

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНИКИ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ**

До захисту допущено  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Юлія ЯМНЕНКО  
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021 р.

## **Дипломний проєкт**

**на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

Спеціальність 171 Електроніка  
(код та назва спеціальності)

Освітня програма Електронні компоненти і системи

на тему: Контролер освітлення та мікроклімату

Виконав (-ла): студент (-ка) IV курсу, групи ДС-71

Андрій ЗІНЧЕНКО  
(ім'я ПРІЗВИЩЕ) \_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник к.т.н., доц. Юрій ХОХЛОВ  
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) \_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант  
Технічний розділ к.т.н., доц. Юрій ХОХЛОВ  
(назва розділу) (посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент к.т.н., доц. Кирило ТРАПЕЗОН  
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) \_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант  
З нормо контролю к.т.н., доц. Лариса БАТРАК  
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) \_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 року



**Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет електроніки  
(повна назва)

Кафедра електронних пристроїв та систем  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 171 Електроніка  
(шифр і назва)

Освітня програма Електронні компоненти і системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) **Юлія ЯМНЕНКО**  
(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

"20" травня 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Андрію ЗІНЧЕНКОВІ

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема проєкту контролер освітлення та мікроклімату

Керівник проєкту

к.т.н., доц. Юрій Хохлов

(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

затверджені наказом по університету від «24» травня 2021 року № 1316-с

2. Термін подання студентом проєкту 13.06.2021 р.

3. Вихідні дані до проєкту керування освітленістю в межах 20 – 100%,  
керування колірною температурою освітлення в межах 1500 – 9000К,  
підтримання температури повітря в приміщенні в межах 15 – 35°C,  
підтримання вологості повітря в приміщенні в межах 30 – 80 %.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

Огляд систем автоматизованого освітлення, структурна схема контролеру  
світлення, принципова схема контролера освітлення, алгоритм роботи  
складових системи освітлення, опис програмного забезпечення .

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема електрична структурна, схема електрична принципова, теоретичне креслення.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Ім'я ПРІЗВИЩЕ, посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технічний			

7. Дата видачі завдання 20 травня 2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Строки виконання етапів проєкту	Примітка
1	Консультація з керівником практики	13.04-18.04	
2	Огляд наукової літератури	19.04-25.04	
3	Дослідження пристроїв, представлених на ринку	26.04-02.05	
4	Аналіз алгоритму дії подібних пристроїв	03.05-09.05	
5	Розробка структурної схеми пристрою	10.05-16.05	
6	Розробка алгоритму роботи пристрою	17.05-23.05	
7	Вибір елементної бази	24.05-30.05	
8	Розробка програми керування пристроєм	31.05-02.06	
9	Дослідження роботи пристрою	03.06-06.06	
10	Підготовка пояснювальної записки та графічного матеріалу	07.06-13.06	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Андрій ЗІНЧЕНКО

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту

\_\_\_\_\_ (підпис)

Юрій ХОХЛОВ

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

В дипломному проекті представлено огляд науково-технічної літератури на тему впливу температури та яскравості освітлення на людину. Також розглянуто питання впливу температури повітря навколишнього середовища на самопочуття та стан людини. Розглянуто аналогічні, вже існуючі пристрої, які представлені на ринку. Досліджено їх алгоритми роботи та структурні схеми.

На основі отриманої інформації був розроблений пристрій для контролю освітленості та мікроклімату в приміщенні. Приведено результати розрахунку параметрів та алгоритм роботи цього пристрою. Також проведена робота із вибору компонентної бази пристрою.

Розроблена конструкція, структурна та принципова схеми, а також написана програма для керування пристроєм, який виконує наступні функції: встановлення певної колірної температури в приміщенні; регулювання яскравості освітлення; підтримка температури повітря в приміщенні на заданому рівні; підтримка вологості повітря в приміщенні на заданому рівні; відображення актуальних для користувача даних на дисплеї; увімкнення та вимкнення пристрою в певний момент часу, орієнтуючись на годинник реального часу; керування пристроєм по Bluetooth за допомогою смартфона.

**Ключові слова:** освітлення, мікроклімат, контролер, температура, навколишнє середовище, вплив, пристрій, температура, вологість.

## ANNOTATION

The diploma project presents a review of scientific and technical literature on the effects of light temperature on humans. The influence of ambient temperature on the state of health and condition of a person is also considered. Similar, already existing devices which are presented in the market are considered. Their algorithms and structural schemes are investigated.

Based on the information obtained, a device was developed to control the light and microclimate in the room. The was also carried out to select the component base of the device.

Developed design, structural and schematic diagrams, as well as written a program to control the device, which performs the following functions: setting a certain color temperature in the room; lighting brightness adjustment; maintaining the air temperature in the room at a given level; maintaining the humidity in the room at a given level; display of relevant user data on the display; switching the device on and off at a certain point in time, focusing on the real-time clock; control device for Bluetooth by using a smartphone.

**Keywords:** lighting, microclimate, controller, temperature, environment, influence, device, temperature, humidity.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	5
ВСТУП .....	6
1 ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ПРОЄКТУ .....	9
1.1 Вплив освітлення на самопочуття людини .....	9
1.1.1 Колірна температура .....	21
1.1.2 Вплив теплої температури світла на людину .....	25
1.1.3 Вплив холодної температури світла на людину .....	26
1.1.4 Яку колірну температуру краще використовувати .....	26
1.2 Вплив температури та відносної вологості повітря на самопочуття людини .....	29
1.2.1 Вплив температури на людину .....	30
1.2.2 Вплив відносної вологості на людину .....	32
2 ОГЛЯД ПРИСТРОЇВ, ПРЕДСТАВЛЕНИХ НА РИНКУ .....	36
2.1 Контролери ULC .....	38
2.2 Контролер SunLync від Healthe .....	39
2.3 Контролер Arlight DALI-TIMER-DIN .....	39
2.4 Контролер TUYA .....	40
2.5 Контролер RoomSet від Helvar .....	41
2.6 Контролер ILLUSTRIS від Helvar .....	42
2.7 Контролер ActiveAhead від Helvar .....	43
3 РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ .....	45
3.1 Необхідні вимоги до пристрою .....	45
3.2 Структурна схема пристрою та її складові .....	48
3.3 Вибір елементної бази .....	51
3.3.1 Мікроконтролер .....	51

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>				
					<i>Контролер освітлення та мікроклімату</i>				

3.3.2	Світлодіодна стрічка .....	57
3.3.3	Драйвер світлодіодної стрічки.....	59
3.3.4	Блок живлення.....	62
3.3.5	Комутатори нагрівача та зволожувача повітря.....	64
3.3.6	Блок кнопок.....	65
3.3.7	LCD дисплей.....	66
3.3.8	Годинник реального часу.....	67
3.3.9	Датчик мікроклімату.....	68
3.3.10	I2C інтерфейс.....	69
3.4	Схема електрична принципова та її особливості.....	73
4	РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	76
5	Висновки .....	82
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	84
	ДОДАТОК А. Перелік елементів	
	ДОДАТОК Б. Лістинг програми	
	ДОДАТОК В. Summary	

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

СД – світлодіодний (-на);

НСІ – Human Centric Lighting;

МК – мікроконтролер;

ДП – друкована плата;

ПК – персональний комп'ютер;

АЦП – аналого–цифровий перетворювач;

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

## ВСТУП

В наш час дуже гостро стоїть проблема піклування про своє здоров'я. Ця проблема досить важлива, тому що, враховуючи сучасний темп життя, люди все менше і менше приділяють увагу власному самопочуттю та потребам свого організму. Саме тому зараз набули досить широкого розповсюдження різні пристрої, які беруть на себе моніторинг стану здоров'я людини, а також можуть виконувати певні функції, наприклад, аналізуючи пульс серцебиття, програма на мобільному телефоні може давати рекомендації стосовно покращення стану організму.

Ще з давніх часів люди намагалися оптимізувати свою роботу. Бажання винаходити знаряддя праці та інструменти, які б полегшували виконання роботи, могло бути пов'язане з декількома причинами. По-перше, це виконання важкої фізичної роботи. По-друге, це могли бути якісь рутинні процеси та справи, на які витрачається багато часу і ефективність їх досить мала. Також, вже в нас час з'явилася потреба обраховувати великі об'єми даних та великі об'єми інформації. І людям безпосередньо важко це робити, бо займає дуже багато часу та сил.

В наш час майже всю роботу людства виконують комп'ютери або якісь певні автоматизовані системи. Все виникло не дарма, тому що зараз дуже багато інформації, яку потрібно обробляти, а людина буде витрачати на це багато часу та багато сил.

Майже в усіх сферах використовуються комп'ютери. Їх малі розміри та велика обчислювальна потужність дозволяє використовувати їх будь-де. Ще декілька десятків років тому важко було уявити як сильно різні комп'ютерні системи увійдуть в наше життя. А зараз вони майже усюди. Це не тільки якісь прилади на великих підприємствах, заводах та конвеєрних лініях, а це також досить дрібні речі, як мобільний телефон, електронний годинник, GPS-навігатор, спідометр для велосипеда та наручні аксесуари: пульсоксиметри, термометри і т.д. Саме такий розвиток спричинило досить велике

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

інвестування в цю сферу та досить великий попит на певні персональні гаджети, які полегшують життя людині.

Тому за останні багато років дуже велику популярність набирає IoT - концепція Інтернету речей. Це електронні пристрої, які між собою пов'язані через Інтернет та можуть обробляти певні сигнали та дані, починаючи від навколишнього середовища і закінчуючи показниками стану здоров'я людини: яка зараз температура тіла людини, пульс та наявність ознак певних захворювань. Насправді, можна досить довго сперечатися наскільки це необхідно та чи не будуть люди лінуватися щось робити самостійно, однак є досить багато підтверджених випадків де саме електронні пристрої врятували життя людини і тому можна вважати, що від них справді є користь.

В наш час досить розповсюдженою є концепція «розумного» будинку. Це будинок, який в собі містить дуже багато різноманітних датчиків та виконуючих пристроїв, які беруть певні задачі людини на себе.

Але не дивлячись на всі ці пристрої, люди досить багато працюють, інколи навіть понад норму. І саме тому приділяється дуже мало уваги власному здоров'ю та потребам людського організму. І вже через деякий час такої праці в людей втрачається концентрація, бажання працювати і взагалі бажання щось робити. Використовуючи різні автоматичні системи, які будуть відслідковувати температуру в приміщенні, освітлення (тобто колірну температуру освітлення, якість освітлення, яскравість освітлення та інші параметри), вологість повітря та інші фактори можна підняти продуктивність людини. За допомогою відслідковування цих параметрів можна добитися кращого відпочинку людини вночі, коли вона спить, або коли вона відпочиває, дивиться телевізор, займається спортом і так далі. Таким чином, розвиваючи цей напрям, можна покращити якість життя людства, інтегруючи різні електронні пристрої в їх життя.

Технічним завданням дипломного проекту було дослідження впливу температури освітлення та параметрів повітря на людину, а також розробка

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

пристрою, який виконує функцію керування цими параметрами. Ця тема є досить перспективною, тому що такі пристрої можна буде розташовувати будь де, як в приватному будинку, в квартирі, так і на підприємствах, у школах, дитячих садках та в офісах. Саме в останніх місцях люди найбільше цього потребують, бо від постійної сидячої монотонної роботи погіршується концентрація, погіршується бажання працювати та погіршується уважність.

Пристрій представляє собою блок управління з усіма необхідними датчиками та силовими компонентами (реле, транзистори). До нього під'єднуються спеціальна світлодіодна стрічка, обігрівач та зволожувач повітря, які далі працюють як єдина система.

Пристрій виконує наступні функції:

- керування освітленістю в межах 20 – 100%;
- керування колірною температурою освітлення в межах 1500 – 9000К;
- підтримання температури повітря в приміщенні в межах 15 – 35°C;
- підтримання вологості повітря в приміщенні в межах 30 – 80 %;
- вимкнення та увімкнення в певний час, спираючись на дані з годинника реального часу.

В ході розробки даного пристрою вирішувалися наступні задачі:

- огляд подібних пристроїв, представлених на ринку;
- дослідження алгоритмів роботи та структурних схем існуючих пристроїв;
- розробка структурної схеми пристрою;
- вибір елементної бази пристрою;
- розробка електричної принципової схеми пристрою;
- написання програмного забезпечення для роботи пристрою;
- дослідження роботи пристрою.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

# 1 ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ПРОЄКТУ

## 1.1 Вплив освітлення на самопочуття людини

Світло - це невід'ємна частина людського життя. Важко уявити навколишній світ без сонячних променів. Вони дають людині світло та обігрівають в холодну пору, вони відповідають за здійсненню фізіологічних процесів у організмі людини. В ході еволюції постійна зміна дня та ночі стала основним фактором, який впливає на біологічні процеси в організмі людини.

Окрім зорових рецепторів, які забезпечують отримання і первинну обробку інформації, людина має третій тип фоторецепторів. Цей тип був відкритий нещодавно та має назву «рецептор циркадного циклу». Усі ці рецептори в людському організмі слугують для орієнтування людини в часі. Внутрішній годинник, на основі інформації про освітленість, відповідає за ряд певних процесів, які відбуваються в організмі людини. Відкриття цього третього рецептору значно вплинуло на задання вимог до якості освітлення.

На сьогоднішній день ще не до кінця вивчені проблеми впливу нових світлодіодних ламп на організм людини. Якість штучного освітлення стає все кращою. Це пов'язано із компенсацією недостачі природного світла додатковим штучним освітленням та тим, що люди все частіше проводять час в приміщеннях. Тому вивчення даної теми є актуальним в наш час.

Сонячне світло значно впливає на людський організм. За допомогою цього світла людина орієнтується у просторі, воно дає можливість досліджувати оточуючий світ та керувати рухами. Також від світла залежить і настрої людини. При нестачі сонячного світла погіршується здоров'я організму, відбувається занепад сил. Нервова система може розвиватися лише при наявності сонячного світла в достатній кількості.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Ще одна властивість світла – запобігає інфекційним захворюванням. Сонячне світло вбиває грибки і бактерії, які містяться на шкірі людини. Воно сприяє виробленню необхідної кількості гемоглобіну. Сонячні промені призводять у тонус м'язи та продуктивно впливають на організм людини.

Погане світло робить людину нещасливою. Значення світла для організму людини важко переоцінити. Неякісне світло негативно впливає на зоровий апарат, викликає перевтому, дискомфорт, безсоння та знижує працездатність.

Вплив світла на організм людини досить значний, бо від правильного освітлення залежить більшість фізіологічних процесів. За статистикою, людина знаходиться на роботі близько 40 годин на тиждень. Таким чином, більшість людей проводять свій робочий день в умовах штучного освітлення. Навіть в літній період не кожен кабінет має досить денного світла, а взимку включати світло часто доводиться взагалі на весь день. При цьому протягом дня людина може стикатися з різким збільшенням активності ентузіазму, раптовою апатією, постійним бажанням спати та стомленістю. Тому можна стверджувати, що світло дуже сильно впливає на почуття людського організму.

Освітлення для офісів, робочих кабінетів, приватних будинків, дитячих кімнат, спалень тощо можна вважати правильним та гарним, якщо воно буде рівномірно розподіляти світловий потік. Навіть при використанні сфокусованого світла, не дозволяється випромінювання з окремими променями. Тому що, в разі попадання на сітківку ока, таке випромінювання нанесе травму, з'являться больові відчуття та тимчасове погіршення зору.

Світло має ще одну важливу функцію – впливає на людські біоритми. Відомо, що при природному освітленні активність людини значно вище, ніж при штучному. В сонячну погоду люди відмічають у себе більш високу працездатність, ніж в похмурий день. Взимку, коли світловий день менший, люди менш продуктивні ніж влітку. Вплив світла на людину викликає

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

реакцію особливо світлочутливого фотопігменту в оці, що, в свою чергу, впливає на внутрішні цикли в організмі.

Людина, якщо буде працювати вночі, зіткнеться з тим, що організм потребує протилежного – сну та відпочинку. Це відбувається тому, що він, орієнтуючись на внутрішній годинник, намагається жити по природному графіку.

В темну пору доби сповільнюється діяльність нирок, знижується температура тіла і т.д. А коли настає світла пора, температура та артеріальний тиск збільшуються, з'являється відчуття голоду, мозок починає працювати та віддавати команди м'язам. Саме тому восени та взимку людина відчуває постійну в'ялість, апатію, сонливість та занепад сил. Іншими словами можна сказати, що цей проміжок часу світанки стають пізніми, що впливає на критичну недостачу сонячного світла. Тобто денне сонячне світло та біологічні ритми в організмі людини залежать один від одного – саме цим і пояснюється вплив освітлення на людину.

Такі внутрішні ритми називаються циркадними. Циркадними циклами називають добову зміну біологічних процесів, які відбуваються в організмі людини. Такий цикл включає в себе періоди сну, бадьорості, активності і розслабленості, продуктивності та втомленості. Зміна біологічних ритмів обумовлена дією гормонів: мелатоніну та кортизолу. Вони йдуть, опираючись на внутрішній біологічний годинник. Ці ритми визначаються генами, але їх час може змінюватися відповідно до зовнішніх чинників (час прокидання, прийому їжі, відпочинку і т.д.).

Здібність освітлення впливати на здоров'я та самопочуття людини - це вже науково доведений факт. Багаточисленні дослідження виявили безпосередній зв'язок між характеристиками світла та процесами, які відбуваються в людському організмі. Наш організм побудований таким чином, що період активності припадає на день, а період відпочинку – на ніч. За допомогою світла людина орієнтується у всіх часових проміжках, тому

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

впливаючи на якість та температуру освітлення, можна впливати на внутрішні процеси в організмі.

Насправді, організм людини влаштований трохи складніше. Якщо біологічний годинник правильно працює, людина може передбачати зміну оточуючого середовища. Наприклад, вночі людина знає, що через декілька годин буде світанок, тому ще заздалегідь, коли сонце ще не встало, організм людини збільшує швидкість обміну речовин, підвищує температуру тіла та активізує процеси життєдіяльності. І навпаки відбувається ввечері, коли сонце ще не зайшло та ще досить світло, людина вже адаптується до ночі: всі процеси всередині людини сповільнюються і людина поступово переходить в режим відпочинку та сну.

В людському тілі існує гормон, який називається мелатонін. Цей гормон відповідає за стан відпочинку людини та виробляється тільки в темну пору доби.

Мелатонін впливає на людину таким чином що при його виробці понижується рівень артеріального тиску, знижується рівень глюкози в крові та падає температура тіла. Таким чином мелатонін забезпечує людському організму правильний відпочинок.

В наш час існує багато наукових робіт на тему впливу світла на вироблення багатofункціонального гормону – мелатоніну (рис. 1.1).

Збільшення рівню мелатоніну зменшує ризики захворюваності на рак. Отже позбавлення людського організму цього гормону буде шкідливим та небезпечним.

Існує гіпотеза, що подавлення вироблення мелатоніну в результаті світлового впливу в нічний час доби може збільшити вірогідність виникнення раку молочної залози.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



пробудження. Мінімальна кількість мелатоніну зафіксована в ранковий час. Протягом дня цей гормон майже не синтезується. Тому можна сказати, що вироблення мелатоніну має періодичний характер, який залежить від наступних факторів: стану активності або сну, температури навколишнього середовища, електромагнітних полів, стану організму та віку людини.

Гормон, який відповідає за пробудження - це кортизол. Він призводить до підвищення тиску, підвищення тону судин, піднімає частоту серцебиття та регулює вуглеводний обмін в організмі.

