

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему:

**«Вбудована електронна система управління опаленням дому за технологією Smart House»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Опанасюк А.С.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кулик І.А.  
(прізвище, ініціали)

Консультант  
з економічної частини

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Маценко О.М.  
(прізвище, ініціали)

Студент гр.  
(шифр групи)

ЕС.м-21

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Косов О.О.  
(прізвище, ініціали)

Суми 2023 р.

# СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Факультет** електроніки та інформаційних технологій

**Кафедра** електроніки та комп'ютерної техніки

**Спеціальність** 171 Електроніка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав.кафедри Опанасюк А.С.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.»

## **Завдання на кваліфікаційну роботу студентів**

Косову Олегу Олександровичу  
(прізвище, ім'я по батькові)

**1. Тема роботи** Вбудована електронна система управління опаленням дому за технологією Smart House

Затверджено наказом по університету від «06» листопада 2023 р. № 1233-VI.

**2. Термін здачі студентом закінченої роботи** 14.12.2023р.

**3. Вихідні дані до роботи** 1) система має працювати в режимі реального часу; 2) автоматична підтримка заданих значень температури в двох інтервалах часу; 3) відлік поточного часу з індикацією в 24-часовому форматі.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** 1) Огляд літератури та постановка задачі. 2) Науково-дослідна частина. 3) Розробка електронної системи з використанням отриманих результатів дослідження. 4) Техніко-економічна частина.

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)** 1) Схема електрична структурна. 2) Схема алгоритму. 3) Схема електрична функціональна. 4) Схема електрична принципова.

## 6. Консультанти з кваліфікаційної роботи

Розділи	Консультанти	Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічна частина	Маценко О.М.		

7. Дата видачі завдання 06.11.2023

8. Керівник роботи Кулик І.А.

9. Завдання прийняв до виконання Косов О. О.

### Календарний план

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури та постановка задачі проектування	06.11.23-11.12.23	
2	Науково-дослідницька частина	12.11.23-15.11.23	
3	Розробка алгоритму функціонування та структурної схеми	16.11.23-19.11.23	
4	Розробка функціональної схеми	20.11.23-22.11.23	
5	Розробка принципової схеми	23.11.23-30.11.23	
6	Техніко-економічна частина	01.12.23-02.12.23	
7	Оформлення пояснювальної записки	03.12.23-11.12.23	
8	Оформлення графічного матеріалу	12.12.23-14.12.23	
9	Представлення роботи керівнику і отримання відгуку	15.12.2023 р.	
10	Представлення роботи на рецензування	15.12. 2023р.	

Студент \_\_\_\_\_

Керівник роботи \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить 76 сторінок, 5 креслень, 36 рисунків та 5 таблиць.

В роботі розглянуто технологію Smart House та існуючі рішення на її основі. Розроблена структурна схема опалювальної системи з терморегулятором, платою контролера та нагрівачем. Реалізовано відображення часу на платі мікроконтролера та різні режими її роботи. Розроблена принципова схема нагрівача. Сформовано алгоритм роботи та програму керування. Розраховано собівартість системи.

Ключові слова: Smart House, розумний будинок, система управління опаленням, мікроконтролер.

## ЗМІСТ

Вступ .....	6
1 Технологія Smart House .....	7
1.1 Види опалювальних систем .....	12
1.2 Компоненти опалювальної системи.....	16
2 Аналіз можливостей зв'язку між пристроями .....	18
2.1 Види протоколів .....	18
2.2 Види інтерфейсів для технології Smart House .....	29
2.3 Огляд існуючих рішень .....	31
3 Формування структурних блоків системи.....	33
3.1 Формування принципової та функціональної схем.....	35
3.2 Вибір компонентів системи .....	38
3.2.1 Вибір елементів плати .....	38
3.2.2 Вибір елементів нагрівача.....	55
Висновки до розділу 3 .....	59
4 Реалізація керування системою опалення .....	60
4.1 Розробка алгоритму роботи системи .....	60
4.2 Розробка програмного забезпечення.....	61
5 Економічна частина .....	66
5.1 Розрахунок собівартості системи .....	66
5.2 Розрахунок ціни системи опалення.....	71
Висновки до розділу 5 .....	73
Висновки .....	74
Список літератури.....	75

					<b>ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Косов О.О.</i>			<b>Вбудована електронна система управління опаленням дому за технологією Smart House</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кулик І.А.</i>				5	76	
					<b>СумДУ ЕліТ</b>			

## ВСТУП

*Актуальність теми.* З розвитком технологій залишається все менше бажання витратити час на регулювання домашніх систем або їх компонентів. Smart House – підхід до формування системи, що дозволяє підвищити комфорт перебування в приміщенні за рахунок автоматичного керування процесами, параметри яких задає користувач.

*Мета і завдання дослідження.* Покращення ефективності використання системи опалення за рахунок впровадження терморегулюючого блоку та алгоритму автоматичної підтримки заданої температури. Дослідження охопило різні підходи до формування системи та огляд існуючих рішень.

*Наукова новизна отриманих результатів.* Отримано подальший розвиток застосування алгоритмів керування та запропоновано для подальшого дослідження систему опалення.

*Практична значимість.* Запропонований програмно-апаратний комплекс може використовуватись в різних типах житлових приміщень та буде корисний там, де є необхідність підтримки заданої температури тривалий проміжок часу.

					ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6



Основні функції розумного будинку можна поділити на[1]:

### Охорони

- охорона від проникнення;
- імітація присутності;
- периметральний контроль;
- відеоспостереження;
- тривожна кнопка;
- постановка та зняття з охорони.

### Безпеки

- захист від протікання води;
- запобігання витоку газу, організація провітрювання;
- пожежобезпека.

### Комфорту

- регулювання температурою в кімнатах;
- регулювання рівня яскравості світла та управління за сценаріями і таймерами;
- дистанційне керування (настільний інтерфейс, пульт, девайс).

Приклад розміщення підсистем Smart House приведено на рисунку 1.

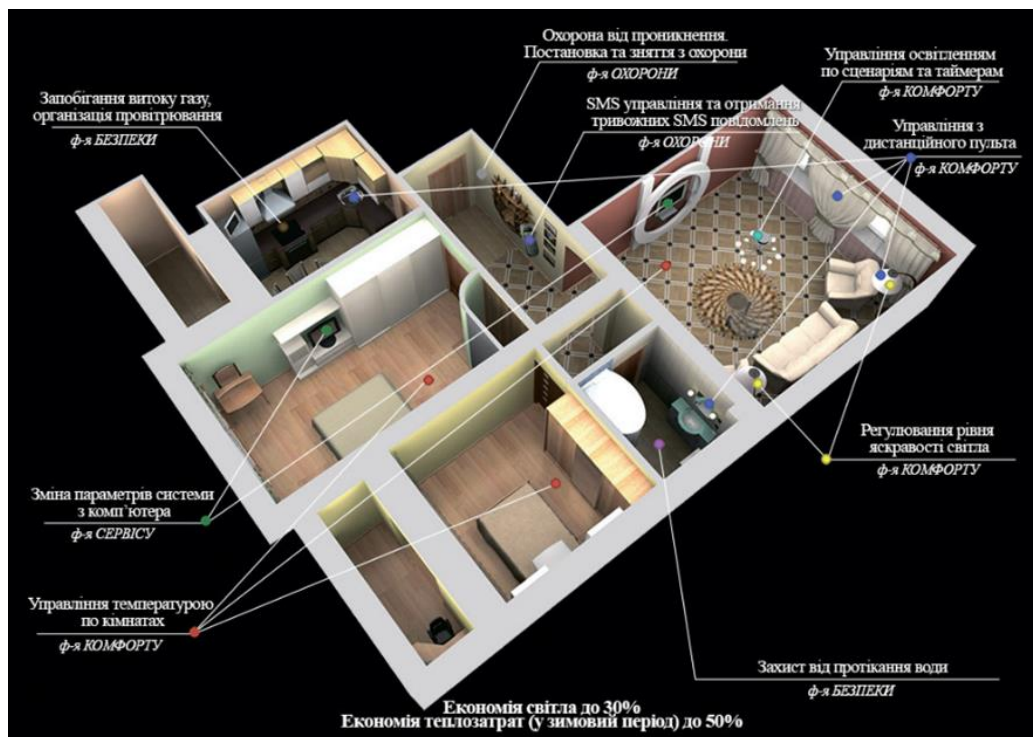


Рисунок 1- Функції Smart House





можуть функціонувати якщо центральний модуль виходить з ладу. В децентралізованій системі при поломці одного пристрою вся система працює коректно, за винятком тих приладів, які вийшли з ладу, адже пристрої не залежать один від одного, також такій системі притаманна наявність незалежної пам'яті, але для такої системи й притаманний великий обсяг щитового обладнання[4]. Схемне представлення систем зображено на рисунку 2.

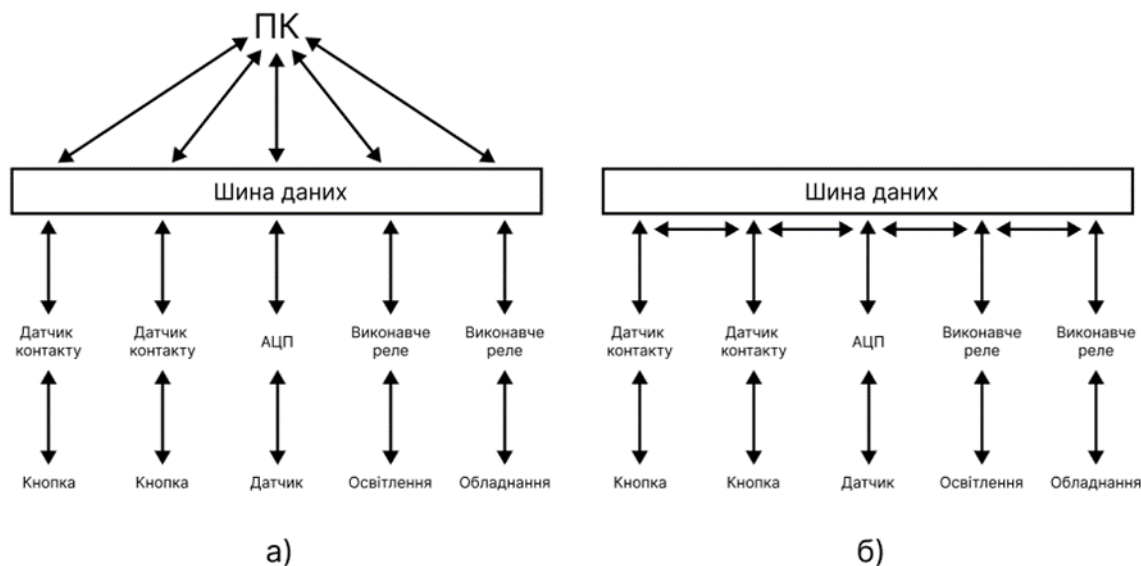


Рисунок 2 – Схеми централізованої (а) та децентралізованої (б) систем

*Відкритий та закритий протоколи систем.* Відкритий протокол дозволяє забезпечити комунікацію пристроїв виготовлених різними виробниками, при умові, що кожен з пристроїв підтримує цей стандарт передачі даних. Із закритим протоколом кількість сумісних пристроїв зменшується як і ціна самих пристроїв[5].

У загальному випадку система «розумного будинку» складається з трьох основних компонентів: датчиків, виконавчих пристроїв і центрального контролера[4].

*Датчики* або *сенсори* призначені для збору інформації про стан навколишнього середовища та передають цю інформацію. Серед різноманітної кількості датчиків виділяють вологості, температури, задимлення і затоплення, рівня CO<sub>2</sub>, датчики руху і обсягу, датчики порушення контуру, вимірювачі споживаної електроенергії[4].

*Виконавчі пристрої* або «*актуатори*» керують фізичними об'єктами і пристроями або змінюють стан навколишнього середовища. Найпростіші і

популярні актуатори – це звичайні розетки з можливістю дистанційного включення або відключення, світлові вимикачі і диммери, керовані бездротові дверні замки, модулі управління моторами жалюзі, опалювальних пристроїв, елементами систем вентиляції[4].

*Центральний контролер* або «хаб» системи «розумного будинку» приймає інформацію від датчиків і посилає сигнали виконавчим пристроям. В більшості випадків хаб виступає мостом між «розумним будинком», тобто мережею датчиків і актуаторів та звичайною домашньою провідною або Wi Fi – мережею інтернету. Найчастіше, в центральному контролері є свій невеликий веб-сервер, завдяки якому доступ до управління «розумним будинком» можна отримати з будь-якого веб-браузера, з персонального комп'ютера, ноутбука, планшета або смартфона – як «всередині», з домашньої мережі так і «зовні», через інтернет. Можливості центрального контролера багато в чому залежать від того, наскільки «просунуте» програмне забезпечення в ньому встановлено. Деякі бюджетні продукти просто надають інтерфейс для того, щоб можна було дистанційно включати і вимикати світло, посилати прості команди на актуатори, підключені до мережі домашньої автоматизації або переглядати параметри середовища в квартирі за допомогою мобільного пристрою або інтернет-браузера. Більш складне програмне забезпечення дозволяє створювати автоматичні сценарії - тобто комплексно управляти актуаторами в залежності від комбінацій будь-яких подій або повідомлень від датчиків. Наприклад, включати певні джерела світла і посилювати обігрів повітря ввечері (по таймеру або в залежності від рівня освітлення в будинку), створювати певну світлову атмосферу для різних ситуацій (дружня вечеря, перегляд телевізора). Найбільш «просунуті» контролери володіють власним «штучним інтелектом», який дозволяє виконувати якісь сценарії без участі господаря квартири, підлаштовуючись під його поведінку (наприклад, використовуючи інформацію про час доби і дані з датчиком руху - «підсвічувати» зони приміщення, де в наразі перебувають люди). Часто для цього контролери підключаються до хмарних сервісів (як тим, що підтримуються виробниками систем розумного будинку, так і стороннім сервісам), де збираються десятки тисяч різних сценаріїв і на підставі аналізу великих обсягів даних виділяються характерні особливості поведінки користувачів, складаються найбільш оптимальні шаблони управління домашньою інфраструктурою. При цьому може бути задіяна і інша інформація, не тільки та, що надходить від

					<b>ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

датчиків всередині квартири - наприклад, довжина світлового дня на конкретній широті, прогноз погоди і т.п. Важливо відзначити, що досить часто, «просунутому» програмного забезпечення для управління «розумним будинком» неважливо, яка технологія зв'язку датчиків і актуаторів використовується на фізичному рівні. Достатньо лише, щоб були в наявності високорівневі драйвера, які передавали в інтерфейс потрібні дані. Також, до складу бездротової системи управління будинком, можуть входити і інші, допоміжні пристрої, наприклад, повторювачі і ретранслятори, перехідні мости для інших провідних систем[4].

## 1.1 Види опалювальних систем

Різні види опалювальних систем можуть надати можливості як заощадити кошти, так і подбати про навколишнє середовище. У зв'язку із зусиллями зі скорочення викидів вуглецю та боротьби зі зміною клімату, останнім часом багато говорять про те, що газові та нафтові котли будуть поступово виведені з експлуатації до середини 2030-х років, а на зміну їм прийдуть низьковуглецеві системи опалення, теплові насоси або котли, що працюють на водневому паливі[6].

*Печі* працюють продуваючи нагріте повітря через повітропроводи, які доставляють тепле повітря до кімнат по всьому будинку через решітки або решітки. Цей тип системи опалення називається каналною системою теплого повітря або системою примусового розподілу теплого повітря. Вона може працювати на електриці, природному газі або мазуті. У газовій або мазутній печі паливо змішується з повітрям і спалюється. Полум'я нагріває металевий теплообмінник, де тепло передається повітрю. Повітря проштовхується через теплообмінник пічним вентилятором, а потім виводиться через повітропровід за теплообмінником. Після топки продукти згоряння виводяться з будівлі через димову трубу. Старі «атмосферні» печі виводили продукти згоряння безпосередньо в атмосферу і витрачали близько 30% енергії палива лише для того, щоб підтримувати вихлопні гази достатньо гарячими для безпечного підйому через димохід. Сучасні печі з мінімальним ККД значно зменшують ці втрати завдяки використанню "індукційного" вентилятора, який протягує відпрацьовані гази через теплообмінник і створює тягу в димоході. «Конденсаційні» печі призначені для утилізації більшої частини тепла, що виділяється, шляхом

					<b>ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

охолодження відпрацьованих газів до температури нижче 140°F, де водяна пара у відпрацьованих газах конденсується у воду. Це основна особливість високоефективної печі (або котла). Зазвичай вони виводять відпрацьовані гази через бокову стінку з пластиковою трубою[7].

*Котли* – це водонагрівачі спеціального призначення. У той час як печі переносять тепло в теплом повітрі, котельні системи розподіляють тепло в гарячій воді, яка віддає тепло, проходячи через радіатори або інші пристрої в кімнатах по всьому будинку. Потім прохолодна вода повертається в котел для повторного нагрівання. Системи гарячого водопостачання часто називають гідравлічними системами. Житлові котли зазвичай використовують природний газ або мазут як паливо[7].

У парових котлах, які сьогодні набагато рідше зустрічаються в будинках, вода кип'ятиться, а пара розносить тепло по будинку, конденсуючись у воду в радіаторах, коли вона охолоджується. Замість вентилятора і системи трубопроводів котел використовує насос для циркуляції гарячої води по трубах до радіаторів. У деяких системах гарячого водопостачання вода циркулює по пластикових трубах у підлозі, така система називається «тепла підлога». Важливими елементами управління котлом є термостати, аквастати і клапани, які регулюють циркуляцію і температуру води. Хоча їхня вартість не є тривіальною, встановити "зонні" термостати і регулятори для окремих кімнат з гідравлічною системою набагато простіше, ніж з примусовою подачею повітря. Деякі елементи керування є стандартними для нових котлів, тоді як інші можуть бути додані для економії енергії[7].

					ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

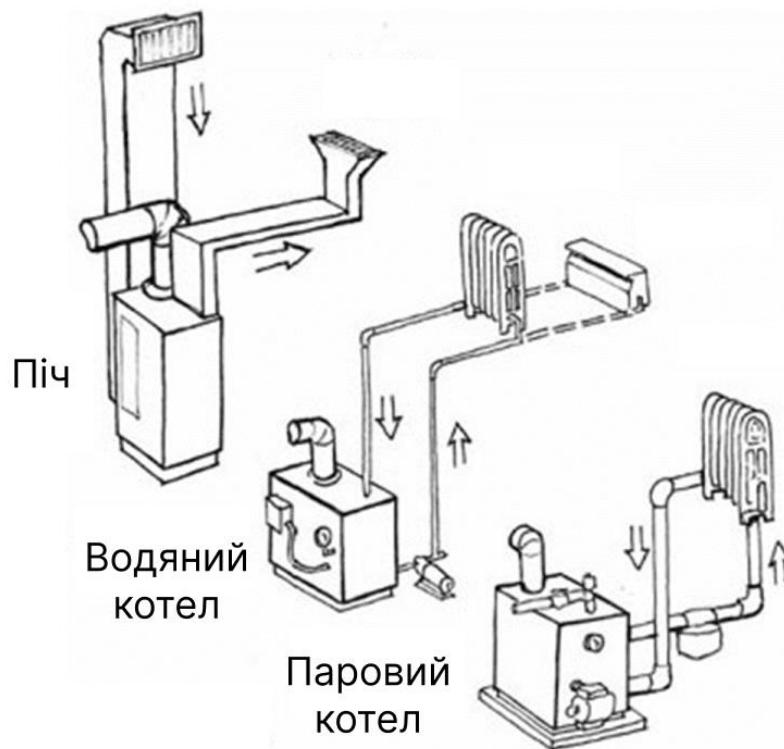


Рисунок 3 – Різновид печей та котлів

Теплові насоси можна розглянути як двосторонні кондиціонери. Влітку кондиціонер працює, переміщуючи тепло з відносно прохолодного приміщення у відносно тепле зовні. Взимку тепловий насос працює навпаки, забираючи тепло з холодної вулиці за допомогою електричної системи і віддаючи його всередину будинку. Майже всі теплові насоси використовують системи примусової подачі теплого повітря для переміщення нагрітого повітря по всьому будинку. Існує два відносно поширених типи теплових насосів. Повітряні теплові насоси використовують зовнішнє повітря як джерело тепла взимку і поглинач тепла влітку. Геотермальні теплові насоси отримують тепло з-під землі, де температура є більш постійною цілий рік. Повітряні теплові насоси набагато більш поширені, ніж ґрунтові, оскільки вони дешевші і простіші в установці. Однак ґрунтові теплові насоси набагато ефективніші, і їх часто обирають споживачі, які планують залишатися в одному будинку протягом тривалого часу або мають бажання жити більш екологічно. У той час як повітряний тепловий насос встановлюється подібно до центрального кондиціонера, ґрунтові теплові насоси вимагають заглиблення «контуру» в землю, зазвичай у довгі, неглибокі (1-2 метри завглибшки) траншеї або в одну чи кілька вертикальних свердловин. Конкретний

метод, що використовується, залежить від досвіду монтажника, розміру вашої ділянки, ґрунту та ландшафту. Крім того, деякі системи забирають ґрунтові води і пропускають їх через теплообмінник замість використання холодоагенту. Потім ґрунтові води повертаються до водоносного горизонту. Оскільки електроенергія в тепловому насосі використовується для переміщення тепла, а не для його виробництва, тепловий насос може виробляти більше енергії, ніж споживає. Відношення виробленої теплової енергії до спожитої називається коефіцієнтом корисної дії, або ККД, типові значення якого коливаються від 1,5 до 3,5. Це «стаціонарний» показник і його не можна безпосередньо порівнювати з коефіцієнтом ефективності опалювального сезону – сезонним показником, який використовується для оцінки ефективності опалення повітряними тепловими насосами. Перехід від одного показника до іншого не є простим, але наземні установки, як правило, є більш ефективними, ніж теплові насоси з повітряним джерелом[7].



Рисунок 4 – Розташування геотермального теплового насосу

*Газові обігрівачі.* У деяких регіонах популярним є газове обладнання прямого нагріву. Сюди входять настінні, окремо стоячі та підлогові печі, які характеризуються відсутністю повітропроводів і відносно невеликою тепловою потужністю. Оскільки вони не мають повітропроводів, вони найбільш корисні для обігріву однієї кімнати. Якщо потрібно обігріти кілька кімнат, необхідно або залишати двері між кімнатами відкритими, або використовувати інший спосіб

					ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

опалення. У кращих моделях використовуються системи "герметичного повітря для горіння", з трубами, встановленими через стіну для подачі повітря для горіння і відведення продуктів згорання. Ці пристрої можуть забезпечити прийнятну продуктивність, особливо для кают та інших будівель, де допустима велика різниця температур між спальнями та основними кімнатами. Моделі можуть працювати на природному газі або пропані, а деякі - на гасі[7].

*Електричні обігрівачі* портативні та недорогі для придбання. До таких належать «масляні» та «кварцеві-інфрачервоні» обігрівачі. Вони перетворюють електричний струм з розетки безпосередньо в тепло, як тостер або праска для одягу. З одного боку потрібно багато електроенергії, щоб доставити таку ж кількість корисного тепла, яку може забезпечити природний газ або нафта, з іншого – це гарне рішення, коли альтернативні варіанти потребують значних інвестицій[7].

*Каміни.* Газові та більшість дров'яних, каміни - це, в основному, частина декору кімнати, що забезпечує тепле освітлення але, як правило, не є ефективним джерелом тепла. У звичайних камінах, які покладаються на повітря, що втягується з кімнати в камін для горіння і розрідження, камін, як правило, втрачає більше тепла, ніж виробляє, оскільки через нього проходить багато теплого повітря, яке повинно бути замінено холодним зовнішнім повітрям. З іншого боку, якщо камін забезпечений скляними дверцятами, що щільно закриваються, джерелом зовнішнього повітря і хорошою заслінкою димоходу, він може давати корисне тепло[7].

Під *теплою підлогою* зазвичай розуміють системи, які циркулюють теплою водою в трубах під підлогою. Це нагріває підлогу, яка, в свою чергу, зігріває людей, що перебувають у приміщенні. Таку систему можна легко контролювати, її прихильники вважають її ефективною, але вона дорога в установці. Вона також вимагає дуже досвідченого проектувальника та інсталлятора системи, а також обмежує вибір килимів та інших підлогових покриттів: ви не хочете «закривати» джерело тепла[7].

## 1.2 Компоненти опалювальної системи

Системи опалювання для «розумному будинку» – набір компонентів, що керується дистанційно, за допомогою інтерфейсів, панелей або через додаток в

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ				







планшети та інша побутова техніка. Без Wi-Fi не обійтися в IP-камерах, телевізорах, аудіо / медіаплеєрах і іншій техніці для передачі відеосигналу. Звичайно, Wi-Fi може використовуватися і в вимикачах світла, датчиках, термостатах, але відсутність ретрансляції сигналу і високе енергоспоживання не дозволяють робити на ньому датчики з автономним живленням, що працюють роками. Кожен виробник для свого Wi-Fi-пристрою, будь то розумна лампочка, чайник, холодильник або робот-пилосос, випускає свою власну програму, і немає єдиного стандарту, щоб управляти всією технікою з однієї програми. Це не дозволяє зробити розумний будинок тільки на Wi-Fi по-справжньому зручним. Хоча можливий варіант організації деяких сценаріїв для збирання інформації та управління пристроями розумного дому через безкоштовну веб-службу IFTTT[4].

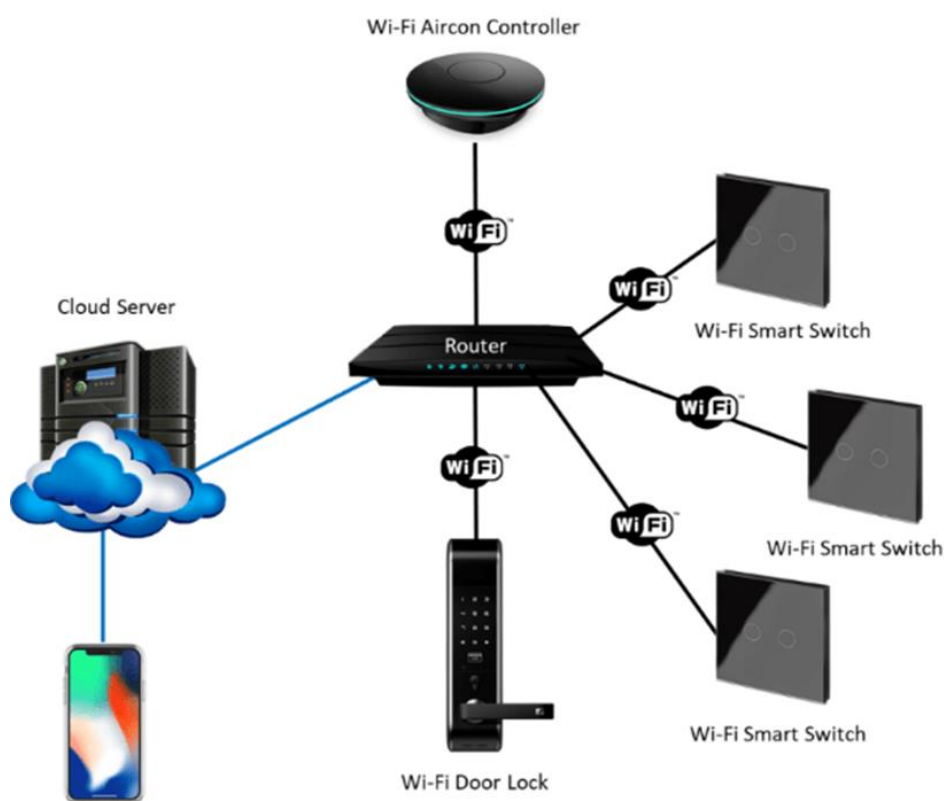


Рисунок 5 – Організація мережі через Wi-Fi

*Bluetooth / Bluetooth Low Energy (BLE)* – технології бездротового зв'язку, розроблені для пристроїв з низьким енергоспоживанням. Вони працюють у діапазоні частот 2,4 ГГц і дозволяють пристроям бездротово передавати та приймати дані на невеликі відстані. Bluetooth і BLE є основними комунікаційними протоколами для пристроїв розумного будинку з живленням від батареї завдяки

низькому енергоспоживанню, вони забезпечують ефективну передачу даних і підтримують прямий зв'язок між пристроями. Bluetooth підтримує більше функцій, але споживає більше енергії, але загалом у технологій наявний малий радіус дії, що обмежує зону покриття в межах будинку кінцевого користувача. Хоча вони ідеально підходять для малопотужних додатків, вони не працюють для пристроїв, які потребують великого покриття або високої швидкості передачі даних[9].



Рисунок 6 – Організація мережі через Bluetooth

Thread – протокол бездротового зв'язку, який працює за протоколом IPv6 на частоті 2,4 ГГц і дотримується топології комірчастої мережі. Thread забезпечує масштабованість систем розумного будинку, дозволяючи безперешкодно додавати пристрої до мережі. Протокол забезпечує енергоефективність, що робить його придатним для пристроїв на батарейках. Thread також підтримує безпечний і надійний зв'язок в екосистемі розумного будинку, але має відносно обмежену кількість пристроїв у порівнянні з більш поширеними протоколами, такими як Wi-Fi або Zigbee, що зменшує діапазон пристроїв, які користувач може

обрати для своєї системи «розумного будинку»[10].

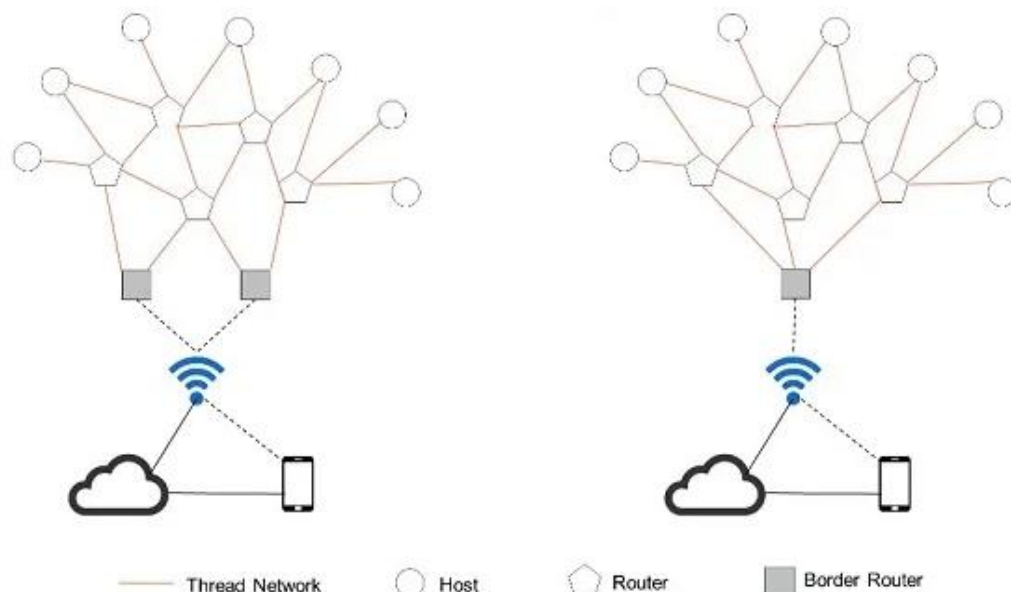


Рисунок 7 – Організація мережі через Thread з одним (а) та декількома (б) роутерами

*Z-Wave* – протокол бездротового зв'язку з малим витратою енергії, розроблений для управління на відстані, контролю і автоматизації пристроїв в житлових приміщеннях. Раніше закрита технологія передачі даних по радіоканалу, тепер відкрита для кожного бажаючого створити на її основі розумний будинок. Суть технології проста - контролер забезпечує алгоритм роботи системи, обмін інформацією по протоколу *Z-Wave*, вихід на інтерфейси для дистанційного керування (ДУ). Модулі, або дочірні пристрої, розміщуються по приміщеннях. Зазвичай, це датчики, сенсори, димери. Вони відповідають за виконання команд, що подаються з контролера[4].

В основі рішення *Z-Wave* лежить стільникова (комірчаста) мережа (mesh мережа), в якій кожен вузол або пристрій може приймати і передавати сигнали інших пристроїв мережі, використовуючи проміжні сусідні вузли. Mesh це самоорганізована мережа з маршрутизацією, що залежить від зовнішніх чинників - наприклад, при виникненні перешкоди між двома найближчими вузлами мережі, сигнал піде через інші вузли мережі, що знаходяться в радіусі дії. Завдяки цьому збільшується надійність мережі, а зона покриття розширюється простим додаванням нових пристроїв, які можуть працювати в якості повторювачів сигналу. У мережі *Z-Wave* не потрібні додаткові











Рисунок 8 – Організація мережі через Z-Wave

*ZigBee* – відкритий стандарт бездротового зв'язку для систем збору даних і управління. Технологія *ZigBee* дозволяє створювати самоорганізовані і самовідтворювані бездротові мережі з автоматичною ретрансляцією повідомлень. Мережі *ZigBee* при відносно невеликих швидкостях передачі даних забезпечують гарантовану доставку пакетів і захист інформації, що передається. Стандарт передбачає частотні канали в діапазонах 868 МГц, 915 МГц і 2,4 ГГц. Найбільші швидкості передачі даних і найвища стійкість досягаються в діапазоні 2,4 ГГц. Тому більшість виробників мікросхем випускають приймачі саме для цього діапазону, в якому передбачено 16 частотних каналів з кроком 5 МГц. Швидкість передачі даних разом зі службовою інформацією в ефірі становить 250 кбіт / с. При цьому середня пропускна спроможність вузла для корисних даних в залежності від завантаженості мережі і кількості ретрансляцій може лежати в межах 5 ... 40 кбіт / с. Відстані між вузлами мережі складають десятки метрів під час роботи всередині приміщення і сотні метрів на відкритому просторі. За рахунок ретрансляції зона покриття мережі може значно збільшуватися. В основі мережі *ZigBee* лежить Mesh-мережі (mesh-топологія). У такій мережі, кожен пристрій може зв'язуватися з будь-яким іншим пристроєм як безпосередньо, так і через проміжні вузли мережі. Mesh-мережа пропонує альтернативні варіанти вибору маршруту між вузлами. Повідомлення надходять від вузла до вузла, поки не досягнуть кінцевого одержувача. Можливі різні

шляхи проходження повідомлень, що підвищує доступність мережі в разі виходу з ладу тої чи іншої ланки. У мережі існує 4 типи вузлів: координатор, роутер, сплячий пристрій і мобільний пристрій. Головний пристрій в ZigBee-мережі – це координатор. Координатор виконує функції по формуванню мережі, а також є одночасно довірчим центром (trust-центром). Довірчий центр встановлює політику безпеки і задає налаштування під час підключення пристрою до мережі. Сплячі і мобільні пристрої використовують режими зниженого енергоспоживання. Як правило, це вузли на батарейках. Зазвичай вони виконують роль датчиків або контролерів будь-яких виконавчих пристроїв. Їх кількість диктується потребою конкретного додатка. Роутери здійснюють маршрутизацію пакетів по мережі і повинні бути готові до передачі даних в будь-який момент часу. Тому ці вузли не використовують режимів зниженого енергоспоживання і мають стаціонарне живлення. Їх кількість в мережі має бути достатнім для обслуговування необхідної кількості сплячих і мобільних вузлів. Максимальна кількість сплячих або мобільних вузлів, що обслуговуються одним роутером – 32[4].

