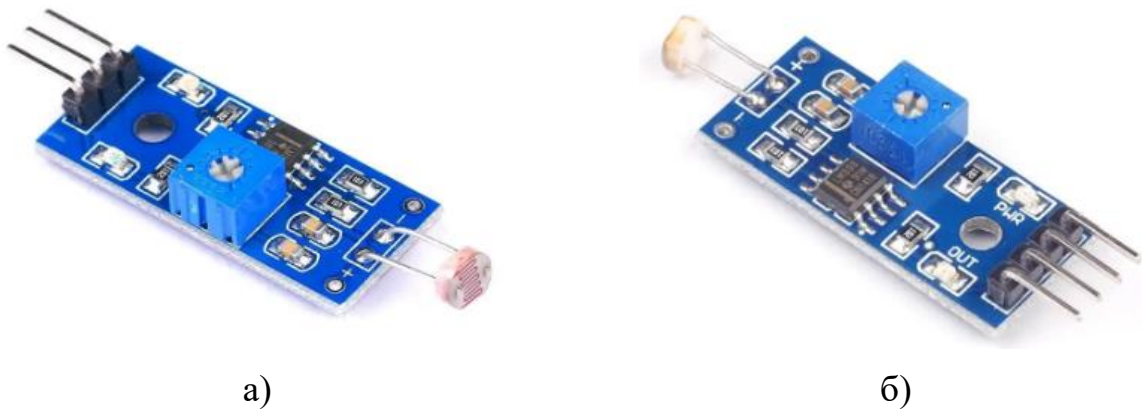


Рисунок 3.5 – Модуль освітленості LM393:

а) 3-контактний; б) 4-контактний

Модуль освітленості на LM393 використовується для вимірювання інтенсивності світла в різних системах освітлення. Вимірювання проводиться за допомогою світлочутливого елемента (фоторезистора), який змінює опір залежно від освітленості. Існує два типи модулів, візуально різниця полягає лише в кількості виводів (3-контактний та 4-контактний), додатковий вивід додано для прямого зчитування з фоторезистора (аналоговий вихід). У цих двох модулях вимірювання здійснюється за допомогою фоторезистора, який змінює напругу в ланцюзі залежно від кількості світла, що потрапляє на нього.

Освітлювальний модуль з чотирма виходами містить два вихідні контакти, аналоговий і цифровий, і два контакти для підключення живлення. Для зчитування аналогового сигналу передбачений окремий вивід «АО», з

якого можна зчитувати показники напруги від 0 В... 3,3 В або 5 В, залежно від використовуваного джерела живлення.

Залежно від рівня освітленості приміщення, вихідну чутливість модуля можна регулювати за допомогою поворотного потенціометра. Вихідний струм цифрового виходу здатний подавати більше 15 мА, що значно спрощує використання модуля і дає можливість використовувати його в обхід мікроконтролера і підключаючи його безпосередньо до входу одноканального реле або одного із входів двоканального реле.

Датчик руху (присутності) – це пристрій для виявлення руху в приміщенні, який використовується для виявлення присутності людини, а також, в нашому випадку, для автоматичного керування освітленням. Датчики руху використовують інфрачервону, ультразвукову, мікрохвильову або інші технології.

Головною характеристикою датчика руху є його кут виявлення і діапазон відстані на якій він спрацьовує. Тому вибирати такі датчики потрібно з широким кутом виявлення та якомога більшим радіусом відстані спрацювання. Визначають необхідну кількість датчиків руху за формулою:

$$n_{\text{др}} = \frac{S_{\text{пр}}}{r_{\text{др}}}, \quad (3.12)$$

де:

$n_{\text{др}}$ – кількість датчиків освітленості, шт.;

$S_{\text{пр}}$ – площа квартирного приміщення, м²;

$r_{\text{др}}$ – максимальний радіус відстань спрацювання датчика руху.

Однак, як виходить із вище сказаного, щоб розрахувати необхідну кількість датчиків, спершу потрібно вибрати його тип та модель виробника. Вибір типу самого датчика руху та його моделі виробника ми будемо проводити так само, як із датчиком освітленості, головним критерієм вибору буде можливість підключення до мікроконтролера, а також широкий кут

спрацювання та радіус дії, а тому оптимальним варіантом для вирішення наших задач буде датчик руху HC SR501 (див. рис. 3.6), яки задовольняє всі наші вимоги.



Рисунок 3.6 – Датчик руху HC SR501

Датчик руху HC SR501 також називається піроелектричним, пасивним інфрачервоним або інфрачервоним датчиком руху. Як показано на зображенні вище, це невеликі друковані плати розміром приблизно 1,2 x 0,9 дюйма з датчиком руху PIR, встановленим на лицьовій стороні та покритим білою лінзою Френеля, що підвищує ефективність лінзи і одночасно захищає її. Модуль датчика руху PIR реагує на зміну інфрачервоного випромінювання або тепла, яке генерується тілом людини або тварини під час руху. Коли піроелектричний датчик виявляє це явище, він посиляє вихідний сигнал, який далі обробляється мікросхемою BISS0001. BISS001 – це малопотужний, високоякісний та надійний чіп обробки сигналів PIR, який побудований за технологією CMOS.

До основних характеристик датчика HC SR501 відносять:

- широкий діапазон робочої напруги від 4,8 В до 20 В;
- низьке споживання енергії в режимі очікування лише 50 мкА та 65 мА у повністю активному режимі;
- висока надійність;
- регульована чутливість або відстань виявлення;

- можливість підключення до мікроконтролера, платформ Arduino чи Raspberry Pi;
- кут виявлення 120 градусів;
- радіус відстані спрацювання від 3 до 7 метрів.

Отже, визначимо за формулою 3.12 необхідну кількість датчиків руху HC SR501 для реалізації нашої системи адаптивного освітлення:

$$n_{\text{др (спальна кімната)}} = \frac{13}{7} = 2 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{др (лоджія)}} = \frac{1,9}{7} = 1 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{др (вітальня)}} = \frac{15,2}{7} = 2 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{др (кухня)}} = \frac{7,8}{7} = 1 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{др (туалет)}} = \frac{1,2}{7} = 1 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{др (ванна кімната)}} = \frac{2,5}{7} = 1 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{др (гардеробна кімната)}} = \frac{0,8}{7} = 1 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{др (передпокій)}} = \frac{6,6}{7} = 1 \text{ шт.}$$

3.5 Вибір типу зв'язку між елементами системи керування адаптивним освітленням

Існує декілька варіантів організації зв'язку між компонентами системи адаптивного керування освітленням, ці варіанти можна умовно розділити на два типи: дротове та бездротове з'єднання. Кожен тип з'єднання має свої переваги та недоліки, тому вибір з'єднання залежить від типу та призначення системи.

До провідного з'єднання відноситься стандарт RS-485 (див. рис. 3.7) – це стандарт передачі даних двопровідним напівдуплексним багатоточковим послідовним каналом зв'язку за допомогою витой пари. Мережа RS-485 може бути налаштована двома способами, "двопровідним" або "чотирипровідним". У "двопровідній" мережі передавач і приймач кожного пристрою з'єднані в виту пару. "Чотирипровідні" мережі мають один головний порт з передавачем, підключеним до кожного з "ведених" приймачів на одній витій парі, а всі "підлеглі" передавачі підключені до "ведучого" приймача на другій витій парі. У будь-якій конфігурації пристрої можуть бути адресованими, що дозволяє комунікувати кожен вузол самостійно.



Рисунок 3.7 – Провідне з'єднання стандарту RS-485

До переваг дротового з'єднання можна віднести захищеність від шумів, завадостійкість, порівняно меншу кількість помилок при передачі сигналу,

більшу швидкість передачі, стабільність та безпеку роботи. Недоліком систем, які базуються на дротовому з'єднанні є те, що дротове з'єднання не ефективно при передачі сигналу на відстані, так як через внутрішній опір кабелю сигнал буде частково втрачатися.

Бездротове (безпроводне) з'єднання в системах адаптивного контролю можна організувати за допомогою радіозв'язку.

Для встановлення радіозв'язку між модулями системи адаптивного освітлення найкраще підходить радіо модуль nRF24L01 або його аналоги. nRF24L01 – це однокіпковий радіоприймач для діапазону частот ISM 2,4 - 2,5 ГГц (див. рис. 3.8).

