

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Факультет комп'ютерних систем і автоматики  
(повне найменування інституту)  
Кафедра метрології та промислової автоматики  
(повна назва кафедри)

## **Пояснювальна записка**

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр  
(освітній ступень)

на тему

**СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБІГРИВОМ ПРИМІЩЕНЬ**

Виконав: студент 2 курсу, групи  
КІВТ-18м

спеціальності 152 – Метрологія та  
інформаційно-вимірювальна техніка  
(освітня програма: комп'ютеризовані  
інформаційно-вимірювальні технології)  
(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_ Коваль В.С. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ Кулаков П.І. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_ Тарновський М.Г. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019 року

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерних систем і автоматики

Кафедра метрології та промислової автоматики

Освітній ступень магістр

Спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(освітня програма: комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні технології)

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри МПА

\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Кучерук В.Ю.

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Коваль Вероніці Сергіївній

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система оптимального управління обігрівом приміщень

керівник роботи Кулаков Павло Ігорович

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “02” жовтня 2019 року № 254

2. Строк подання студентом роботи 06.12.2019

3. Вихідні дані до роботи ширина діапазону вимірювань температури: 0-70°C;  
кількість вимірювальних каналів – 20; похибка вимірювання температури  
1,5%

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз способів вимірювання витрат тепла на обігрів приміщень. Техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки. Розробка структурної схеми. Розробка функціональної схеми. Розробка електрично принципової схеми. Метрологічні характеристики. Економічні розрахунки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Система оптимального управління обігрівом приміщень. Схеми електрична структурна. Система оптимального управління обігрівом приміщень. Схеми електрична функціональна. Система оптимального управління обігрівом приміщень. Схеми електрична принципова. Система оптимального управління обігрівом приміщень. Зовнішній вигляд. Структурна схема системи опалення.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Кулаков П.І. д.т.н. професор	02.09.19	06.12.19
2,7	к.т.н., доцент Ратушняк О. Г.	05.11.19	06.12.19

7. Дата видачі завдання 02 вересня 2019 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел	02.09.2019 -13.09.2019	
2	Технічне обґрунтування варіанту реалізації системи оптимального управління обігрівом приміщень	13.09.2019-27.09.2019	
3	Розробка електричних структурної, функціональної та принципової схем	27.09.2019-07.10.2019	
4	Метрологічне забезпечення	07.10.2019-18.10.2019	
5	Техніко-економічне обґрунтування розробки	18.10.2019-17.11.2019	
6	Економічні розрахунки розробки	17.11.2019-06.12.2019	

Студент

\_\_\_\_\_ Коваль В.С.  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Кулаков П.І.  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ .....	7
ABSTRACT .....	8
ВСТУП .....	9
<b>1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ТЕПЛА НА ОБІГРІВ ПРИМІЩЕНЬ .....</b>	<b>12</b>
1.1 Загальні відомості про обігрів приміщень .....	12
1.1.1 Класифікація систем опалення .....	13
1.1.2 Характеристика теплоносія в системах опалення .....	15
1.1.3 Основні види систем опалення .....	17
1.2 Аналіз способів визначення витрат спожитого тепла на обігрів приміщень .....	20
1.2.1 Спосіб визначення витрат тепла відповідно до витрати теплоносія ..	20
1.2.2 Спосіб виміру й обліку індивідуального споживаного тепла в системах централізованого теплопостачання .....	24
1.3 Встановлення розподільників тепла .....	24
1.3.1 Організація поквартирного обліку за допомогою розподільників тепла і загальнобудинкового лічильника .....	27
1.4 Аналіз методів вимірювання температури .....	28
1.4.1 Термометри розширення .....	29
1.4.2 Манометричні термометри .....	31
1.4.3 Термоелектричні термометри .....	32
1.5 Класифікація температурних датчиків .....	33
1.5.1 Терморезистивні датчики .....	34
1.5.2 Термопара .....	35
1.5.3 Напівпровідникові термодатчики .....	36
1.5.4 Термометри .....	37
1.6 Висновки до розділу .....	38