Якщо мелатонін починає вироблятися з вечора, а до ранку він майже повністю зникає, то кортизол навпаки - з початку ранку він виробляється в максимальній кількості, а вже до вечора майже зникає із людського організму (рис. 1.2).

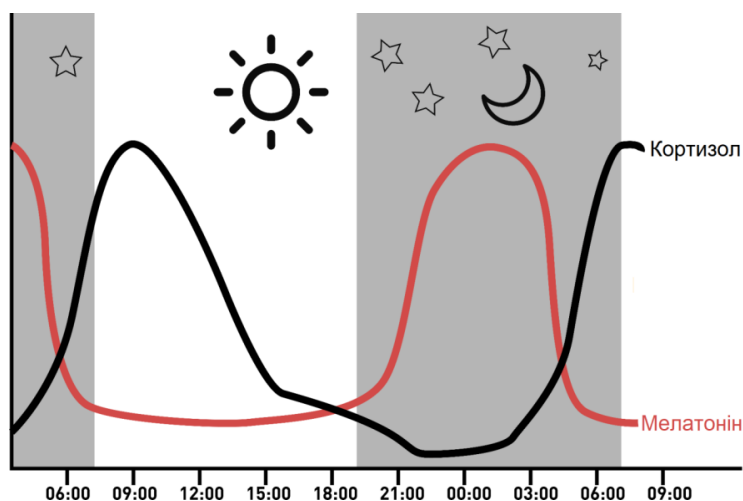


Рис. 1.2. Зміна концентрації мелатоніну та кортизолу в різний час доби [29]

А. Лернер довів, що синтез кортизолу в організмі людини підвищується під дією синього світла. Якщо надниркова залоза отримує від гіпофізу повідомлення, то кортизол починає вироблятися із холестерину. Основна функція кортизолу - забезпечити енергією організм. Цей гормон разом із інсуліном допомагає клітинам розщеплювати глюкозу, переробляючи жири у жирні кислоти. Щоб організм людини був здоровий та підтримувався

оптимальний рівень кортизолу, необхідно спати саме вночі, тому що кількість кортизолу в організмі відновлюється тільки під час сну.

Рівень кортизолу в організмі людини знижується протягом дня і ввечері його концентрація мінімальна. Але вже вночі кількість цього гормону підвищується. Щоб організм міг переносити достатньо велике фізичне навантаження, потрібно його забезпечувати здоровим сном для відновлення рівня оптимального рівня мелатоніну, кортизолу та підтримання активності організму протягом дня.

Для стимуляції гормональної системи, яка допомагає прокинутися, покращити настрій та працездатність, використовуються світлодіодні лампи із значною часткою синього світла. Але використання таких джерел у великій кількості досить негативно впливає на організм людини, тому зловживати таким короткохвильовим світлом не можна. Як наслідок придушується стимуляція механізмів виробки гормонів, тому не можна замінити природні алгоритми відновлення здоров'я на використання спеціального стимулювання за допомогою світлодіодних ламп синього світла. Дослідження в цій сфері показали, що сильне та довге порушення природних ритмів, характеристик освітлення, порушення періодів стану відпочинку та активності призводить до виникнення проблем зі здоров'ям.

Короткохвильове синє світло дуже ефективно спричиняє фазовий зсув циркадної системи, понижує виробку мелатоніну, покращує відчуття стану активності, піднімає частоту серцебиття та температуру тіла. Спектр люмінесцентних ламп зсунутий в синю ділянку, порівняно із лампами розжарювання, тому вони сильніше пригнічують стимулювання мелатоніну. Крім того, що люмінесцентні лампи сильніше впливають на температуру тіла, вони також підвищують кров'яний тиск та активність роботи мозку.

Якщо досліджувати дію освітлення на сон людини, то лампа з підвищеною колірною температурою значно зменшує глибину сну, порівняно із лампою більше низької колірної температури. За останні роки

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

через досить велику кількість світлодіодних ламп багато уваги звертається як на технічні характеристики, на економію енергії та якість світлопередачі, а також і на медичні та біологічні аспекти. Новітні джерела світла на основі світлодіодів відрізняються від інших джерел спектром випромінювання. В наш час отримали велике розповсюдження звичайні білі світло діоди, які мають в своєму спектрі інтенсивну блакитну смугу із вікном в інтервалі довжин хвиль від 450 до 460нм, що якраз співпадає з максимумом пригнічення виробки мелатоніну. Тому зараз досить важливо Досліджувати біологічну активність світла цих нових джерел та порівнювати їх із звичайними лампами розжарювання.

Людина найбільше реагує на синє світло - відбувається зменшення секреції мелатоніну та збивається біологічний годинник. За останній час відбулося масове встановлення світлодіодних світильників із синьою складовою світла в побуті, на робочих місцях, вулицях, у громадських місцях та ін. Це може призвести до потенційних ризиків, які будуть пов'язані із досить великим впливом світла на людину з побічними негативними аспектами, такими як збій біологічного годинника тощо.

В наш час ще не вивчено до кінця, як впливає на зорову систему людини штучне світлодіодне освітлення, яке має різні спектральні характеристики. Ці характеристики дуже сильно відрізняються від спектру традиційних ламп розжарювання та люмінесцентних джерел світла. Короткохвильове видиме випромінювання має двоякий вплив на організм людини. З одного боку таке світло необхідне для коригування синтезу меланіну, з іншого боку синє світло несе фототоксичний вплив на сітківку ока. Досить важлива якість штучного освітлення в приміщеннях для забезпечення працездатності в умовах замкнутого простору. Також деякі види професійної діяльності дуже тісно пов'язані із довготривалою працею, шкідливі фактори якої можуть мати негативний вплив на функціонування

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

людського організму. Як наслідок можливе падіння ефективності виконання професійних задач.

Випромінювання світлодіодів значно (до 300%) перевищує вплив на організм людини в порівнянні з лампами розжарювання. Актуальним предметом дискусії є загроза передозування світлом від світлодіодних світильників із високою колірною температурою. Такі джерела світла не рекомендується для встановлення дитячих та шкільних закладах до проведення медичної експертизи. Доцільно використання світильників із температурою світла не більшою за температуру лампи розжарювання.

Сонячне світло складається з широкого спектру різноманітних хвиль, туди входить і синє світло. Від природного світла штучне відрізняється тим, що у нього одні хвилі сильніші ніж інші. Це важливий момент, тому що внутрішній біологічний годинник людини краще реагує на сині компоненти світла, ніж на інші. В сучасному світі людина уникає сонця протягом майже всього дня, знаходячись в офісі до пізньої ночі. Також і ввечері вдома вона піддається впливу штучного освітлення. З роками циркадні ритми людини стають менш помітними та «сплющуються».

Саме тому вчені зараз проводять дослідження щодо впливу штучного освітлення на циркадні ритми в будинках престарілих, щоб полегшити перебування людей похилого віку. Багато лікарень використовують спеціальне освітлення для імітації денного світла. Воно допомагає пацієнтам, які страждають на серйозні захворювання, такі як інсульт. Школи також використовують подібні пристрої, щоб тримати учнів зосередженими та уважними протягом дня, що позитивно впливає на більш високі результати іспитів.

Вивчення впливу світла може досить сильно покращити психічне та фізичне здоров'я організму. Однак варто пам'ятати, наскільки сильний вплив має сучасне світло на поведінку та самопочуття людини.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Спектральна характеристика джерел світла (рис. 1.3) є досить важливим параметром при підборі штучних джерел випромінювання, яка впливає як на зорову функцію, так і на здоров'я людини загалом. Світлодіодні лампи холодного світла перевищують більш ніж як у 3 рази вплив ламп розжарювання на біологічну активність організму.

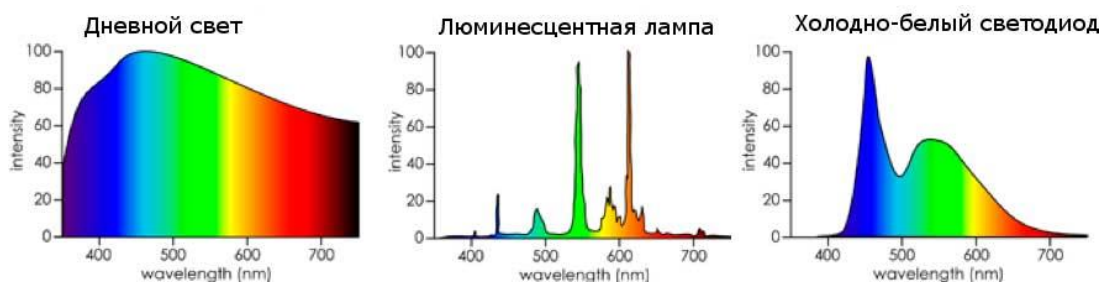


Рис. 1.3. Приблизний спектр денного світла, люмінесцентної лампи та холодного білого світлодіоду [32]

Для житлових приміщень, дитячих та шкільних закладів рекомендується використовувати світлодіодні світильники, біологічна активність яких тотожна лампам розжарювання. Це пояснюється тим, що за багато років використання ламп розжарювання для освітлення житла не було помічено жодного негативного впливу на фізичне та психологічне здоров'я людини.

Пік працездатності людини приходить на 10-11 годину, а також в 15- 17 годин. Після 17 години організм людини починає готуватися до сну. Тому робочий день стає вже не таким продуктивним, як основна його частина. Після 19:00 мозкова активність спадає, в 22-23 години до спаду розумової активності додається також і погіршення фізичної.

Такі умови формують прості правила роботи організму: якщо в приміщенні присутнє штучне світло то виробка мелатоніну пригнічується. Але справа в тому, що саме мелатонін відповідає за сучасний відпочинок. В природних умовах концентрація цього гормону збільшується при відсутності світла і організм готується до сну. В реальних умовах працівник перестає

відчувати ознаки особливості та працює далі. Але продуктивність такої роботи значно гірша, тому що навіть без впливу світла, по внутрішньому годиннику людина все ж таки втрачає концентрацію та активність.

Через це виникає протиріччя між «датчиками» організму та природними процесами. Це проявляється підвищеним рівнем стресу та поганим настроєм. Але порушення здоров'я не відбувається, бо в цьому стані організму робота всіх систем повністю в нормі. Однак втручання в біологічні ритми та режими життєдіяльності досить помітна.

Дане питання можна вирішити з максимальною користю для здоров'я та мінімальними збитками для підприємства. Це можна зробити методом підбору гарного освітлення, яке буде біологічно нешкідливим та матиме правильно емоційно забарвлене світло. Ця проблема виглядає складною, але через те, що ще з середини минулого століття проводяться різноманітні дослідження, можна розраховувати на швидкий прогрес в даному напрямі.

Серед параметрів освітлювальних приборів існують декілька технічних характеристик, які негативно впливають на людину:

- недостатній рівень освітленості є найнебезпечнішим фактором. Такий рівень викликає головний біль, перенапруження очей та їх швидку втому. Погано освітлені приміщення провокують зневіру та пригніченість. Тому важливо правильно підбирати штучне освітлення, обираючи його місце встановлення та потужність;
- високий коефіцієнт пульсацій також негативно впливає на зір людини, хоча і пульсації із частотою, кратною мережі живлення, оком не сприймаються безпосередньо;
- пульсації світла можуть викликати стробоскопічний ефект, який може призвести до нещасних випадків на підприємстві при роботі із верстатами;

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- сфокусоване пряме та відбите освітлення викликає у людини відчуття дискомфорту. Тому потрібно приміщення обладнувати такими джерелами світла, які мають розсіяне випромінювання.

Від рівня та типу освітлення залежить якість роботи людини. Вченими проводилися дослідження, які виявили, що:

- правильно підібране та розміщене освітлення значно підвищує ефективність праці, уважність та концентрацію. Загальна працездатність може збільшитися до 32%;

- якісне освітлення допоможе знизити кількість нещасних випадків на виробництві в два рази;

- об'єм браку знижується на 30%;

- при навчанні студентів та учнів правильне освітлення забезпечує краще сприйняття інформації при меншій втомлюваності. А також виключає можливість появи короткозорості.

Але не тільки рівень освітленості та місце розміщення джерел світла впливають на працездатність. Важливу роль також відіграє і тип використовуваних джерел світла:

- лампи розжарювання. Досить дешеві, але мають малий ККД. Цей тип джерел має високий рівень пульсацій, що негативно впливає на зорові нерви;

- люмінесцентні лампи. Ці джерела містять в собі пари ртуті, що досить небезпечно для використання. Також ці лампи сильно знижують рівень виробки мелатоніну в організмі, послаблюючи імунітет та викликаючи недосипання;

- галогенові лампи. Безпечні за своєю конструкцією та світлопередачею. Але такі джерела схильні до створення стробоскопічного ефекту, який негативно впливає на працездатність та уважність;

- світлодіодні лампи. Цей тип нещодавно почали використовувати для освітлення приміщень. Серед позитивних рис варто зазначити низьку напругу живлення, відсутність нагріву, безпечні деталі конструкції. Такі джерела освітлення можуть підвищувати працездатність на 30% порівняно із попередніми типами.

Кожне джерело світла впливає на людину по-різному. М'яке світло розслабляє та готує організм до сну. Денне яскраве світло підвищує працездатність. Його доцільно застосовувати для освітлення офісів та робочих приміщень. Природне світло позитивно впливає на зір та нервову систему. Таке освітлення можна використовувати для відпочинку. Тьмяне світло буде викликати занепокоєння та різні психічні розлади. Мерехтливе світло може викликати епілептичні випадки навіть у людей, які не хворіють на цю хворобу.

Психічний та емоціональний стан досить тісно пов'язані із кольором освітлення. Жовтий колір можна вважати класичним. Це колір радості та гарного настрою, знімає відчуття втоми на сонливості. Зелене освітлення знімає стрес та допомагає розслабитися. Гарно підходить для спальних приміщень. Біле світло максимально наближене до природного світла. Цей колір підвищує ініціативність та працездатність. Червоний колір – колір бадьорості. Він підвищує тиск, але цим кольором не можна зловживати. Помаранчевий – пробуджує апетит. Сині та фіолетові відтінки мають гнітючий вплив на людину.

### 1.1.1 Колірна температура

Температура джерел світла - це така особлива характеристика, яка показує довжину хвилі, яку випромінює елемент. Також ще колірна температура має другу назву - температура планка. Це характеристика знаходиться за температурою чорного тіла, яке нагрівають для отримання випромінювання, що має певну колірність. Якщо тон випромінювання цього

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

чорного об'єкта, нагрітого до певної температури співпадає із тоном джерела світла, яке оцінюють, то цьому джерелу світла надається колірна температура, яка по значенню співпадає з температура цього чорного нагрітого тіла. Колірна температура вимірюється в Кельвінах. При цьому чорному кольору відповідає температура в 0 Кельвінів.

Колірна температура – термін із області фізики, який характеризує відтінок світла, яке випромінюється джерелом (рис. 1.4). Штучне освітлення за колірною температурою поділяється на тепле (лампи розжарювання), нейтральне (ксенонова лампа) та холодне (люмінесцентні лампи).

Чому колірна температура вимірюється в Кельвінах? Ця одиниця виміру була запропонована Віль'ямом Томсоном, відомим як лорд Кельвін, в 1848 році. Також в Кельвінах вимірюють термодинамічну температуру. Шкала температур за Кельвіном починається із 0К, що дорівнює -273,15 градусів за Цельсієм.

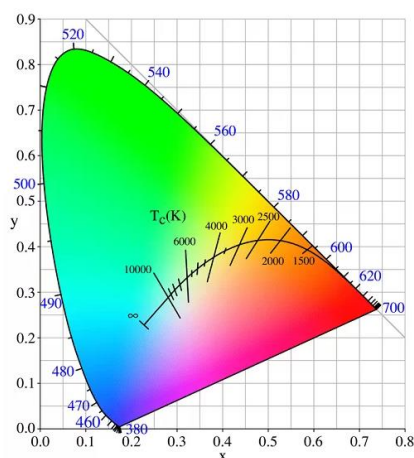


Рис. 1.4. Колірна модель CIE 1931 XYZ [30]

Колірна температура показує, як людина сприймає колір певних поверхонь при конкретному освітленні (рис. 1.5). Тож можна сказати, що колірна температура - це такий своєрідний показник об'єктивності враження від джерела світла та світосприйняття поверхонь на які це світло падає.



Рис. 1.5. Сприйняття освітлення різної колірної температури [30]

Саме тому дуже важливо підібрати правильну колірну температуру, виходячи із того, яка робота буде проводитися в певних приміщеннях та яке приміщення за призначенням (рис. 1.6).

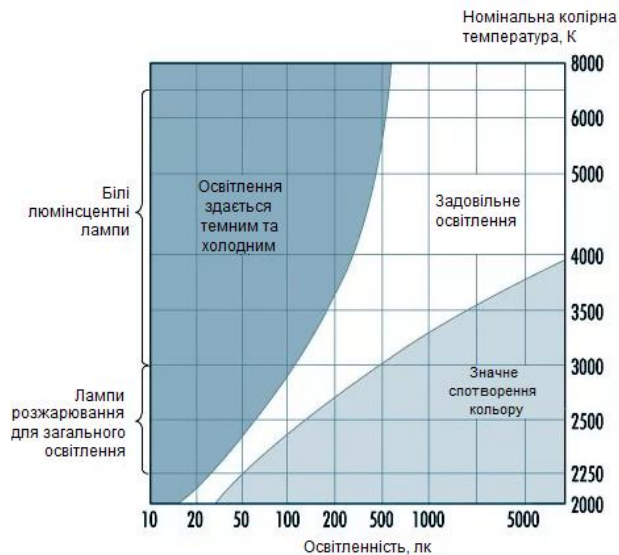


Рис. 1.6. Крива комфорту (номограма) Круітхофа [30]

Умовно можна розділити колірну температуру на три діапазони. Це тепле світло, денне світло та холодне світло.

Тепле біле світло має колірну температуру в межах 2700 - 3200 Кельвінів. Цей діапазон можна вважати самим оптимальним, в якому людина почуває себе комфортно. Тому таку температуру можна рекомендувати для жилих приміщень. Таке освітлення можна отримати, використовуючи звичайні лампи розжарювання (табл. 1.1).

Денне світло має колірну температуру в діапазоні 3500 - 5000 Кельвінів. Це звичайне біле світло, наприклад таке, як ранкове сонце (табл. 1.1). Ця температура світла досить нейтральна та не сильно спотворює кольори предметів. Тому таке освітлення підходить для нежилых кімнат, шкіл, офісів та заводів.

Температура холодного світла лежить в діапазоні від 5000 до 7000 Кельвінів. За кольором випромінюванням нагадує яскраве денне світло (табл. 1.1). Цей діапазон можна використовувати в лікарнях, лабораторіях, для освітлення парків алей, місць паркування автомобілів, рекламних конструкцій і т.д.

Таблиця 1.1.

Джерела світла різної колірної температури

<b>T, K</b>	<b>Джерело світла</b>
800K	Початок видимого спектру випромінювання. Темно-червоне світіння розкаленого тіла.
1500K	Слітло вогню свічки.
2800K	Лампа розжарювання потужністю 60-100 Вт.
3000K	Лампа розжарювання потужністю 60-200 Вт, галогенові лампи.
3400K	Сонце біля горизонту.
3800K	Лампи для підсвітки м'ясних продуктів в магазинах.
4200K	Лампи денного світла.
4500K	Ранкове сонце.
4800K	Ксенонова дугова лампа. Електрична дуга.
5000K	Сонце в обід.
5500K	Хмари в полудень.
6000K	Фотоспалах.
6200K	Лампи денного світла.
6500K	Близьке до денного світла.
7000K	Похмура погода.
8000K	Сутінки
9500K	Синя безхмарне небо на північній стороні Землі.