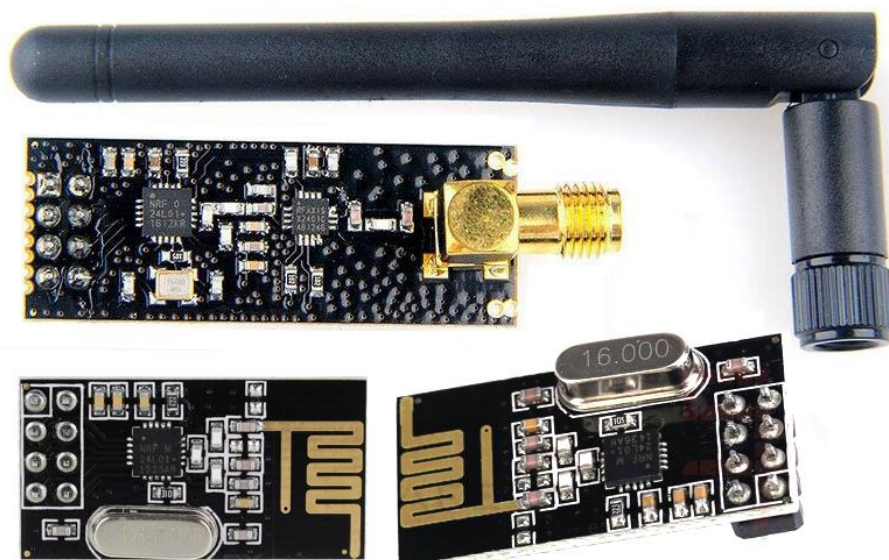


Рисунок 3.8 – Радіо модуль nRF24L01

Трансивер складається з повністю інтегрованого синтезатора частоти, підсилювача потужності, кристалічного генератора, демодулятора, модулятора та вдосконаленого механізму протоколу ShockBurst. Вихідна потужність, частотні канали та налаштування протоколу легко програмується через інтерфейс SPI. Вбудовані режими відключення та очікування дозволяють легко реалізувати економію енергії. За допомогою такого радіоприймача можна створити радіомережу будь-якої архітектури (шина, зірка, mesh).

Основною перевагою використання бездротового з'єднання є простота підключення та монтажу компонентів системи, так як вони можуть бути встановлені на відстані один від одного і підтримувати зв'язок без втрати сигналу через опір дроту.

Аналізуючи вище сказане у цьому підрозділі, приймемо рішення на користь бездротового з'єднання на базі модуля nRF24L01, бо датчики руху та освітленості в нашій системі будуть розміщені не в одному місці, а по різних кімнатах квартири, а тому його переваги над дротовими варіантами, у нашому випадку, мають місце.

3.6 Розробка структурної схеми та алгоритму роботи системи адаптивного освітлення квартирному приміщенню

Систему керування адаптивним освітленням, яка буде реалізована в даному дипломному проекті можна умовно поділити на 2 рівні: високий та низький.

На низькому рівні будуть розміщені датчики, які використовуються в системі та виконавчий модуль. В якості виконавчого модуля для таких завдань буде використане звичайне електромеханічне реле.

Датчик освітлення LM393 – це простий фоторезисторний датчик світла, який має як аналогові, так і цифрові виходи. Цифровий вихід має регулюючий потенціометр, за допомогою якого можна встановити рівень тригерного освітлення. Паралельно з ним спрацьовує датчик руху HC SR501, за умови присутності людини в зоні освітлення данні з датчиків передаються за допомогою радіо модулів до високого рівня системи освітлення, на якому приймається рішення про наступні дії стосовно керування освітленням в кімнатах квартирному приміщенню.

Стосовно прототипу плат керування освітленістю в квартирному приміщенні, які детально описані в підрозділі 1.3 даного дипломного проекту, то для реалізації нашої системи адаптивного освітлення оберемо

плату Arduino Nano, адже в неї простий та доступний інтерфейс, її легко запрограмувати навіть в домашніх умовах і вона є багатофункціональною у порівнянні з іншими розглянутими можливостями для реалізації системи адаптованого освітлення, яка розробляється.

На рисунку 3.9 показано фрагмент структурної схеми адаптивного керування освітленням квартирної приміщення, яка розробляється в даному дипломному проекті. Повна ж структурна схема представлена на першому аркуші графічної частини даного дипломного проекту.

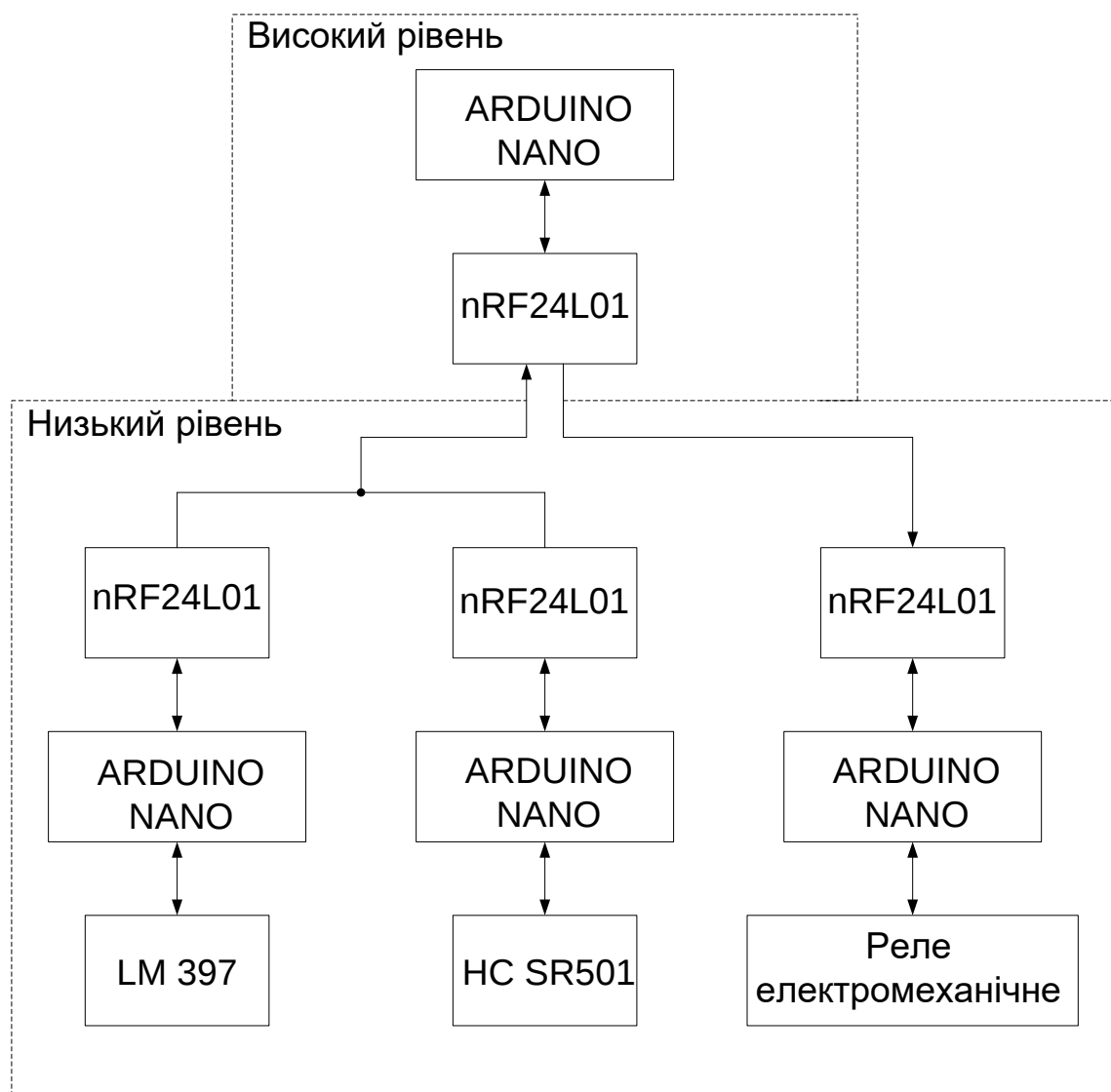


Рисунок 3.9 – Фрагмент структурної схеми адаптивного керування освітленням квартирної приміщення

На рисунку 3.10 наведено алгоритм роботи розробленої системи адаптивного керування освітленням квартирної приміщення.