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ .....	39
2.1 Суть технічної проблеми, що виникла на сучасному етапі .....	39
2.2 Розробка технічних вимог та надійності .....	41
2.4 Вибір та обґрунтування аналогу.....	47
2.5 Висновки до розділу .....	51
3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБІГРІВОМ ПРИМІЩЕНЬ .....	51
3.1 Висновки до розділу .....	54
4 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБІГРІВОМ ПРИМІЩЕНЬ.....	54
4.1 Висновки до розділу .....	57
5 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБІГРІВОМ ПРИМІЩЕНЬ.....	58
5.1 Вибір мікроконтролера.....	59
5.2 Вибір інтерфейсу для обміну даними .....	60
5.3 Вибір датчика температури.....	62
5.3.1 Кодування вихідного сигналу.....	63
5.4 Вибір електромагнітного реле .....	65
5.5 Вибір оптопари.....	66
5.6 Висновки до розділу .....	67
6 МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБІГРІВОМ ПРИМІЩЕНЬ .....	69
6.1 Метрологічні характеристики каналу для вимірювання температури..	69
6.1.1 Рівняння перетворення .....	69
6.1.2 Статичні характеристики каналу для вимірювання температури .....	72
6.2 Розрахунок похибки вимірювання .....	77
6.3 Висновки до розділу .....	79
7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	79
7.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки .....	80
7.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	83

7.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	91
7.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності...	92
7.5 Висновки до розділу .....	95
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97
ДОДАТКИ.....	100
Додаток А (обов'язковий). Система оптимального управління обігрівом приміщень. Технічне завдання .....	101
Додаток Б (обов'язковий). Система оптимального управління обігрівом приміщень. Схема електрична структурна.....	104
Додаток В (обов'язковий). Система оптимального управління обігрівом приміщень. Схема електрична функціональна .....	105
Додаток Г (обов'язковий). Система оптимального управління обігрівом приміщень. Схема електрична принципова .....	106
Додаток Д (обов'язковий). Система оптимального управління обігрівом приміщень. Перелік елементів.....	107
Додаток Е (обов'язковий). Система оптимального управління обігрівом приміщень. Зовнішній вигляд.....	109
Додаток Ж (обов'язковий). Структурна схема системи опалення .....	110

## РЕФЕРАТ

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблено систему оптимального управління для обігріву приміщень. Система має загальне призначення вимірювання та контролю витрат тепла на обігрів невеликих офісних приміщень.

При виконанні кваліфікаційної роботи було проаналізовано способи вимірювання витрат тепла на обігрів приміщень, методи вимірювання температури та технічні параметри системи, що проектується. В даній роботі було проведено огляд декількох варіантів реалізації структурної схеми та обрано найоптимальніший варіант, на основі якого було розроблено функціональну та електричну принципову схему системи управління. Проведено розрахунок метрологічних характеристик.

Окрім того, виконано техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки системи оптимально управління обігрівом приміщень та проведено розрахунки витрат на впровадження нового виробу.

## ABSTRACT

In the master's qualification work the system of optimum control for heating of premises is developed. The system has the general purpose of measuring and controlling the cost of heat for heating small office space.

In carrying out the qualification work, the methods of measuring the cost of heat for space heating, methods of temperature measurement and technical parameters of the projected system were analyzed. In this paper an overview of several variants of structural scheme implementation was carried out and the most optimal variant was selected, on the basis of which functional and electrical schematic diagram of the control system was developed. The metrological characteristics were calculated.

In addition, the feasibility study of the feasibility of developing a system of optimal control of space heating and the cost estimates for the implementation of the new product.



## ВСТУП

В Україні дуже гостро і актуально стоїть питання економії витрат тепла внаслідок високої вартості енергоносіїв. У період опалювального сезону, коли температура повітря сягає близько від  $-2^{\circ}\text{C}$  до  $+8^{\circ}\text{C}$ , теплостачальні підприємства не мають технічної можливості регулювати подачу тепла відповідно до потреб споживача. Для більшості міст України цей період становить 50–60% загальної тривалості опалювального сезону, тому приміщення перегріваються. У зимку коли на вулиці температура досягає  $-10^{\circ}\text{C}$  та більше приміщення навпаки, стають доволі холодні і тоді ми вмикаємо додаткові електроприлади, щоб встановити температуру комфортну для перебування, в результаті ми маємо шалені рахунки за теплоенергію.[1]

**Актуальність магістерської кваліфікаційної роботи** полягає в наступному. У нічний час, якщо це офісне приміщення, підтримку температури повітря, можна знизити до умов санітарного-мінімуму, також це актуально, для житлових приміщень, коли у домі довгий час немає мешканців. Опалення житлових та комерційних приміщень досягає 72% енергетичних затрат, тому розробити систему оптимального управління обігрівом приміщень є актуальним рішенням в наш час.

**Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи** є розробка системи оптимізації оптимального управління приміщень.