Колірна температура світла насправді досить сильно впливає на сприйняття яскравості та кольору предметів в інтер'єрі. Тому було введено такий параметр як передача кольору. Цей параметр показує здібність джерела освітлення передавати колір предметів без спотворень, на які падає світло від цього джерела. Передача кольору вимірюється в Ra. Оптимальними вважаються показники в межах від 80 до 100 Ra.

На промисловості колірність освітлення має досить важливе значення для забезпечення безпеки працівників. В залежності від сфери діяльності колірна температура джерел світла повинна бути наступною:

- 5000-6500К – у випадку, якщо пред'являються високі вимоги до розпізнавання кольору. Наприклад на ділянках контролю готової продукції, сортуванні та підбору фарб;
- 3000-6500К – для співпоставлення кольорів при фарбуванні та шитті;
- 4000-6000К – для розрізнення кольорових об'єктів при невисоких вимогах до кольоросприйняття, наприклад обробка металів та пластмас, збірка машин;

### **1.1.2 Вплив теплої температури світла на людину**

Тепло світло переводить організм в режим відпочинку, забезпечує підвищення кількості мелатоніну та змушує організм людини відпочивати. Таке світло підходить для встановлення в спальнях, зонах відпочинку, на кухнях, в дитячих кімнатах, дитячих садочках і т. д. Таке світло дає змогу спокійно заснути після важкого трудового дня, гарно виспатися, розслабитися та відновити свої сили.

Ще з давніх часів люди були оточені тільки джерелами світла теплої температури: багаття, свічки, газові лампи тощо. Але їх колірна температура була занадто низькою і не могла значно впливати на процеси в організмі. З початком ХХ століття із винайденням лампи розжарювання, колірна

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

температура джерел освітлення знаходилася в межах 2400-2800К. Таке освітлення вже могло впливати на організм, оскільки саме така колірна температура відповідає часу в природі, коли потрібно ще бути активним. Також лампи розжарювання мають більш високу інтенсивність світла, що також збільшує вплив на людину.

### **1.1.3 Вплив холодної температури світла на людину**

Досить цікаво спостерігати за впливом світла холодної температури на організм людини. Світло, яке має більш холодні відтінки сповіщає організму про те, що вже настав ранок, а тому треба активувати виробку кортизола. Тобто світло холодної колірної температури сповіщає нашому організму, що пора прокидатися і переходити в режим активності. Основними джерелами такого світла в повсякденному житті є екрани різних гаджетів, джерела світла в рекламних панелях, освітлення певних приміщень, парків, скверів, вулиць, акваріумів, електронних приборів тощо.

Із масовим переходом на люмінесцентні лампи, а потім на світлодіодні, колірна температура освітлення стала біля відмітки 6500К. І тільки через деякий час, при розвитку виробництва, вдалося знизити колірну температуру цих джерел до більш комфортної для людини. При колірній температурі світла близько 6500К організм отримує надлишкову стимуляцію, тому спочатку такі джерела світла шкодили здоров'ю людини.

### **1.1.4 Яку колірну температуру краще використовувати**

Холодне світло запускає роботу мозку, підвищує концентрацію та уважність. Тепле світло навпаки переводить організм людини в режим відпочинку та знижує концентрацію, уважність, сповільнює роботу мозку. Тому дуже важливо підбирати а правильно колірну температуру для певних приміщень. Так, наприклад, в жилих приміщеннях, кухнях, спальнях, зонах відпочинку треба встановлювати теплі джерела світла для того, щоб люди розслаблялися та відновлювали свої сили. В місцях роботи людей, тобто

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

офіси, школи, заводи, фабрики, певні установи, потрібно встановлювати джерела світла з холодною температурою. Таким чином буде забезпечуватися підвищення концентрації та покращення роботи мозку.

По-перше, потрібно правильно вибрати колірну температуру джерел світла, які будуть розташовані над робочим місцем. Змінюючи цю температуру, можна задавати певні режими: «відпочинок», «робота», «обід», «ділова зустріч» тощо. Для кожного із цих випадків необхідно активізувати певні мозкові зони. Для відпочинку та обіду потрібна розслабленість, для роботи – концентрація, для ділової зустрічі – швидко мислити і т.д.

Для вирішення звичайних завдань, для яких людині достатньо показати, на що вона здатна, але не більше, ідеально підходить нейтральний колір освітлення.

При використанні холодних температур піднімається рівень концентрації та уваги. Таке освітлення доцільно використовувати для отримання максимальної віддачі від працівників. А от тепле та помірно тепле біле світло гарно підходить для різноманітних зон відпочинку, де люди повинні відчувати себе розслаблено та спокійно.

Беручи до уваги тривалість світлового дня в нашій кліматичній зоні, проводяться спроби покрити дефіцит освітленості за рахунок застосування ламп денного світла. Насправді це гарне рішення для тих випадків, коли діяльність людини досить монотонна і не вимагає напруженої роботи мозку, а робочий день завжди закінчується вчасно.

Люди, чиї професії достатньо творчі, наприклад: музиканти, письменники, аналітики, вчені, програмісти, викладачі тощо, потребують значно більшу кількість часу для того, щоб якісно та красиво представити результати своїх напрацювань. Робота таких людей найчастіше пов'язана із ненормованим робочим днем, а ідеї можуть несподівано прийти в голову в будь-який час доби. Тому постає задача досліджувати певні потреби працівників для того, щоб їх активність та біоритми не збивалися. І потім на

										Арк.
										27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>					

основі отриманих даних встановлювати такі джерела освітлення, які найкраще підходять під їх задачі.

В 2015 році було проведено дослідження щодо впливу температури світла на людину [38]. Дослідження проводилося в університеті у двох аудиторіях. У першій встановили галогенові лампи, які мають колірну температуру в 2800К, у другій аудиторії – світлодіодні джерела світла, які можуть змінювати температуру випромінення від 4000 до 5800К. В цих двох приміщеннях були проведені заняття, після яких студенти проходили тести на психічний, емоціональний стани та уважність.

Результати показали, що при різній колірній температурі студенти по-різному проходили тести. При більш високій температурі (5800К) продуктивність значно підвищувалася, а студенти починали себе відчувати значно краще, активно та сконцентровано. При освітленні світлом із колірною температурою в 2800К, студенти навпаки помічали у себе більш розслаблений стан та бажання спати, а результати тестів були значно гірші, ніж у попередньому випадку.

Регулювання параметрів цих світлодіодів повинно забезпечити максимальну продуктивність праці. При ручному заданні температури, людина може орієнтуватися по власним відчуттям. Але в такому випадку їй доведеться протягом дня змінювати колірну температуру в залежності від її занять та дій. Тому все частіше застосовуються спеціальні додаткові блоки, які беруть цю роботу на себе і протягом дня змінюють колірну температуру за природнім законом (рис. 1.7).

В наш час досить легко знайти джерела світла зі змінною колірною температурою. Такі пристрої мають декілька світло діодів із різним спектром випромінення. За допомогою спеціального контролера світло кожного із світло діодів змішується в певній пропорції та в результаті створюється випромінення потрібної колірної температури.



залежить також від вологості повітря. При одній і тій самій температурі зміна вмісту водяного пару в повітрі може мати значний вплив на стан організму.

Порівняно з природними коливаннями температури повітря, діапазон температур, в якому людський організм відчуває себе комфортно, значно вужче. При температурі тіла, яка виходить за межі 26-40°C можливі незворотні процеси в організмі. Найбільш комфортні умови спостерігаються при температурі повітря 16-18°C і відносній вологості 50%. При перевищенні вологості повітря, яка перешкоджає випаровуванню з поверхні тіла людини, важко переноситься спека та посилюється дія холоду.

Сприйняття температури для кожного індивідуальне. Одні люди гарно себе почувають в холодних морозних умовах, інші - при теплих та сухих. Це залежить від фізіологічних та психологічних особливостей кожної людини, а також підготовленість до певного клімату.

### **1.2.1 Вплив температури на людину**

Температура оточуючого середовища - це основний фактор, від якого залежить життєдіяльність організму. Близько 75% тепла організму розсіюється в навколишнє середовище. Приблизно 20% виходить з виділеннями та випаровується. І тільки 2-3% відсотки тепла витрачається на нагрівання повітря та їжі.

Коли температура оточуючого середовища досить низька, організм зменшує тепловіддачу та збільшує вироблення тепла. Це відбувається по сигналу центральної нервової системи, коли подразнюють шкірні рецептори. Тоді починають звужуватися судини шкіри, слизової та підшкірної клітковини. Це із-за того, що відбувається мимовільне скорочення м'язів. При нагріванні капіляри розширюються, шкіряний покрив рожевіє й тіло розслабляється.

В спеку збільшується частота серцебиття та дихання, підвищується температура шкіри. В такому випадку організм захищається від перегріву

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.ДС71.008.000 ПЗ				

шляхом потовиділення. Від швидкості та об'єму випарювання поту залежить інтенсивність охолодження. Жирові речовини, які виділяють сальні залози, також сприяють більш швидкому випаровуванню вологи із поверхні шкіри.

Несприятливим є поєднання підвищеної вологості з високою температурою. Наприклад, якщо температура оточуючого середовища 40°C а вологість при цьому 30%, самопочуття може бути таким, як і при температурі 30°C та вологості 80%.

При цьому такі умови провокують головний біль, загальне погане самопочуття, задишку, зниження уваги і координації рухів. Так, працездатність при 24°C знижується на 15%, а при 28°C - на 30%.

В спекотний день людина втрачає від двох до чотирьох літрів вологи при виконанні певної фізичної роботи. В 2-3 рази збільшується виділення поту коли людина їде по дорозі та в 4-6 разів коли займається спортом.

Висока температура повітря порушує водно-сольовий обмін в організмі. Низька температура при довготривалому впливі призводить до розладів кровообігу, сприяє захворюванню ревматизмом, грипом та хворобами дихальних шляхів. Мінімальним допустимим рівнем температури є 11°C, при більш низькій температурі починається задубіння органів тіла.

Вчені багато разів вивчали факти нещасних випадків на дорогах. Були отримані наступні результати:

- число аварій в дощ та туман зростає. Але в спеку та сильний холод відбувається різке збільшення кількості аварій на понад 20%;
- при різких температурних перепадах смертність при дорожньо-транспортних пригодах зростає на понад 10%.
- Дуже шкідливе неочікуване зниження температури. До нього людина просто не встигає пристосуватися, в тому відбувається велике навантаження на організм людини.

На теплосприйняття впливає не тільки температура повітря, а також вологість та інтенсивність руху повітря. Підвищена вологість у випадку високої температури погано впливає на організм людини. Комфортний стан людини забезпечується оптимальним поєднанням всіх цих факторів.

### 1.2.2 Вплив відносної вологості на людину

Вологість повітря має значний вплив на організм людини. При однаковій температурі, але різній відносній вологості повітря, людина по-різному буде себе почувати.

Підвищена вологість повітря підвищує негативний вплив як теплого, так і холодного повітря. Це відбувається із-за того, що велика вологість повітря створює заваду випаровуванню вологи з поверхні тіла. Тому людині важче переносити спеку та холод. Також при підвищеному значенні вологості збільшується небезпека повітряної інфекції.

При занадто низькій або занадто високій вологості повітря проявляється швидка стомлюваність, погіршення сприйняття і пам'яті. При підвищеній вологості стає важче дихати, з'являється кашель та зростає ризик бронхо-легеневих захворювань, наприклад, астма та бронхіт.

Вологість повітря впливає на щільність кисню в атмосфері, на тепловий обмін і потовиділення. Люди, які хворіють на гіпертонічну хворобу та атеросклероз, досить чутливі до високої вологості. Більшість випадків захворювань серцево-судинної системи виникає при високій відносній вологості (80-95%). У деяких людей дощова погода впливає навіть на зовнішній вигляд, обличчя стає блідим. Це відбувається тому, що виникають порушення кровообігу в організмі.

Якщо температура повітря вище 25°C, то підвищена вологість спричиняє перегрів організму через те, що ускладнюється випаровування води із поверхні шкіри, тобто ускладнюється віддача тепла організмом. Через це організм людини не може достатньо охолоджуватися та підтримувати

правильну температуру. При відсутності видимого потовиділення (15-20°C) з людини виходить через шкіру приблизно 0,4-0,6л води на добу. А із повітрям, яким вона дихає - 0,3-0,4л. В результаті чого виникає погіршення самопочуття, з'являється відчуття тяжкості та духоти, помітно знижується працездатність і т. д.

Нормальна відносна вологість для людського організму знаходиться в межах від 30 до 60% та залежить від температури повітря. При температурі повітря 16-20°C для людей, що знаходяться в спокої, комфортна вологість становитиме 40-50%. При температурі вище 20°C або нижче 15°C, а також при вкнанні фізичної роботи вона не повинна перевищувати 30-40%.

Якщо людина довго перебуває в умовах підвищеної вологості та перепадів температури, у неї збільшується ризик простудних та інфекційних захворювань, а також до ревматизму, туберкульозу та захворювань нирок. Сире повітря шкідливе для організму, як при високій, так і при низькій температурах. Ці твердження справедливі для людей, що проживають в зонах помірного та середземноморського клімату. Сухе повітря може стати несприятливою умовою для людини, яка звикла до екваторіальних місцевостей. Таке повітря зневоднює організм та сушить тіло. Так, при низькому рівні вологості, спека може легше переноситися організмом людини, тому що процес випаровування буде проходити значно простіше. Тому на Кавказькому узбережжі влітку буде спекотніше, ніж в Криму або Середній Азії. Але якщо відносна вологість повітря стане меншою за 10%, у людини може з'явитися відчуття сухості в горлі, роті, носі. Тому можна сказати, що вплив сухого повітря не варто недооцінювати, бо інколи воно може бути більш небезпечним, ніж вологе повітря.

Шкідливу дію високої вологості повітря на людину усувають поданням в приміщення осушеного повітря, а сухе повітря зволожують за допомогою спеціальних пристроїв – зволожувачів повітря.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Тож на комфортне самопочуття людини впливають як і температура навколишнього середовища, так і відносна вологість повітря. Теплові відчуття людина може сприймати однаковими при різних значеннях їх параметрів.

Знання допустимих меж зміни температури та вологості необхідне для створення правильних умов перебування людини. Кліматичні умови можна вважати комфортними в тепловому сенсі, якщо людина не відчуває ні холоду, ні перегріву. Організм людини відчуває себе комфортно в тому випадку, якщо від нього відводиться стільки тепла, скільки він виробляє. Тобто можна сказати, що комфортне відчуття людини – це баланс між тепло генерацією та тепловими втратами в навколишнє середовище. В результаті цього внутрішня температура тіла людини становить  $36,6-36,8^{\circ}\text{C}$ . А температура шкіряного покриву в середньому дорівнює  $33^{\circ}\text{C}$  та залежить від параметрів оточуючого середовища (рис. 1.8).

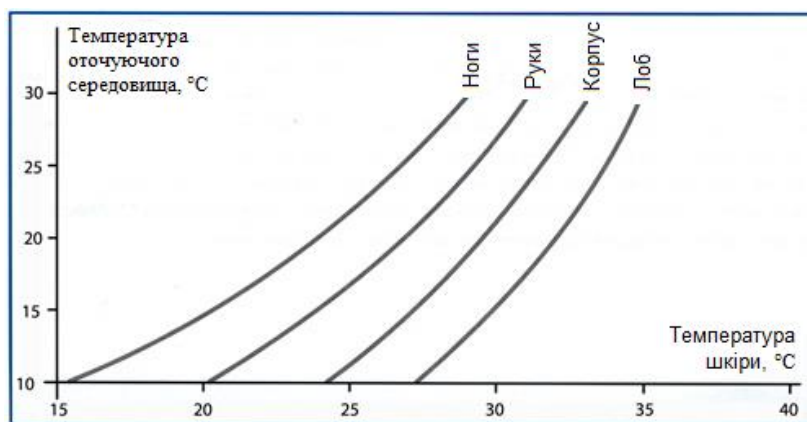


Рис. 1.8. Залежність температури шкіри від температури оточуючого середовища [35]

До змін оточуючого середовища людина адаптується завдяки роботі механізму автоматичної терморегуляції регуляції організму. Але цей механізм ефективно діє лише при незначних відхиленнях параметрів оточуючого середовища від норми. При сильних відхиленнях значень повітря порушуються наступні фізіологічні функції:

- терморегуляція;



## 2 ОГЛЯД ПРИСТРОЇВ, ПРЕДСТАВЛЕНИХ НА РИНКУ

Системи біологічно та емоціонально ефективного світла створені для покращення фізичного та емоційного стану та здоров'я людини. Також ці системи допомагають більш ефективно вирішувати робочі задачі. Для вирішення даної проблеми використовується спеціальне біологічно ефективне світло. Високотехнологічні освітлювальні прибори здатні значно покращити стан людини.

Система біологічно та емоціонально ефективного освітлення Human Centric Lighting - це новітня розробка у сфері освітлення, яка забезпечує оптимальне та безпечне для людського організму освітлення. Використання таких пристроїв сприятливо відображається на циркадних ритмах людини, що дає можливість правильно розподіляти енергію протягом робочого дня. Такі системи останнім часом набирають все більшу популярність в багатьох сферах діяльності, тому що вони спроможні забезпечити повну компенсацію недостатці сонячного світла.

Human Centric Lighting – це комплексне рішення на тему освітлення, яке направлене на відтворення природного ритму денного світла. Циркадний ритм людини можна покращити за допомогою освітлення, яке повністю повторює світло від Сонця. Біологічно емоціонально ефективно освітлення має великі перспективи використання в різноманітних галузях. В умовах офісів, промислових підприємств можна отримати позитивні результати впливу освітлення на самопочуття людини - підвищення працездатності працівників.

Human Centric Lighting ефективно працює в реабілітаційних закладах, де пацієнти тривалий час можуть знаходитися в замкненому просторі та відчувати недостачу денного світла. Перспективним направленням вважається інтеграція біодинамічного освітлення в медицину. Як і інші фактори, які підвищують комфорт, біодинамічне освітлення в лікарнях

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

значно покращить процес одужання пацієнтів. В приміщеннях без вікон таке освітлення дозволить не збивати біологічні ритми у людей.

Керування відтінком в НСІ-системах здійснюється за допомогою двох груп світлодіодів теплого та холодного кольору. Ці групи працюють незалежно одна від одної по заданому алгоритму, випромінюючи світло різної колірної температури. Це світло об'єднується і на виході з'являється потрібний спектр.

Для реалізації такого освітлення потрібно:

- контролер, який реалізує алгоритм освітлення в залежності від часу доби, дати, географічної локації;
- інтерфейс – забезпечує передачу від контролера до регулятора освітлення інформацію про параметри освітлення;
- регулятор освітлення на два канали – регулює яскравість теплого та холодного світла. Зазвичай це двухканальний ШІМ-регулятор;
- джерело світла. Зазвичай це світлодіодні стрічки двох температурних кольорів.

Алгоритм керування такими системами зазвичай опирається на географічне положення. В контролері є GPS-датчик, який отримує інформацію стосовно свого положення та передає його в центральний процесор. Другий варіант - це користувач сам вводить своє місцезнаходження. Далі параметри освітленості змінюються по спеціальному закону, який залежить від часу сходу та заходу сонця в певній місцевості. Варто зауважити, що контролер не копіює стан освітленості на вулиці, а колірна температура в системі завжди буде трохи вище, ніж є насправді. Це робиться для того, щоб зранку, коли сонце ще не повністю встало, людина вже піддавалася впливу більш холодного світла та підвищувала свою активність.