Одна з основних ідей розробки стандарту ZigBee полягала в тому, щоб забезпечити можливість спільної роботи в одній бездротовій мережі пристроїв різних виробників. Очевидно, що для забезпечення сумісності на рівні додатку пристроїв ZigBee потрібно якусь стандартну мову спілкування. Для реалізації цього завдання була розроблена бібліотека ZigBee-кластерів ZCL (ZigBee Cluster Library). Кластер являє собою сукупність[4]:

- опису стандартного пристрою ZigBee, наприклад, вимикач, термостат, лічильник;
- опису стандартних атрибутів цього пристрою – вмикання / вимикання, яскравість, показ даних;
- опису стандартних команд для цього пристрою – встановити рівень яскравості, передати / записати.

Кластерам наявна клієнт-серверна архітектура. ZigBee-сервер - це пристрій, який зберігає значення атрибута, в той час, як ZigBee-клієнт дистанційно зчитує або записує значення цього атрибута. Наприклад, пара стандартних пристроїв, таких як лампочка та вимикач. При цьому лампочка буде відповідальна за серверну частину кластера. Вона зберігає значення атрибута включено / виключено. Вимикач дистанційно встановлює значення цього атрибута і реалізує

таким чином клієнтську частину кластера. Один і той ж пристрій може містити клієнтські частини одних кластерів і серверні частини інших. Наприклад, вимикач в нашому прикладі може додатково містити серверну частину кластера за допомогою якого він буде отримувати інформацію про режими своєї роботи від конфігуруючого пристрою. Бібліотека ZCL групує кластери за функціональною ознакою: загального призначення, для роботи з датчиками, для управління освітлювальними приладами, вентиляцією і т.д. Використання стандартних кластерів для пересилання повідомлень є обов'язковою вимогою нової специфікації ZigBee PRO Feature Set[4].

Альянс ZigBee®, заснований в 2002 році, являє собою співтовариство багатьох компаній по цілому світу, які об'єдналися з метою розробки ефективних протоколів для бездротової мережі і забезпечення взаємодії між різними пристроями різних виробників. Щоб спростити для виробників впровадження ZigBee в свої продукти і закласти основу для сумісності між різними рішеннями від різних вендорів, ZigBee Alliance створив ряд стандартизованих специфікацій (профілів) на прикладному рівні, таких як профіль Home Automation, профіль Remote Control або профіль Light Link і інші. Профілем називається сукупність налаштувань програмного забезпечення вузлів мережі, що забезпечує їх спільну роботу. Специфікація профілю визначає такі параметри, як способи завдання ідентифікаційних параметрів мережі, режими організації мережі, способи захисту даних, набір кластерів що використовується з різних функціональних груп бібліотеки ZCL. Програма сертифікації ZigBee Alliance перевіряє, чи відповідає даний продукт відповідним профілям, гарантуючи, що пристрої, що мають один і той же профіль, можуть спілкуватися один з одним, навіть якщо виготовлені різними постачальниками. Розглянемо більш детально типи деяких профілів. Профіль Home Automation дає можливість виробникам бездротових систем домашньої автоматизації в усьому світі розробляти сумісні пристрої класу «розумний дім». Він регламентує роботу таких пристроїв, як пристрої управління освітлювальним обладнанням, системами кондиціонування, опалення, вентиляції і т.д. Профіль Smart Energy дозволяє забезпечити бездротовий зв'язок між пристроями домашньої автоматизації та пристроями вимірювальної інфраструктури комунальної служби, що займається засобами обліку енергоресурсів. З'являється можливість регулювати режими споживання, розвантажуючи мережу в пікові години навантаження. Профіль Light Link

					ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

призначений для реалізації бездротових систем управління освітлювальним обладнанням. Пристрої на базі даного стандарту також прості в використанні як звичайні домашні регулятори освітлення. Енергозберігаючі лампи, світлодіодні світильники, датчики, таймери і пульти управління, виконані з використанням ZigBee Light Link, підключаються в єдину мережу без застосування будь-яких спеціальних координуючих пристроїв, що дозволяє споживачам легко доповнювати свої мережі освітлення новими приладами. Починаючи 2015 року Zigbee Alliance вводить новий стандарт ZigBee 3.0. В основі Zigbee 3.0 лежить специфікація Zigbee PRO 2015, а пізніше - Zigbee PRO 2017 . Ключова мотивація полягає в об'єднанні ряду профілів ZigBee , що з'явилися за останні десятиліття . Мета - мати "один профіль, який править усім". Специфікація Zigbee PRO додає до мереж Zigbee покращені функції безпеки та нові параметри топології мережі. Введення в дію пристроїв у мережі також було вдосконалено та стала більш послідовною завдяки поведінці базових пристроїв (BDB). Крім того, Zigbee 3.0 вимагає функціональності Green Power Basic Proxy v1.1.1 на всіх пристроях для подальшої підтримки Green Power можливостей і компілює всі профільні кластери в єдину специфікацію, Zigbee Cluster Library (ZCL) v7. Нарешті, він формалізує загальну номенклатуру архітектури прикладних пристроїв Zigbee, розширює специфікацію освітлювального обладнання Zigbee & Occupancy Device і коментує сертифікацію Zigbee 3.0[4].

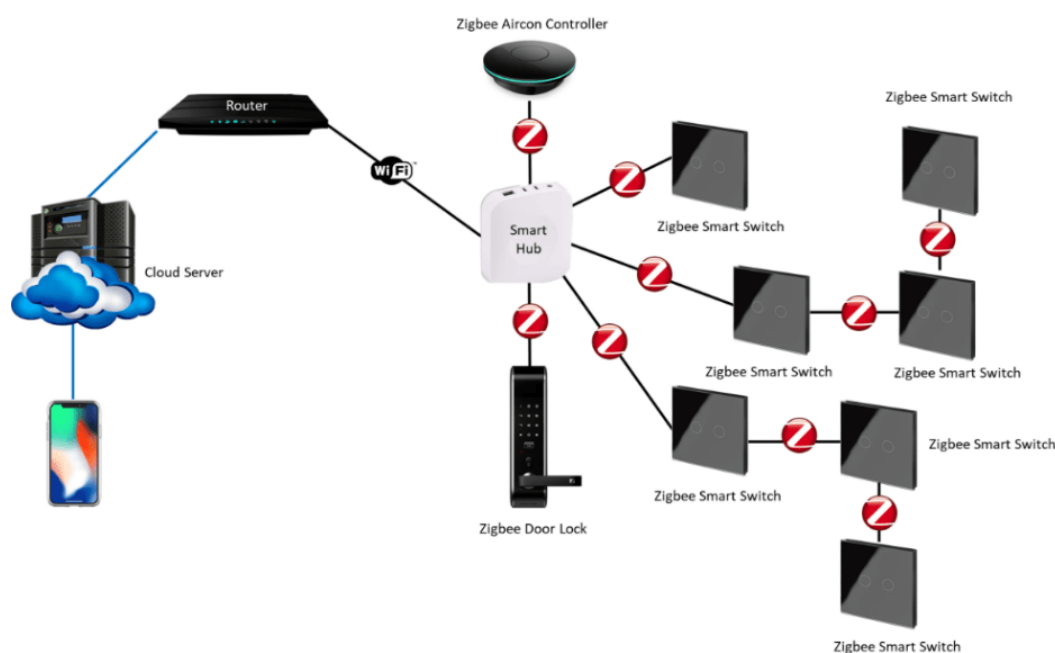


Рисунок 9 – Організація мережі через ZigBee

## 2.2 Види інтерфейсів для технології Smart House

*Інтерфейс від Google.* Android Home[10] – спеціально розроблене електронне середовище на базі операційної системи Android дозволяє контролювати і управляти різним обладнанням розумного приміщення або квартири. Програма передбачає керування трьома умовно поділеними основними групами пристроїв:

- приладами домашнього контролю;
- пристроями мультимедія;
- домашніми телефонами.

Android Home стала новою платформою, представленою на конференції GoogleI/O в якості розроблюваного проекту. Вона змогла об'єднати в собі залізо і програмного забезпечення для самого легкого управління системою «розумний будинок», адже власникам необхідно просто встановити замість звичайних приладів (телевізорів, музичних систем, лампочок, вимикачів та інших) точно такі ж, але з Android всередині. Таке рішення не потребує виділеного контролера: керування відбувається наявним портативним пристроєм або особисто написаною програмою. Використовуючи це середовище, власник зможе зберігати всю інформацію (музику, фото та відеофайли і т. д.) в зручному хмарному сховищі Гугла, що полегшує доступ до інформації з різних пристроїв та, на відміну від більшості конкурентів, може керувати будь-яким обладнанням, але це можливо тільки за умови наявності керівної ОС Андроїд в цьому обладнанні[11].

*Інтерфейс від Microsoft.* HomeOS[10] має на меті перехід від безлічі самостійних підключених пристроїв до системи, де домашня електроніка – опалення, освітлення, камери спостереження, принтери і так далі – пов'язані з одним керуючим комп'ютером через роутер або електричні розетки і доступні в HomeOS в якості периферії. Кожен домашній предмет може мати просту або складну логіку управління своїми функціями і універсальний інтерфейс підключення, але при об'єднанні в систему «розумного» будинку його можливості стають доступні додаткам HomeOS. Система надає користувачам інтуїтивно зрозумілі елементи керування для управління їхніми пристроями, а розробникам – високорівневі абстракції для оркестрування пристроїв у будинку. HomeOS поєднана з HomeStore, за допомогою якого користувачі можуть легко додавати додатки, сумісні з пристроями в їхніх будинках і отримувати будь-які

										Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ					

додаткові пристрої, необхідні для роботи бажаних додатків.

*Інтерфейс від Apple.* HomeKit[11] – система «розумного будинку» від компанії Apple, що дозволяє управляти різними побутовими пристроями за допомогою спеціальних додатків для продукції на базі операційної системи iOS, зв'язуючись зі смартфоном чи планшетом через Bluetooth або Wi-Fi, пристрої з підтримкою HomeKit можуть регулюватися користувачами, полегшуючи взаємодію з побутовими предметами. Пов'язуючи смартфон з пристроєм, що має підтримку HomeKit користувач отримує можливість регулювати всі його параметри, наприклад, для встановленого «розумного термостата» задати розклад вмикання та вимикання опалення, задати діапазон температур нагрівання за допомогою зручної програми в мобільному пристрої. Сьогоднішній ринок насичений «розумними» пристроями, але тільки невелика кількість тих, що можуть працювати сумісно з іншими «розумними» пристроями, тому виробники що планують випускати пристрої з підтримкою HomeKit повинні отримати схвалення з боку компанії Apple, після первісного ознайомлення представників компанії з пристроєм виробник має надати функціонуючий прототип та додаток, що відповідає правилам AppStore, якщо всі кроки пройдено успішно, то після схвалення прототипу компанія може починати масове виробництво.

*Інтерфейс від Samsung.* Samsung Smart Home[12] – платформа, користувач якої зможе об'єднати в домашню мережу різну побутову та цифрову техніку. Система представляє собою централізований варіант різних окремих додатків з інтеграцією Galaxy Gear. Функції платформи можна розділити на три основні: керування пристроями (device control), спостереження на будинком (home view) та інтерфейс сервісу (smart customer service) – дозволять підключатися до пристроїв з телефонів лінійки Galaxy та змінювати налаштування техніки навіть за межами будинку. Також передбачена і можливість голосового керування, наприклад, досить сказати «виходжу з дому», щоб вимкнути освітлення або «на добраніч» і система вимкне смарт телевізор та інші медіа прилади. Функція спостереження дозволяє переглядати на екрані смартфона зображення з вбудованих в техніку камер, а інтерфейс надішле повідомлення про необхідність перевірки техніки і допоможе звернутися за сервісним обслуговуванням. Підтримувані пристрої для платформи – продукція самої Samsung, але компанія відкрита до інтеграції рішень від інших виробників, тому розроблений Smart Home software protocol має полегшити цей процес.

## 2.3 Огляд існуючих рішень

У статті[13] приведена система автоматичного керування обігрівачем. Система дозволяє користувачеві встановити бажану температуру, яка потім порівнюється з температурою в приміщенні, виміряною датчиком температури. За допомогою мікроконтролера система реагує, автоматично вмикаючи вентилятор або обігрівач в залежності від різниці температур. Система складається з трьох основних частин: блок живлення, блок датчиків та блок керування, що зображені на рисунку 10.

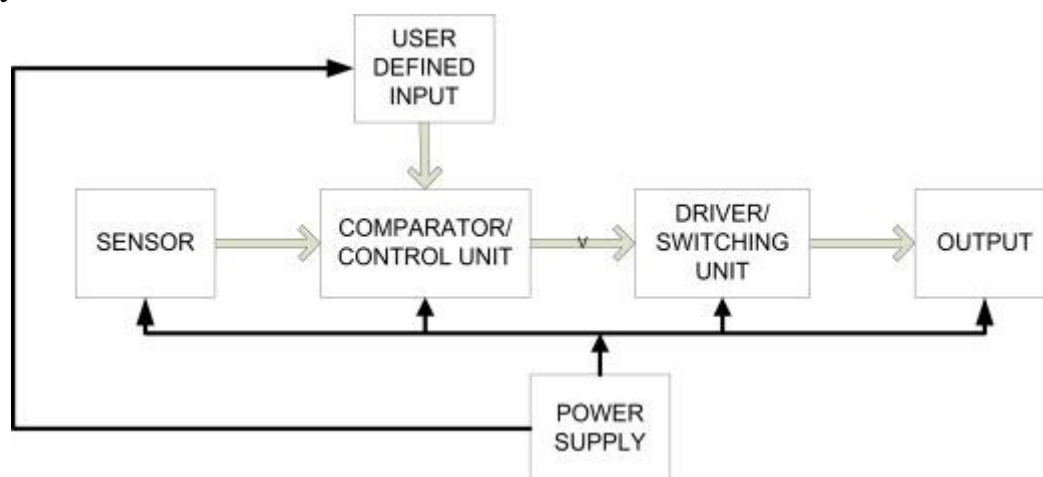


Рисунок 10 – Блок-схема системи

На рисунку 10 представлені шість різних блоків, кожен з яких містить кілька компонентів: підсистеми передавача та приймача. Блок датчика складається з датчика температури, а вхід, визначений користувачем – з клавіатури, компаратора або блоку керування, що являється ядром системи, до складу якого входить мікроконтролер. Загалом схема системи складається з мікроконтролера PIC16F877A, датчика температури LM35, рідкокристалічного (РК) дисплея, кварцового генератора, клавіатури 4 на 3 для відображення, 2 транзисторів для перемикання, 2 реле, які також використовуються для підтримки транзистора в процесі перемикання, лампочки, змодельованої як нагрівач, і вентилятора постійного струму. Мікроконтролер синхронізується за допомогою кварцового генератора, оскільки він не має внутрішнього годинника. До мікроконтролера підключений датчик температури LM 35, який вимірює температуру в приміщенні і передає значення мікроконтролеру. Два навантаження мікроконтролера вмикаються та вимикаються за допомогою реле. Реле не підключається





прогріву приміщення, доки температура не повернеться до еталонного значення, і вимикає обігрівач. Якщо виміряне значення перевищує задане, вентилятор ввімкнеться, щоб охолодити приміщення до заданої температури, і вимкнеться, як тільки температура знову досягне заданого значення. Виміряна температура в приміщенні від датчика температури є аналоговою за своєю природою. Мікроконтролер має вбудований аналого-цифровий перетворювач (АЦП), який перетворює аналоговий сигнал в цифровий, оскільки мікроконтролер є цифровим пристроєм і може працювати тільки з двійковими числами.

### 3 Формування структурних блоків системи

Спираючись на проаналізовану інформацію складемо структурні вузли системи. До основних функціональних блоків ввійдуть: терморегулятор А1, плата контролера А2 та нагрівач А3. Нагрівач в свою чергу складається з силового симісторного блоку А3.1 та теплової гармати, до складу якої входять електронагрівач А3.2 та вентилятор А3.3. Загальну структурну схему представлено на рисунку 11.

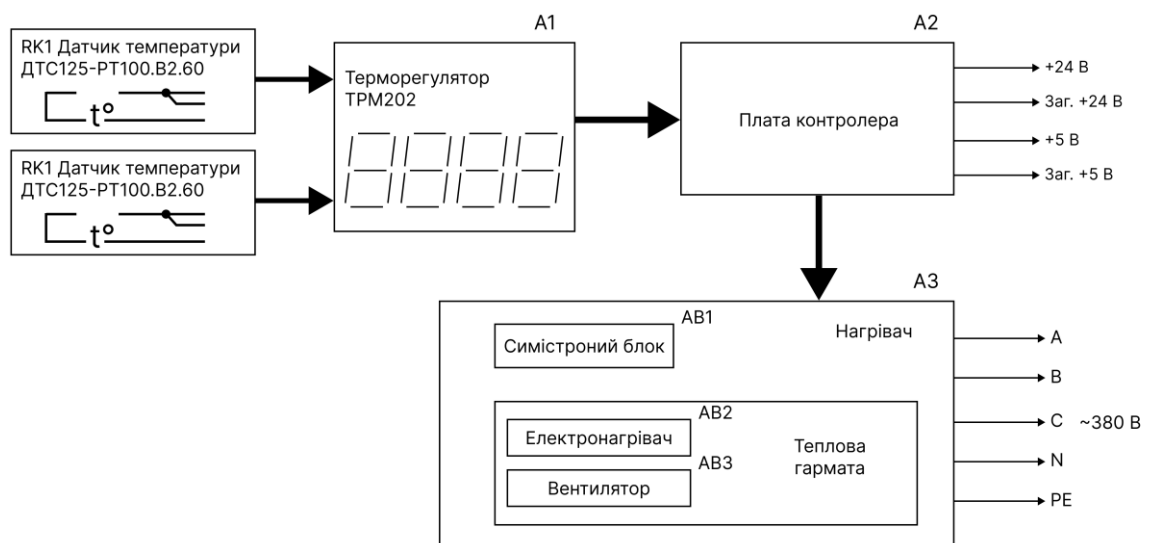


Рисунок 11 – Структурна схема системи

Функцію підтримки заданих температур в системі виконує терморегулятор ТРМ202. Він має два незалежних канали вимірювання та підтримки заданої температури 1 та 2, що програмуються заздалегідь. Вихідні сигнали терморегулятора поступають на плату контролера А2, які в свою чергу нагрівачем.