**Об'єктом дослідження** в магістерській кваліфікаційній роботі є процес управління опалювальною системою.

**Предметом дослідження** є система оптимального управління обігрівом приміщень.

Відповідно до вказаної мети необхідно розв'язати **основні задачі**:

- провести аналіз існуючих систем управління обігрівом приміщень;

- на основі аналізу систем управління обігрівом приміщень розробити структурні схеми для подальшого реалізування системи управління та вибрати найбільш оптимальний варіант;

- за запропонованою ідеальною структурною схемою розробити функціональну та електричну принципову схеми системи оптимального управління обігрівом приміщень;

- оцінити похибку вимірювання системи оптимального управління;

- провести техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки системи управління;

- провести економічні розрахунки даної розробки.

Для розв'язання поставлених задач та аналізу прийнятих схемотехнічних рішень використані такі **методи дослідження**: теорії схемотехніки для розробки електричних принципової, функціональної та структурних схем системи оптимального управління, теорії ймовірностей для знаходження похибки вимірювання, теоретичне дослідження способів вимірювання витрат тепла здійснювалося за допомогою критерію та показників економічної ефективності.

**Практичне значення** в системі оптимального управління обігрівом приміщень застосовано сучасний вимірювальний перетворювач температури, що генерує послідовність прямокутних імпульсів з фіксованою напругою, а довжина імпульсів прямо пропорційна значенню вимірювальної температури. Що в свою чергу значно збільшує завадостійкість, передачі результатів вимірювання на певну відстань.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому, що вперше розроблена система оптимального управління обігрівом приміщень з централізованим автоматичним дистанційним управлінням кожним окремим нагрівальним приладом з зворотнім зв'язком за температурою у приміщенні.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.** Основні положення роботи та її результати доповідались, обговорювались та були схвалені на таких науково-технічних конференціях: XLVII Науково-

технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (м.Вінниця, 2018 р.); 5-а Міжнародна наукова конференція “Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах” (Вінниця, 2019 р.).

**Публікації.** Основний зміст роботи було опубліковано в тезах доповіді конференцій та видано патент України на корисну модель №131737.

# 1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ТЕПЛА НА ОБІГРІВ ПРИМІЩЕНЬ

## 1.1 Загальні відомості про обігрів приміщень

Опалення – це штучний процес обігріву приміщень, за допомогою, спеціально розробленої системи або установки, для забезпечення в них оптимальної температури для перебування чи проживання людей, чи для забезпечення потреб технологічних процесів, що проходять в виробничих приміщеннях.[2]

Для створення та підтримки в приміщеннях комфортної температури необхідні ідеально надійні опалювальні установки. Чим жорсткішими є умови навколишнього середовища, тим більш потужними та гнучкими повинні бути установки.

Опалювальні установки – мають призначення подачі тепла в приміщення в кількості рівній тепловтратам. Відповідно, при зниженні температури повітря на вулиці, а також при підвищенні швидкості вітру, кількість тепла, що подається в приміщення повинна збільшуватися, і навпаки, при підвищенні температури повітря навколишнього середовища, зменшувати подачу тепла. Отже, тепло подача в приміщення, повинна постійно регулюватися, тому опалювальні установки, повинні бути надійними в використанні та мати достатню теплову потужність.

Система опалення – це сукупність з'єднаних між собою конструктивних елементів, що призначені для отримання, передачі і перенесення тепла в приміщення, що обігрівається.[2]

Основні конструктивні елементи системи опалення (рис.1.1):

1. теплообмінник – елемент для отримання тепла;
2. теплопровід – елемент для переносу тепла від теплогерела до опалювальних приладів;
3. опалювальні прилади – елемент для теплопередачі в приміщення.

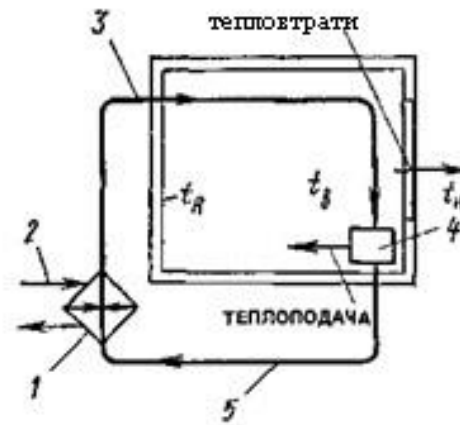


Рисунок 1.1 – Принципова схема системи опалення

Де на рис.1 зображено: 1– теплообмінник, 2 - підведення первинного теплоносія, 3 – теплопровід, 4 – опалювальний пристрій, 5 – зворотній теплопровід.