Існують більш складні алгоритми, які опираються не тільки на місцезнаходження, а також на погоду. Такі системи або мають свої датчики,

які збирають інформацію з навколишнього середовища, або пристрій під'єднується до мережі Internet та дані про погоду отримує із сайтів.

## 2.1 Контролери ULC

Контролер ULC-R21-RGB призначений для керування RGB світлодіодними стрічками, або трьома джерелами світла, наприклад жовтого, білого и синього кольорів (рис. 2.1 (а)).

Контролер ULC-R22-DIM регулює світловий потік одного джерела. Це звичайний ШІМ-драйвер, призначений для світлодіодних стрічок (рис. 2.1 (б)).

Контролер ULC-R23-CTB використовується для зміни колірної температури джерел світла на основі світло діодів теплого та холодного світла. До нього необхідно під'єднати два різних джерела холодного та теплого відтінків, або одну світлодіодну стрічку з двома типами кристалів (рис. 2.1 (в)).



Рис. 2.1. Контролери ULC: а - ULC-R21-RGB, б - ULC-R22-DIM, в - ULC-R23-CTB

Характеристики контролеру:

- частота ШІМ: 1,5 КГц;
- вхідна напруга: 12 / 24 В;
- максимальне навантаження на канал: 6 Вт;

- максимальний струм: 18 А;
- робоча радіочастота: 433.92 МГц;
- радіус дії пульта: 20 м;
- чутливість приймача: 105 дБм;

## 2.2 Контролер SunLync від Healthe

Блок керування SunLync (рис. 2.2), який виготовляє американська компанія Health, містить в собі вбудований GPS-датчик. Також даний блок має можливість вибору одного із п'яти встановлених режимів в залежності від психофізіологічних особливостей та виду діяльності користувача. Тобто цей блок вже містить записані алгоритми, наприклад: режим сну, режим відпочинку, режим роботи, режим обіду тощо і користувачу не потрібно розбиратися із тим, яку колірну температуру краще вибрати і як взаємодіяти з оточуючим середовищем.



Рис. 2.2. Контролер SunLync від Healthe

## 2.3 Контролер Arlight DALI-TIMER-DIN

Сучасний цифровий інтерфейс DALI забезпечує передачу потрібного об'єму інформації для біодинамічного освітлення. Цей контролер DALI-TIMER-DIN (рис. 2.3) може керувати об'єктами по програмі, яка складається з 16 часових крапок. Для кожного інтервалу часу можна задавати своє значення освітленості кожного з двох каналів. Також цей контролер має

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

внутрішнє резервне джерело живлення, що дозволяє запам'ятовувати останні налаштування та не скидатися у випадку відключення електроенергії. Також важливою перевагою є те, що контролер прошивається через інтерфейс USB, а це значить, що його можна налаштовувати з будь-якого сучасного ноутбуку.

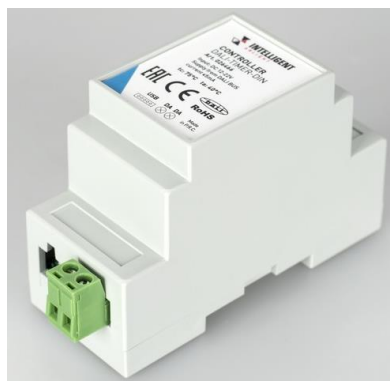


Рис. 2.3. Контролер Arlight DALI-TIMER-DIN

## 2.4 Контролер TUYA

В основі платформи TUYA (рис. 2.4) лежить хмарний сервіс. Керування ним здійснюється за допомогою мобільного додатку. Відповідно контролер реалізує функцію біодинамічного освітлення віртуально. Якщо треба змінити колірну температуру та яскравість в залежності від часу доби, можна написати програму, яка буде це робити. Завдяки дружелюбному інтерфейсу додатку Intelligent Arlight зробити це буде зовсім не складно. Реалізація біодинамічного освітлення на платформі TUYA гарна тим, що можна використовувати більш складні алгоритми, ніж при програмуванні недорогих контролерів DALI.

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.ДС71.008.000 ПЗ				



Рис. 2.4. Контролер TUYA

## 2.5 Контролер RoomSet від Helvar

Застосунок призначений для простого та швидкого налаштування освітлення в однакових приміщеннях, наприклад офісах та навчальних аудиторіях. Головний датчик, який являє собою основу всієї системи, дозволить значно економити електроенергію (рис. 2.5).

Переваги цього контролеру:

- простота встановлення завдяки автоматичним налаштуванням керування;
- керування та налаштування конфігурації з планшета через спеціальний застосунок із інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом;
- економічність та масштабованість - швидке налаштування однотипних приміщень з можливістю копіювання налаштувань;
- взаємодіє з освітлювальними приборами DALI ;
- можливість бездротового оновлення програмного забезпечення;

										Арк.
										41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.ДС71.008.000 ПЗ					

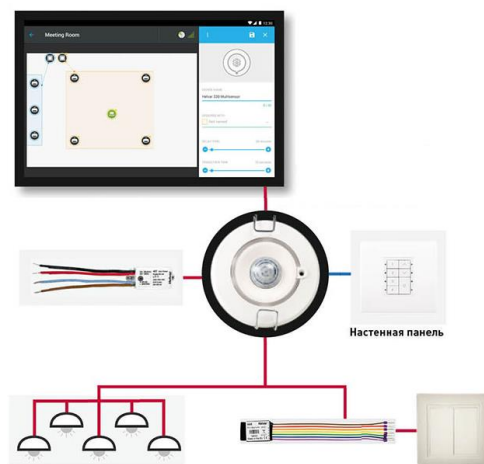


Рис. 2.5. Контролер RoomSet від Helvar

## 2.6 Контролер ILLUSTRIS від Helvar

ILLUSTRIS - це сучасний інтерфейс користувача з додатковими функціями керування освітленням (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Контролер ILLUSTRIS від Helvar

В ньому використовуються добре знайомі користувачам та інтуїтивно зрозумілі сенсорні кнопки. Завдяки технології Bluetooth цим пристроєм можна також користуватися на смартфонах та планшетах, установивши додаток SceneSet. Інтерфейс ILLUSTRIS призначений для роботи зі стандартними функціями DALI. Також його можна увімкнути в систему керування Helvar для більш універсального використання. Ідеально підходить для керування освітленням в офісах, медичних установах та інших

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

громадських місцях, де потрібно високотехнологічне освітлення, яке створює приємну та комфортну обстановку.

## 2.7 Контролер ActiveAhead від Helvar

ActiveAhead - бездротова система керування освітленням нового покоління, яка постійно навчається (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Контролер ActiveAhead від Helvar

Її не потрібно налаштовувати, вона сама підбирає найбільш підходящим режим роботи та коригує свій кожен день, виходячи із навколишньої обстановки. Всі джерела світла цієї системи обмінюються один з одним інформацією. В результаті світло передбачає дії людини, зберігає електроенергію та забезпечує комфорт.

Переваги ActiveAhead:

- прогнозує освітлення. Пристрій вивчає маршрути руху в приміщеннях та використовує ці дані для контролю освітлювальних приборів;
- простота установки. Достатньо просто закріпити елемент в потрібному положенні та увімкнути живлення;

- розумне енергозбереження. Пристрій може зменшувати яскравість в залежності від фактичного використання простору;
- підвищений комфорт. Пристрій починає вчитися з першої секунди використання. Система здатна вивчити перші маршрути за декілька днів в залежності від фактичного використання простору.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>44</i>

### 3 РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ

#### 3.1 Необхідні вимоги до пристрою

Спираючись на інформацію, яка представлена в розділах вище, можна вже зараз сформулювати деякі основні моменти, яким повинний відповідати даний пристрій. Оскільки значний вплив на організм людини має інтенсивність світла, то в проекті необхідно реалізувати гнучке налаштування цього параметру від 20 до 100%. До того ж в залежності від об'єму приміщення одна і та сама яскравість світлодіодних ламп буде по-різному сприйматися людьми. Тому обов'язково цей параметр потрібно робити змінним та забезпечити досить просте його коригування.

Другий важливий параметр - це колірна температура. Саме вона впливає на синтез таких гормонів як мелатонін та кортизол, а тому можна вважати що саме від температури світла залежить стан людини. Колірну температуру можна обмежити в діапазоні від 1500 до 9000К, тому що температура, яка виходить за ці рамки, майже взагалі ніде не зустрічається в природі, а також має негативний вплив на організм людини. Цей параметр також потрібно робити змінним для різного впливу на самопочуття людини.

Також необхідно забезпечити калібрування світлодіодних джерел та підлаштування їх спектру на програмному рівні. Тому що навіть у якісних світлодіодних стрічок спектр все ж таки не ідеальний і може бути зміщений в певну сторону. Тому обов'язково потрібно забезпечити коригування цього параметру для встановлення правильної температури світлодіодної стрічки.

Ще одним моментом, який заслуговує уваги є готові режими, які із самого початку будуть прописані в програмі. Такий підхід дозволить спростити користування пристроєм та зведе керування колірною температурою та яскравістю світла буквально до декількох натискань кнопки. В даній роботі буде доцільно зробити декілька вже запрограмованих

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

режимів, які не можна буде змінювати, а також додати режими, які будуть повністю налаштовуватися користувачем. Це забезпечить користування даним пристроєм як людьми, які взагалі не розбирається в темі впливу освітлення на самопочуття людини, а також людьми, які мають певні знання та навички. Це дозволить дуже зручно налаштувати пристрій повністю під себе та під свої потреби.

Ще однією корисною функцією є автоматична зміна колірної температури протягом доби. Багато вже існуючих контролерів мають таку функцію. Це призведе до того, що людина буде схильна до природних біоритмів та буде почувати себе більш комфортно, ніж при статичній колірній температурі протягом всього дня. Ця функція буде працювати за допомогою годинника реального часу та на основі нього буде розраховуватися значення кольору температури для певного проміжку часу.

Також важливо реалізувати вимкнення та увімкнення режимів в певні проміжки часу доби. Це буде корисно для використання в школах, офісах та на підприємствах. Пристрій можна запрограмувати так, що кожен день в певний час коли, люди приходять на роботу або навчання, вмикається освітлення зі спеціальними параметрами. А ввечері коли всі уходять додому світло саме може викликатися. Або в першій половині дня вмикається один режим, а в другій – інший. Така автоматизація Спростить керування використанням пристрою.

На людину значний вплив також мають температура та вологість повітря в приміщенні. Вплив цих параметрів не варто недооцінювати, оскільки за певних обставин вони можуть впливати на організм сильніше ніж освітлення. Також спираючись на дані, приведені в попередніх розділах, можна сформулювати вимоги до керування цими параметрами.

Пристрій повинен підтримувати задану температуру та вологість повітря в приміщенні. Для цього він повинен мати як датчики для отримання

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

інформації про мікроклімат, так і виконуючі пристрої, які будуть вмикати і вимикати обігрівачі та зволожувачі повітря.

Температура повинна встановлюватися в межах 15-35°C. В режимах, які будуть запрограмовані без можливості зміни параметрів, повинні бути прописані такі значення температури, які відповідають концепції вибраного режиму. Для режимів, які будуть повністю налаштовуватися користувачем, зміна температури може варіюватися в заданих межах.

Для вологості повітря все так само. Вона може бути обмежена в межах від 30 до 80%. Для режимів, які будуть запрограмовані без можливості зміни параметрів, потрібно встановити такі дані вологості, які відповідатимуть обраному режиму. Для режимів користувача зміна вологості повинна проходити в заданих межах.

Тому отримуємо наступні характеристики пристрою:

- регулювання яскравості в межах 20-100%;
- регулювання колірної температури в межах 1500-9000K;
- можливість калібрування світлодіодних стрічок на програмному рівні;
- передвстановлені режими, які полегшать користування приладом;
- автоматична зміна колірної температури протягом доби;
- автоматичне увімкнення та вимкнення режимів на основі годинника реального часу;
- підтримка температури повітря в межах 15-35°C;
- підтримка відносної вологості повітря в межах 30-80%.

Концепція буде представляти собою вбудоване рішення, яке можна встановити як в офісах, школах та підприємствах, так і в приватному будинку або квартирі. Пристрій являтиме собою невелику коробку, яка міститиме всі необхідні елементи для повноцінного функціонування. Також, для зручності користування, буде доданий рідкокристалічний дисплей для виводу актуальної інформації для користувача.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Керування пристроєм буде зводитися до двох можливих варіантів: за допомогою кнопок та за допомогою смартфона по Bluetooth. Перший варіант дає можливість налаштувати тільки основні функції, такі як вибір режиму, яскравість освітлення та увімкнення або вимкнення пристрою. За допомогою смартфона можна буде повністю налаштувати доступні параметри під потреби людини. Саме таким чином буде виконуватися налаштування режимів користувача, де можна буде задавати як власну бажану температуру повітря, вологість, а також яскравість світла та колірну температуру.

Для орієнтування в просторі буде встановлений годинник реального часу, на основі якого пристрій буде вмикати та вимикати певні режими відповідно до прописаного алгоритму.

Отримаємо наступну будову приладу:

- містить головний процесор із прописаними алгоритмами роботи та підтримкою бездротового керування (Bluetooth / Wi-Fi);
- містить датчики та виконавчі пристрої, необхідні для функціонування;
- має вбудований годинник реального часу;
- має вбудований рідкокристалічний дисплей для виводу інформації;
- має ряд кнопок для керування програмою.

### 3.2 Структурна схема пристрою та її складові

На основі вимог, які ставляться до алгоритмів та роботи, була побудована структурна схема приладу (рис. 3.1). Вона наглядно демонструє, які основні вузли матиме прилад, та як вони між собою будуть пов'язані. Структурна схема може змінюватися в залежності від потрібного функціоналу.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

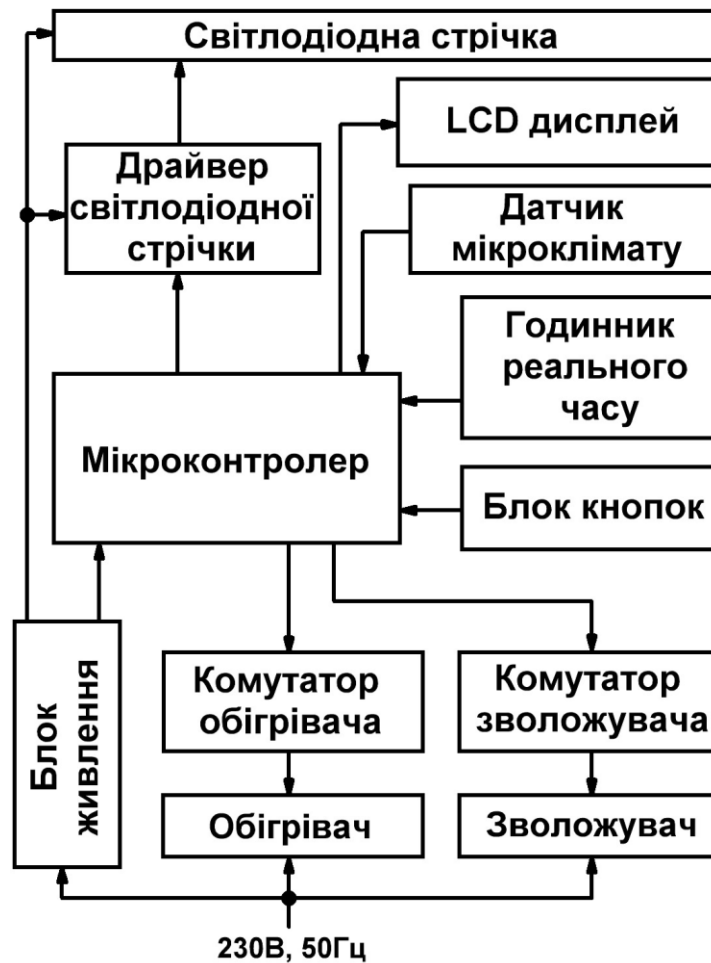


Рис. 3.1. Структурна схема приладу

Мікроконтролер – основний компонент пристрою. В ньому міститься прошивка та дані для роботи системи. Він відповідає за обробку сигналів із датчиків та кнопок, обчислює певні значення на основі отриманих даних та керує периферією (драйвером світлодіодної стрічки, комутаторами, LCD дисплеєм). Також цей компонент відповідає за бездротове з’єднання з мобільним телефоном по Bluetooth та Wi-Fi.

Блок живлення – один із основних елементів схеми. Він перетворює мережеву напругу в потрібні 12В для живлення світлодіодної стрічки та 5/3,3В для живлення мікроконтролеру та периферії. До цього елемента схеми ставляться високі вимоги щодо надійності та якості вихідних напруг. В

реальній схемі це може бути не один блок живлення, а декілька різних, розрахованих на потрібні вихідні напруги.

Світлодіодна стрічка – джерело освітлення в системі. Тут може використовуватися як RGB так і двоколірна стрічки. Основною вимогою до цього компоненту є надійність, якість та гарна кольоропередача. Для зменшення втрат на падінні напруги, можна використовувати 24В стрічку з відповідним блоком живлення. Оскільки 12/24В йде тільки на керування стрічкою, то цю напругу можна змінювати без внесення коректив у схему пристрою.

Драйвер світлодіодної стрічки – елемент, який керує кожним каналом світлодіодної стрічки, незалежно від того, використовується RGB або двоколірна стрічка. Драйвер може представляти собою декілька транзисторів для кожного каналу стрічки. За допомогою слабкого сигналу з мікроконтролеру, транзистор буде подавати на стрічку потужний сигнал.

Комутатор обігрівача – силова частина схеми, яка керує обігрівачем. В даній системі використовується нагрівач із живленням від мережі 230В, тому комутатор повинен бути розрахований на керування такою напругою. Цей елемент може представляти собою або електромагнітне реле, або симістор із додатковою обв'язкою.

Комутатор зволожувача – силова частина схеми, яка керує зволожувачем. В даній системі використовується зволожувач із живленням від мережі 230В, тому комутатор повинен бути розрахований на керування такою напругою. Цей елемент може представляти собою або електромагнітне реле, або симістор із додатковою обв'язкою.

Обігрівач – промисловий обігрівач зі напругою живлення 230В. Його потрібно підбирати за потужністю, щоб його тепла було достатньо для обігріву приміщення. Оскільки система керування універсальна, то можна використовувати і звичайні побутові обігрівачі.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Зволожувач – промисловий зволожувач повітря, який живиться від мережі 230В. Його підбирати треба за кількістю пари, яку він виробляє за одиницю часу та розмірів приміщення, де він буде працювати. Оскільки система керування універсальна, то можна використовувати і звичайні побутові зволожувачі повітря.

Датчик мікроклімату – модуль, який за допомогою чутливих елементів та певних алгоритмів вираховує температуру та вологість середовища, в якому знаходиться. За допомогою нього мікроконтролер отримує інформацію про стан мікроклімату в приміщенні та керує периферією.

Годинник реального часу – модуль, який містить у собі джерело живлення для збереження інформації після відключення основного живлення, календар, список днів тижня та алгоритми відраховування часу. Тобто це модуль, який містить в собі інформацію про час та дату, а також день тижню. За допомогою нього мікроконтролер орієнтується у часі.