На платі контролера наявний таймер, який функціонує в режимі реального часу. Як показано на рисунку 12, до моменту часу  $t_1$  система підтримує температуру, задану в каналі № 1 терморегулятора, тобто в денний час. З моменту часу  $t_1$  до моменту часу  $t_2$  система підтримує температуру, що задана в каналі № 2 терморегулятора, тобто нічну температуру, а інтервал підтримки нічної температури  $\Delta t = t_2 - t_1$  програмований.

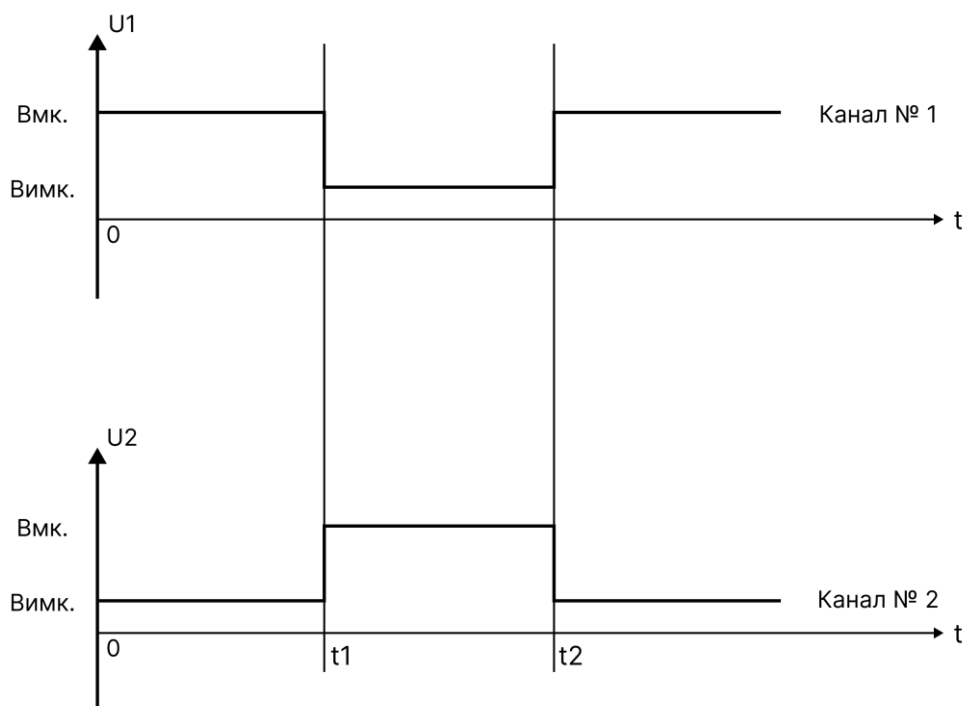


Рисунок 12 – Часова діаграма роботи системи

Щоб уникнути нагріву корпусу і виходу з ладу елементів управління, що знаходяться на ньому, у потужних теплових гармат під час вимкнення необхідно спочатку вимкнути електронагрівач, а потім, із деякою затримкою, вентилятор. Після вимкнення електронагрівача проводиться його обдув до тих пір, поки температура на виході теплової гармати не досягне кімнатної температури. Необхідна тривалість затримки  $\Delta t_1$  залежить від технічних характеристик теплової гармати, таких як потужність, продуктивність, габаритні розміри. Цю функцію реалізує плата контролера, причому тривалість затримки може регулюватися користувачем.

До основних часових функцій плати контролера належать:

- відлік поточного реального часу та його індикація в 24-часовому форматі в режимах години-хвилини та хвилини-секунди;

- встановлення поточного часу;
- встановлення часу вмикання  $t_1$  та  $t_2$ ;
- встановлення часу затримки  $\Delta t_1$  вимкнення вентилятора.

Якщо поточний час збігся зі встановленими значеннями  $t_1$  і  $t_2$ , то на 10 с вмикається звукова сигналізація з частотою повторення 1 Гц.

У платі контролера можна виділити шість режимів роботи:

- режим № 1 «годинник 1» - відлік та індикація поточного часу в форматі «хвилини-секунди»;
- режим № 2 «годинник 2» - відлік та індикація поточного часу в форматі «години-хвилини»;
- режим № 3 «час 1» - встановлення та індикація часу  $t_1$ , тобто, початку інтервалу підтримки денної температури;
- режим № 4 «час 2» – встановлення та індикація часу  $t_2$ , тобто, початку інтервалу підтримки нічної температури;
- режим № 5 «затримка» – встановлення та індикація затримки  $\Delta t_1$ , тобто, тимчасової затримки вимкнення вентилятора після вимкнення нагрівача;
- режим № 6 «контроль затримки» – контроль спрацювання затримки вимкнення вентилятора. На індикаторі з нульового значення починається відлік часу затримки, а при досягненні заданого часу відбувається вимкнення вентилятора теплової гармати, після чого значення на дисплеї скидається.

### 3.1 Формування принципової та функціональної схем системи

Органами керування системи є інтерфейси терморегулятора та плати контролера. Терморегулятор А1 підключається до плати контролера А2 через джгут 1, а нагрівач – через джгут 2, а мережева трифазна напруга 380В надходить на нагрівач через з'єднувач Х1 типу 2РТТ36Б5Ш18В.

Основні функції терморегулятора ТРМ202 наступні:

- вимірювання температури та інших параметрів у двох різних точках за допомогою стандартних датчиків;
- незалежне регулювання двох вимірюваних величин за двопозиційним законом;
- регулювання однієї вимірюваної величини за трипозиційним законом:

					<b>ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ</b>	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- розрахунок та регулювання різності двох вимірюваних величин, а саме  $\Delta t = t_1 - t_2$ ;
  - діагностика обривів ліній підключення вхідних сигналів;
  - збереження параметрів регулятора в енергонезалежній пам'яті при відключенні напруги живлення;
  - захист параметрів пристрою від несанкціонованої взаємодії паролем.
- Інтерфейс плати контролера містить клавіатуру, кнопки S1-S5, світлові смуги HL1, HL2 та блок індикації із шести цифрових сегментних індикаторів HG1-HG6.

Кнопки клавіатури мають наступні призначення:

- S1 (P) – циклічне перемикання режимів роботи годинника: «годинник 1», «годинник 2», «час 1», «час 2», «затримка», «контроль затримки», номер режиму відображається індикатором HG6.
- S2 ( $\Delta$ ) – збільшення на одиницю значення кожного розряду при встановленні часу в режимах: «годинник 2», «час 1», «час 2», «затримка», «контроль затримки».
- S3 (B) – циклічне перемикання змінюваних розрядів при встановленні поточного часу в режимах: «годинник 2», «час 1», «час 2», «затримка», «контроль затримки», в обраному розряді починає світитися десяткова точка, сегмент b індикатора.
- S4 (C) – кнопка пуск/стоп, натискаючи цю кнопку дозволяється або забороняється відлік часу.
- S5 (K) – кнопка вибору каналів температури, № 1 або № 2, терморегулятора, індикація обраного каналу виконується свіченням індикатора HL1 та HL2 відповідно.

В режимах «годинник 2», «час 1» та «час 2» індикатори HG5 та HG4 відображають одиниці та десятки хвилин, HG2 та HG1 – одиниці та десятки годин, а в режимах «годинник 1», «затримка» та «контроль затримки» - одиниці і десятки секунд та одиниці і десятки хвилин відповідно. У всіх режимах на індикаторі HG3 з періодичністю 1 с блимає сегмент g.

Одразу після подачі живлення пристрій переходить в режим роботи «годинник 1», а відлік поточного часу забороняється. Щоб зняти блокування необхідно натиснути кнопку S4. Встановлення параметрів виконується наступним: натисканням кнопки S1 виконується вибір режиму, а після за

						Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ	



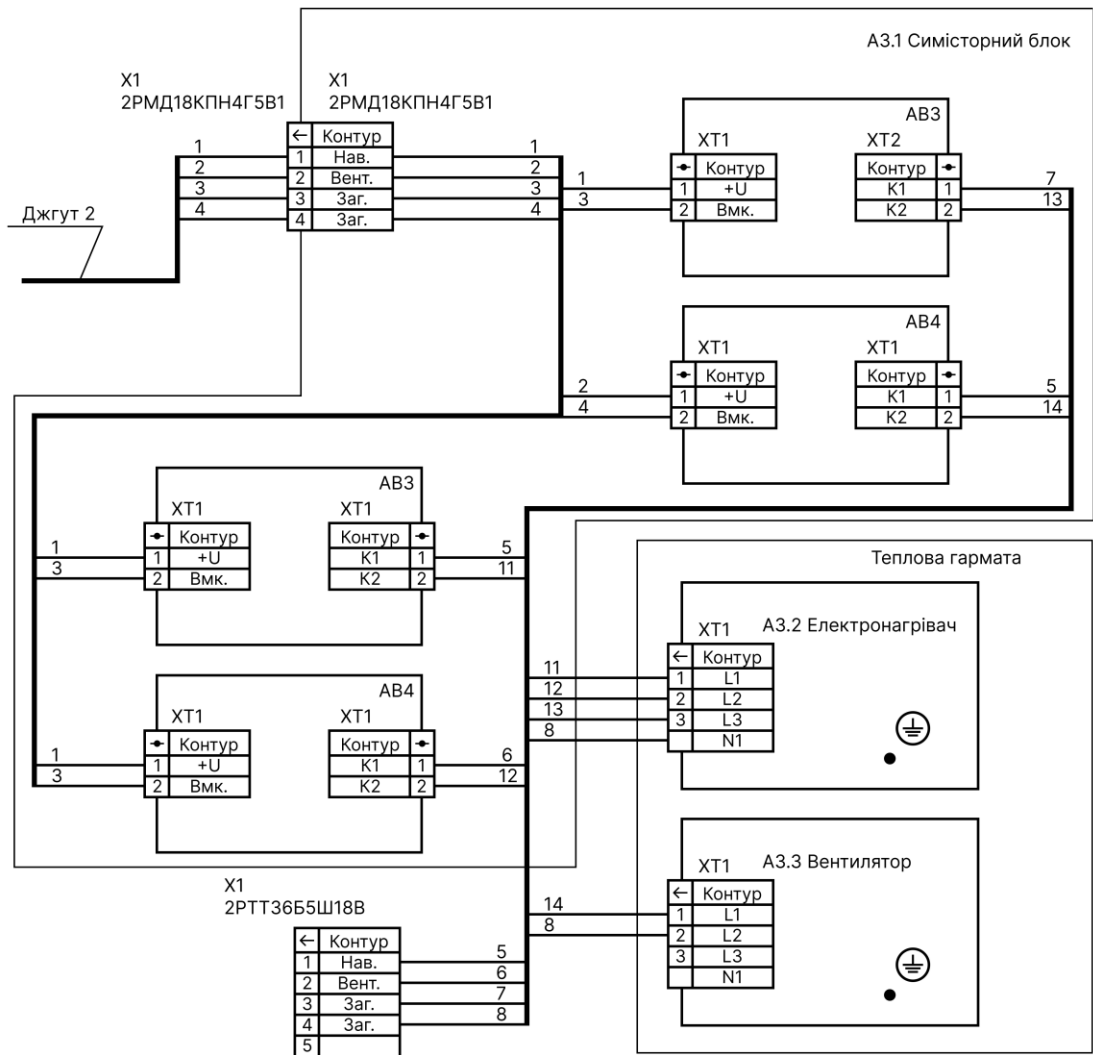


Рисунок 13 – Принципова схема нагрівача

## 3.2 Вибір компонентів системи

### 3.2.1 Вибір елементів плати

Вибір мікроконтролера. Мікроконтролер – це компактна інтегральна схема, призначена для керування певною операцією у вбудованій системі. Типовий мікроконтролер включає в себе процесор, пам'ять і периферійні пристрої вводу/виводу на одному кристалі. При проектуванні МК є необхідність в збереженні балансу між вартістю та продуктивністю, тому існує велика кількість типів МК, що різняться за архітектурою процесорного модуля, типом вбудованої пам'яті, набором периферійних пристроїв, але в більшості випадків вони

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата



- *Одноконтактне використання.* У більшості традиційних конструкцій центральних процесорів (ЦП) максимальна можлива швидкість виконання становить одну інструкцію за базовий машинний цикл. Для даної технології час циклу визначається найповільнішою інструкцією в наборі інструкцій. RISC-проекти спрямовані на виконання більшості інструкцій за один цикл, збільшуючи загальну швидкість процесора.

- *Архітектура завантаження і зберігання даних.* RISC-архітектури використовують архітектуру завантаження та зберігання, що означає, що тільки команди завантаження та зберігання можуть звертатися до пам'яті. Всі інші інструкції повинні працювати з даними в регістрах. Це спрощує набір команд і зменшує кількість необхідних звернень до пам'яті.

- *Прості інструкції.* RISC-архітектура використовує прості інструкції, які можна швидко виконати. Це зменшує складність процесора і дозволяє йому працювати на більш високій тактовій частоті.

- *Набір регістрів.* RISC-архітектура має багато регістрів, що зменшує кількість необхідних звернень до пам'яті та дозволяє ефективніше використовувати ресурси процесора.

- *Конвеєризація.* RISC-архітектури використовують конвеєризацію для збільшення швидкості виконання інструкцій. Конвеєризація дозволяє виконувати декілька інструкцій одночасно, збільшуючи загальну пропускну здатність процесора.

Враховуючи вищеприписане було обрано мікроконтролер AT89C4051-24PI від компанії ATMEЛ.

AT89C4051 – це низьковольтний високопродуктивний 8-розрядний CMOS-мікроконтролер з програмованою і стираємою флеш-пам'яттю, доступною тільки для читання. Пристрій виготовляється з використанням технології енергонезалежної пам'яті високої щільності від Atmel і сумісний зі стандартним набором інструкцій MCS-51. Характеристики мікроконтролера наступні[18]:

- 4 Кбайт програмованої флеш-пам'яті з ресурсом до 1000 циклів запису/стирання;
- робочий діапазон від 2,7 В до 6 В;
- повністю статична робота в режимі до 24МГц;
- дворівневе блокування пам'яті програм;
- 128 × 8-бітна внутрішня оперативна пам'ять;



- 15 програмованих ліній введення/виведення;
- два 16-бітних таймери;
- підтримка до шести джерел переривань;
- наявний програмний послідовний порт UART;
- прямі виходи для керування світлодіодами;
- вбудований аналоговий компаратор;
- режими очікування та знеструмлення.

Загальний вигляд мікроконтролера та блок-діаграму приведено на рисунках 14 та 15 відповідно.