Перед системами опалення постають різноманітні вимоги, які можна розділити на наступні групи:

- санітарно-гігієнічні: підтримка комфортної для перебування температури повітря;
- економічні: економічні витрати теплової енергії при використанні;
- архітектурно-будівельні: відповідність інтер'єру помешкання;
- виробничо-монтажні: скорочення трудових витрат і ручної праці при монтажу;
- експлуатаційні: ефективність дій на протязі всього періоду роботи.[2]

### 1.1.1 Класифікація систем опалення

За розташуванням основних елементів системи опалення поділяють на дві групи: місцеві та центральні.

Системи в яких теплообмінник, теплопроводи та опалювані пристрої об'єднані в єдину конструкцію називають місцевими Місцеві системи опалення використовують для обігріву одного приміщення, приклад може слугувати опалювальна піч (рис. 1.2).[3]

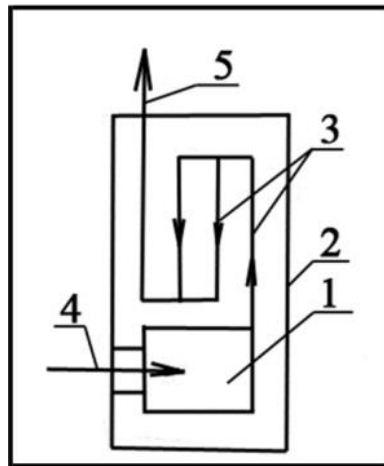


Рисунок 1.2 – Принципова схема опалювальної печі

Де на рис. 1.2 позначено: 1 – топка; 2 – стінки; 3 – канали; 4 – підведення палива; 5 – відведення продуктів згорання палива.

В місцевій системі опалення теплопередача може здійснюватися за допомогою рідкого чи газоподібного теплоносія, або ж за допомогою лише твердого середовища.

Для опалення декількох приміщення із одного теплового центру використовують центральні системи опалення. В котельнях або в місцевому тепловому пункті розміщуються теплообмінники або теплогенератори.

Будівлі з власною котельнею, являються яскравим прикладом центральної системи, принципова схема якої не буде відрізнятись від рис.1.1, тільки за умови, якщо опалювальні прилади розміщені в усіх приміщеннях будівлі.

Системи водяного, повітряного та парового опалення відносяться до центральних систем.[3]

В сучасних системах опалення та теплопостачання використовуються наступні теплоносії: первинний (високотемпературний) теплоносій та вторинний теплоносій (рис.1.3).

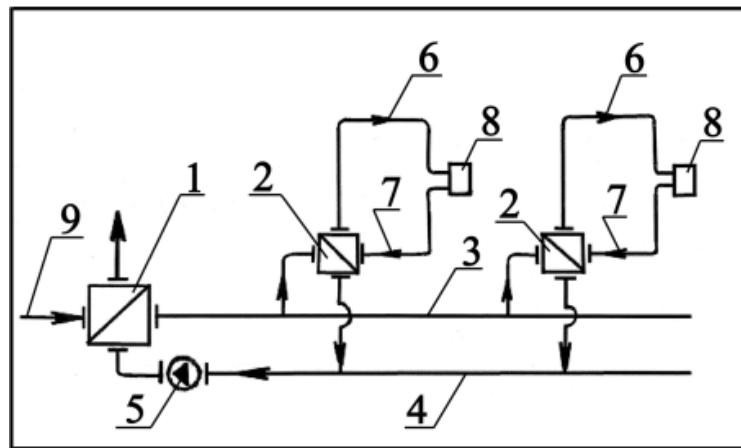


Рисунок 1.3 – Принципова схема системи теплопостачання та опалення

Де на рис.1.3 зображено: 1 – центральний теплообмінник; 2 – місцевий теплообмінник; 3 – теплопровід; 4 – зворотній теплопровід; 5 – циркуляційний насос; 6 – теплопровід; 7 – зворотній теплопровід; 8 – опалювальний прилад; 9 – підведення палива.

### 1.1.2 Характеристика теплоносія в системах опалення

Перенесення необхідної кількості тепла, здійснюється безпосередньо за допомогою рідкого або газоподібного робочого середовища, що називається теплоносієм. Теплоносієм може слугувати вода, повітря, газ чи пара, як правило, має бути не дорогим та рухомим . Крім того, щоб забезпечити вдале функціонування системи, теплоносій має мати: високу теплопровідність, низьку температуру замерзання, високу теплоємність, стабільність в процесі використання, здатність не утворювати накип.

Для того, щоб теплоносій вдало виконував свою роботу він повинен працювати лише в певному температурному діапазоні, аби не призвести до погіршення його характеристик.