LCD дисплей – слугує для виводу корисної інформації для користувача. На ньому відображається стан системи, який режим зараз вибраний, яка яскравість задана тощо. Керувати системою можна і за допомогою телефону, але дисплей слугує для більш зручного орієнтування в параметрах.

Блок кнопок – це панель із кнопками, розташованими в ряд. Цей компонент слугує для швидкої зміни основних параметрів системи, таких як режим, яскравість, колірна температура. Ці налаштування можна проводити і за допомогою смартфона, але якщо потрібно швидко змінити один із основних параметрів, то значно простіше буде зробити це за допомогою панелі із кнопками.

### **3.3 Вибір елементної бази**

#### **3.3.1 Мікроконтролер**

Існує декілька варіантів побудови керуючої системи:

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

- зв'язка простого мікроконтролера (наприклад ATmega8/328) із модулем Bluetooth (HC-05);
- використання спеціалізованих мікроконтролерів із підтримкою Wi-Fi (наприклад ESP8266);
- використання спеціалізованих мікроконтролерів із підтримкою Wi-Fi та Bluetooth (наприклад ESP32).

Перший варіант достатньо простий у реалізації, але має суттєві недоліки. По-перше, ATmega8/328 мають мало вбудованої пам'яті (32КБ) для реалізації всіх функцій приладу.

По-друге, економічно не вигідно купувати окремо і мікроконтролер і модуль Bluetooth, який такою є мікроконтролером з обв'язкою. Перший недолік можливо вирішити переходом на більш потужні процесори, наприклад STM32, але завжди залишається другий недолік – ціна.

Другий варіант – використання ESP8266 (рис. 3.2, рис. 3.3). Тут вже можна реалізувати підключення до серверу та контроль через смартфон. Пам'яті набагато більше (4МБ) і частота роботи значно перевищує ATmega8/328. До того ж сам контролер дешевий, бо використовується майже всюди, де є вихід в інтернет.

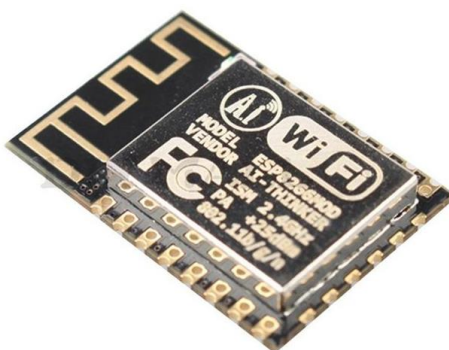


Рис. 3.2. Зовнішній вигляд мікроконтролеру ESP8266

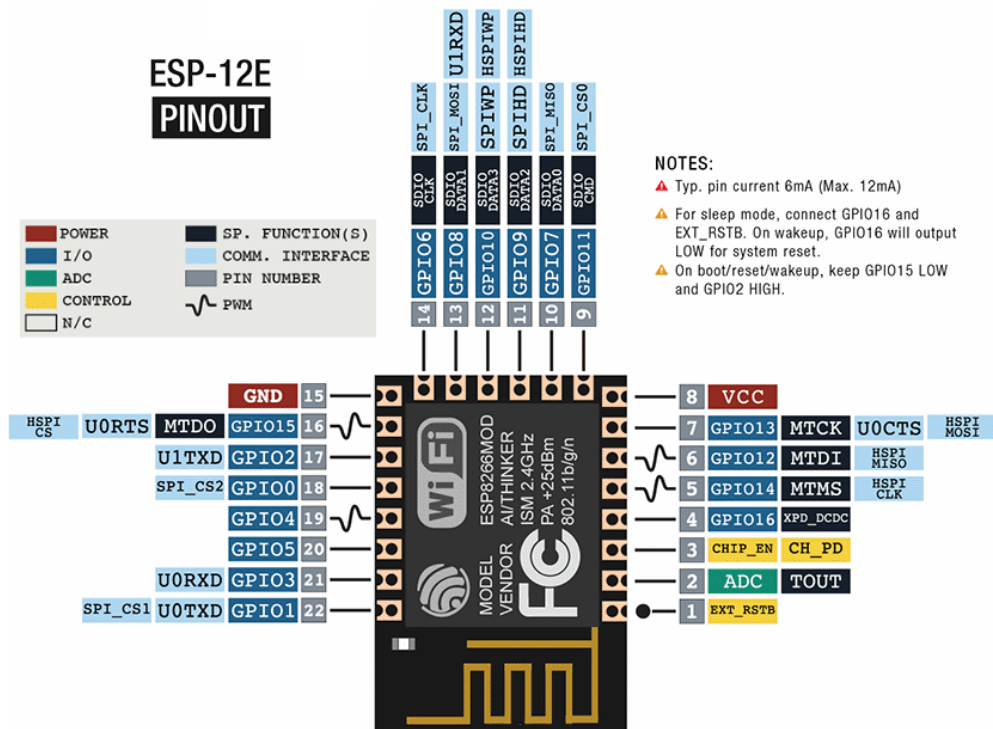


Рис. 3.3. Розпіновка мікроконтролеру ESP8266

Третій варіант – використання мікроконтролеру ESP32 (рис. 3.4, рис. 3.5).



Рис. 3.4. Зовнішній вигляд мікроконтролеру ESP32

Цей контролер значно потужніший, ніж ESP8266, але коштує не набагато більше. Також у цьому контролері є багато корисних функцій, декілька каналів інтерфейсів спілкування з периферією. Цей контролер також має підтримку Wi-Fi та на ньому можна піднімати сервери, виходити в Інтернет, підключатися до смартфона.

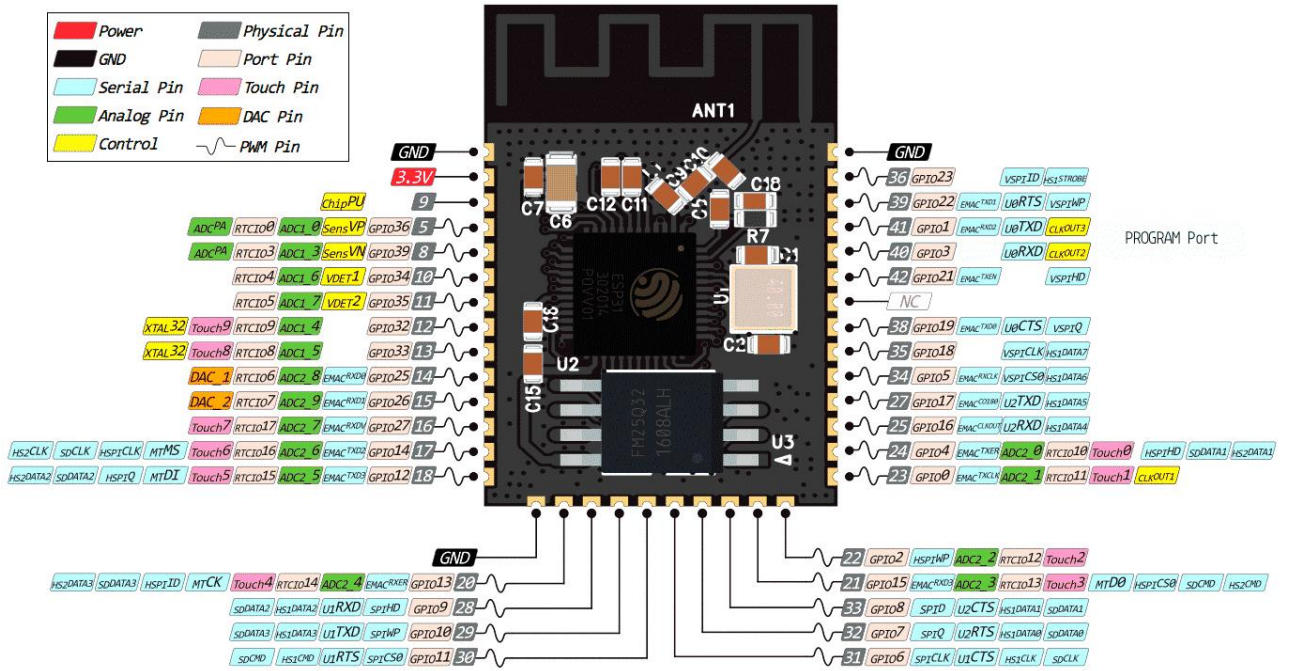


Рис. 3.5. Розпіновка мікроконтролера ESP32

Але найголовнішою перевагою цього контролера в порівнянні із ESP8266 є підтримка Bluetooth. Саме використання цієї технології дозволить спростити написання програмного забезпечення та алгоритмів роботи пристрою. Тому що не потрібно буде писати веб-додаток, не потрібно приєднувати сервер. А достатньо просто підключитися по Bluetooth зі смартфоном і вже можна взаємодіяти із пристроєм.

Також для остаточного вибору потрібно порівняти характеристики цих двох контролерів. В табл. 3.1 наведено характеристики для ESP8266, табл. 3.2 для ESP32.

Таблиця 3.1.

Характеристики ESP8266

Категорії	Параметри	Значення
Стандарти бездротового зв'язку	Протоколи	Wi-Fi: 802.11 b / g / N
Характеристики апаратної частини	Периферійні шини	UART/HSPI/I2C/I2S/інфрачервоний інтерфейс віддаленого керування

Категорії	Параметри	Значення
	Робоча напруга	3,0 – 3,6 В
	Робочий струм	близько 80 мА
	Діапазон робочих температур	-40 – 125 °С
	Розміри	16мм x 24мм x 3мм
	Флеш-пам'ять:	до 16 МБ максимум (зазвичай 512 КБ)
	Процесор	Tensilica L106, 32 бита
	Частота роботи процесора	80...160 МГц
	ОЗП	32 кб + 80 КБ
	GPIO	17 шт.
Характеристики програмного забезпечення	Wi-Fi режим	Станція, програмна точка доступу, програмна точка доступу + станція
	Безпека	WPA/WPA2
	Шифрування	WEP/TKIP/AES
	Оновлення прошивки	Завантаження через UART / OTA (через мережу) / завантаження прошивки через хост
	Розробка ПЗ	підтримка Cloud Server Development / SDK для розробки прошивок користувача
	Мережеві протоколи	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
	Налаштування користувача	Набір AT команд, Cloud Server, застосунок Android/iOS

Табл. 3.2. Характеристики ESP32

Категорії	Параметри	Значення
Стандарти бездротового зв'язку	Протоколи	Wi-Fi: 802.11 b / g / N, Bluetooth: v4.2 BR/EDR та BLE

Категорії	Параметри	Значення
Характеристики апаратної частини	Периферійні шини	3xUART/3xSPI/2xI2C/I2S/датчики температури, Холла, тач-сенсори
	Робоча напруга	3,0 – 3,6 В
	Робочий струм	близько 250 мА
	Діапазон робочих температур	-40 – 125 °С
	Розміри	16мм x 24мм x 3мм
	Флеш-пам'ять:	до 16 МБ максимум (зазвичай 4 МБ)
	Процесор	Tensilica Xtensa LX6, 32 бита
	Частота роботи процесора	160...240 МГц
	ОЗП	520 КБ
	GPIO	25 шт.
Характеристики програмного забезпечення	Wi-Fi режим	Станція, програмна точка доступу, програмна точка доступу + станція
	Безпека	WPA, WPA/WPA2 та WAPI
	Шифрування	WEP/TKIP/AES
	Оновлення прошивки	Завантаження через UART / OTA (через мережу) / завантаження прошивки через хост
	Розробка ПЗ	підтримка Cloud Server Development / SDK для розробки прошивок користувача
	Мережеві протоколи	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
	Налаштування користувача	Набір AT команд, Cloud Server, застосунок Android/iOS

Після аналізу даних з таблиць, можна однозначно сказати, що краще буде використання ESP32, тому що:

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

- у ESP32 набагато більше пінів вводу-виводу інформації і кількості на ESP8266 не вистачить для підключення усієї периферії;
- ESP32 має більшу частоту роботи процесора, а тому програма буде виконуватися швидше;
- ESP32 має більше пам'яті для прошивки, а враховуючи, що потрібно буде зберігати масиви кольорів у пам'яті, то ESP8266 не вистачить;
- ESP32 має підтримку Bluetooth, що значно полегшує розробку ПЗ.

Тому в даному проекті в якості головного мікроконтролера для керування пристроєм буде використовуватися ESP32. Для полегшення прототипування, макет буде на основі плати ESP32 DEVKIT V1 (рис. 3.6).

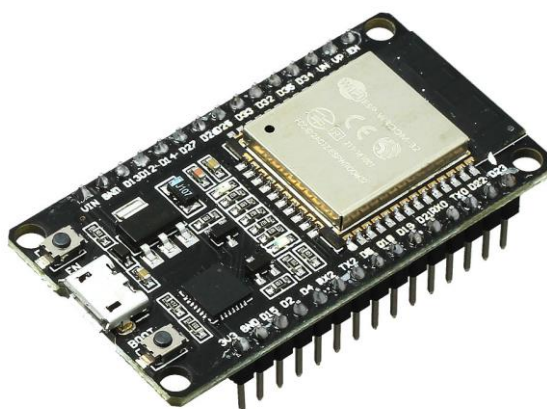


Рис. 3.6. Зовнішній вигляд платформи ESP32 DEVKIT V1

### 3.3.2 Світлодіодна стрічка

Можливі два варіанти стрічок, які можна застосувати в цьому пристрої. Перший - RGB світлодіодна стрічка. Другий – двоколірна стрічка.

RGB світлодіодна стрічка - це кристали трьох основних кольорів, розташовані на одній підкладці у вигляді стрічки. Основні кольори - це червоний, зелений та синій. Комбінуючи їх в різних пропорціях, можна створювати певний колір (рис. 3.7).



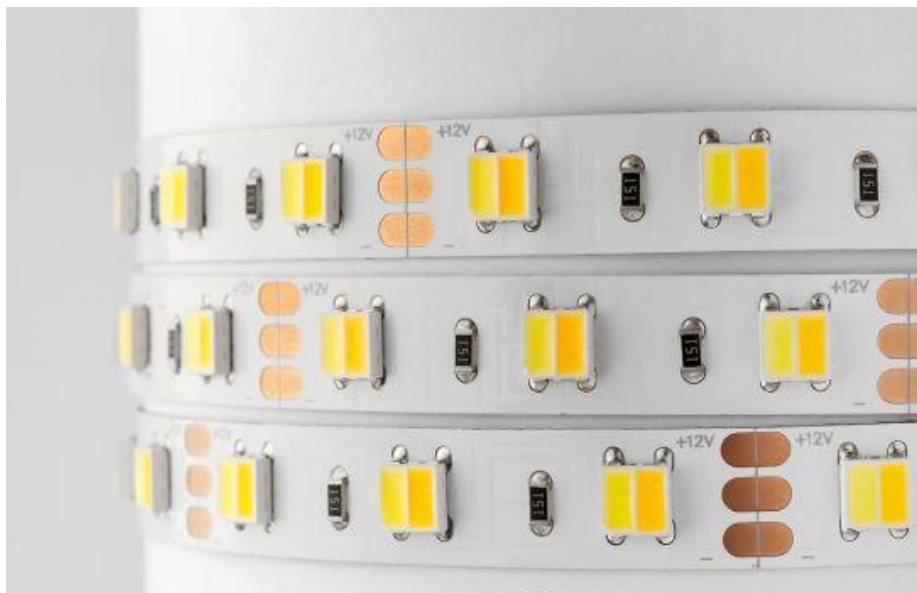


Рис. 3.8. Зовнішній вигляд двоколірної світлодіодної стрічки

Змішуючи в різних пропорціях яскравість кожного з цих світлодіодів можна добитися майже будь-якої колірної температури в певних межах, які на які розраховані світлодіоди.

Цей варіант трохи кращий, тому що тут вже світлодіоди відкалібровані із заводу, тому пристрій не треба калібрувати вручну. Це набагато спрощує розробку пристрою та систему керування. Однак такі світлодіодні стрічки коштують набагато дорожче та за допомогою них не можна задати будь-який колір. А оскільки даний прилад може використовуватися не тільки в офісах та школах, а й в квартирі, то досить цікавою можливістю буде задання будь-якого кольору, наприклад зеленого, синього, помаранчевого, жовтого, фіолетового тощо. Таке освітлення можна використовувати як нічне або як додаткове освітлення для фотографій. Тому в даному проекті буде використана RGB світлодіодна стрічка потужністю 18Вт/м на кожному з каналів.

### 3.3.3 Драйвер світлодіодної стрічки

Оскільки світлодіодна стрічка буде керуватися ШІМ-сигналом високої частоти, драйвер повинен бути розрахований саме під ці параметри.

В якості драйвера для керування світлодіодною стрічкою будуть використовуватися MOSFET-транзистори (рис. 3.9).

MOSFET-транзистори – польові транзистори із ізольованим затвором. Їх переваги в тому, що вони мають дуже малий опір відкритого переходу, а тому не сильно нагріваються. Зараз майже в усій силовій електроніці, де потрібно керувати постійною напругою, використовуються мосфет-транзистори.

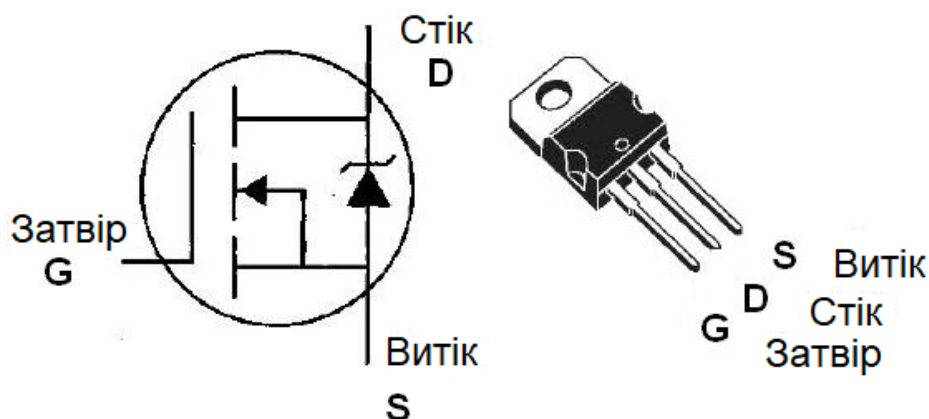


Рис. 3.9. Схематичне зображення та зовнішній вигляд MOSFET-транзистору

Такі транзистори розраховуються виходячи із значень напруги та сили струму навантаження, керуючої напруги на затворі та опору внутрішнього каналу.

Відомі дані:

- напруга навантаження (напруга стік-витік): 12/24В;
- світлодіодна стрічка потужністю 18Вт/м на кожному із каналів;
- довжина світлодіодної стрічки: 5м;
- частота ШІМ-сигналу: 5кГц;
- напруга керування транзистором: 3,3В.

Спочатку розраховується сила струму світлодіодної стрічки. Із формули потужності виводимо вираз для сили струму:

$$P = U \cdot I \quad (3.1),$$

$$I = \frac{P}{U} \quad (3.2).$$

Після підстановки даних отримуємо, що:

$$\text{для } 12\text{В: } I = \frac{18 \cdot 5}{12} = 7,5\text{А},$$

$$\text{для } 24\text{В: } I = \frac{18 \cdot 5}{24} = 3,75\text{А}.$$

Далі розраховується максимальний час переходу транзистора із одного стану в інший. Спочатку треба знайти період імпульсів ШІМ (3.3):

$$T = \frac{1}{f} \quad (3.3),$$

$$T = \frac{1}{5000} = 0,2\text{мС} = 200\text{мкС},$$

Мінімальна яскравість стрічки 20%. Це означає, що при такій яскравості, ширина імпульсу становитиме 20% від періоду. Тому мінімальний час переходу транзистора повинен становити:  $T \cdot 0,2 = 40\text{мкС}$ .