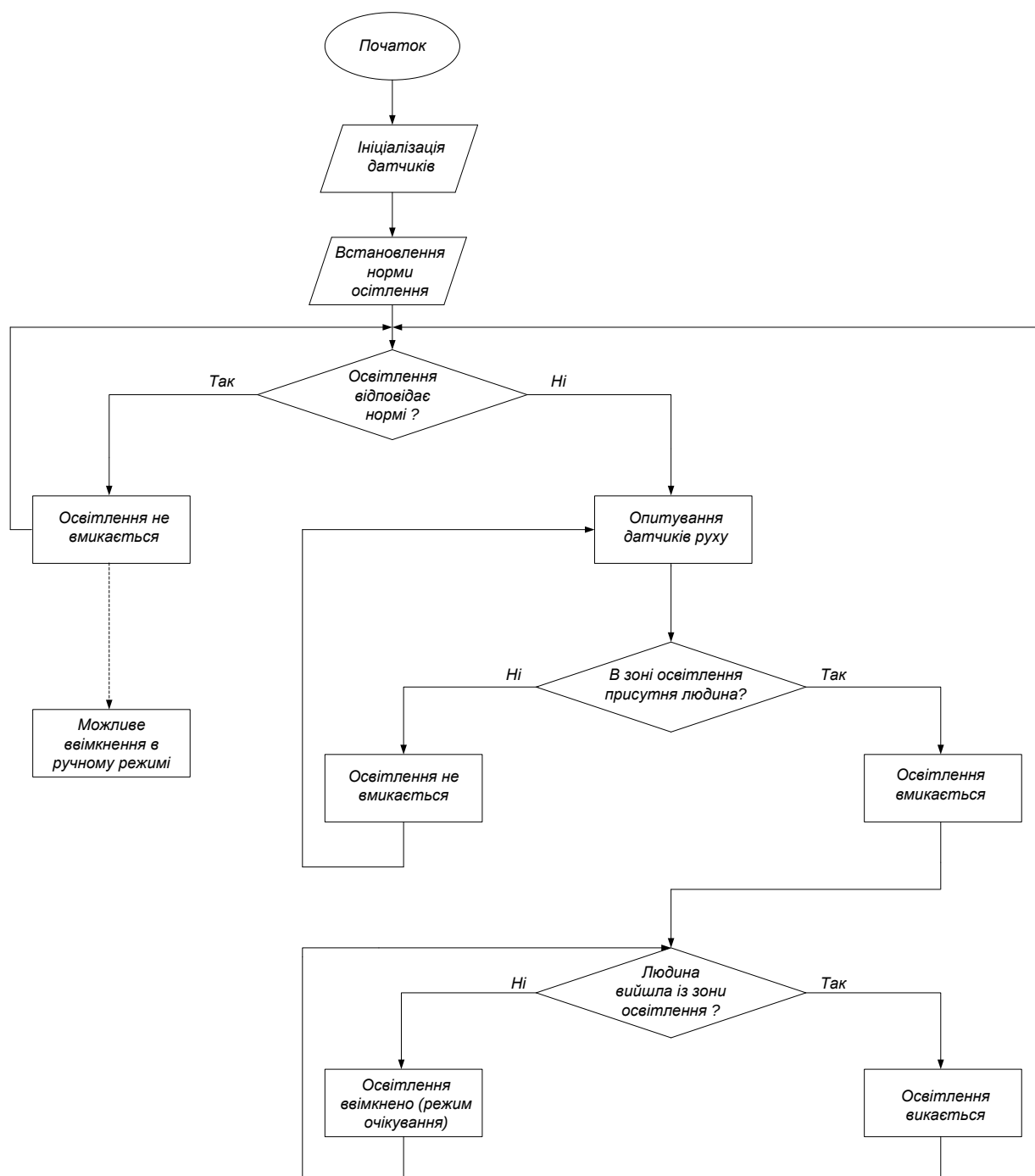


Рисунок 3.10 – Алгоритм роботи розробленої системи адаптивного освітлення квартирної приміщення

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок капітальних витрат на встановлення розробленої системи адаптивного освітлення

В даному дипломному проєкті було розроблено систему адаптивного освітлення квартирної приміщення на базі сучасних LED-технологій. Тому, у цьому контексті, необхідно визначити капітальні та експлуатаційні витрати на впровадження такої системи, розрахувати термін окупності та провести оцінку її економічної ефективності.

Важливо оцінити вартість усього обладнання та витрати на обслуговування елементів системи протягом усього терміну експлуатації (15 років). вартість обслуговування елементів системи адаптивного освітлення приймається на рівні 1% від вартості обладнання.

Аналіз кошторисних витрат повинен починатись із розрахунку загальної річної вартості системи адаптивного освітлення – ТАС (Total Annualized Cost) за формулою:

$$TAC = \frac{TLCC}{CPWF}, \quad (4.1)$$

де:

TLCC (Total Life Cycle Cost) – загальна вартість системи за період її експлуатації;

CPWF (Cumulative Present Worth Factor) – сукупний фактор реальної вартості.

					ДП.141.042.020.ПЗ					
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата						
Розробив	Поляков Т. М.				ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА			Лім.	Арк.	Аркуші
Перевір	Антипчук Б.О.							У	63	84
								ЖАТФК, Гр. Е-42		
Н. Контр.	Антипчук Б.О.									
Затв.	Лавріщев О.О.									

Капітальні витрати – це кошти, які призначені для створення і придбання основних фондів та нематеріальних активів, що підлягають амортизації. Вони необхідні для впровадження запропонованої системи та є одним з найважливіших показників, що застосовуються для економічної оцінки ефективності системи. У таблиці 4.1 наведено загальні капітальні витрати на впровадження системи адаптивного керування освітленням розробленої в даному дипломному проекті.

Таблиця 4.1 – Капітальні витрати проекту

№	Назва технічних матеріалів	кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Точкові LED-світильники				
1	NOWODVORSKI 850 Лм	6	1000	6000
2	NOWODVORSKI 500 Лм	1	760	760
3	BIT S 700 Лм	8	500	4000
4	ESTARES CLN-RT 300 Лм	6	250	1500
5	AZZARDO 300 Лм	1	330	330
6	AZZARDO 250 Лм	2	270	540
7	JAZZWAY PPL-R 200 Лм	7	250	1750
Датчики освітленості				
8	LM393	3	110	330
Датчики руху				
9	HC SR501	10	60	600
Радіо модулі				
10	nRF24L01	22	31,8	700
Прототипи плат керування				
11	Arduino Nano	22	125,4	2760
Всього по системі:				
Всього загальна вартість				19270

Витрати на монтажну-налагоджувальні роботи будемо визначати за формулою:

$$K_{MH} = \sum (C_i \cdot a \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{CM} \cdot K_{PP}, \quad (4.2)$$

де:

C_i – чисельність працівників і-го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт;

a – годинна тарифна ставка і-го розряду, грн;

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, год.;

$K_D = 1,1 \dots 1,5$ – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{CM} = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи;

$K_{PP} = 1,1 \dots 1,5$ – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Витрати на монтажно-налагоджувальні роботи будемо визначати відповідно до основних договірних цін і розцінок промислової групи компаній «Xilinx», яка займається монтажем та налагодженням систем адаптивного освітлення. Отже отримаємо, що:

$$K_{MH} = 2 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 4251 \text{ грн.}$$

Транспортні витрати визначаються відповідно до тарифів перевізника ТОВ «Car and Bus», маси вантажу та відстані до складу постачальника. Згідно із розрахунками перевізника, доставка 6 вантажних місць загальною масою до 70 кг складе 925 грн.

Отже, визначимо капітальні витрати на систему адаптивного освітлення на базі LED-технологій за формулою:

$$K = K_{OB} + K_{TP} + K_{MH}, \quad (4.3)$$

де:

K_{OB} – вартість устаткування по зведенню витрат (без ПДВ), грн.;

K_{TP} – транспортно-заготівельні й складські витрати, грн.;

K_{MH} – витрати на монтаж і налагодження встаткування, грн.

Будемо мати, що:

$$K = 19270 + 4251 + 925 = 24446 \text{ грн.}$$

Отже бачимо, що капітальні витрати на нашу розроблену систему адаптивного освітлення становлять 24446 грн.

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на встановлення системи адаптивного освітлення

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування прогнозованого об'єкта за певний період, виражені в грошовому еквіваленті. Основними статтями експлуатаційних витрат для електроустановок є наступні:

- амортизаційні відрахування (C_a);
- вартість спожитої електроенергії (C_e);
- основна й додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу та відрахування на соціальні заходи (C_z);
- витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування (C_T);
- інші витрати (C_{in}).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати по розробленій системі адаптивного освітлення на базі LED-технологій становлять:

$$C = C_a + C_e + C_z + C_T + C_{in} . \quad (4.4)$$

Система адаптивного освітлення, розроблена в цьому проекті, повністю автономна і не вимагає постійної присутності операторів або обслуговуючого персоналу, а тому статті витрат C_z та C_{in} дорівнюють нулю.