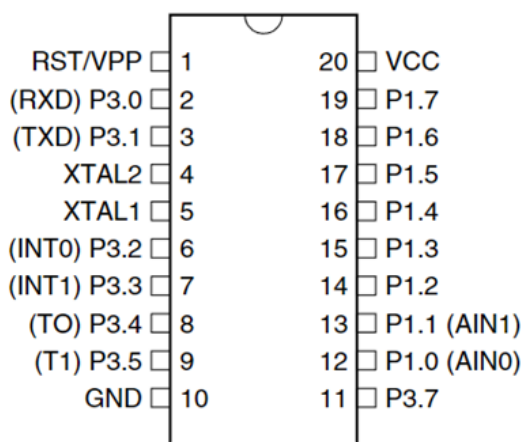


Рисунок 14 – Розташування та найменування виводів МК АТ89С4051

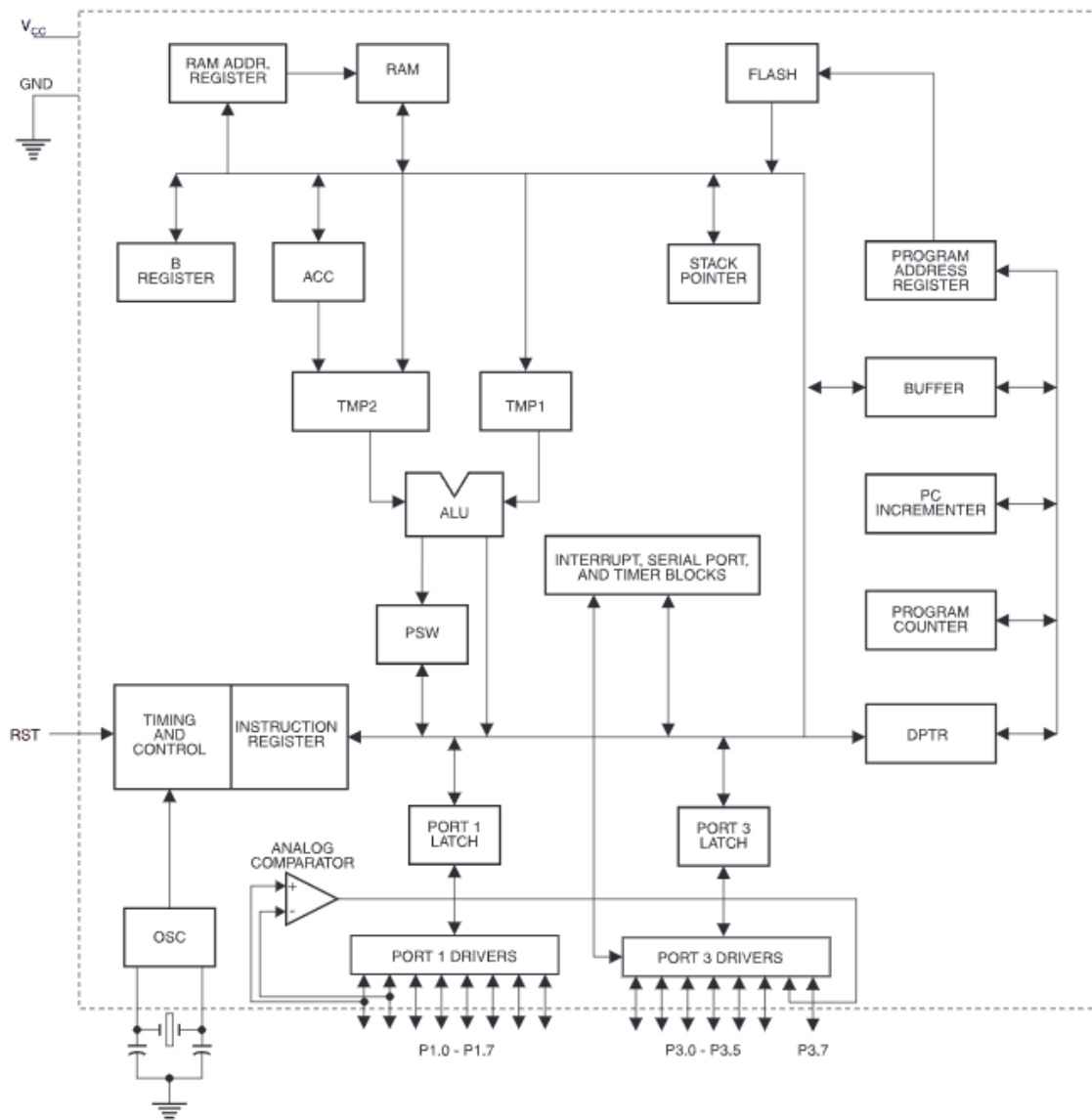


Рисунок 15 – Блок-схема внутрішньої структури МК

Опис пінів МК наступний[18]:

$V_{CC}$  та  $GND$  – джерело живлення та заземлення відповідно.

*Port 1* – це 8-бітний двонаправлений порт вводу/виводу. Виводи порту P1.2 - P1.7 забезпечують внутрішнє підтягування. P1.0 і P1.1 вимагають зовнішнього підтягування. P1.0 і P1.1 також слугують позитивним входом (AIN0) і негативним входом (AIN1) прецизійного аналогового компаратора на кристалі відповідно. Вихідні буфери порту 1 можуть пропускати 20 мА і можуть безпосередньо керувати світлодіодними індикаторами. Коли на виводи порту 1 записано 1, вони можуть використовуватися як входи. Коли на виводи порту 1 записано лог. 1, вони можуть використовуватися як входи. Коли виводи P1.2-P.7

використовуються як входи і ззовні підтягнуті до низького рівня, вони стануть джерелом струму через внутрішнє підтягування. Port 1 також отримує кодові дані під час програмування та верифікації флеш-пам'яті.

*Port3.* Виводи P3.0 - P3.5, P3.7 порту 3 – це сім двонаправлених виводів вводу/виводу з внутрішнім підтягуванням. P3.6 підключений як вхід до виходу компаратора на кристалі і недоступний як універсальний вивід вводу/виводу. Вихідні буфери порту 3 можуть просідати на 20 мА. Коли на виводи порту 3 записуються одиниці, вони підтягуються внутрішніми підтяжками і можуть бути використані як входи. Як входи, виводи порту 3, які ззовні підтягуються до низького рівня, будуть джерелом струму через підтягування.

В залежності від номеру виводу наявна підтримка спеціальних функцій, що наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Спеціальні функції виводів Port3

Найменування виводу	Опис функції
P3.0	RXD – порт послідовного вводу
P3.1	TXD – порт послідовного виводу
P3.2	$\overline{INT0}$ – порт зовнішнього переривання «0»
P3.3	$\overline{INT1}$ – порт зовнішнього переривання «1»
P3.4	T0 – порт зовнішнього входу таймера «0»
P3.5	T1 – порт зовнішнього входу таймера «1»

*RST* – вхід скидання. Утримання високого рівня виводу RST протягом двох машинних циклів під час роботи генератора призводить до скидання пристрою.

*XTAL1* – вхід підсилювача інвертуючого генератора і вхід для внутрішнього тактового генератора.

*XTAL2* – вихід підсилювача інвертуючого генератора.

Окрім основного режиму роботи також наявні режими очікування та знеструмлення.

У режимі очікування процесор переходить у сплячий режим, а всі периферійні пристрої залишаються активними. Режим викликається програмно. Вміст внутрішньої оперативної пам'яті та всі спеціальні регістри функцій залишаються незмінними під час цього режиму. Режим очікування може бути завершений будь-яким дозволеним перериванням або апаратним скиданням.

P1.0 і P1.1 повинні бути встановлені на «0» за відсутності зовнішнього підтягування, та в «1» за їх наявності. Коли режим очікування завершується апаратним скиданням, пристрій зазвичай відновлює виконання програми з того місця, де він зупинився, до двох машинних циклів до того, як внутрішній алгоритм скидання візьме керування на себе. У цьому випадку апаратне забезпечення блокує доступ до внутрішньої оперативної пам'яті, але доступ до виводів портів не блокується. Щоб виключити можливість несподіваного запису на вивід порту, коли режим очікування завершується скиданням, інструкція, що слідує за інструкцією, яка викликає сам режим, не повинна бути такою, що записує на вивід порту або у зовнішню пам'ять[18].

В режимі знеструмлення генератор зупиняється, а команда, яка викликає вимкнення живлення, є останньою командою, що виконується. Оперативна пам'ять мікросхеми та спеціальні функціональні регістри зберігають свої значення до завершення режиму енергозбереження. Єдиним виходом з режиму енергозбереження є апаратне скидання. Скидання перевизначає значення SFR, але не змінює значення внутрішньої пам'яті. До активації скидання джерело живлення має бути відновлено до нормального робочого рівня, щоб дати можливість генератору перезапуститися і стабілізуватися[18].

Додаткові технічні характеристики МК наступні[18]:

Максимальна напруга ..... 6,6 В  
 Вихідний струм..... 0,25 мА  
 Діапазон робочих температур.....-55...+125°C

KP555IP23 – 8-ми розрядний синхронний буферний регістр з інверсним керуванням. Загальний вигляд приведено на рисунку 16[19].

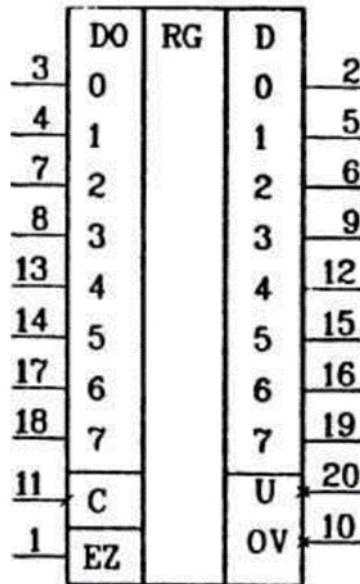


Рисунок 16 – Розташування та найменування виводів КР555ІР23

Основні технічні характеристики регістру наступні[19]:

- Тип тригерів..... D
- Тип виводів .....неінвертований
- Час затримки..... 10 нс
- Тактування .....передній фронт
- Номінальна напруга .....4,75 В
- Вид корпусу .....DIP20
- Діапазон робочих температур..... -10...+70°С

С2-33Н-0.125 – постійні безпроволокові резистори загального застосування, металодіелектричні неізолювані, для навісного монтажу та призначені для роботи в електричних колах постійного, змінного, імпульсного струмів. Загальний вигляд приведено на рисунку 17[19].

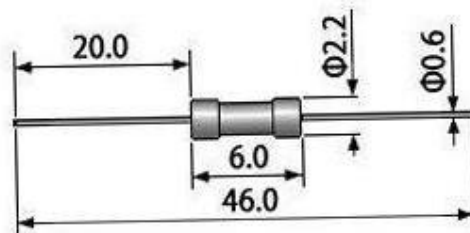


Рисунок 17 – Розміри С2-33Н-0.125

Основні технічні характеристики резисторів наступні[19]:

Ряд номінальних опорів.....	E96, E24
Діапазон номінальних опорів .....	0,1 Ом-22 МОм
Номінальна потужність .....	0,125-1,2 Вт
Максимальна напруга .....	200-750 В
Допустимі відхилення опорів .....	±0,5-5%
Діапазон робочих температур.....	-60..+155°C

K50-35 – оксидно-електролітичні конденсатори постійної ємності в ущільненому алюмінієвому циліндричному корпусі, провідкові виводи радіальні, однонаправлені, полярні, призначені для роботи в електричних колах постійного, пульсуючого струму, імпульсних режимах. Загальний вигляд приведено на рисунку 18[19].

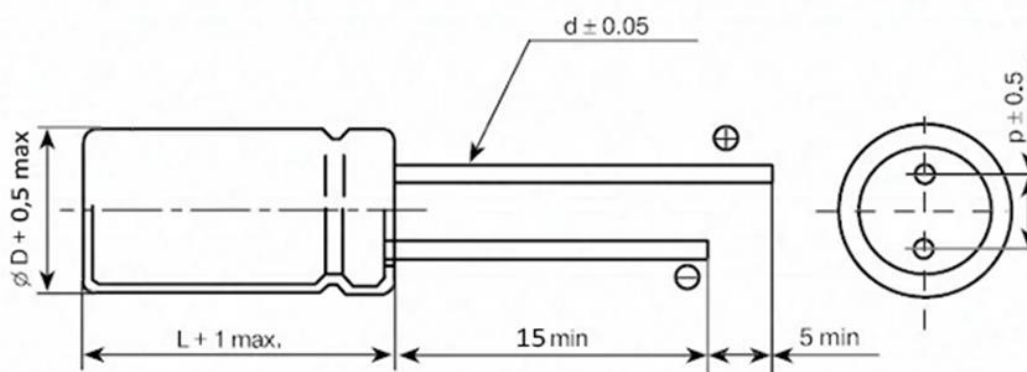


Рисунок 18 – Розміри K50-35

Основні технічні характеристики конденсаторів наступні[19]

Діапазон номінальних ємностей.....	2,2-4700 мкФ
Діапазон номінальних напруг .....	6,3-350 В
Допустимі відхилення ємностей.....	±20%
Струм витoku .....	3 мкА
Тангенс кута втрат, $\text{tg}\delta$ .....	0,07-0,24
Діапазон робочих температур.....	-40..+85°C

K10-17Б – керамічний монолітний конденсатор постійної ємності універсального призначення, ізольовані, загорнуті, з односпрямованими виводами. Загальний вигляд приведено на рисунку 19[19].

					ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

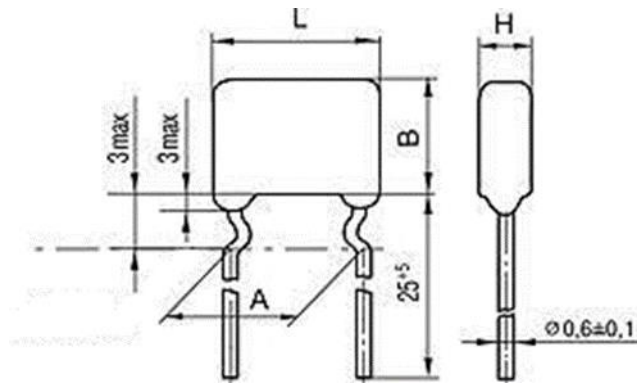


Рисунок 19 – Розміри К10-17Б

Основні технічні характеристики конденсаторів наступні[19]:

Діапазон номінальних ємностей..... 2,2 пФ...2,2 мкФ  
 Діапазон номінальних напруг..... 50-100 В  
 Допустимі відхилення ємностей..... ±20%  
 Струм витоку ..... 3 мкА  
 Тангенс кута втрат, tgδ ..... 0,055  
 Діапазон робочих температур..... -60..+125°C

HDSP-F001, HDSP-F157, HDSP-F501 – семисегментні світлодіодні дисплеї з десятковою крапкою, призначені для перегляду з відстані до 4,5 метрів. Загальний вигляд приведено на рисунку 20[18].

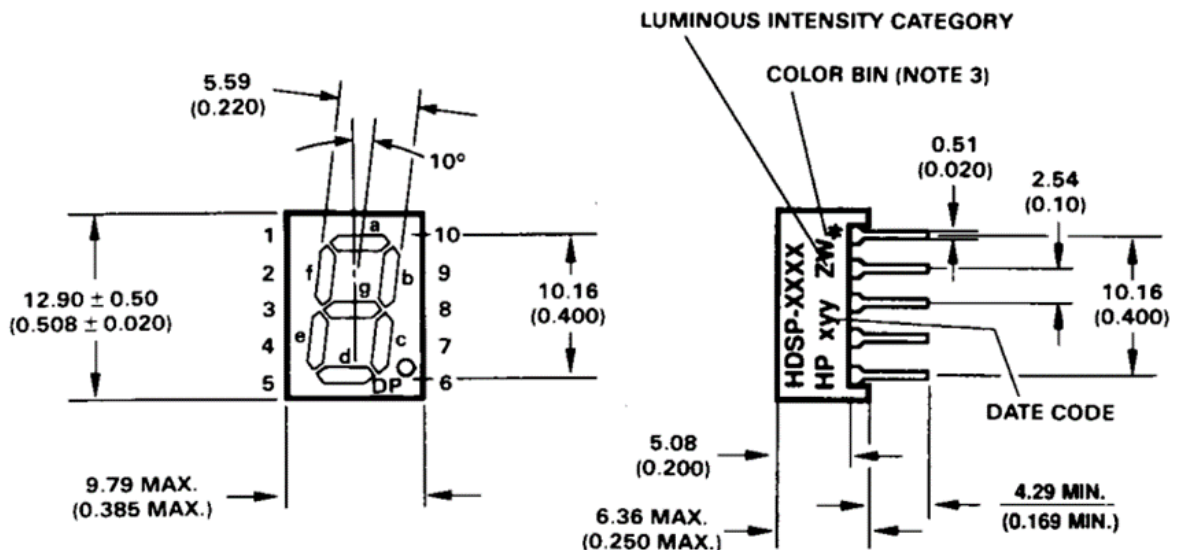


Рисунок 20 – Розміри HDSP-Fxxx

Основні технічні характеристики приведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Характеристики HDSP-Fxxx[19]

Параметр	HDSP-F001	HDSP-F157	HDSP-F501
Діагональ, мм	10		
Середня потужність, мВ	82	96	105
Максимальний струм, мА	150	160	90
Прямий струм, мА	25	40	30
Зворотна напруга, В	3		
Колір свічення	Червоний	Червоний	Зелений
Діапазон робочих температур, °С	-40...+100	-20...+100	-40...+100

KB2300EW – світлова стрічка червоного кольору. Загальний вигляд приведено на рисунку 21[18].

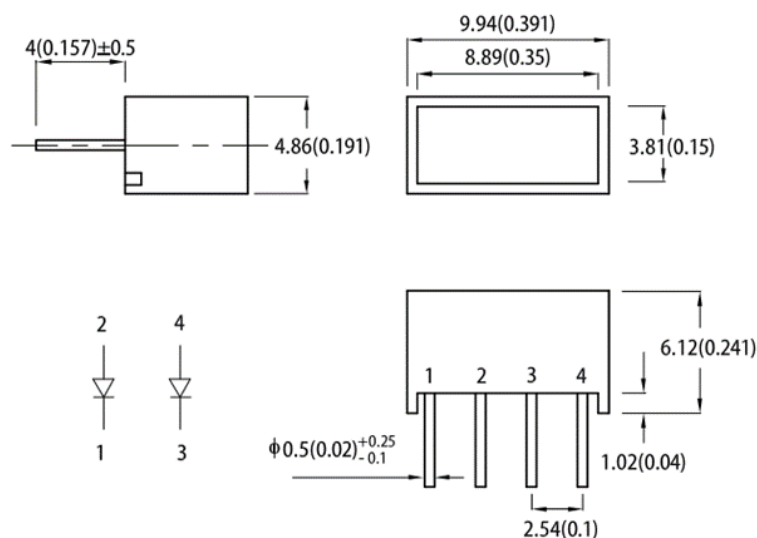


Рисунок 21 – Розміри KB2300EW

Основні технічні характеристики наступні[18]:

Розсіювання потужності..... 75 мВ  
 Зворотна напруга..... 5 В  
 Прямий струм ..... 30 мА  
 Максимальний струм ..... 160 мА  
 Діапазон робочих температур..... -40...+85°С



НРМ14АХ – п’єзоелектричний випромінювач із вбудованим генератором. Загальний вигляд приведено на рисунку 22[18].