Тепер є всі необхідні дані для пошуку MOSFET-транзистору. Під час пошуку варто звертати увагу на опір каналу транзистора та підбирати такий елемент, де він мінімальний, щоб уникнути нагріву мосфету.

Під параметри підходить IRL540PbF. Цей транзистор має наступні параметри:

- напруга стік-витік: 100В, що значно перевищує робочу напругу світлодіодної стрічки (12/24В);
- максимальний струм стоку: 28А, що сильно більше, ніж струм через світлодіодну стрічку (7,5/3,75А);
- мінімальна напруга відкриття транзистору: 2В, це означає, що при 3.3В транзистор вже повністю відкриється (рис. 3.10);
- максимальний час переключення транзистору: 260нС, що відповідає багатократному запасу (необхідно < 40мС).

									Арк.
									61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.ДС71.008.000 ПЗ				

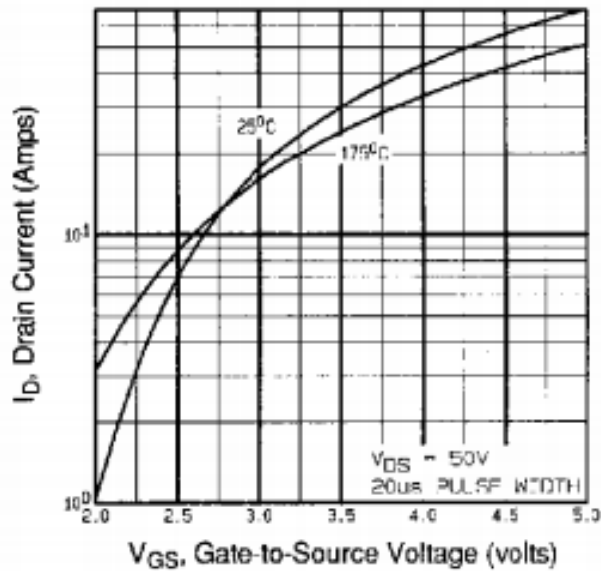


Рис. 3.10. Залежність струму стоку від напруги затвір-витік IRL540PbF [36]

### 3.3.4 Блок живлення

Блок живлення даного пристрою буде представляти собою готове рішення - мережевий адаптер з вихідною напругою 12В та максимальним струмом 2,5А (рис. 3.11).



Рис. 3.11. Зовнішній вигляд мережевих адаптерів для живлення пристрою

Такі блоки живлення чудово підійдуть для макету та відлагодження схеми. Однак для справжнього пристрою такі джерела занадто великі. В залежності від того, наскільки великий буде корпус приладу, блок живлення буде або розводитися на платі самого пристрою, або буде інтегруватися блок живлення без корпусу (рис. 3.12).



Рис. 3.12. Безкорпусний блок живлення

Напруга живлення мікроконтролера та периферії (3,3В) буде забезпечуватися лінійним стабілізатором (рис. 3.13). Таке рішення досить просте та дешеве. Із недоліків можна відмітити нагрів стабілізатора при роботі. Це відбувається тому, що надлишок енергії такий стабілізатор перетворює в тепло.

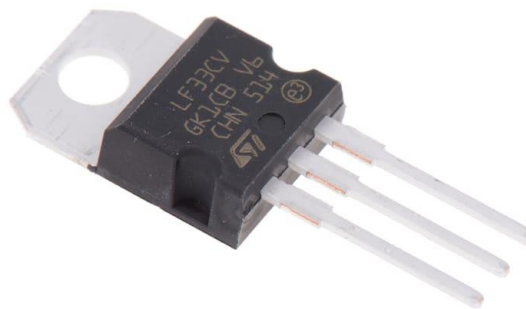


Рис. 3.13. Зовнішній вигляд лінійного стабілізатора на 3,3В в корпусі ТО-220

Мікроконтролер разом з периферією будуть споживати приблизно 350мА. Різниця між вхідною та вихідною напругою становить:

$U_{\text{стаб}} = U_{\text{вх}} - U_{\text{вих}} = 12 - 3,3 = 8,7\text{В}$  - така напруга буде падати на стабілізаторі.

Потужність, яку розсіює стабілізатор знаходиться по формулі (3.4):

$$P_{\text{роз}} = U_{\text{стаб}} \cdot I_{\text{нав}} \quad (3.4),$$

$$P_{\text{роз}} = 8,7 \cdot 0,35 = 3,045\text{Вт},$$

Це занадто велика потужність, тому лінійний стабілізатор слід встановити на радіатор.

### 3.3.5 Комутатори нагрівача та зволожувача повітря

Оскільки нагрівач та зволожувач працюють від мережі змінного струму напругою 230В, в якості комутаторів можна використовувати як симістори, так і реле.

Симістори мають такі переваги як: невеликий нагрів, велика потужність, маленькі розміри, відсутність рухомих контактів. Все це позитивно впливає на срок служби цього компонента.

Однак симістори мають недолік. Для їх керування потрібна більш складна обв'язка із отпопарами та відслідковування точок проходу синусоїди через нуль.

Цього недоліку немає в реле. До того ж, щоб підключити реле, потрібно всього один транзистор та діод. Однак реле не такі довговічні як симістори. Але через простоту і дешевизну в даному проекті будуть використовуватися реле.

Щоб перевірити працездатність пристрою, будуть використовуватися обігрівач та зволожувач потужністю приблизно 800Вт кожен. Враховуючи запас 20%, можна обрахувати характеристики, яким повинні задовольняти реле.

Максимальний струм через реле буде обраховуватися по формулі:

$$I = \frac{P}{U} \cdot 20\% \quad (3.5),$$

$$I = \frac{800}{230} \cdot 20\% = 4,16A,$$

Тоді отримаємо наступні характеристики реле:

- напруга катушки: 12/24В, бо через транзистор на катушку буде подаватися напруга з блоку живлення;

- напруга споживача: 230В;
- струм через реле: 4,16А;
- потужність споживача: 950Вт.

Під ці параметри ідеально підходить реле, що має назву srd-12vdc-sl-c (рис. 3.14). Характеристики цього реле можна прочитати на верхній грані корпусу.



Рис. 3.14. Зовнішній вигляд реле srd-12vdc-sl-c

### 3.3.6 Блок кнопок

Для керування пристроєм без використання смартфона розроблено панель із кнопками, кожна з яких відповідає за певну функцію. В якості самих кнопок були узяті звичайні тактові кнопки (рис. 3.15). Вони не являються дефіцитом та достатньо добре справляються зі своєю задачею.



Рис. 3.15. Зовнішній вид тактової кнопки

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Із таких кнопок побудована панель на основі текстоліту для зручного встановлення їх в макет. В подальшому доцільно буде замінити такі кнопки на більш якісні, але оскільки зараз досліджується тестова версія, то таких буде цілком достатньо.

### 3.3.7 LCD дисплей

В якості дисплею для відображення інформації був обраний символний дисплей LCD 1602 з I2C розширювачем (рис. 3.16). Такі дисплеї досить дешеві та прості у використанні. У них символна таблиця міститься всередині, на відміну від графічних OLED дисплеїв, тому на стороні мікроконтролеру необхідно тільки відправити команду на показ певного символу. Такий підхід значно економить як час, який витрачається на написання коду, так і пам'ять в мікроконтролері, тому що немає необхідності зберігати символну таблицю шрифтів.



Рис. 3.16. Зовнішній вигляд дисплею LCD 1602 з I2C розширювачем

Даний дисплей має I2C розширювач, що дозволяє підключати його до мікроконтролеру по інтерфейсу I2C. Таким чином значно зменшується кількість дротів для підключення та звільняються піни вводу-виводу мікроконтролера.

### 3.3.8 Годинник реального часу

Зараз на ринку представлені декілька моделей годинників реального часу:

- DS1307;
- DS3231;
- PCF8523;

Серед них найкраще себе зарекомендував DS3231 (рис.3.17). На відміну від інших модулів, ця мікросхема має найменше відставання з часом та достатньо зручне підключення. До того ж цей годинник – один із найрозповсюдженіших, тому інформацію щодо роботи з ним досить легко знайти в Інтернеті.

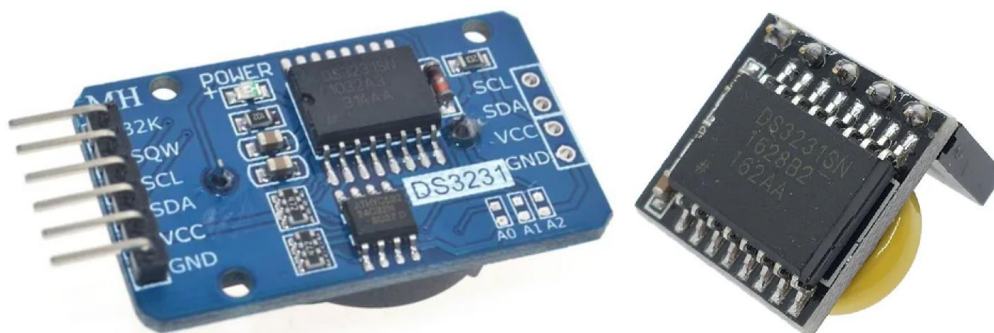


Рис. 3.17. Зовнішній вигляд двох можливих модифікацій модуля DS3231

Мікросхема вміє рахувати секунди, хвилини, години, дні тижня, числа, місяці, роки. Має автоматичне підлаштування під високосні роки та містить два програмовані будильники на кожен день.

Ще однією перевагою DS3231 є те, що модуль підключається по інтерфейсу I2C, так само, як і символний дисплей. А це означає, що достатньо кодів один раз підключити бібліотеку для роботи із цим інтерфейсом і не треба використовувати додаткових бібліотек, які займають місце у пам'яті.



DHT21 – середній варіант між DHT11 та DHT22. Основна його відмінність – закритий корпус для використання на вулиці.

HTU21 та VME280 достатньо точно та швидко вимірюють параметри оточуючого середовища. Можна вважати їх одними із найкращих датчиків. Але частота показів в них значно менша. Це відбувається тому, що для більш точного вимірювання параметрів треба значно більше зробити вибірок, а потім знайти їх середнє значення.

Тому в даному проєкті доцільно використовувати останні два датчика. Оскільки на момент розробки стенду VME280 був відсутній в магазинах, вибір зупинився на HTU21.

### 3.3.10 I2C інтерфейс

Інтерфейс I2C – досить розповсюджений інтерфейс обміну даних між пристроями. Цим інтерфейсом користуються багато різноманітних датчиків, мікросхем та інших пристроїв. Для передачі даних використовуються два проводи. SDA - лінія даних, та SCL - лінія тактування. На одну шину можна підключати до 127 пристроїв. Кожний пристрій має свою унікальну адресу. Обмеження саме 127 виникає через те, що адреса пристроїв займає всього 7 біт, а максимальне значення семи біт - це 126, тобто від нуля до 126 загалом виходить 127.

На шину підключаються декілька пристроїв, при цьому, зазвичай, один з пристроїв буде master, а інші slave (рис. 3.18). Master відповідає за передачу даних, а також саме він генерує тактові імпульси на лінії SCL. Взагалі лінії SDA та SCL можуть працювати у двох напрямках, тому пристрої, які підключаються до цього інтерфейсу, повинні мати можливість працювати як на вхід так і на вихід. Це реалізується за допомогою виходу з відкритим колектором. Обидві лінії SDA та SCL підтягуються резистором 10кОм до логічної одиниці. А коли треба опустити певну лінію в 0, транзистор відкривається та притягує всю лінію до логічного нуля.

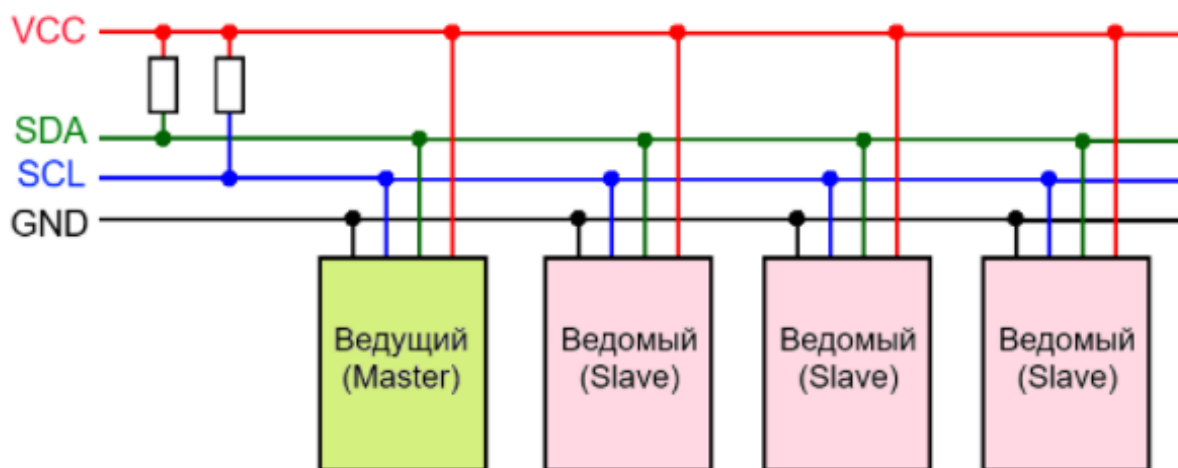


Рис. 3.18. Підключення декількох пристроїв на шину I2C

Цей інтерфейс дозволяє підключати до 127 пристроїв на одну шину. Ці пристрої мають програмну адресацію, яка має довжину 7 біт. Кожен пристрій має закладену адресу ще на заводі, яка вказується в технічній документації на цей пристрій. Але в деяких пристроях можна апаратно змінювати адресу за допомогою спеціальних перемичок або спеціальних виводів конфігурації.

Також можливо переконфігурувати інтерфейс на 10 бітну адресацію. В такому випадку, при зверненні до пристрою, спочатку буде передаватися зарезервовано адреса, яка містить в своїх останніх двох бітах перші біти 10-бітної адреси. Далі будуть передаватися молодші біти цієї 10-бітної адреси. В такому випадку на шину можна підключити понад 1000 пристроїв.

Кожна передача даних починається зі спеціального сигналу - сигналу «старт». це такий сигнал коли лінія SDA змінює своє значення з логічної одиниці в нуль, причому SCL залишається на високому рівні (рис. 3.19).

Аналогічно відбувається і з закінченням передачі. Лінія SDA змінює свій стан з логічного 0 на логічну одиницю, причому лінія SCL залишається в одиниці. Під час передачі даних, самі дані будуть читатися при високому рівні на SCL, тому під час генерування тактових імпульсів при високому сигналі на цій лінії, сигнал на лінії SDA не можна змінювати, оскільки саме в цей час відбувається читання.





Інтерфейс I2C підтримує присутність декількох master на шині. Пріоритет на передачу даних береться відповідно до внутрішніх адрес пристроїв.

Інтерфейс підтримує три варіанти швидкості передачі:

- звичайний, до ста Кбіт на секунду. При цьому частота тактування 100 кГц;
- швидкісний режим до 400 Кбіт на секунду. Частота тактування 400 кГц;
- високошвидкісний режим до 3,4 Мбіт на секунду. Частота тактування до 3,4 мГц.

### 3.4 Схема електрична принципова та її особливості

Електрична принципова схема зображена на рис. 3.22. На ній зображені основні вузли та складові пристрою.

Варто звернути увагу на декілька моментів, які не були розглянуті вище:

- Резистори R12, R14, R16 слугують для підтяжки затвору до землі. Особливість польових транзисторів в тому, що затвор має властивості конденсатора. А тому після прибирання керуючого сигналу, його треба розряджати через ці резистори. Інакше транзистор буде постійно у відкритому стані. Номінал цих резисторів не суттєвий та лежить в межах 4,7 – 10кОм;
- Резистори R11, R13, R15 слугують для захисту пінів мікроконтролера. Оскільки затвор польового транзистору має певну ємність, струм через нього в початковий момент часу буде прямувати до нескінченності. Це можна порівняти із зарядкою розрядженого конденсатора. Номінал цих резисторів 100 – 500Ом;
- Резистори R9, R10 слугують для підтяжки ліній I2C до 3,3В. Насправді, при використанні модулів, на них вже розпаяні ці резистори, тому

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

їх можна не ставити. Однак наявність цих резисторів підвищує надійність шини I2C та покращує швидкість переключення сигналу на лініях. Їх номінал 4,7 – 10кОм;

- Конденсатори C1 – C4 слугують для фільтрації живлення. Їх присутність підвищує якість напруги живлення та покращує надійність роботи схеми. Їх номінал береться із даташиту на стабілізатор напруги, та становить 100nF для C1, C3 та 470uF для C2, C4;

- Резистори R1 – R6 слугують для підтяжки пінів мікроконтролера, які під'єднані до кнопок. Без підтяжки при ненатисненій кнопці пін мікроконтролеру буде «висіти в повітрі». А це призводить до помилкового читання даних та спрацювання кнопки, оскільки в цей момент, мікрокнтролер електромагнітні завади в оточуючому просторі сприймає за сигнал натисненої кнопки. Номінал цих резисторів знаходиться в межах 4,7 – 10кОм;

- Реле підключаються до мікроконтролеру через транзистори T1 та T2. Вихід мікроконтролеру досить слабкий, щоб викликати переключення реле, тому використовується транзисторний ключ із обв'язкою, що підсилює силу струму до рівня, який необхідний для спрацювання реле. Реле, які використовуються в даній схемі не споживають багато струму, тому транзистор підійде будь-який із провідністю n-p-n. Резистор в колі бази підбирається таким чином, щоб струм бази не перевищував максимальну навантажувальну здатність піну мікроконтролера. Зазвичай номінал таких резисторів складає 1 – 5кОм.