Амортизаційні відрахування нараховується виходячи із тривалості часу використання розробленої системи, очікуваного економічного прибутку, її якісних технічних характеристик, фізичного зносу, а також інших факторів,

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

які можуть вплинути на можливість використання. Термін якісного використання впроваджуваного обладнання нашої системи становить 15 років. Норма амортизації при прямолінійному методі є сталою протягом всього амортизаційного періоду. Вона визначається за формулою:

$$H_a = \frac{\Phi_n}{\Phi_n \cdot T_n} \cdot 100\%, \quad (4.5)$$

де:

T_n – час якісного використання системи (амортизаційний період);

Φ_n – початкова ціна системи, грн.;

Отже, будемо матимемо, що:

$$H_a = \frac{24446}{24446 \cdot 15} \cdot 100\% = 6,7 \, \%. \quad (4.6)$$

Річні амортизаційні відрахування для розробленої системи визначимо за формулою:

$$C_a = \frac{\Phi_n \cdot H_a}{100}, \quad (4.6)$$

де:

Φ_n – початкова ціна системи, грн.;

H_a – норма амортизації, %.

Отримаємо, що:

$$C_a = \frac{24446 \cdot 6,7}{100} = 1638 \text{ грн.}$$

Тепер слід визначити річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт. Щорічні витрати на технічне обслуговування та ремонт включають витрати на матеріали, запасні частини та заробітну плату ремонтних робітників і дорівнюють 1% від капітальних витрат:

$$C_T = 0,01 \cdot K, \quad (4.7)$$

де:

C_T – витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування, грн.;

K – капітальні витрати на систему інфрачервоного опалення та її систему резервного, грн.

Отримаємо:

$$C_T = 0,01 \cdot 24446 = 244,5 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати по розробленій системі адаптивного освітлення визначимо за формулою 4.4, вони становлять :

$$C_{\text{ІЧ сист.оп.}} = 1638 + 0 + 0 + 244,5 = 1882,5 \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок терміну окупності розробленої системи адаптивного освітлення

В даному підрозділі дипломного проекту проведемо оцінку доцільності використання розробленої системи адаптивного освітлення визначивши її термін окупності. Для цього порівняємо споживання електричної енергії нашої розробленої адаптивної системи освітлення із звичайною стандартною системою освітлення на лампах розжарення, яка була встановлена в

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

квартирному приміщенні раніше. Порівняльна характеристика обох типів освітлення показана в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Порівняльна характеристика типів систем освітлення

Типи системи освітлення	Стандартна система освітлення	Система адаптивного LED-освітлення
Тип освітлювальної лампи	Лампа розжарення	LED-лампа
Кількість світильників	8 шт.	31 шт.
Кількість ламп	23 шт.	31 шт.
Режим роботи (годин на добу)	8 год./доб.	8 год./доб.
Режим роботи (годин на добу) за наявності адаптивного керування	-----	4 – 6 год./доб.
Режим роботи (днів)	365 днів	365 днів
Середня потужність лампи системи освітлення, Вт	75 Вт	6,5 Вт
Потужність системи освітлення, кВт	1,725	0,202
Тариф на електроенергію грн/кВт·год.	1,44 грн/кВт·год.	1,44 грн/кВт·год.

Спочатку слід визначити економічний прибуток, який ми отримаємо при заміні стандартної системи освітлення на розроблену систему адаптивного LED-освітлення в квартирі. Для цього проведемо розрахунок електричної потужності, яку споживають обидві системи за добу:

$$P_{\text{СОдоба}} = P_{\text{СО}} \cdot n_{\text{год}} , \quad (4.8)$$

де:

$P_{\text{СОдоба}}$ – електрична потужність споживання системи освітлення за добу, кВт/год;

$P_{\text{СО}}$ – електрична потужність споживання системи освітлення, кВт;

$n_{\text{год.}}$ – кількість робочих годин на добу, год.

Отримаємо, що:

$$P_{\text{СОдоба стандарт. сист.}} = 1,725 \cdot 8 = 13,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} ;$$

$$P_{\text{СОдоба LED-сис. АО}} = 0,202 \cdot 4 = 0,808 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (4.8)$$

Далі визначимо потужність, яку споживають обидві системи за рік:

$$P_{\text{СОрік}} = P_{\text{СОдоба}} \cdot n_{\text{роб.днів}}, \quad (4.9)$$

де:

$P_{\text{СОрік}}$ – електрична потужність споживання системи освітлення за рік, кВт/год;

$P_{\text{СОдоба}}$ – електрична потужність споживання системи освітлення за добу, кВт/год;

$n_{\text{роб.днів}}$ – кількість робочих днів системи освітлення на рік.

Отримаємо, що:

$$P_{\text{СОрік станд. сис.}} = 13,8 \cdot 365 = 5037 \text{ кВт} \cdot \text{год.};$$

$$P_{\text{СОрік LED-сис. АО}} = 0,808 \cdot 365 = 294,92 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Тепер визначимо суму в грн. за рік, яку необхідно витрати на оплату споживаної електричної енергії обох систем:

$$M_{\text{т.СО}} = E_{\text{о.п.}} \cdot P_{\text{СОрік}}, \quad (4.10)$$

де:

$M_{\text{т.СО}}$ – річні витрати на споживання електроенергії при використанні системи освітлення, грн.;

$E_{\text{о.п.}}$ – тарифна ставка за електроенергію, грн/кВт·год.

На поточний 2024 р., тарифна ставка за спожиту електроенергії становить 2,64 грн/кВт·год.

Отримаємо, що:

$$M_{\text{т.СО стандарт. сис.}} = 2,64 \cdot 5037 = 13297,68 \text{ грн.};$$

$$M_{\text{т.СО LED-сис. АО}} = 2,64 \cdot 294,92 = 778,58 \text{ грн.}$$

Отже, прибуток при використанні розробленої системи адаптивного освітлення на базі LED-технологій визначимо за формулою:

$$Y = M_{\text{т.СО стандарт. сис.}} - M_{\text{т.СО LED-сис. АО}} \quad (4.11)$$

Будемо мати, що:

$$Y = 13297,68 - 778,58 = 12519,1 \text{ грн.}$$

Далі визначимо термін окупності розробленої системи адаптивного освітлення квартирному приміщенні на базі LED-технологій за формулою:

$$T = K/Y, \quad (4.12)$$

де:

K – капітальні витрати на систему, грн.;

Y – річний прибуток системи, грн.

Отримаємо, що:

$$T = 24446/12519,1 = 1,9 \text{ роки.}$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Заходи безпеки в електроустановках напругою до 1000 В

На даний час ураження електричним струмом зі смертельним наслідком становить до 3% від загального числа нещасних випадків. Широке використання електричної енергії в усіх галузях промисловості і побуті обумовлює значну небезпеку ураження людини електричним струмом. Аналіз показує, що кількість електротравм в промисловості становить 0,5-1%, проте, дуже високий відсоток летального результату – 15-20%, при чому, до 80-85% електротравм зі смертельними наслідками відбувається в мережах з напругою до 1000 В.

В процесі обслуговування електричних установок напругою до 1000 В необхідно виконувати профілактичні ремонти, випробування ізоляції електричних машин, апаратів, кабелів, внутрішніх електромереж, налаштування електроприводів, релейного захисту і інших профілактичних операцій. Також сюди входить проведення невеликих за об'ємом робіт щодо попередження і ліквідації аварій і незначних несправностей.

Роботи, що виконуються в діючих електричних установках, стосовно до заходів безпеки можна розділити на три категорії:

- роботи, де передбачено зняття напруги;
- роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах;
- роботи без зняття напруги віддалені від струмопровідних частин, які знаходяться під напругою.

До основних видів можливих травм під час електромонтажних робіт належать:

- удари, пошкодження тканин обертовими деталями приладів;

					ДП.141.042.020.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Поляков Т.М.			ОХОРОНА ПРАЦІ		
Перевір		Антипчук Б.О.					
Н. Контр.		Антипчук Б.О.					
Затв.		Лавріщев О.О.					
						Літ.	Арк.
						У	72
							84
						ЖАТФК, Гр. Е-42	

- електричні опіки в результаті прямого або дугового контакту тіла з джерелом струму;
- травми слизової оболонки очей від попаданняпилу і дрібної стружки під час свердління;
- проблеми з легеннями при попаданні в них пилу від деяких композитних матеріалів.

Уникнути перерахованого можна тільки завдяки неухильному дотриманню правил охорони праці. Нижче наведені основні правила, при дотриманні яких монтаж, заміна, наладка електроприладів будь-якої складності пройде без неприємних ексцесів.