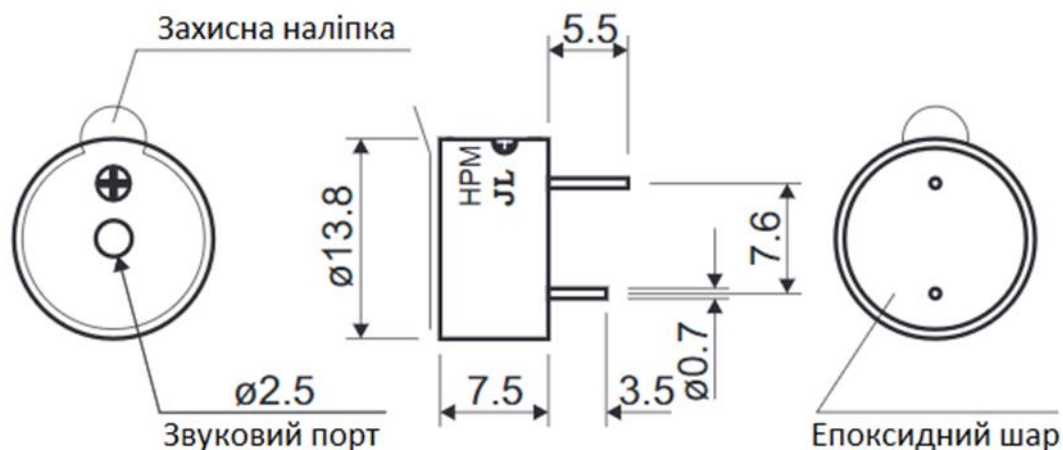


Рисунок 22 – Розміри НРМ14АХ

Основні технічні характеристики випромінювача[18]:

Напруга живлення.....	12 В
Максимальна напруга.....	16 В
Прямий струм.....	7 мА
Рівень звуку.....	<80 дБ
Резонансна частота.....	4 кГц
Діапазон робочих температур.....	-30...+80°С

DIP05-1C90-51D – електромагнітне реле. Загальний вигляд приведено на рисунку 23[18].

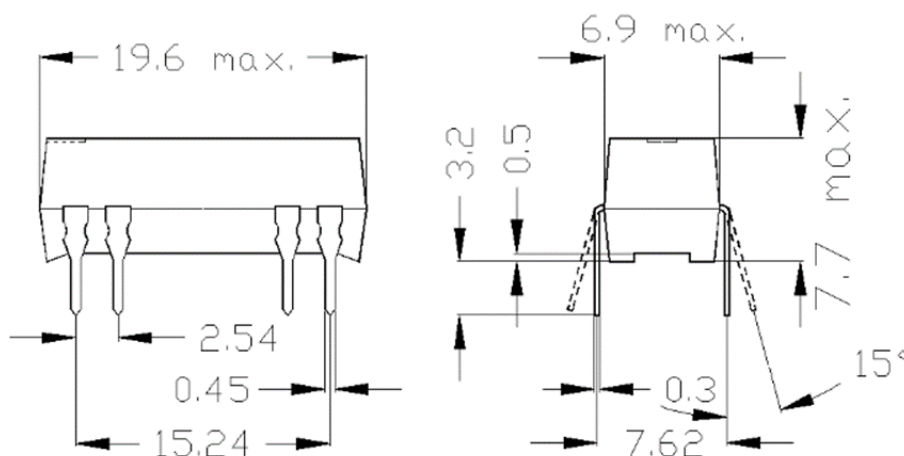


Рисунок 23– Розміри DIP05-1C90-51D

Основні технічні характеристики реле наступні[18]:

Опір котушки.....	200 Ом
Номинальна напруга котушки .....	5 В
Струм котушки .....	25 мА
Індуктивність .....	18 мГн
Номинальна потужність .....	125 мВт
Напруга живлення.....	3,5 В
Опір контакту .....	0,15 Ом
Крок контакту .....	2,54 мм
Вид корпусу .....	DIP14
Діапазон робочих температур.....	-20...+70°C

ПКН125 – однополюсний кнопковий перемикач із замикаючим контактом для об'ємного монтажу. Загальний вигляд приведено на рисунку 24[19].

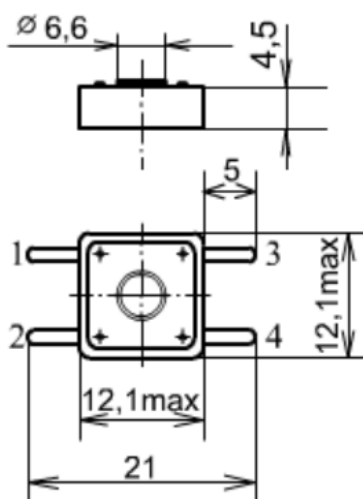


Рисунок 24 – Розміри ПКН125

Основні технічні характеристики перемикача наступні[19]:

Комутаційна напруга .....	<36 В
Максимальний струм .....	100 мА
Максимальна комутаційна потужність.....	3,6 Вт
Діапазон робочих температур.....	-45...+60°C

1N4148 – епітаксіально-планарний кремнієвий імпульсний діод. Загальний вигляд приведено на рисунку 25[18].

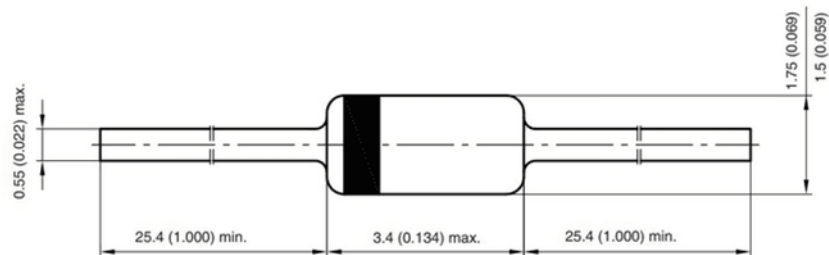


Рисунок 25 – Розміри 1N4148

Основні технічні характеристики діоду наступні[18]:

Максимальна зворотна напруга.....	100 В
Номінальна напруга.....	1 В
Максимальний струм.....	300 мА
Загальна ємність.....	4 пФ
Час відновлення.....	4 нс
Діапазон робочих температур.....	-65...+175°C

WF-4 – 4-контактна вилка. Загальний вигляд приведено на рисунку 26[19].

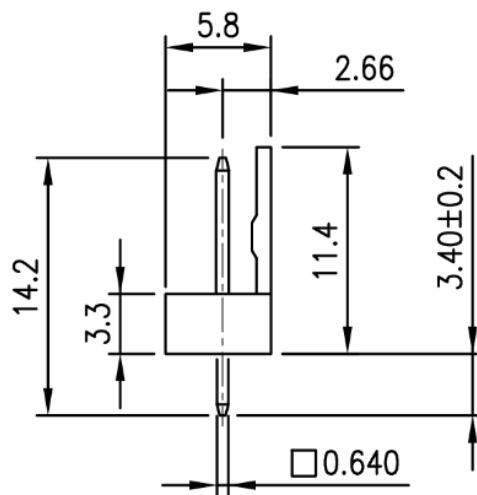


Рисунок 26 – Розміри WF-4

Основні технічні характеристики вилки наступні[19]:

Крок.....	2,54 мм
Опір ізолятора.....	1000 Мом
Опір контактів.....	0,02 Ом
Комутаційний струм.....	3 А

Номінальна напруга ..... 250 В  
 Діапазон робочих температур..... -30...+90°C

HU-4 – 4-контактна розетка. Загальний вигляд приведено на рисунку 27[19].

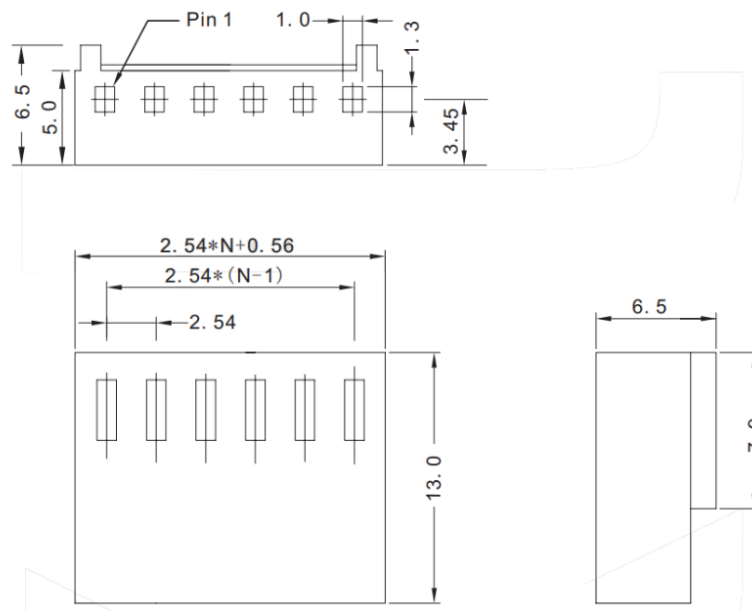


Рисунок 27 – Розміри HU-4 для конфігурації 1×6

Основні технічні характеристики розетки наступні[19]:

Крок ..... 2,54 мм  
 Опір ізолятора..... 1000 Мом  
 Опір контактів ..... 0,02 Ом  
 Комутаційний струм ..... 3 А  
 Номінальна напруга ..... 250 В  
 Діапазон робочих температур..... -25...+85°C

БС-440-63/40-Н – симісторний блок, призначений для комутації навантаження, гальванічного розділення ланцюга керування та силового ланцюга, індикації сигналу керування, захисту силового елемента від короткострокових перевантажень за напругою. Загальний вигляд приведено на рисунку 28[19].

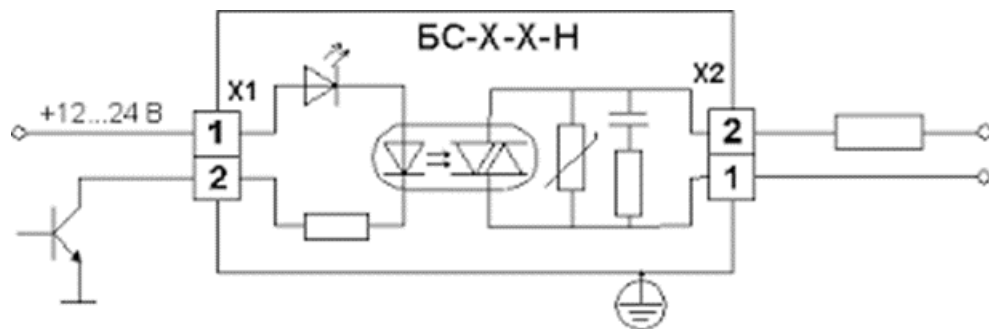


Рисунок 28 – Схемне зображення BC-440-63/40-Н

Основні технічні характеристики симісторного блоку наступні[19]:

- Максимальний споживаний струм в ланцюзі керування..... 15 мА
- Діапазон напруг комутацій .....60...440 В
- Номінальний струм навантаження..... 63 А
- Момент відкриття симістору ..... перехід напруги через 0
- Тип навантаження ..... резистивне, індуктивне
- Діапазон робочих температур..... -40...+50°C

2РМД18Б4Ш5В1В – циліндричний низькочастотний негерметичний з'єднувач. Загальний вигляд приведено на рисунку 29[19].

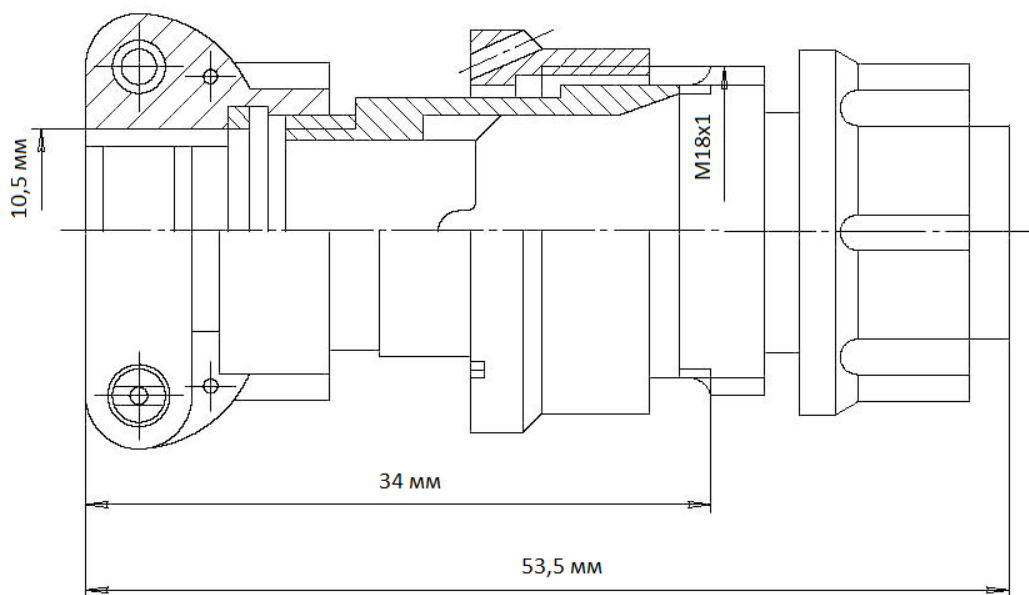


Рисунок 29 – Розміри розетки 2РМД18Б4Ш5В1В

Основні технічні характеристик розетки наступні[19]:

Робоча напруга ..... <560 В

Максимальний струм на контакт..... <15 А

Діапазон робочих температур..... -60...+100°C

2РМД18Б4Ш5В1В – 4-контактна негерметична вилка. Загальний вигляд приведено на рисунку 30[20].

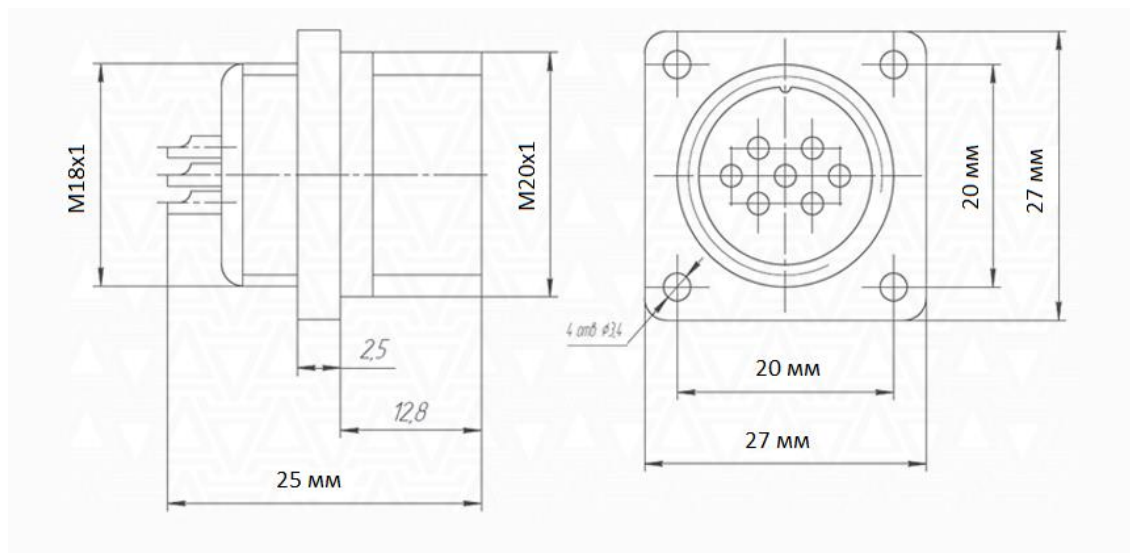


Рисунок 30 – Розміри вилки 2РМД

Основні технічні характеристик вилки наступні[19]:

Робоча напруга ..... <560 В

Максимальний струм на контакт..... <15 А

Діапазон робочих температур..... -60...+100°C

2РТТ36Б5Ш18В – низькочастотний циліндричний з'єднувач. Загальний вигляд приведено на рисунку 31[20].

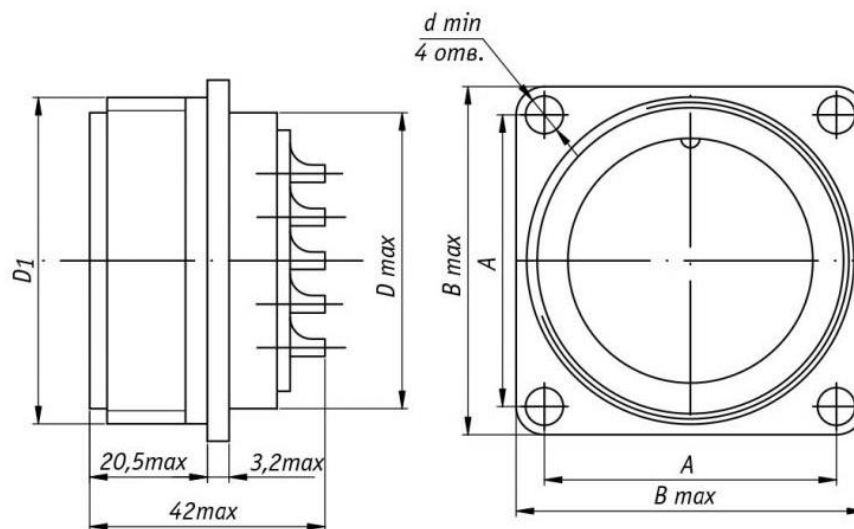


Рисунок 32 – Розміри 2PRT

Основні технічні характеристики вилки наступні[19]:

Робоча напруга ..... <850 В

Максимальний струм на контакт ..... <50 А

Діапазон робочих температур ..... -60...+100°C

### 3.2.2 Вибір елементів нагрівача

Як джерело нагрівання оберемо теплову гармату. Теплова гармата – опалюваний прилад, який створює потужний потік гарячого повітря, продуваючи його через вузол нагрівної конструкції. Основними елементами є металевий корпус, електровентилятор і нагрівальний елемент. На корпусі наявні отвори для забору та виводу повітря, а його форма зазвичай циліндрична або прямокутна. Нагрівальний елемент застосовується трубчастого виду, у вигляді спіралі або теплообмінника з камерою згорання, тому в залежності від типу носія енергії можна виділити наступні види теплових гармат[20]:

*Електричні.* Нагрівальним елементом може бути відкрита спіраль або трубчастий електронагрівач. Вони не виробляють шкідливих вихлопів, тому відсутня необхідність облаштування відповідних труб. В пристрої також наявний терморегулятор для запобігання перегріву[20].