Ці нюанси досить важливі при побудові реального пристрою. Якщо не дотримуватися цих рекомендацій, робота схему буде нестабільною, або хема може взагалі не працювати. Тому при розводці друкованої плати, необхідно звернути на це увагу та забезпечити правильне з'єднання компонентів.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

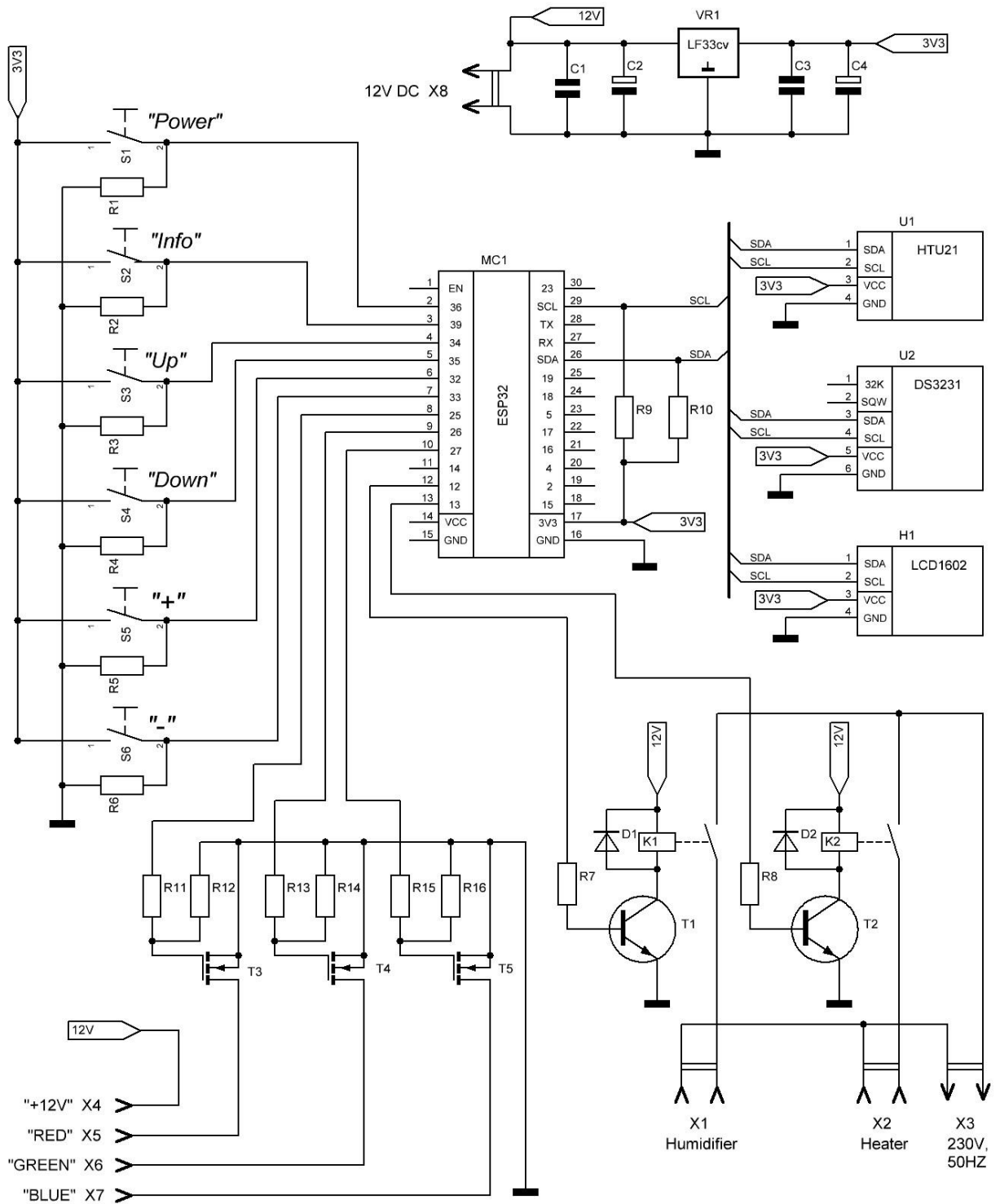


Рис. 3. 22. Схема електрична принципова пристрою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ДС71.008.000 ПЗ

#### 4 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

На основі інформації, розглянутої в першому та другому розділах, були сформовані основні функції, які повинні бути реалізовані в алгоритмі роботи даного пристрою:

- увімкнення певної колірної температури за допомогою світлодіодної стрічки [31];
- увімкнення певного кольору за допомогою світлодіодної стрічки;
- підтримання заданої температури повітря в приміщенні за допомогою вмикання та вимикання обігрівача по даним із датчику температури;
- підтримання заданої вологості повітря в приміщенні за допомогою вмикання та вимикання зволожувача по даним із датчику вологості;
- підтримка декількох вже запрограмованих режимів роботи із предвстановленими параметрами;
- підтримка декількох режимів користувача, параметри яких можна задавати самостійно;
- увімкнення та вимкнення режимів по годиннику;
- алгоритм повільної зміни колірної температури протягом дня;
- вивід основної інформації на LCD дисплей;
- керування пристроєм за допомогою Bluetooth для повного налаштування роботи пристрою;
- керування пристроєм за допомогою кнопок для швидкого налаштування основних параметрів.

Код програми буде писатися в середовищі розробки Arduino ide. Це середовище має багато вже готових бібліотек, які містять різноманітні функції. Тому використання цього середовища розробки дозволить досить просто написати код для обраного мікроконтролера.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Алгоритм програми буде виглядати наступним чином. Існує декілька режимів, які доступні користувачу. Режим зміни колірної температури протягом дня, чотири режими, параметри яких не можна змінювати і чотири режими, які користувач може налаштовувати під свої потреби. На дисплеї буде відображатися поточний вибраний режим та стан системи, тобто «увімкнено» або «вимкнено». За допомогою кнопок або смартфона можна буде змінювати ці режими, змінювати яскравість освітлення, а також вмикати та вимикати систему взагалі.

Режим зміни колірної температури протягом дня – окремий режим, який не відноситься до інших восьми режимів. Його основною метою є забезпечення природної колірної температури, як вона змінюється протягом дня від сонця.

Перші чотири режими будуть вже з встановленими налаштуваннями, які не можна змінювати. В цих режимах буде мінятися тільки яскравість. Вони називатимуться: «відпочинок», «робота» «нормальний режим» і «нічна підсвітка». Інші 4 режими користувач може налаштовувати як завгодно: може задавати колірну температуру або, безпосередньо, колір в середовищі RGB, яскравість світла тощо.

Ще однією досить корисною функцією є включення певного режиму по таймеру, спираючись на дані із годинника реального часу. Користувач зможе завдавати певні проміжки часу, на яких повинні вмикатися ті чи інші режими роботи. Тобто користувач може налаштувати один із режимів під себе, а також вказати о котрій годині якого дня цей режим повинен увімкнутися і як довго він повинен бути увімкнений. Ця функція буде дуже зручною для шкіл, офісів та дитячих садочків, де кожен день в один і той же час люди приходять і їм потрібно вмикати систему. Після закінчення занять або робочого дня система може переключатися як на інший режим, так і взагалі вимкнутися.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Загальне керування системи буде проводитися або через Bluetooth. У цьому випадку інтерфейс користувача являтиме собою термінал з певним набором команд, які користувач може відправляти (рис. 4.1). Система буде їх сприймати та виконувати задані функції.

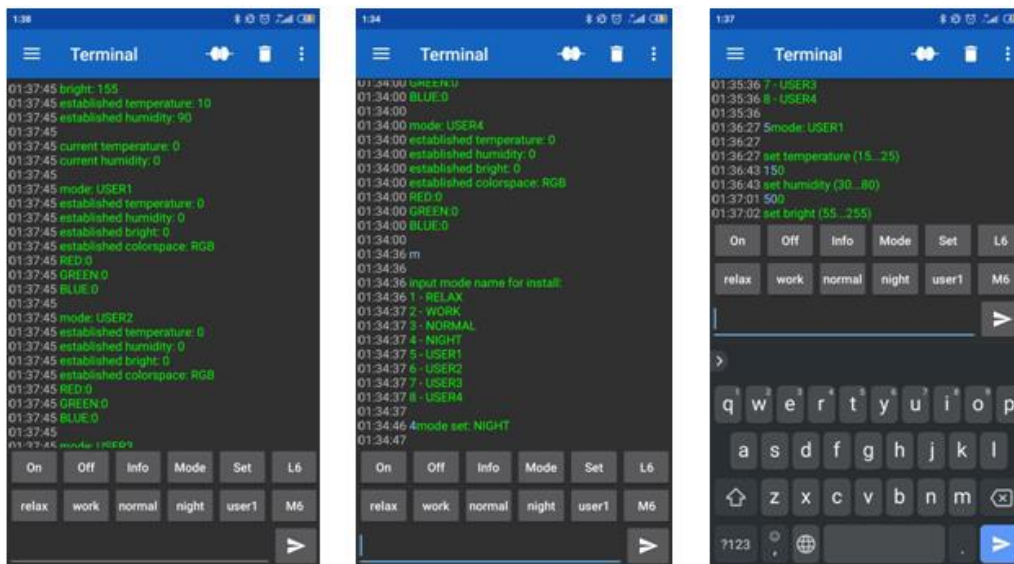


Рис. 4.1. Зовнішній вигляд термінального меню керування пристроєм

Існують декілька типів команд:

- команди, які вмикають та вимикають освітлення,
- команди, які перемикають режими,
- команди, які задають певні значення налаштувань.

Також через термінал можна буде налаштовувати чотири режими, які може змінювати користувач. В спеціальному термінальному меню користувачу будуть висвітлюватися підказки, які величини потрібно вводити та який їх можливий діапазон. Орієнтуючись на ці підказки користувач буде вводити певні значення колірної температури, кольору RGB, яскравості. Після того як користувач вводить свої значення, вони зберігаються та вмикається той режим, який був обраний користувачем. Також за допомогою Bluetooth можна буде вмикати і вимикати освітлення, переключати режими

та відслідковувати стан системи в певний момент часу. Через термінал можна буде налаштувати календар та розпорядок увімкнення різних режимів по годиннику реального часу.

В програмі можна буде задавати колір світла двома способами. Перший - це вибираючи колірну температуру. Значення цих кольорів температури буде зберігатися в масиві, а потім, після вводу цього значення, будуть знаходитися дані із масиву, які потрібно надіслати на RGB світлодіодну стрічку.

Другий спосіб - це безпосередньо задання кольору в середовищі RGB. Таким чином можна бути буде задавати будь-який колір будь-якого відтінку, який ніяк не пов'язаний з колірною температурою. Такий режим підійде для нічного освітлення, для створення певного кольорового фону для фотографій або для задання якоїсь святкової атмосфери.

Через те, що програма використовує Bluetooth, пристроєм можна буде керувати як з телефону, так і з комп'ютеру та будь-якого іншого пристрою який підтримує ці інтерфейси зв'язку. Керувати програмою можна буде за допомогою спеціального застосунку, який буде встановлюватися на телефон. Зараз, в першій версії пристрою доступне керування за допомогою Bluetooth терміналу або за допомогою застосунку Vlynk.

Для того щоб керувати системою через Bluetooth, потрібно на телефон встановити відповідний додаток, який називається «Bluetooth термінал» (рис. 4.2) і через нього можна буде під'єднатися до системи та виконати певні налаштування. Цей додаток являє собою вікно із терміналом та його налаштуваннями. Перевагою цього за стосунку є програмовані кнопки, які можна налаштувати під власні потреби. Для кнопок можна задати їх кількість, назву та команду, яка буде відправлятися у термінал при натисканні цієї кнопки.

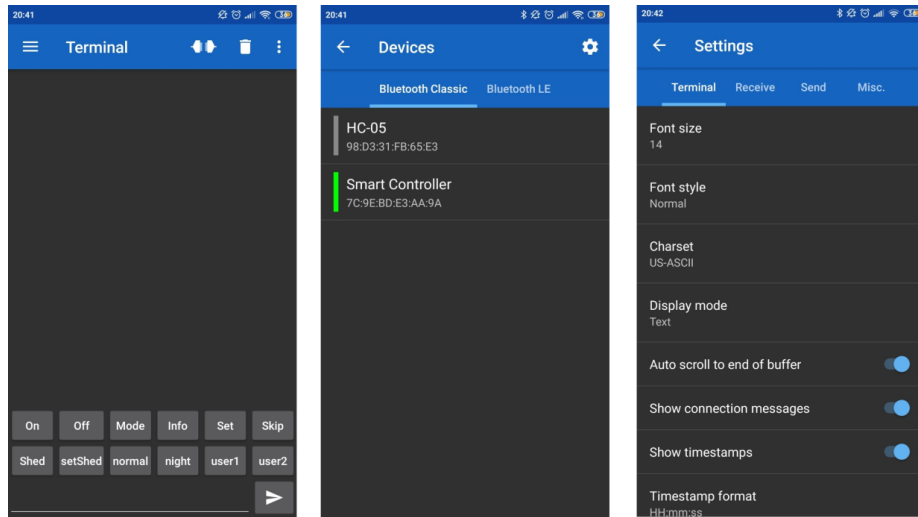


Рис. 4.2. Загальний вигляд та налаштування застосунку Bluetooth термінал

Другим варіантом керування системою є застосунок Vlynk - це програма яка встановлюється на телефон та являє собою достатньо комплексне рішення. Це не просто програма, а ще певний сервер, на якому буде знаходитися даний проект (рис. 4.3).

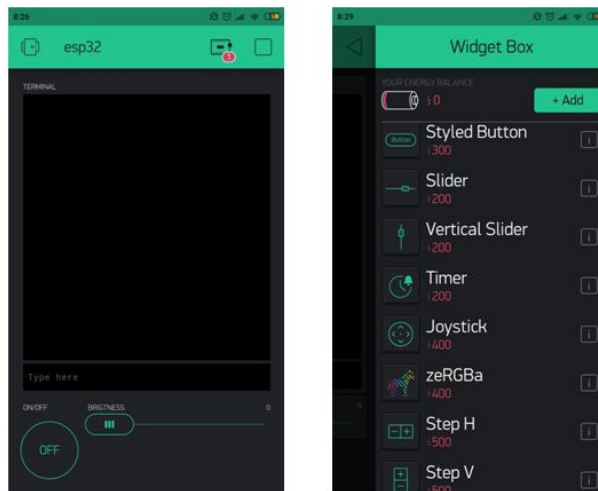


Рис. 4.3. Зовнішній вигляди інтерфейсу користувача в програмі Vlynk та можливі віджети, які в подальшому будуть додані до проекту

Перевагою цього за стосунку є керування як через Bluetooth, так і через Інтернет. Тобто телефон за допомогою Інтернет-мережі з будь-якої точки світу буде відправляти запити на сервер Vlynk, а пристрій вже буде

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

читати значення з серверу, обробляти отримані команди та виконувати певні дії. Наприклад такі, як увімкнення та вимкнення світла, задання певної температури, задання певного кольору, задання яскравості та багато інших налаштувань.

Якщо в приміщенні немає інтернету, або інтернет дуже слабкий і керувати за допомогою нього пристроєм неможливо, можна перевести систему в режим керування по Bluetooth. В такому випадку не можна буде керувати системою із будь-якої точки світу, але в реальних умовах це й не дуже часто потрібно. Тому такий спосіб є досить простим та надійним рішенням заміни Wi-Fi під'єднання.

Варто зауважити що при керуванні по Wi-Fi та Bluetooth не залежно від того, який вид зв'язку обраний, інтерфейс користувача буде однаковий. Це - командний інтерфейс через термінал. Також налаштування, які були проведені через Bluetooth будуть так само відображатися по Wi-Fi. Змінюючи щось по Wi-Fi, це буде переноситися і в налаштування по Bluetooth. Тобто ці два інтерфейси зв'язку - це не окремі системи а лише тільки спосіб обміну даних з користувачем.

За допомогою кнопок також можна керувати приладом, але певні функції будуть недоступні. Так, наприклад, не можна буде змінювати колір світла або колірну температуру. За допомогою кнопок можна лише вмикати та вимикати світло, змінювати яскравість світла та переключати режими.

З кодом проекту можна ознайомитися в додатку Б. Там представлений фрагмент для ознайомлення. Повний код програми можна подивитися за посиланням: <https://drive.google.com/file/d/12tgjpP9T1G3WchD8ROApKCqcVwIxxwNYu/view?usp=sharing>

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

## ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломного проекту був розроблений контролер освітлення та мікроклімату в приміщенні. Цей контролер дає можливість керувати освітленням та параметрами повітря за спеціальними алгоритмами. Це дає змогу покращувати продуктивність та самопочуття людини, а також задовольняти більш глибокий відпочинок та розслабленість.

Під час вивчення теми, було розглянуто багато наукових статей та літератури. Серед них зустрічалися досить цікаві дослідження впливу освітлення на людину. На основі цих досліджень формувався алгоритм програми для пристрою. Також, на основі розглянутих промислових аналогів, було вибрано функціонал приладу. В підсумку було отримано досить складну систему із багаторівневим меню налаштувань та керуванням за допомогою смартфона.

Це не остаточний варіант пристрою, а тільки основа, на якій проводяться дослідження. В майбутньому цей проект буде розвиватися. В магістерській роботі буде значно покращений функціонал приладу, написаний WEB-застосунок для керування пристроєм через Інтернет та інтеграція цієї системи в концепцію «розумного будинку». Саме тому в якості головного мікроконтролеру був вибраний ESP32, який має достатньо великі можливості для реалізації задуманого.

Оскільки поки що це тільки макет, то і складові досить прості. В майбутньому їх необхідно буде замінити на більш якісні компоненти, які мають ширший функціонал.

Так, замість простого датчику температури та вологості можна встановити більш прецизійний модуль, який покращить роботу із показами. Також до цієї системи можна додати датчик вуглекислого газу та відслідковувати його покази. В офісах та подібних приміщеннях зараз дуже гостро стоїть проблема чистого повітря, бо при його відсутності виникає

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

втома та сонливість. Тому, додавши такий датчик, можна розробити режим провітрювання та підтримувати якість повітря в гарному стані, що покращить продуктивність роботи та самопочуття людей.

Основне направлення розвитку проєкту – інтеграція в систему «розумний будинок», оскільки тоді виникає можливість підв'язати систему до інших факторів. Наприклад, коли людина йде додому, пристрій заздалегідь вмикає обігрів приміщення та встановлює освітлення в такий режим, який найчастіше в цей час використовувався.

Додавши датчик руху, систему можна навчити автоматично запам'ятовувати розпорядок дня. Тоді контроллер ще до приходу людини в приміщення, буде автоматично вмикати обігрів та регулювати вологість повітря. Це дуже зручна функція, оскільки в такому випадку людина приходить у вже підготовлене приміщення і не витрачає час на увімкнення системи та чекання, поки мікроклімат стане задовільним.

Подібна система також буде корисною для офісів та шкіл. Так, світло та обігрів можуть автоматично вимикатися, коли в приміщенні нікого немає, що буде заощаджувати електроенергію та економити ресурс обігрівачів та освітлення.

Таким чином в підсумку виконання бакалаврської дипломної роботи було отримано робочий прототип достатньо складного пристрою, потреба в якому з часом буде тільки рости. Тому виведення данного пристрою на вищий рівень є доцільним та перспективним напрямком.

Подивитися відео про роботу приладу можна за посиланням: [https://drive.google.com/file/d/1Zf4wsnynMfm0rkU\\_i2xcl7tvd6JCdK9/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1Zf4wsnynMfm0rkU_i2xcl7tvd6JCdK9/view?usp=sharing).

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Жуйков В. Я., Терещенко Т. О., Ямненко Ю.С., Заграничний А.В. «Мікропроцесорна техніка», Київ - 2016.
2. Методичні вказівки до комп'ютерного практикуму. Програмування мікроконтролерів AVR мовою Сі. Для студентів спеціальності 6.0908.03 «Електронні системи» всіх форм навчання / Уклад.: Л.М.Батрак, В.А.Тодоренко, О.В.Хоменко. «Мікропроцесорні пристрої» - К.: НТУУ «КПІ», 2011.
3. Thapan K. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans / K. Thapan, J. Arendt, D. Skene // J. Physiol. — 2001. — Vo1. 535 (pt 1). — P. 261.
4. Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor / G. Brainard, J. Hanifin, J. Greeson, B. Byrne, G. Glickman, E. Gerner, M. Roilag // Journal of Neuroscience. – 2001. – VoI. 21. – №. 16. – P. 6405.
5. Адриан В. Комментарий к спектру действия излучения для регуляции секреции мелатонина // Светотехника. – 2008. – 1. – С. 39-41.
6. Бижак Г. Спектры излучения светодиодов и спектр действия для подавления секреции мелатонина / Г. Бижак, М. Б. Кобав / Светотехника. – 2012. – №3.– С.11-16.
7. Биске К., Галл Д. Определение и измерение циркодометрических величин // Светотехника. – 2006. – № 1. – С. 49-51.
8. Дейнего В.Н., Светодиодное освещение как фактор стимуляции гормональной системы. / Дейнего В.Н., Капцов В.А. // Гигиена и санитария. 2015. – № 5. – С. 45-48.
9. Документ Международного энергетического агентства (4E-SSL Annex Task 1) // Светотехника. – 2015. - № 2. – С. 57-58.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

10. Кожушко Г. Щодо фотобіологічної безпечності світлодіодних ламп та світильників / Г.М. Кожушко // Промислова світлотехніка та електроенергетика. – 2015. – № 2. – С. 26-33.

11. Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна ДСТУ ІЕС 62471:2009. – [Чинний від 01-01-2012]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2009. – 32 с. – (Національний стандарт України).

12. Застосування положень ІЕС 62471 до джерел світла та світильників стосовно оцінення небезпечності синього світла : ДСТУ ІЕС/TR 62778:2015. – [Чинний від 01-07-2017]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2015. – 47 с. – (Національний стандарт України).

13. Ван боммель В. Качество освещения и энергоэффективность: критический обзор / В. Ван Боммель // Светотехника. - 2011. - № 1. - С. 6-11.

14. Аладов А.В. О биологическом эквиваленте излучения светодиодных и традиционных источников света с цветовой температурой 1800–10000 К / А.В. Аладов, А.Л. Закгейм, М.Н. Мизеров, А.Е. Черняков // Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 7-10.

15. Боммель В. Лампы для прямой замены ламп накаливания и здоровье людей / Ваут ван Боммель // Светотехника. – 2011. – № 2. – С. 20-24.

16. Метод вимірювання та визначення кольоропередавання джерел світла: ДСТУ СІЕ 013.3:2017 : чинний з 2019-01-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2019. – 47 с. (Національний стандарт України).

17. Кожушко Г. М. Особливі вимоги до світлодіодних світильників / Г. М. Кожушко, Л. В. Дугніст // Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія : Технічні науки. – 2015. – № 1. – С. 97-113.

18. Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна. Частина 2. Настанови щодо вимог до конструкцій стосовно безпечності нелазерних оптичних випромінень: ДСТУ-П ІЕС/TR 62471-2:2014: чинний з 2007-07-01.

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

– К.: Держспоживстандарт України, 2014. – 47 с. (Національний стандарт України).

19. Слайни Д. Х. Влияние новых светотехнических приборов на здоровье и безопасность людей / Д.Х. Слайни // Светотехника. – 2010. – № 4. – С. 49-50.

20. Мурашова М. Исследование фотобиологической опасности светодиодных осветительных приборов для нужд железнодорожного транспорта / М. Мурашова, С. Никифоров, А. Шищенко // Полупроводниковая светотехника. - 2011. - №s 1. - С. 34-40.

21. Аналіз зміни умов праці робочих місць при модернізації виробництва: ISSN 1607-4556 (Print), ISSN 2309-6004 (Online) Геотехнічна механіка. 2016. № 128.

22. Світло – роль світла в житті людини, рослин і тварин [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://moyaosvita.com.ua/biologija/svitlo-rol-svitla-v-zhitti-lyudini-roslin-i-tvarin>.

23. Наукова робота «Дослідження біологічної активності та фотобіологічної безпечності світлодіодних ламп побутового призначення» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://knute.edu.ua/file/NjY4NQ==/8ddcc24b455b4a2b02a1ff1b5cae3e8d.pdf>.

24. Науковий блог – Вплив світла на організм [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://ua.uitm.edu.eu/news/blog\\_naukowy\\_wplyw\\_swiatla\\_ua/](https://ua.uitm.edu.eu/news/blog_naukowy_wplyw_swiatla_ua/).

25. Роль світла у сучасному світі [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.slideshare.net/Sofia555558/ss-52618102>.

26. Освітлення виробничих приміщень [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://pidru4niki.com/17190512/bzhd/osvitlennya\\_virobnichih\\_primischen](https://pidru4niki.com/17190512/bzhd/osvitlennya_virobnichih_primischen).

27. Освітлення виробничих приміщень [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://pidru4niki.com/10310208/bzhd/virobniche\\_osvitlennya](https://pidru4niki.com/10310208/bzhd/virobniche_osvitlennya).



39. Light emitting diodes can be used to phase delay the melatonin rhythm [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://drive.google.com/file/d/1x8iCXmi1\\_rsGdZDRX0vz01-gXXcYIZb-/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1x8iCXmi1_rsGdZDRX0vz01-gXXcYIZb-/view?usp=sharing) .

					<i>ДП.ДС71.008.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		88

## ДОДАТОК А

Поз.	Найменування				Кіл.	Примітки		
	<b>Резистори</b>							
R1...R6	МЛТ-0.125-10 кОм±5%				6			
R12	МЛТ-0.125-10 кОм±5%				1			
R14, R16	МЛТ-0.125-10 кОм±5%				2			
R9, R10	МЛТ-0.125-10 кОм±5%				2			
R11	МЛТ-0.125-500 Ом±5%				1			
R13, R15	МЛТ-0.125-500 Ом±5%				2			
R7, R8	МЛТ-0.125-1.5 кОм±5%				2			
	<b>Конденсатори</b>							
C1, C3	50В 100нФ				2			
C2, C4	25В 470мкФ				2			
	<b>Модулі</b>							
MC1	ESP32 DEVKIT V1				1			
U1	HTU21				1			
U2	DS3231				1			
H1	LCD1602 I2C				1			
	<b>Транзистори</b>							
T1, T2	2n3904				2			
T3... T5	IRL540PbF				3			
					<b>ДП.ДС71.008.000 ПЕ</b>			
Зм.	Арк	П.І.Б.	Підп.	Дата				
Розроб.		Андрій ЗІНЧЕНКО			Контролер освітлення та мікроклімату Перелік елементів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Юрій ХОХЛОВ					1	2
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФЕЛ, ЕПС, гр. ДС-71		
Н.контр.		Лариса БАТРАК						
Затверд.		Юрій ХОХЛОВ						





## ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

## Програмний код для контролеру освітлення та мікроклімату

```

#include "BluetoothSerial.h"           //подключеніє блютуз
BluetoothSerial SerialBT;

#include <Wire.h>                       //подключеніє I2C
#include <LiquidCrystal_I2C.h>         //подключеніє дисплея
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

#include "RTClib.h"                     //подключеніє DS3231
RTC_DS3231 rtc;

#include <HTU21D.h>

#define RES_HTU HTU21D_RES_RH12_TEMP14 //конфігурація датчика
HTU21D myHTU21D(RES_HTU);
// HTU21D_RES_RH12_TEMP14 - RH: 12Bit, Temperature: 14Bit
// HTU21D_RES_RH8_TEMP12 - RH: 8Bit, Temperature: 12Bit
// HTU21D_RES_RH10_TEMP13 - RH: 10Bit, Temperature: 13Bit
// HTU21D_RES_RH11_TEMP11 - RH: 11Bit, Temperature: 11Bit

//----- настрійки температури и влажности -----
#define TIMEOUT_HTU 10000              //таймаут опроса датчика

uint32_t last_read_HTU = 0;           //время последнего чтения датчика
int16_t last_temp = 0;                //последне прочитаное значение температуры
uint8_t last_hum = 0;                //последне прочитаное значение влажности

```

```

#define HUMIDIFIER          13      //пин увлажнителя
#define HUMIDIFIER_ON      0        //значение на включение увлажнителя
#define HUMIDIFIER_OFF     1        //значение на выключение увлажнителя
#define H_GIS              5        //гистерезис влажности

#define HEATER             12       //пин обогревателя
#define HEATER_ON         0         //значение на включение обогревателя
#define HEATER_OFF       1         //значение на выключение обогревателя
#define T_GIS             2         //гистерезис температуры

//----- настройки светодиодной ленты -----
//каналы ШИМ сигнала
#define RED_CH            0          //канал красного цвета
#define GREEN_CH         1          //канал зеленого цвета
#define BLUE_CH          2          //канал синего цвета

//пины RGB ленты
#define RED_PIN          27         //пин красного цвета
#define GREEN_PIN        25         //пин зеленого цвета
#define BLUE_PIN         26         //пин синего цвета

//настройка белого по коэффициентам

#define TRIM_R           1.0        //коэффициент красного цвета
#define TRIM_G           0.7        //коэффициент зеленого цвета
#define TRIM_B           0.6        //коэффициент синего цвета

//пространство отображения цвета
#define KELVIN           1          //значение пространства KELVIN
#define RGB              0          //значение пространства RGB

```

//мин. и макс. значения настроек в режимах

#define minTemp 15

#define maxTemp 35

#define minHum 30

#define maxHum 80

#define minBright 55

#define maxBright 255

#define minSpace 0

#define maxSpace 1

#define minKelvin 1500

#define maxKelvin 9000

#define SKIP 1111 //значение, пропуска параметра

#define TIMEOUT 10000 //таймаут ожидания ввода данных

#define COMM\_SYMB '/' //символ конца команды

uint16\_t inData = 0; //принятые данные (число)

uint32\_t last\_comand\_UART = 0; //время последнего принтого сообщения

Из повним кодом програми можна ознайомитися за посиланням:  
<https://drive.google.com/file/d/12tgjpP9T1G3WchD8ROApKCqcVwIwxNYu/view?usp=sharing>

**S U M M A R Y****Controller of lighting and microclimate**

---

The diploma project of first educational level "Bachelor" by specialty 171 Electronics, specialization "Electronic components and systems". National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Faculty of Electronics, Department of Electronic Devices and Systems. Academic group DS-71.

**Introduction**

Nowadays, the problem of taking care of one's health is very actually. This problem is very important because, given the current pace of life, people pay less and less attention to their own well-being and the needs of their body. That is why various devices that monitor human health and can perform certain functions have now become widespread, such as analyzing the heart rate, a mobile phone application can give recommendations for improving the body's condition.

Therefore, over the past many years, IoT - the concept of the Internet of Things - has become very popular. These are electronic devices that are interconnected via the Internet and can process certain signals and data, from the environment to human health indicators: body temperature, heart rate and the presence of certain diseases. In fact, it can be argued for a long time how necessary it is and whether people will be lazy to do something on their own, but there are many confirmed cases where electronic devices have saved lives and therefore can be considered to be really useful.

Nowadays, the concept of a smart home is quite common. It is a house that contains a lot of different sensors and actuators that take on certain human tasks.

But despite all these devices, people work a lot, sometimes even overtime. And that is why very little attention is paid to one's own health and the needs of the human body. And after some time of such work, people lose concentration, desire

to work and in general the desire to do something. Using various automatic systems that will monitor the room temperature, lighting (ie color temperature of lighting, lighting quality, lighting brightness and other parameters), humidity and other factors can increase human productivity. By tracking these parameters, you can achieve better rest at night when you sleep, or when you are resting, watching TV, playing sports etc. In this way, developing this direction, we can improve the quality of life of mankind by integrating various electronic devices into their lives.

The technical task of the diploma project was to study the effect of light temperature and air parameters on humans, as well as the development of a device that performs the function of controlling these parameters. This topic is quite promising, because such devices can be placed anywhere, in a private home, apartment, or in businesses, schools, kindergartens and offices. It is in the latter places that people need it most, because constant sedentary monotonous work worsens concentration, reduces the desire to work and impairs attention.

The diploma project presents a review of scientific and technical literature on the effects of light temperature on humans. The influence of ambient temperature on human health and condition is also considered. There are already existing similar devices which are presented in the market are considered. Their algorithms and structural schemes are investigated.

Based on the information obtained, a device was developed to control the light and microclimate in the room. The results of calculation of parameters and algorithm of work of this device are resulted. Work was also carried out to select the component base of the device.

Developed design, structural and schematic diagrams, as well as written a program to control the device, which performs the following functions:

- setting a certain color temperature in the room;
- lighting brightness adjustment;
- maintaining the air temperature in the room at a given level;
- maintaining the humidity in the room at a given level;
- display of relevant user data on the display;

- switching the device on and off at a certain point in time, focusing on the real-time clock;
- control of the device on Vluetoth by means of the smartphone.

### **The effect of light on humans**

Apart visual receptors, which provide the receipt and primary processing of information, a person has a third type of photoreceptors. This type was discovered recently and is called the "circadian cycle receptor". All these receptors in the human body serve to orient a person in time. The internal clock, based on information about illumination, is responsible for a number of certain processes that occur in the human body. The discovery of this third receptor significantly affected the requirements for lighting quality.

To date, the problems of the impact of new LED lamps on the human body have not been fully studied. The quality of artificial lighting is getting better. It is connected with the compensation of the lack of natural light by additional artificial lighting and the fact that people are increasingly spending time indoors. Therefore, the study of this topic is relevant today.

Sunlight significantly affects the human body. With the help of this light a person orients in space, it gives the opportunity to explore the world around and control movements. The mood of a person also depends on light. In the absence of sunlight, the health of the body deteriorates, there is a decline in strength. The nervous system can develop only in the presence of sufficient sunlight.

According to statistics, a person is at work about 40 hours a week. Thus, most people spend their working day in artificial lighting. Even in summer, not every office has enough daylight, and in winter you often have to turn on the light for the whole day. At the same time during the day a person may face a sharp increase in enthusiasm, sudden apathy, constant desire to sleep and fatigue. Therefore, it can be argued that light has a very strong effect on the feelings of the human body. Lighting for offices, offices, private homes, children's rooms, bedrooms, etc. can be considered correct and beautiful if it distributes the light flux

evenly. Even using focused light, single-beam radiation is not allowed. Because if it hits the retina, such radiation will cause injury, pain and temporary visual impairment.

Light has another important function - it affects human biorhythms. It is known that under natural light human activity is much higher than under artificial. In sunny weather, people notice a higher efficiency than on a cloudy day. In winter, when daylight is less, people are less productive than in summer. The effect of light on a person causes a reaction of particularly light-sensitive photopigment in the eye, which, in turn, affects the internal cycles in the body.

Such internal rhythms are called circadian. Circadian cycles are called daily changes in biological processes that occur in the human body. This cycle includes periods of sleep, vitality, activity and relaxation, productivity and fatigue. The change in biological rhythms is due to the action of hormones: melatonin and cortisol. They go, leaning on the internal biological clock. These rhythms are determined by genes, but their time can vary according to external factors (time to wake up, eat, rest, etc.). The ability of lighting to affect human health and well-being is already a scientifically proven fact. Numerous studies have found a direct link between the characteristics of light and the processes that occur in the human body. Our body is built in such a way that the period of activity is during the day, and the period of rest - at night. With the help of light a person is guided in all time intervals, so by influencing the quality and temperature of lighting, you can influence the internal processes in the body.

The human body synthesizes two hormones that correspond to the human condition - melatonin and cortisol. Melatonin is responsible for rest and relaxation, cortisone - for activity and efficiency.

If melatonin begins to be produced in the evening, and by morning it almost completely disappears, then cortisol on the contrary - from the beginning of the morning it is produced in the maximum amount, and by evening almost disappears from the human body (Fig. 1.1). By changing the color temperature, you can affect

the production of these hormones in the body, which will change the internal state and well-being of man.

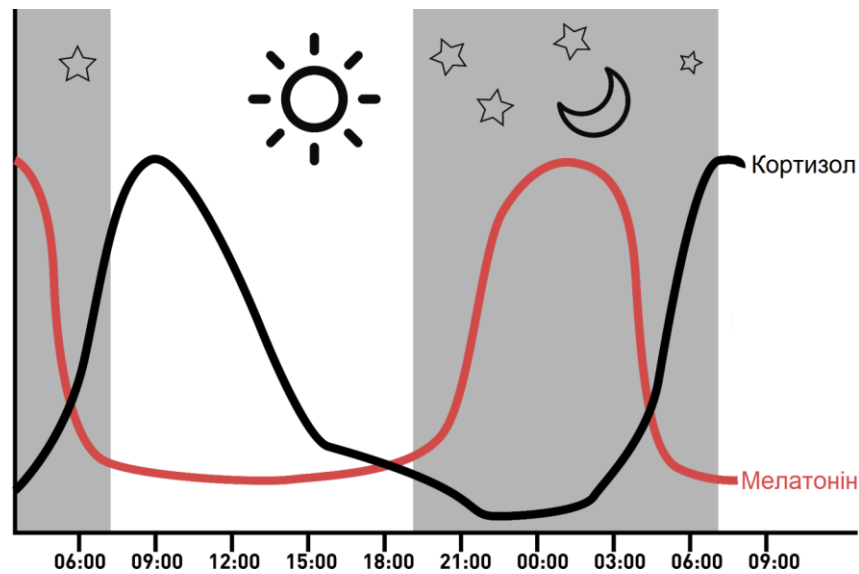


Fig. 1.1 Changes in the concentration of melatonin and cortisol at different times of the day

### **The influence of microclimate on humans**

The vital activity of any organism is based on processes, the totality of which is reduced to the distribution of heat between this organism and the environment. Therefore, it is important to study the effects of temperature and humidity on the body to control human well-being.

Compared with natural fluctuations in air temperature, the temperature range in which the human body feels comfortable is much narrower. At a body temperature that exceeds 26-40 ° C, irreversible processes in the body are possible. The most comfortable conditions are observed at an air temperature of 16-18 ° C and relative humidity of 50%. When the humidity is exceeded, which prevents evaporation from the surface of the human body, the heat is difficult to tolerate and the effect of cold increases.

Humidity has a significant effect on the human body. At the same temperature, but different relative humidity, a person will feel differently.

Increased humidity increases the negative effects of both warm and cold air. This is due to the fact that high humidity prevents the evaporation of moisture from

the body surface. Therefore, it is more difficult for a person to tolerate heat and cold. Also at the raised value of humidity danger of an air infection increases.

At too low or too high humidity of air fast fatigue, deterioration of perception and memory is shown. At high humidity it becomes harder to breathe, coughs and the risk of bronchopulmonary diseases, such as asthma and bronchitis, increases.

Therefore, maintaining the temperature and humidity in the room at the right level, you can reduce the load on the human body and improve its well-being concept of Human Centric Lighting.

Biologically and emotionally effective light systems are designed to improve a person's physical and emotional state and health. Also, these systems help to solve work problems more efficiently. To solve this problem, a special biologically effective light is used. High-tech lighting fixtures can significantly improve the human condition.

The system of biologically and emotionally effective lighting Human Centric Lighting is the latest development in the field of lighting, which provides optimal and safe lighting for the human body. The use of such devices is favorably reflected in the circadian rhythms of man, which makes it possible to properly distribute energy during the working day. Such systems have recently become increasingly popular in many areas of activity, as they are able to provide full compensation for the lack of sunlight.

### **Construction of the device**

During the study of the topic, many scientific articles and literature were considered. Among them there were quite interesting studies of the effects of lighting on humans. On the basis of these researches the algorithm of the program for the device was formed. Also, on the basis of the considered industrial analogues, the functionality of the device was chosen. As a result, a rather complex system with a multi-level menu of settings and control using a smartphone based on the ESP32 microcontroller was obtained.

The main direction of project development is integration into the "smart home" system, because then there is an opportunity to tie the system to other factors. For example, when a person goes home, the device switches on the heating of the room in advance and sets the lighting in the mode that was most often used at that time.

A similar system will be useful for offices and schools. Yes, lights and heaters can be turned off automatically when no one is in the room, which will save electricity and save the life of heaters and lighting.

In this way, as a result of the bachelor's thesis, a working prototype of a rather complex device was obtained, the need for which will only grow over time. Therefore, bringing this device to a higher level is an appropriate and promising direction.

**Keywords:** lighting, microclimate, controller, temperature, environment, influence, device, temperature, humidity.