В першу чергу звернемо увагу на вимоги до робочого одягу:

- одяг не повинен бути занадто вільним, щоб не торкатися частин механізмів, що рухаються;
- обов'язково використання захисних окулярів з небитким склом і рукавиць;
- при необхідності використання респіратора і засобів захисту органів слуху;
- при роботі без зняття напруги в електроустановках напругою до 1000 В або поблизу них необхідні діелектричні калоші.

Роботи, де передбачено зняття напруги, проводяться в електроустановках, в яких з усіх струмопровідних частин відключена напруга.

Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах – це такі роботи, при яких потрібно застосовувати технічні або організаційні заходи з метою запобігання можливого наближення до струмопровідних частин на небезпечній відстані, а також роботи на струмопровідних частинах, які передбачають їх виконання за допомогою ізолюючих захисних засобів і інструментів.

Роботи без зняття напруги віддалені від струмопровідних частин, які знаходяться під напругою – це такі види робіт, які можна виконувати, коли повністю виключена випадкова можливість наближення та використання ремонтного оснащення до струмопровідних частин на небезпечну відстань. При

цьому не вимагається застосування організаційних і технічних заходів з метою запобігання такому наближенню.

Перед початком виконання ремонтних або налагоджувальних робіт, а також в процесі їх проведення, відповідальні особи та виконавці цих робіт повинні дотримуватись технічних і організаційних заходів з метою забезпечення безпеки персоналу. Зокрема, до технічних заходів відноситься відключення установки з проведенням заходів, де виключена помилкова подача напруги до місця виконання робіт, встановлення огорож з вивішуванням спеціальних плакатів, виконання перевірки відсутності напруги та встановлення заземлення.

При виконанні пусконалагоджувальних та монтажних робіт будь-якої складності дозволено застосовувати тільки справний інструмент. Ручний інструмент не повинен мати відколів, тріщин, вибоїн, задирок і щербин в місці захоплення рукою і на потиличній частині ручок. Рукоятки кувалд і молотків мають бути заклинені клинами.

Роботи під напругою до 1000 В дозволено проводити інструментом з ізольованими рукоятками, виконаними у вигляді чохлаві або незнімного покриття з волого та масло-бензостійкого електроізоляційного матеріалу. Довжина ізоляції рукояток повинна бути не менше 100 мм, а ізоляція викруток закінчуватися на відстані не більше 10 мм від кінця леза.

5.2 Перша допомога при ураженні електричним струмом

Широке застосування електроенергії вимагає правильного поводження з нею, оскільки порушення правил електробезпеки може призвести до важкої і навіть смертельної травми. Установлено, що при напрузі 42 В електричний струм, який проходить через тіло людини, є безпечним. Напруга вище 50 В викликає тепловий і електролітичний ефект.

Найчастіше ураження виникає внаслідок невиконання техніки безпеки при роботі з електричними приладами як у побуті, так і на виробництві.

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Перша допомога при ураженні електричним струмом виконується в два етапи: це звільнення потерпілого від дії струму та надання першої медичної допомоги.

Отже, в першу чергу необхідно знеструмити обладнання або провід, які стали причиною ураження людини струмом. Підходять для цього всі способи: вимкнути рубильник, вивернути або вимкнути пробки на електричному щитку, припинити подачу живлення роз'єднанням найближчого штепсельного роз'єму.

У разі неможливості припинення подачі електричного струму штатними засобами, необхідно перерубати окремо кабелі живлення, використовуючи будь-які ріжучі предмети з ізольованими рукоятками.

Якщо ж і це зробити немає можливості, потерпілого необхідно відтягнути від електричної установки або скинути з нього провід за допомогою будь-якого предмету, який не проводить струм. При цьому важливо захистити себе від впливу електричного струму, надівши на руки гумові рукавички або обмотавши їх сухою тканиною. На ноги бажано одягнути гумове взуття, у разі його відсутності підкласти під ноги гумовий килимок, суху дошку або згорнутий сухий одяг. Відтягувати потерпілого слід за краї одягу, уникаючи контакту з відкритими ділянками його тіла. Після цього потрібно надати потерпілому першу медичну допомогу.

Відразу ж, протягом 10-20 секунд, необхідно визначити ступінь ураження людини електричним струмом. Поклавши потерпілого на спину і розстебнувши одяг, що утруднює дихання, потрібно перевірити наявність у нього пульсу на шії в районі сонної артерії або на променевій артерії в області зап'ястя, переконатися у присутності дихання з підйому і опускання грудної клітини, перевірити кровообіг мозку по наявності рефлекторної реакції звуження зіниці ока при попаданні на нього яскравого світла.

Якщо потерпілий перебуває у свідомості, однак тривалий час піддавався впливу електричного струму або ж отямився після непритомності, йому потрібно забезпечити спокій з подальшим спостереженням за ним на протязі 3 – 4 годин, але все ж таки краще викликати бригаду швидкої медичної допомоги.

Можна дати йому теплий чай, 20 крапель валеріанової настоянки і тепло вкрити ковдрою.

У разі погіршення стану потерпілого, при появі серцевої недостатності, частому переривчастому диханні, зблідненні шкірних покривів, необхідно без зволікання приступати до виконання штучного дихання і масажу серця.

Заборонено припиняти виконання реанімаційних заходів до прибуття лікаря, їх необхідно продовжувати і в тому випадку, коли у постраждалого геть відсутні всі ознаки життя.

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті було розроблено систему адаптивного освітлення квартирного приміщення на базі LED-технологій.

В ході виконання даного дипломного проекту було проведено детальний аналіз існуючих можливих технічних рішень та сучасних технологій для реалізації систем адаптивного освітлення, проаналізовано типи джерел світла і доведено, що світлодіодні лампи (LED-лампи) мають найкращі енергетичні та світлові характеристики порівняно з іншими типами ламп, які можуть бути встановлені в квартирах, зокрема, з люмінесцентними лампами та лампами розжарювання.

Також в дипломному проекті було повністю проведено світлотехнічний розрахунок системи адаптивного освітлення, в ході якого було визначено необхідну кількість LED-світильників, їх типи та моделі у відповідності до визначених значень світлового потоку у кожній із кімнат квартирного приміщення. Визначено необхідну кількість, тип і модель датчиків освітленості та руху для реалізації розроблюваної системи, а також обґрунтовано вибір прототипу плати керування системою освітлення на мікроконтролері.

З огляду на розрахунок економічної ефективності розробленої системи адаптивного освітлення, термін її окупності становить 1,9 роки, тобто можна стверджувати, що система є економічно вигідною при тривалому її використанні.

					ДП.141.042.020.ПЗ						
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата							
Розробив	Поляков Т.М.				ВИСНОВКИ				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір	Антипчук Б.О.								У	77	84
									ЖАТФК, Гр. Е-42		
Н. Контр.	Антипчук Б.О.										
Затв.	Лавріщев О.О.										

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрійчук В. А. Світлотехніка й електротехніка: історія, проблеми й перспективи. Праці II міжнародної науково-технічної конференції, приуроченої 160-річчю видатного українського фізика, піонера в галузі світлотехніки і електротехніки професора Івана Пулюя. Тернопіль, 2005. 170с.
2. Природне і штучне освітлення. Технічні норми. ДБН В.2.5-28:2018 (Чинні з 28.02.2019). К., 2018. 33с.
3. Іоффе К. І., Черкашина О. Л. Конспект лекцій з дисципліни «Системи керування світлотехнічними пристроями». Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 56с.
4. Бомчик О. С, Парамуд Я. С. Комп'ютерна система управління багатоканальними освітлювальними пристроями. Львів, 2018. 24 с.
5. Електротехніка у будівництві : навч. посібник / А. Є. Ачкасов, В. А. Лушкін, В. М. Охріменко [та ін.]. Харків : ХНАМГ, 2009. 363 с.
6. Напівпровідникові прилади : підручник / Л. Д. Васильєва, Б. І. Медведенко, Ю. І. Якименко . К. : Кондор, 2008. 556 с.
7. Єгорова О. Ю. Перспективи використання світла (діодних джерел світла) / О. Ю. Єгорова, О. О. Аблецов. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил*. 2010. Вип. 3. С. 152—156.
8. Довідникова книга для проектування електричного освітлення. 2-е вид. / Г. М. Кноррінг, Н. М. Фадін, В. Н. Сидоров. Спб : Енергоатомвид, 1992. 448 с.