*Газові.* Така теплова гармата працює на пропані, який подається зі спеціального балона за допомогою редуктора, або від центральної мережі.

Газовий пальник подає через спеціальний отвір пропан у камеру згорання, яка має систему автоматичного розпалювання за допомогою п'єзоелемента, або газ підпалюється вручну. Під час згорання газу відбувається нагрівання теплообмінника, через який проходить повітря від електричного вентилятора, тому необхідна наявність кондиціонування повітря у приміщенні[20].

*Дизельні.* Основними елементами конструкції є бак, камера згорання і вентилятор. Паливо, що подається насосом, закачується з бака на форсунку, з якої відбувається розпорошення палива в камері згорання. У ній паливна суміш, що складається з повітря і палива, запалюється спеціальною системою п'єзоелектричного розпалювання. Такі гармати можна поділити за способом нагрівання. Дизельні гармати прямого нагрівання виділяються високою енергоємністю та швидкістю нагріву, яка досягається за рахунок проходження повітря по камері згорання палива, тобто разом із гарячим повітрям до приміщення також потраплятимуть й продукти згорання палива. За непрямого нагріву камера згорання не контактує з повітрям, що нагрівається, а продукти згорання виводяться через спеціальний отвір, але при цьому зменшується ефективність роботи та коефіцієнт корисної дії[20].

*Інфрачервоні.* До складу пристрою входять бак, пальник та дефлектор, що направляє інфрачервоні (ІЧ) промені. Оскільки принцип роботи полягає в перенесенні теплової енергії за допомогою ІЧ-променів вентилятор в цій конструкції відсутній, тобто такі гармати доцільно використовувати локально[20].

*Водяні.* Теплова гармата, яка використовує для роботи тепло гарячої води, включає в себе теплообмінник, наповнений водою, яка нагрівається від окремого джерела тепла. Ця модель подібна до роботи водяної батареї, з тією відмінністю, що має електричний вентилятор, який здатний рівномірно розподілити тепле повітря в приміщенні[20].

Проаналізувавши вищеописану інформацію було обрано електричну варіацію гармати та наступні компоненти до неї:

ТРМ202 – терморегулятор необхідний для вимірювання, реєстрації або регулювання температури теплоносіїв. Загальний вигляд приведено на рисунку 33[19].

						ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			56



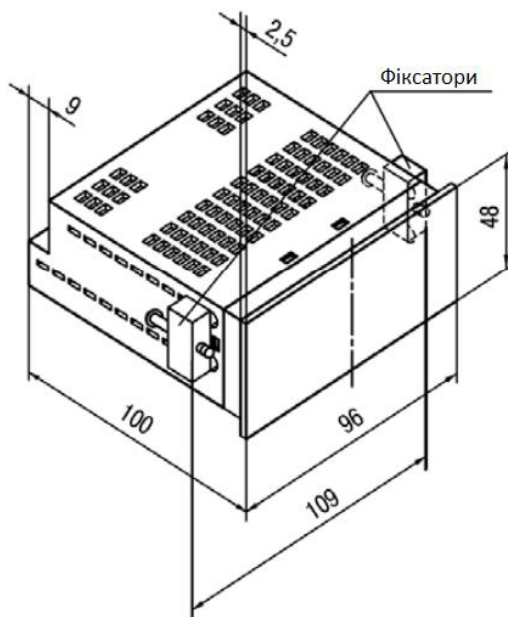


Рисунок 33 – Розміри TRM202

Основні технічні характеристики терморегулятора наступні[19]:

Діапазон напруг .....	90...245 В
Кількість універсальних входів .....	2
Час опитування входу .....	1 с
Похибка вимірювань .....	±0,5%
Тип кабелю .....	екранована вита пара
Допустима відносна вологість .....	30...80%
Діапазон вимірюваних температур .....	-50...+200°C

ДТС125-РТ100.В2.60 – датчик для вимірювання температури повітря.

Загальний вигляд приведено на рисунку 34[19].

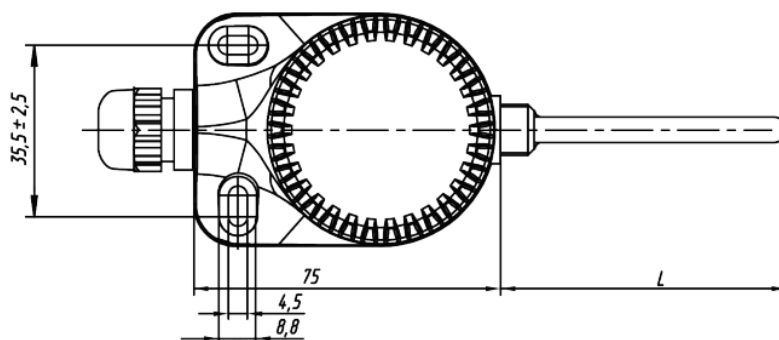


Рисунок 34 – Розміри ДТС125-РТ100.В2.60

Основні технічні характеристики датчика наступні[19]:

Кількість чутливих елементів..... 1 шт  
 Комутаційна голівка ..... пластмасова  
 Похибка вимірювань..... $\pm 0,5\%$   
 Тип корпусу ..... IP65  
 Діапазон вимірюваних температур .....  $-60...+85^{\circ}\text{C}$

LHS 61L PREMIUM – нагрівач повітря. Загальний вигляд приведено на рисунку 35[21].

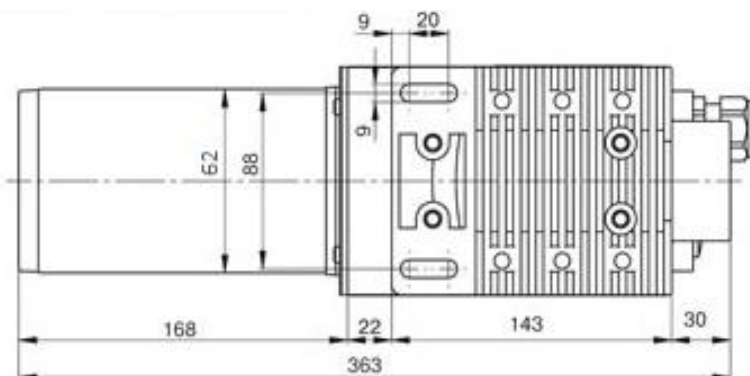


Рисунок 35 – Розміри LHS 61L PREMIUM

Основні технічні характеристики нагрівача наступні[21]:

Артикул..... 143.720  
 Кількість фаз..... 3х  
 Номінальна напруга ..... 400 В  
 Номінальний струм..... 7 А  
 Потужність..... 5 кВт  
 Максимальна температура на виході.....  $650^{\circ}\text{C}$   
 Максимальна робоча температура .....  $+65^{\circ}\text{C}$

Leister Silence – вентилятор середнього тиску. Загальний вигляд приведено на рисунку 36[21].

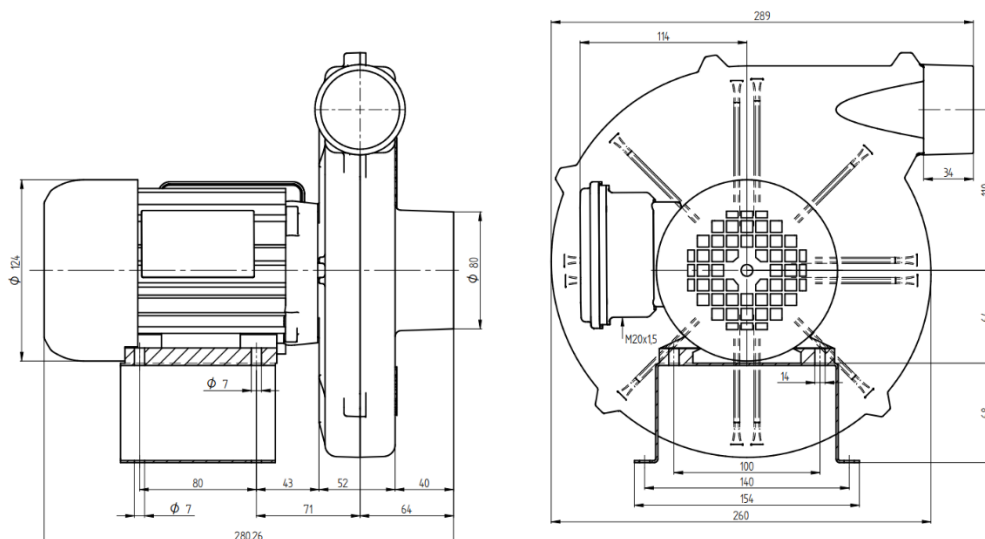


Рисунок 36 – Розміри Leister Silence

Основні технічні характеристики вентилятора наступні[21]:

Кількість фаз .....	1x
Номинальна напруга .....	230 В
Номинальна потужність .....	550 В
Потік повітря .....	4700 л/хв
Рівень шуму .....	61 Дб
Тип корпусу .....	IP54
Максимальна температура на виході .....	+200°C
Максимальна робоча температура .....	+60°C

### Висновки до розділу 3

Спираючись на попередній огляд літератури було сформовано структурні вузли та часову діаграму роботи системи, описано функції та режими плати мікроконтролера, призначення кнопок клавіатури та опис індикації в різних режимах роботи. Також наведено функціональну схему системи та принципову схему нагрівача, обрано елементну базу плати мікроконтролера та нагрівача.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

## 4 РЕАЛІЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ОПАЛЕННЯ

### 4.1 Розробка алгоритму роботи системи

Алгоритм роботи системи наступний. Після подачі напруги живлення користувач задає наступні параметри: в терморегуляторі А1 – значення температур для каналів № 1 та № 2; для контролера – час  $t_1$  та  $t_2$  для моментів перемикавання із денного режиму в нічний і назад, а також час затримки вимикання вентилятора  $\Delta t$ .

Припустимо, що для каналу № 1 та № 2 терморегулятора задані відповідні температурні значення. Якщо увімкнути систему в денний час і поточна температура нижча за  $T_1$ , то після натискання на кнопку S4 (C) лог. 0 з виводу 5 клемної колодки ХТ1 терморегулятора надходить через джгут 1 і контакт 1 з'єднувача Х2 через замкнені контакти 1 і 7 реле DA1 на вивід 9 МК DD2. На виводі 11 МК присутній лог. 1. При цьому МК DD2 виставляє лог. 0 на виводи 2 та 3, Через замкнуті контакти 7 та 4 цих реле напруга +24 В надходить через з'єднувач Х3 і джгут 2 на з'єднувач Х1 нагрівача. У тепловій гарматі одночасно вмикаються електронагрівач і вентилятор. Щойно поточна температура досягне заданого значення, вихідна оптопара каналу № 1 терморегулятора закривається. Лог. 1 з виводу 5 клемної колодки ХТ1 терморегулятора надходить на вхід 9 МК DD2, і МК виставляє лог. 1 на вивід 2 і, із затримкою в  $\Delta t_1$ , лог. 1 на вивід 3. Таким чином, спочатку в тепловій гарматі вимикається електронагрівач і з затримкою  $\Delta t_1$  - вентилятор. Подібні цикли ввімкнення і вимкнення теплової гармати підтримуватимуть температуру в приміщенні, що дорівнює заданій уставці  $T_1$ . Нехай поточний час став рівним значенню  $t_1$ , тобто, початку нічного інтервалу часу, тоді МК DD2 встановлює лог. 0 на виводі 11, вмикаючи реле DA1 та замикаючи його контакти 7 та 14, після чого на вихід 9 МК DD1 надходить сигнал с виводу 8 клемної колодки ХТ1 терморегулятра, тобто підключається канал № 2. Тепер тепла гармата буде підтримувати в приміщенні температуру, рівну заданої уставки  $T_2$ . При досягненні поточним часом значення  $t_2$ , тобто кінця нічного інтервалу часу, МК DD1 встановить лог. 1 на виводі 11, вмикаючи реле DA1, знову підключаючи до МК канал № 1 терморегулятора перемикаючись в денний режим. Напруга живлення надходить на плату контролера зі з'єднувача Х1. Конденсатор С1 фільтрує пульсації в ланцюзі

						ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			60

живлення +5 В. Одразу після подачі живлення на виводі 1 МК DD1 через RC-ланцюг (резистор R2, конденсатор C4) формується сигнал системного апаратного скидання МК DD2, по закінченні якого здійснюється ініціалізація програми, в якій задаються параметри роботи динамічної індикації, починається відлік поточного часу і дозволяється робота пристрою.

## 4.2 Розробка програмного забезпечення

Програму можна умовно поділити на три частини: процедуру ініціалізації, основну програму, що працює в замкнутому циклі та підпрограму обробки переривання від таймера TF0.

Функціями основної програми є розрахунок поточного часу, встановлення поточного часу та параметрів  $t1$ ,  $t2$  та  $\Delta t1$ , а також порівняння поточного часу з  $t1$  та  $t2$ , увімкнення звукового сигналу і перетворення двійкового коду значень у код для семисегментних індикаторів. Буфер відображення для динамічної індикації організовано в пам'яті даних МК за адресами з 30H по 4DH. Кожен байт з функціональної групи буфера відображення в підпрограмі обробки переривання таймера TF0 виводиться в порт P1 МК DD1. Номер групи або режим роботи записано в регістрі R2. У процесі обробки підпрограми переривання проводиться опитування клавіатури. Натисканням кнопки S1 інкрементується регістр R2 і тим самим циклічно вибирається один із шести режимів робіт. Під час натискання на кнопку S2 встановлюється прапорець, що дозволяє інкрементувати розряд, обраний кнопкою S3.

Основна задача «часової частини» програми – формування точних часових інтервалів тривалістю 1 с – вирішена за допомогою переривань від таймера TF0 та лічильників на регістрах R4 та R5. Таймер TF0 формує запит на переривання через кожні 80 мкс. Лічильники підраховують кількість переривань  $i$ , щойно кількість переривань стане рівною певному числу, встановлюється прапорець, за яким в основній програмі інкрементується осередок пам'яті МК, де зберігаються значення одиниць секунд.

За своїм функціональним призначенням адресний простір буфера відображення можна умовно поділити на декілька груп, що представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Функціональне призначення адресного простору буферу

Комірки	Вміст	Відображення на індикації в режимі
30Н...34Н	Значення поточного часу в хвилинах та секундах	«годинник 1»
35Н...39Н	Значення поточного часу в годинах та хвилинах	«годинник 2»
3АН...3ЕН	Значення часу $t_1$	«час 1»
3ФН...43Н	Значення часу $t_2$	«час 2»
44Н...48Н	Обране значення часу $\Delta t_1$	«затримка»
49Н...4ДН	Поточне значення часу $\Delta t_1$	«контроль затримки»

У кожному конкретному режимі в регістр R0 записуються адреси відповідної групи комірок пам'яті (мітки ТЕМО0, ТЕМО1, ТЕМО2, ТЕМО3, ТЕМО4 і ТЕМО5). Кожен байт із функціональної групи в підпрограмі обробки переривання таймера TF0 (мітка ОТ) після перекодування циклічно виводиться у порт P1 МК. Для увімкнення індикаторів HG1, HG2 і HG4...HG6 необхідно встановити лог. 0 на виводах 2, 5, 6, 9 і 12 регістра DD1 відповідно. Так, наприклад, для того щоб у режимі «годинник 1» на індикаторі HG6 індикувалася «1», необхідно двійково-десятькове число, розташоване за адресою 30Н, перекодувати, вивести в порт P1 МК і записати лог. 0 у п'ятий розряд регістра DD1, тобто вивід 12. Динамічна індикація організовується циклічним перебором адрес із послідовним виведенням перекодованих значень комірок пам'яті в порт P1 і лог. 0 у відповідні розряди DD1. Лічильник розрядів реалізовано в регістрі R1.

Під час ініціалізації в R0 завантажується адреса 30Н (режим "годинник 1"), а в R1 - число 1. У пам'яті даних у комірку з адресою 20Н міститься байт, що керує розрядами динамічної індикації та зовнішніми виконавчими пристроями - п'єзоелектричним випромінювачем ВА1 і світловими смугами HL1 і HL2. Даний байт записується в регістр DD1 відразу після запису перекодованого байта з функціональної групи в порт P1 МК DD2 і являє собою код «біжучий нуль» для увімкнення знакоміць (розрядів) динамічної індикації. Тривалість такту динамічної індикації  $\approx 3,328$  мс. З цією періодичністю проводиться збільшення вмісту регістрів R0 і R1.