					<i>ДП.141.042.020.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Поляков Т.М.			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ		
Перевір		Антипчук Б.О.					
Н. Контр.		Антипчук Б.О.					
Затв.		Лавріщев О.О.					
						Літ.	Арк.
						У	78
						Аркушів	
						84	
						ЖАТФК, Гр. Е-42	

9. Енергоефективні світлодіодні освітлювальні системи : монографія / З. Готра, В. Корнага, В. Мартіросова, Г. Нікітський, І. Пастух, А. Рибалочка, В. Сорокін, В. Щиренко ; ред. В. Сорокін ; НАН України, Ін-т фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова, Нац. ун-т «Львівська політехніка», НАМН України, Ін-т медицини праці. Київ : Авіцена, 2016. 334 с.
10. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков [та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіровоград. нац. техн. ун-т. Черкаси : Чабаненко Ю., 2015. 316 с.
11. Пилипчук Р. В. Проблема енергозбереження в освітлювальних установках / Р. В. Пилипчук, Р. Ю. Яремчук. Світлолюкс. 2003. № 2. С. 10-13.
12. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. ДСН 3.3.6.042-99. Постанова Гол. Держ. сан. лікаря України від 01.12.1999 № 42
13. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ. Розділ 6: Електричне освітлення. Київ : Мін-во енергетики та вугільної пром. України, 2017. 617 с.
14. Основи охорони праці : підручник для студентів вищ. навч. закладів / за ред. М. П. Гандзюка. К. : Каравела, 2003. 408 с.
15. Березюк О. В., Є. Г. Креготень. Перспективність використання світлодіодних ламп для освітлення виробничих приміщень. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/3416>

Познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<i>Напівпровідникові елементи</i>		
VD1, VD4	світлодіод «LED»	2	червоний
VD2	світлодіод «LED»	1	зелений
VD3	SD101CWS	1	діод Шотткі
VD5	1N4007	1	
	<i>Інтегральні мікросхеми</i>		
IC1	Atmega328	1	
IC2	CH340G	1	
IC3	NCP1117ST25T3G	1	
IC4	BISS0001	1	
IC5	7133-1	1	
	<i>Конденсатори</i>		
C1, C7	4,7 мкФ	2	полярний
C2 – C6	0,1 мкФ	5	
C8	22 мкФ	1	полярний
C9 – C11	100 нФ	3	
C12	1000 нФ	1	
C13, C15	100 нФ	2	
C14, C17	47 мкФ	2	полярний
C16	0,1 мкФ	1	
C19	100 нФ	1	
	<i>Кварцові резонатори</i>		
CR1, CR2	16 МГц	2	
	<i>Резистори</i>		
R1, R2	330 Ом	2	
R3 – R5	1 кОм	3	
R6, R10	1 МОм	2	
R7, R12	1 МОм	2	змінний

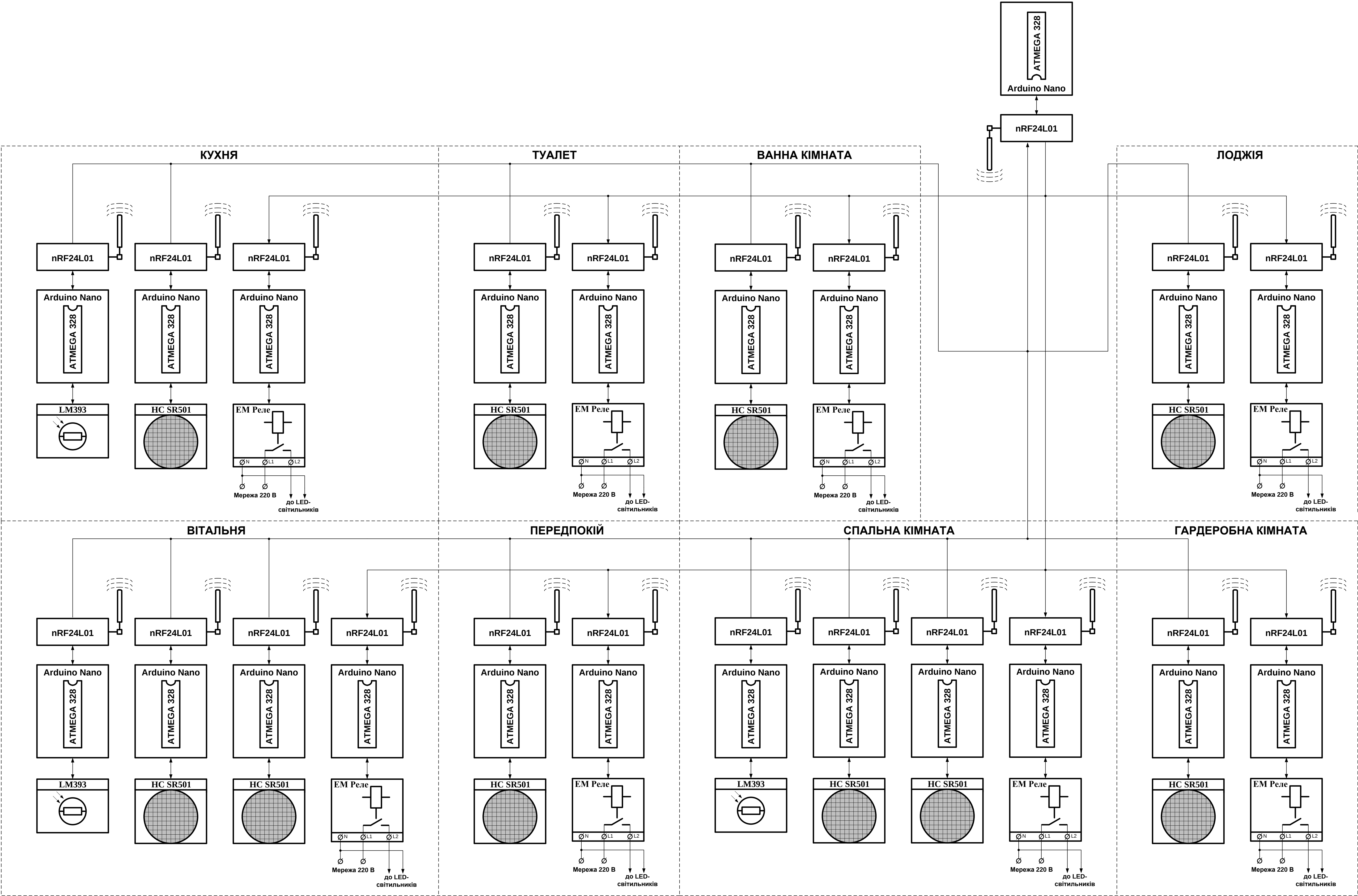
					ДП.141.042.020.ПЗ				
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Поляков Т.М.				Схема електрична принципова. Підключення датчика руху HC SR501 до контролера Arduino Nano. (ДОДАТОК Б)		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір	Антипчук Б.О.						У	81	84
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						ЖАТФК, Гр. Е-42		
Затв.	Лавріщев О.О.								

[illegible]

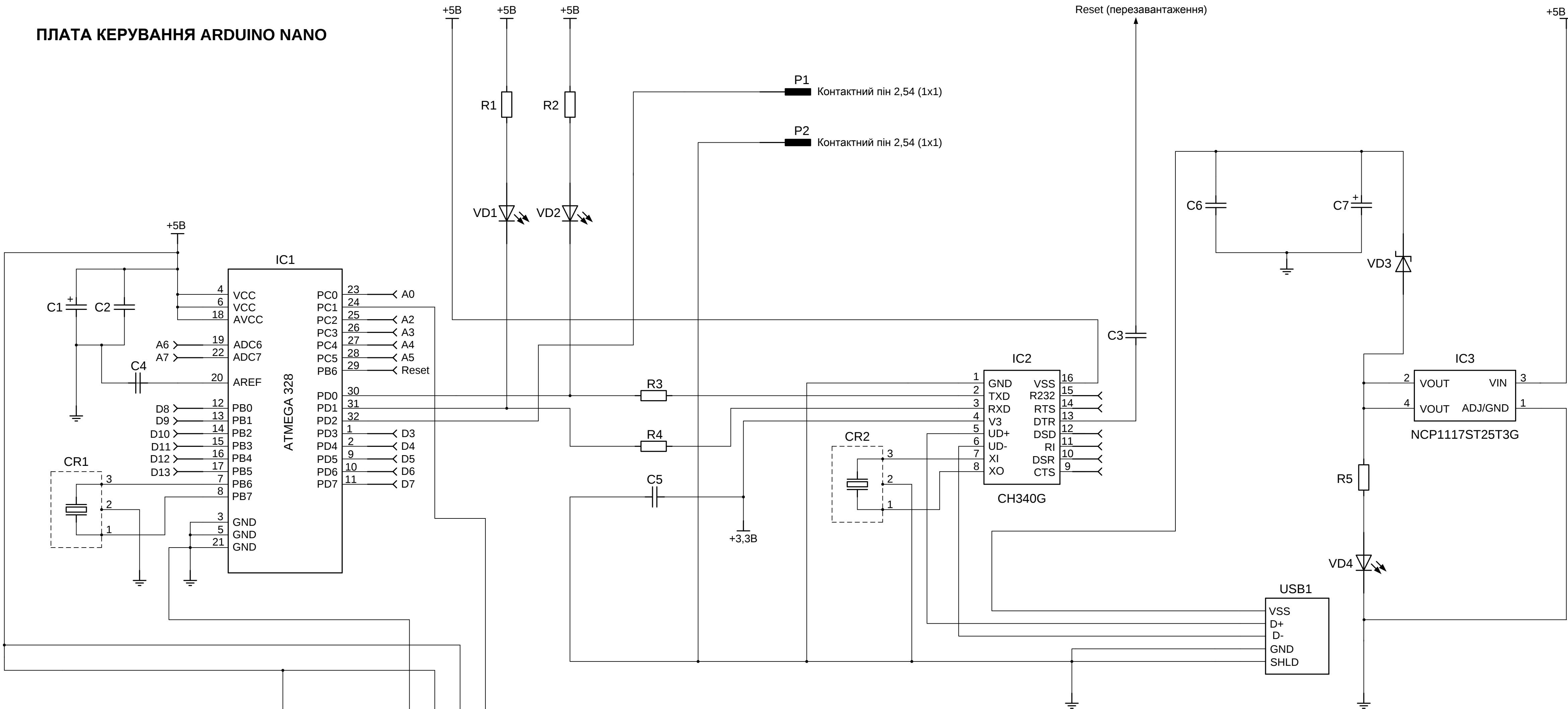
Познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<i>Напівпровідникові елементи</i>		
VD1, VD4	світлодіод «LED»	2	червоний
VD2	світлодіод «LED»	1	зелений
VD3	SD101CWS	1	діод Шотткі
	<i>Інтегральні мікросхеми</i>		
IC1	Atmega328	1	
IC2	CH340G	1	
IC3	NCP1117ST25T3G	1	
IC4	nRF24L01	1	
	<i>Конденсатори</i>		
C1, C7	4,7 мкФ	2	полярний
C2 – C6	0,1 мкФ	5	
C8, C9	22 нФ	2	
C10	2,2 нФ	1	
C11	4,7 нФ	1	
C12	2,2 нФ	1	
C13	33 нФ	1	
C14	1 нФ	1	
C15	10 нФ	1	
C16	1,5 нФ	1	
	<i>Котушки індуктивності</i>		
L1	2,7 мГн	1	
L2	8,2 мГн	1	
L3	3,9 мГн	1	
	<i>Резистори</i>		
R1, R2	330 Ом	2	
R3 – R5	1 кОм	3	
R6	1 МОм	1	

					ДП.141.042.020.ПЗ				
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Поляков Т.М.				Схема електрична принципова. Підключення радіо модуля nRF24L01 до контролера Arduino Nano. (ДОДАТОК В)		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір	Антипчук Б.О.						У	83	84
							ЖАТФК, Гр. Е-42		
Н. Контр.	Антипчук Б.О.								
Затв.	Лавріщев О.О.								

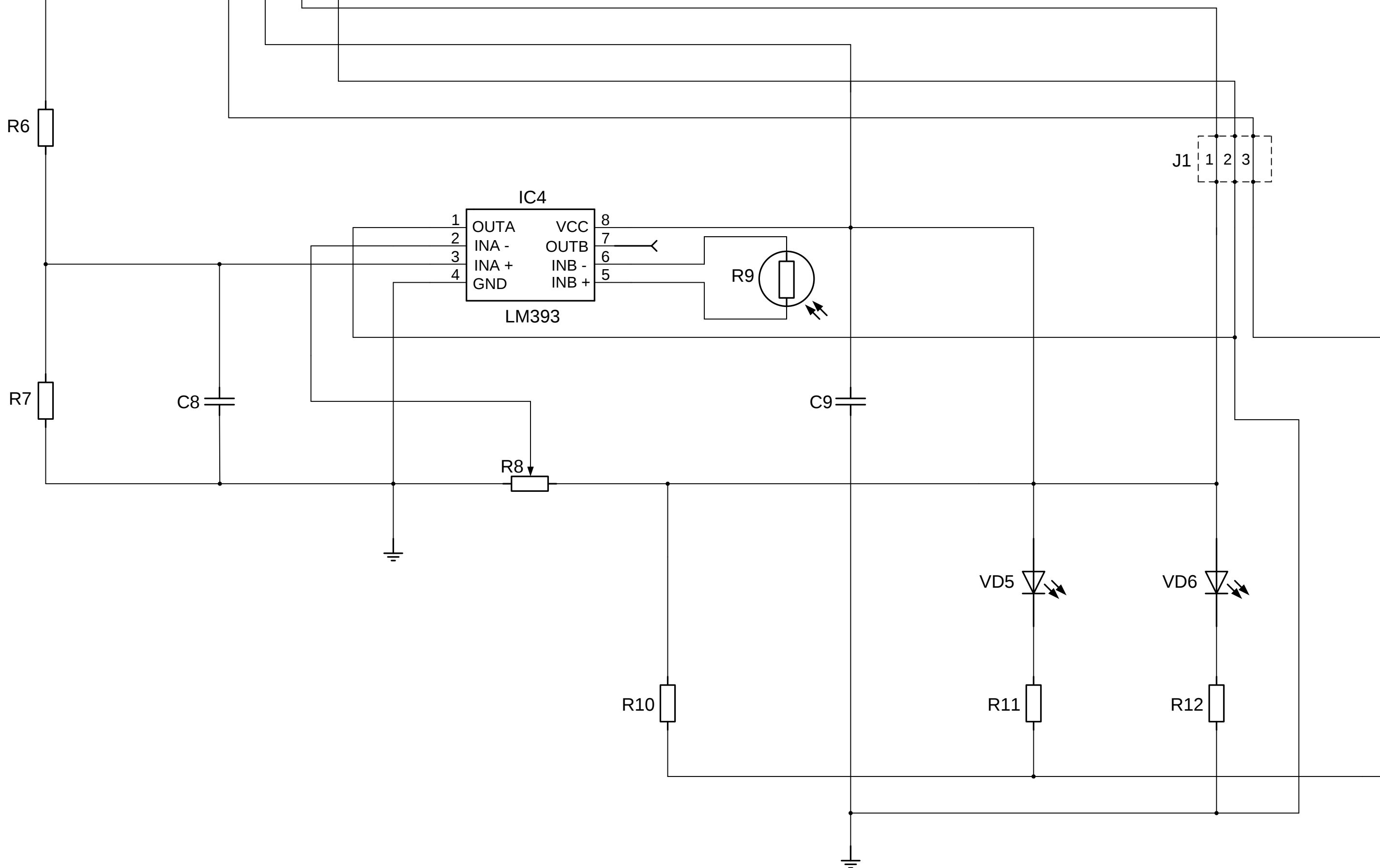
[illegible]