									Лист
									62
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ				

Загальна структура процедури ініціалізації мікроконтролера виглядає наступним чином:

Лістинг 1 – Процедура ініціалізації мікроконтролера

```
ORG 0000H ; адреса початку програми
JMP BEGIN ; перехід до основної частини програми
ORG 0003H ; адреса обробника переривань за входом INTO
JMP EXT0 ; перехід на процедуру обробки переривань за входом INTO
ORG 000BH ; адреса обробника переривань від таймера T/C0
JMP TIMER0 ; перехід на процедуру обробки переривань від таймера T/C0
ORG 0013H ; адреса обробника переривань за входом INTO
JMP EXT1 ; перехід на процедуру обробки переривань за входом INT1
ORG 001BH ; адреса обробника переривань від таймера T/C0
JMP TIMER1 ; перехід на процедуру обробки переривань від таймера T/C0
```

	ORG 0023H	; адреса обробника переривань від послідовного порту
	JMP SERIAL	; перехід на процедуру обробки переривань від послідовного порту
BEGIN:	CLR EA	; заборона всіх переривань
CLEAR:	MOV R0, #7FH	; очищення оперативної пам'яті МК
	MOV @R0, #00H	
	DJBZ R0, CLEAR	
	MOV SP, #30H	; призначення стеку, початок основної програми
	...	
	JMP \$	; зупинка програми (команда переходу «самого на себе»)
EXT0:	...	; тут може знаходитись процедура обробки переривань від входу INTO
	RETI	; команда виходу з переривань
EXT1:	...	; тут може знаходитись процедура обробки переривань від входу INT1
	RETI	; команда виходу з переривань



TIMER0:	...	; тут може знаходитись процедура обробки переривань від таймера T/C0
	RETI	; команда виходу з переривань
TIMER1:	...	; тут може знаходитись процедура обробки переривань від таймера T/C1
	RETI	; команда виходу з переривань
SERIAL:	...	; тут може знаходитись процедура обробки переривань від послідовного порту
	RETI	; команда виходу з переривань

Подібна процедура призначена для визначення векторів та процедур інших переривань та дозволяє виключити можливі наслідки «випадкового» влучення в область векторів переривань. Скидання прапора EA необхідне для заборони переривань до моменту ініціалізації всіх змінних, що використовуються як основною програмою, так і підпрограмами обробки переривань.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахунок собівартості системи

*Собівартість продукту* – сума витрат, пов'язаних з виробництвом конкретного виду товару. Процес розрахунку цих витрат називається калькулюванням собівартості, а його результат – калькуляція. Чинники, що можуть вплинути на собівартість продукції[22]:

- методи калькулювання;
- методи списання запасів;
- бази розподілу загальновиробничих витрат;
- співвідношення постійних та змінних витрат;
- склад прямих та загальновиробничих витрат;
- методи амортизації основних засобів;
- стандарти бухгалтерського обліку.

Визначення собівартості продукції може включати різні види, які використовуються у фінансовому та управлінському обліку. Основними видами собівартості продукції є[22]:

*Виробнича собівартість продукції* відображає суму витрат, пов'язаних із виробництвом, і включає в себе витрати, такі як сировина, матеріали, оплата праці робітників та інші безпосередньо пов'язані витрати.

*Собівартість реалізованої продукції* дорівнює виробничій собівартості або може відрізнитися на суму нерозподілених постійних загальновиробничих витрат та наднормативних виробничих витрат, якщо такі витрати існують та впливає на визначення прибутку підприємства.

*Нормативна собівартість* розраховується на основі затверджених норм витрачання сировини, матеріалів та оплати праці. Вона корисна для планування виробництва та може використовуватися при застосуванні методу нормативних затрат для обліку готової продукції.

*Повна собівартість продукції* враховує адміністративні витрати, витрати на реалізацію продукції та інші операційні витрати.

Розрахуємо повну собівартість продукції. Витрати, пов'язані з виробництвом та реалізацією продукту «вбудована електронна система управління опаленням дому за технологією Smart House» можна поділити на:

					ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

- матеріали та компоненти;
- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- соціальні відрахування;
- загальновиробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- витрати на утримання та експлуатацію встаткування;
- витрати на реалізацію продукту.

*Матеріали та компоненти.* Витрати цього типу обумовлюються поточною вартістю складових виробу, що приведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Витрати на матеріали і компоненти виробу

Найменування компонентів	Ціна, грн	Кількість, шт	Сумарна вартість, грн
МК АТ89С4051	117	1	117
Регістр КР555ІР23	7	1	7
Резистор С2-33Н-0.125	0,5	24	12
Конденсатор К50-35	7	1	7
Конденсатор К10-17Б	5	2	10
Дисплей НDSP-F001	98	1	98
Дисплей НDSP-F157	48	1	48
Дисплей НDSP-F501	70	1	70
Світлова стрічка КВ2300ЕW	30	2	60
Випромінювач НРМ14АХ	62	1	62
Керамічний випромінювач	62	1	62
Реле DIP05-1С90-51D	353	3	1059
Перемикач ПКН125	2,8	5	14
Діод 1N4148	1,6	5	8
Вилка WF-4	1,07	3	3,21
Розетка НU-4	1,52	2	3,04
Вилка 2РМД18Б4Ш5В1В	90	1	90
Розетка 2РМД18Б4Ш5В1В	125	1	125
З'єднувач 2РТТ36Б5Ш18В	520	1	520

Найменування компонентів	Ціна, грн	Кількість, шт	Сумарна вартість, грн
Симісторний блок БС-440-63/40-Н	1720	1	1720
Терморегулятор ТРМ202	4050	1	4050
Датчик ДТС125-РТ100.В2.60	750	2	1500
Нагрівач LHS 61L PREMIUM	29400	1	29400
Вентилятор Leister Silence	35770	1	35770
Лист текстоліту	55	1	55
Припій	12	1	12
<b>Разом, грн</b>			<b>74882, 25</b>

Витрати на основну заробітну плату. Розрахуємо основну заробітну плату ( $ЗП_{осн}$ ) за формулою:

$$ЗП_{осн} = \alpha \times ТС \times Ч, \quad (5.1)$$

де  $\alpha = 1$  – кількість працівників задіяних у виробництві пристрою;

$ТС = 125$  – тарифна ставка робітника, що задіяний у виробництві пристрою, грн./год.;

$Ч = 35$  – витрачений робітником час на виробництво й налагодження пристрою.

Підставивши значення у вираз (5.1) отримаємо:

$$ЗП_{осн} = 1 \times 125 \times 35 = 4375 \text{ грн.}$$

*Додаткова заробітна плата* – винагорода за працю понад встановлені норми, за трудові успіхи та особливі умови праці[23]. Зазвичай закладається сума в 25-40% від основної плати:

$$ЗП_{дод} = ЗП_{осн} \frac{K_{дод}}{100\%} \quad (5.2)$$

де  $K_{дод}$  – коефіцієнт додаткової заробітної плати.

Прийmemo  $K_{дод} = 0,3$ , тоді за виразом (5.2) отримаємо:

$$ЗП_{дод} = 4375 \cdot \frac{0,3}{100\%} = 1310 \text{ грн.}$$

*Соціальні відрахування* – податок, що стягується від основної та додаткової заробітних плат за встановленими ставками[23]:

- 4% - державне медичне страхування;
- 32% - державне пенсійне страхування;

						Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ	

- 1,5% - формування фонду зайнятості населення.

Формула для соціальних відрахувань виглядає наступним чином:

$$V_{\text{св}} = (ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{дод}}) \cdot \frac{37,5\%}{100\%}, \quad (5.3)$$

Підставивши значення у вираз (5.3) отримаємо:

$$V_{\text{св}} = (4375 + 1310) \cdot \frac{37,5\%}{100\%} = 2130 \text{ грн.}$$

*Загальновиробничі витрати* – витрати, які мають відношення до виробництва, але не можуть бути пов'язані з конкретним виробом, тобто, відрахування на соціальні заходи, медичне страхування апарату управління цехами, дільницями; амортизація основних засобів та нематеріальних активів загальновиробничого призначення; утримання, експлуатацію та ремонт, страхування, операційну оренду основних засобів, інших необоротних активів загальновиробничого призначення[24]. Загальновиробничі витрати ( $V_3$ ) визначаються з відомостей з аналізу повної собівартості продукту та становлять 150-230%. Формула має вигляд:

$$V_3 = ЗП_{\text{осн}} \cdot \frac{V_3\%}{100\%} \quad (5.4)$$

Прийmemo  $V_3 = 180\%$  та підставивши значення у вираз (5.4) отримаємо:

$$V_3 = 4375 \cdot \frac{180\%}{100\%} = 7875 \text{ грн.}$$

*Адміністративні витрати.* До таких відносять загальні корпоративні, тобто, організаційні, на проведення річних зборів, представницькі витрати; службові відрядження і утримання апарату управління; утримання основних засобів, інших матеріальних необоротних активів загальногосподарського використання (операційна оренда, страхування майна, амортизація, ремонт, опалення, освітлення, водопостачання, водовідведення, охорона); винагороди за професійні послуги; зв'язок (поштові, телеграфні, телефонні, факс тощо); на податки, збори та інші передбачені законодавством обов'язкові платежі, окрім тих, що включаються до виробничої собівартості; плата за розрахунково-касове обслуговування та інші послуги банків[24]. Адміністративні витрати ( $V_a$ ) визначаються згідно відомостей повної собівартості продукту та становлять 140-200% від основної зарплати. Формула виглядатиме наступним чином:

$$V_a = ЗП_{\text{осн}} \cdot \frac{V_a\%}{100\%}, \quad (5.5)$$

Прийmemo  $V_a = 170\%$  та підставивши у вираз (5.5) отримаємо:

$$B_a = 4375 \cdot \frac{170\%}{100\%} = 7437 \text{ грн.}$$

*Витрати на утримання та експлуатацію встаткування (ВУЕ)* – це амортизаційні відрахування від вартості виробничого та підйомно-транспортного обладнання, цехового транспорту та інструментів і приладів зі складу основних виробничих запасів, інших необоротних матеріальних і нематеріальних активів; витрати на ремонти, що здійснюються для підтримки об'єкта в робочому стані[23]. Відсоток ВУЕ визначаються з відомостей повної собівартості продукту та становлять 40-130%, тоді формула:

$$B_{UE} = 3P_{ocn} \cdot \frac{B_{UE}\%}{100\%}, \quad (5.6)$$

Приймаючи ВУЕ = 110% та підставивши у вираз (5.6) отримаємо:

$$B_{UE} = 4375 \cdot \frac{110\%}{100\%} = 4813 \text{ грн.}$$

*Виробнича собівартість (С<sub>в</sub>)* поєднує в собі витрати на матеріали та компоненти, основну та додаткову заробітні плати, соціальні відрахування, загальновиробничі витрати та ВУЕ:

$$C_v = 74882,25 + 4375 + 1310 + 2130 + 7875 + 4813 = 87510,25 \text{ грн.}$$

*Витрати на реалізацію* – це витрати на пакувальні матеріали, ремонт тари, транспортування та страхування продукції, гарантійний ремонт і обслуговування, рекламу та дослідження ринку[24]. Витрати на реалізацію (В<sub>р</sub>) продукту визначаються в розмірі 5-10% від виробничої собівартості:

$$B_p = C_v \cdot \frac{B_p\%}{100\%}, \quad (5.7)$$

Приймаючи В<sub>р</sub> = 7% та підставивши у вираз (5.7) отримаємо:

$$B_p = 87510,25 \cdot \frac{7\%}{100\%} = 6126 \text{ грн.}$$

*Повна собівартість*[23] (С<sub>п</sub>) визначається як сума адміністративних витрат, виробничої собівартості та витрат на реалізацію:

$$C_p = 7437 + 87510,25 + 6126 = 101073,25 \text{ грн.}$$

Калькуляція собівартості продукту приведена в таблиці 5.

Таблиця 5 – Калькуляція собівартості продукту

Стаття калькуляції	Витрати, грн
Матеріали і компоненти	74882,25
Основна заробітна плата	4375

Стаття калькуляції	Витрати, грн
Додаткова заробітна плата	1310
Соціальні відрахування	2130
Загальновиробничі витрати	7875
Витрати на утримання та експлуатацію встаткування	4813
<b>Виробнича собівартість, грн.</b>	<b>87510,25</b>
Адміністративні витрати	7437
Витрати на реалізацію	6075
<b>Повна собівартість, грн.</b>	<b>101073,25</b>

## 5.2 Розрахунок ціни системи опалення

Методи ціноутворення поділяються на[26]:

- Витратні.
- З орієнтацією на попит.
- З орієнтацією на рівень конкуренції.
- З орієнтацією на максимальний прибуток.
- Параметричні.

*Витратні методи*[25] ціноутворення базуються на формуванні ціни, виходячи з витрат та бажаного рівня рентабельності, прибутку, надбавки. Витратний метод не враховує ринкових факторів, таких як характер попиту, рівень платоспроможності попиту, політику конкурентів, а ціна, визначена за таким методом буде дещо завищена. Проте визначення ціни за таким методом необхідне, адже спирається на реальні дані та не потребує досліджень ринку покупців, а також використовується для встановлення ціни на нову продукцію.

До витратних методів відносять[25]:

- Метод «витрати+».
  - Метод «собівартість + прибуток».
  - Метод «собівартість + рентабельність».
  - Метод «собівартість + надбавка».
- Метод беззбитковості та цільового прибутку.

Розглянемо кожен з методів «витрат+». Формула для методу «собівартість + прибуток» наступна:

$$C_0 = C_{\Pi} + \Pi, \quad (5.8)$$

					<b>ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

де  $C_{\text{п}}$  – повна собівартість продукту;

$\Pi$  – величина прибутку.

Формула для методу «собівартість + рентабельність»:

$$C_0 = C_{\text{п}} + \left(1 + \frac{P}{100\%}\right), \quad (5.9)$$

де  $P$  – запланований рівень рентабельності продукції, %.

*Рентабельність*[25] – показник прибутковості, що розраховується як відношення отриманого прибутку до витрат:

$$P = \frac{\Pi}{C_{\text{п}}} \cdot 100\%, \quad (5.10)$$

Формула для методу «собівартість + надбавка»:

$$C_0 = C_{\text{п}} \cdot \left(\frac{H}{100\%}\right), \quad (5.11)$$

*Надбавка*[25] визначається як відсоток до базових витрат прийнятих для розрахунку ціни і включає прибуток та невраховані раніше витрати.

В методі беззбитковості та цільового прибутку використовують постійні та змінні витрати[25]:

*Постійні* – витрати, які не залежать від зміни обсягу випуску продукції, наприклад, оренда приміщення, заробітна плата працівників, податки на майно та ін.

*Змінні* – витрати, які прямопропорційно залежать від обсягу випуску продукції, наприклад, витрати на сировину, паливо, комунальні платежі та ін.

Метод беззбитковості та цільового прибутку є графічним, тому спочатку знаходять точку беззбитковості та обсяг, який забезпечить нульовий економічний прибуток, а після знаходять обсяг та ціну, які забезпечать покриття сукупних витрат та отримання цільового прибутку[25].

Розрахуємо оптову та роздрібну ціни продукту за методом «собівартість + прибуток».

Прийнявши  $P = 15\%$  та спираючись на формули (5.8) та (5.10) отримаємо:

$$C_0 = C_{\text{п}} + \left(\frac{C_{\text{п}} + P}{100}\right), \quad (5.12)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$C_0 = 101073,25 + \left(\frac{101073,25 \times 15\%}{100\%}\right) \approx 116234 \text{ грн.}$$

Формула роздрібної ціни враховує податок на додану вартість, що становить 20%, до оптової ціни:

$$C_p = C_0 \cdot 1,2, \quad (5.13)$$

					ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ	Лист 72
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Підставивши значення в вираз (5.13) отримаємо:

$$C_p = 116234 \cdot 1,2 \approx 139482 \text{ грн.}$$

### **Висновки до розділу 5**

Ознайомилися з поняттям собівартості продукту, її видами та чинниками, що впливають на неї. Відповідно до критеріїв витрат сформували список матеріалів та компонентів, розрахували виробничу та повну собівартості виробу. Проведено аналіз щодо існуючих методів ціноутворення та за одним з них визначили значення оптової та роздрібною цін.

					<i>ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		73

## ВИСНОВКИ

В рамках дипломного проекту було розроблено вбудовану опалювальну систему за технологією Smart House. За допомогою вбудованого інтерфейсу користувач може налаштувати денні та нічні проміжки часу роботи системи для підтримки заданої температури.

В першому розділі було розглянуто концепцію, основні функції та методи класифікації «розумного будинку», але основна увага була приділена різновиду систем опалення та компонентів для їх автоматизації.

В другому розділі приведено типи протоколів для систем за технологією Smart House та проаналізовано ефективність інтерфейсів для контролю компонентів системи. Також розглянуто вже існуюче рішення щодо удосконалення системи опалювання.

В третьому розділі розроблені структурні блоки системи, приведено часові функції плати мікроконтролера та терморегулятора, призначення кнопок клавіатури, розглянуто приклади індикації відповідно до встановленого режиму, описано основні функціональні вузли системи та нагрівача, сформовано відповідні функціональна та принципові схеми, обрано елементну базу плати мікроконтролера, проаналізовано види теплових гармат та зроблено вибір відповідних компонентів.

В четвертому розділі приведено алгоритм роботи системи та описано програму її функціонування.

В п'ятому розділі розглянуто поняття собівартості продукту, приведено список складових системи, розраховано основну та додаткову заробітні плати, соціальні відрахування, загальновиробничі, адміністративні, витрати на утримання та встаткування, на реалізацію продукту, сформовано виробничу та повну собівартості, приведені методи ціноутворення, розраховано оптову та роздрібну ціни.

					ЕліТ 8.171.00.10.481 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		74



16. Архітектура фон Неймана [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.geeksforgeeks.org/computer-organization-von-neumann-architecture/>
17. RISC-архітектура [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.educative.io/answers/what-is-risc-architecture>
18. Компоненти системи [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://pdf1.alldatasheet.com>
19. Компоненти системи [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://standart-pribor.com.ua>
20. Види теплових гармат [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://beregbud.com.ua/vidi-teplovix-garmat/>
21. LHS 61L PREMIUM, Lester Silence [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.leister.com>
22. Собівартість продукту [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://faktoria.kiev.ua/uk/sobivartist-produkciyi-pidpriyemstva/>
23. Види податків [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://buhplatforma.com.ua>
24. Види витрат. Національне положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 «Витрати» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0027-00#Text>
25. Методи ціноутворення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://elearn.nubip.edu.ua/pluginfile.php/760776/mod\\_resource/content/1/Тема%207.%20Основні%20методи%20ціноутворення%20%282022%29.pdf](https://elearn.nubip.edu.ua/pluginfile.php/760776/mod_resource/content/1/Тема%207.%20Основні%20методи%20ціноутворення%20%282022%29.pdf)