ПЛАТА КЕРУВАННЯ ARDUINO NANO



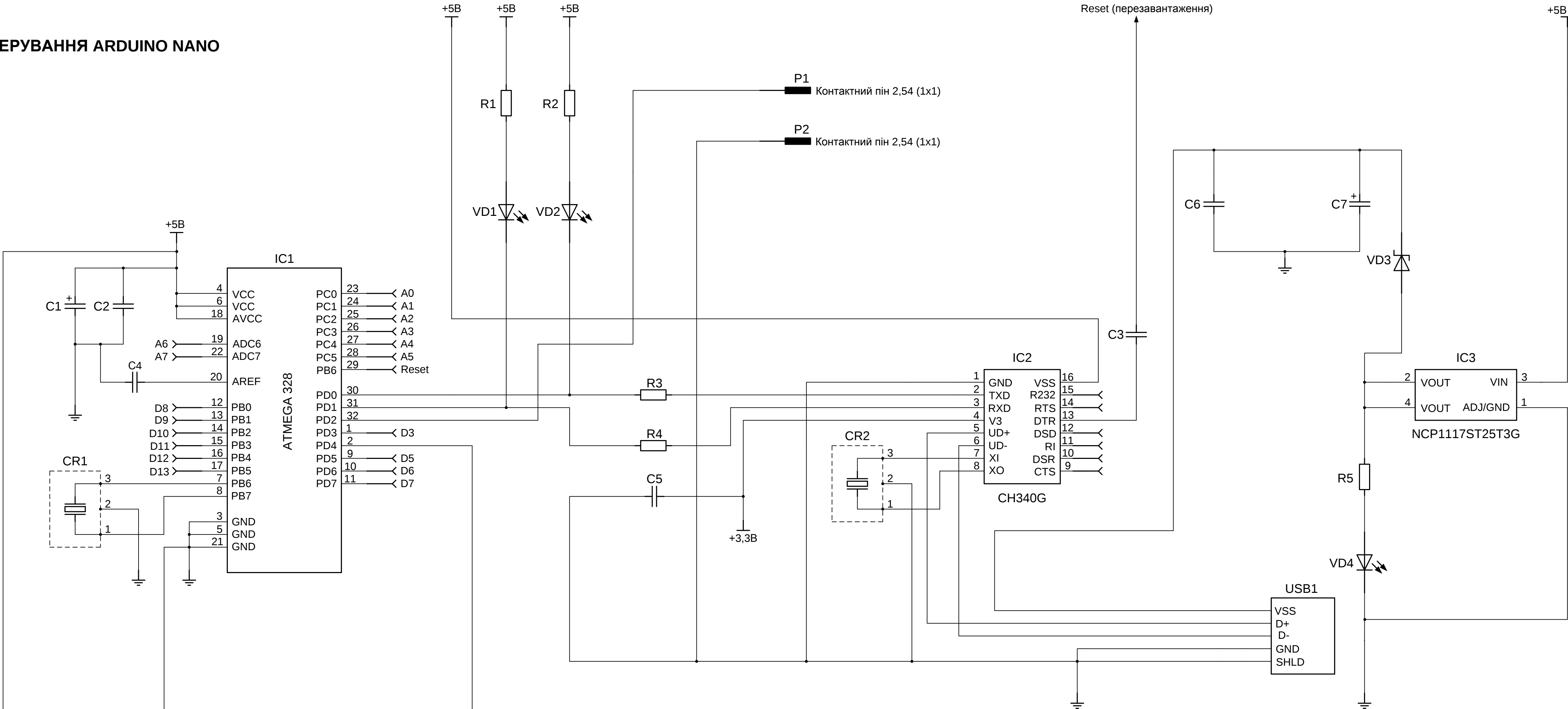
ДАТЧИК ОСВІТЛЕНOSTІ



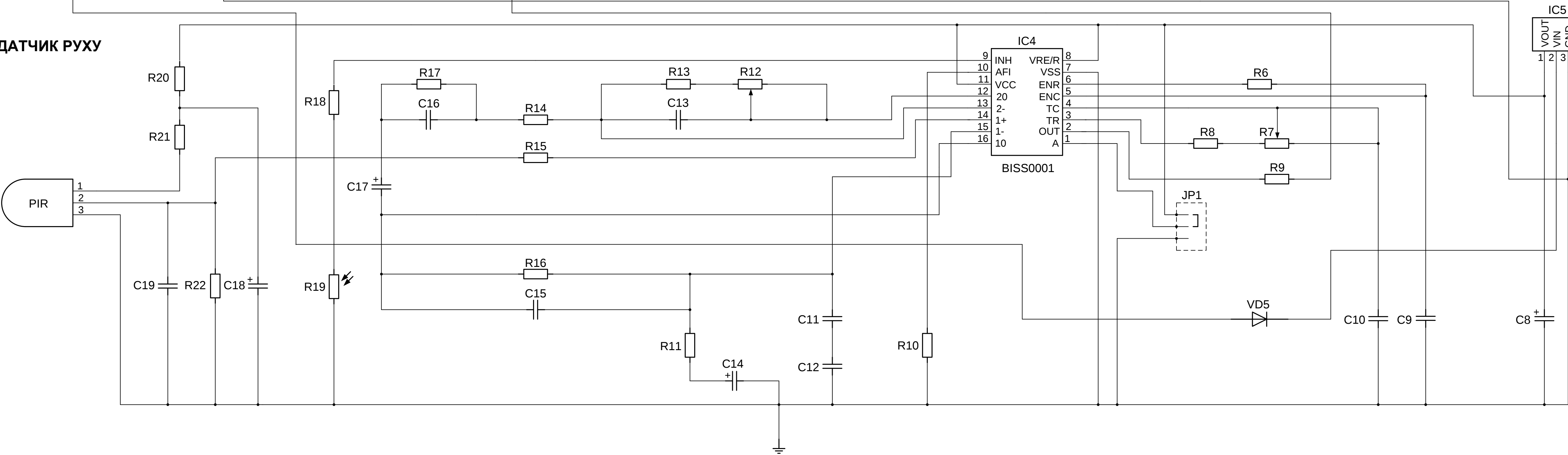
ДП.141.042.020.Е3						Літера			Маса			Масштаб		
Схема електрична принципова.						у								
Підключення датчика освітленості LM393 до контролера Arduino Nano.						Аркуш 2			Аркуш 4					
ЖАТФК, Гр. Е-42														

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Голубов Т.М.			
Перевірив	Антончук Б.О.			
Т. контр.				
Н. контр.	Антончук Б.О.			
Затвердив	Лаврицьке О.О.			

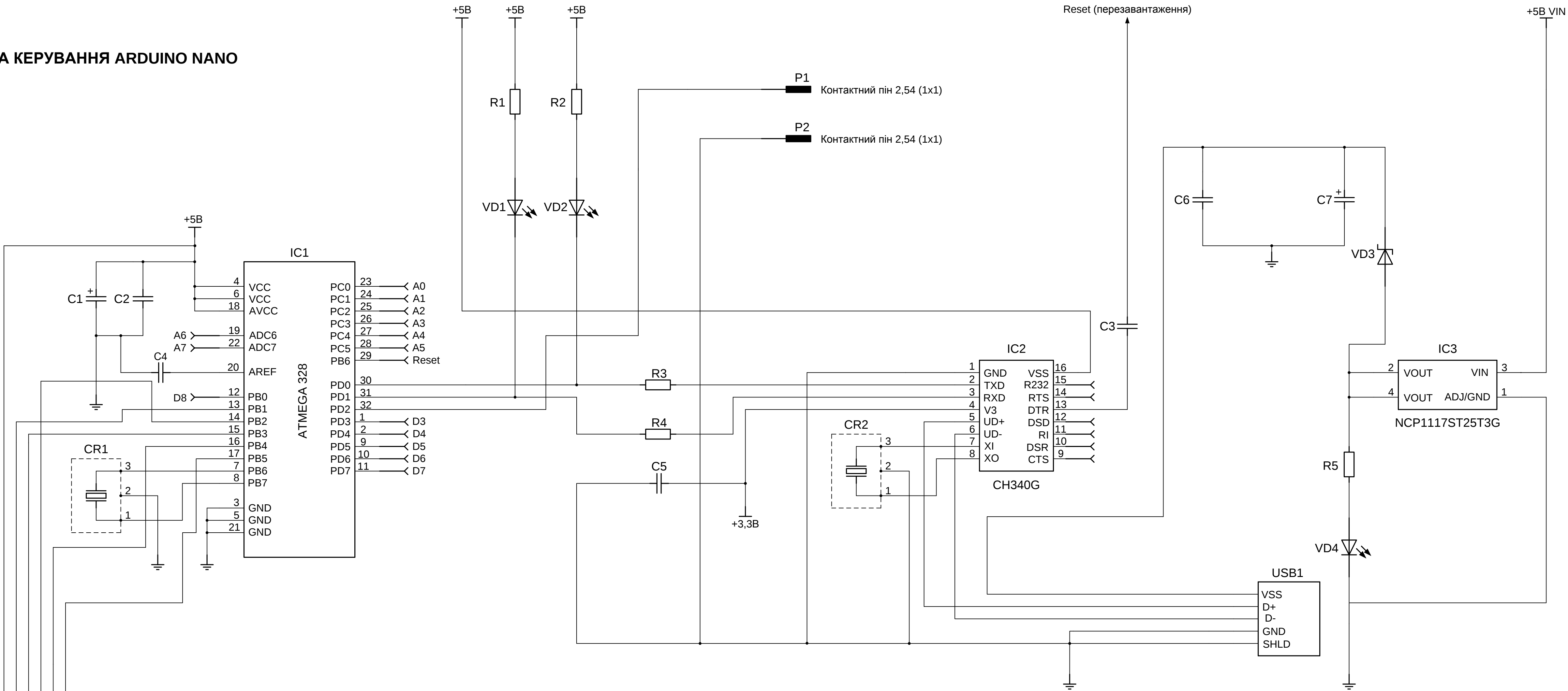
ПЛАТА КЕРУВАННЯ ARDUINO NANO



ДАТЧИК РУХУ



ПЛАТА КЕРУВАННЯ ARDUINO NANO



РАДІО МОДУЛЬ