Вода – досить доступний та найдешевший теплоносій, не становить екологічної загрози в разі витoku з системи опалення. Володіє високою теплоємність, густиною, проте вода утворює накип, призводить до корозії,

розширюється при замерзанні, що може призвести до розриву опалювальної труби.

Водяна пара – володіє низькою густиною та високою рухомістю. Температура і щільність пару залежать від тиску, тому збільшуються при його підвищенні. При фазовому перетворенні, пар значно змінює свій об'єм та ентальпію. Пар має нетоксичні властивості, використовується в діапазоні температур 100-200°C.[3]

Повітря – має низьку теплоємність і малу густина, температура гарячого повітря зменшується внаслідок тепловіддачі через стінки каналів, а також при контакті з температурою повітря в приміщенні, що обігрівається.

В таблиці 1.1, наведено порівняльну характеристику параметрів теплоносіїв.

Таблиця 1.1 – Порівняння основних теплоносіїв для опалення

Параметри	Теплоносій		
	Вода	Пара	Повітря
Температура, °C	150-70=80	130	60-15=45
Густина, кг/м <sup>3</sup>	917	1,5	1,03
Питома масова теплоємність, кДж/(кг·К)	4,31 (1,03)	2175 (520)	1,0 (0,24)
Кількість теплоти, для опалення в 1м <sup>3</sup> , кДж (ккал)	36 370 (75 560)	3 263 (780)	46,4 (11,1)
Швидкість руху, м/с	1,5	80	15
Відношення площі поперечного перерізу теплопроводів	1	1,8	680

В Україні в багатоповерхових будинках використовується вода, як теплоносій. Водяна система опалення, завдяки циркуляції теплоносія



дозволяє обігріти кожне приміщення, незалежно від того, на якому поверсі воно знаходиться.

### 1.1.3 Основні види систем опалення

З кожним роком технології модернізуються, опалювальних систем стає все більше. За видом теплоносія опалювальні системи класифікуються на: водяні, парові, повітряні, пічні, радіаційні та електричні.[3] Наведемо загальну характеристику цих систем:

1. При водяному опаленні циркулююча нагріта вода зменшує свою температуру в опалювальних приладах, і з метою наступного нагрівання повертається в тепловий пункт.

Системи водяного опалення, безпосередньо, розділяються на гравітаційні системи та з механічним спонуканням циркуляції води за допомогою насосів. В гравітаційній системі (рисунок 1.4) присутня властивість води змінювати свою густину при різних температурах.

В насосній системі створюється вимушений рух води завдяки використанню насосу, що в свою чергу викликає циркуляцію.

2. При паровому опаленні насичений пар конденсується на стінках опалювальних приладів, в приміщення через стінки передається тепло, конденсат виділившись з приладів зворотно повертається в котли.

Системи парового опалення за способом повернення конденсату розділяють на замкнуті (з самопливним поверненням конденсату) та розімкнуті (з примусовим повернення конденсату за допомогою насосу).

В замкнутій системі конденсат із опалювальних приладів безперервно надходить в паровий котел під дією різниці тисків і тиску пари в котлі (рисунок 1.5 (а)).

В розімкнутій системі конденсат із опалювальних приладів самоплинно надходить в конденсатний бак і накопичуючись періодично подається в котел за допомогою конденсатного насосу (рисунок 1.5 (б))

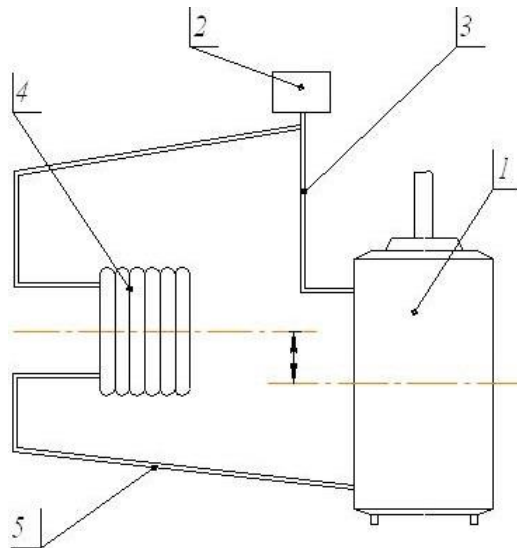


Рисунок 1.4 – Принципова схема гравітаційної системи опалення

Де на рисунку 1.4, зображено: 1 – котел, 2 – розширювальний бак, 3 – труба, 4 – радіатор, 5 – зворотня труба.

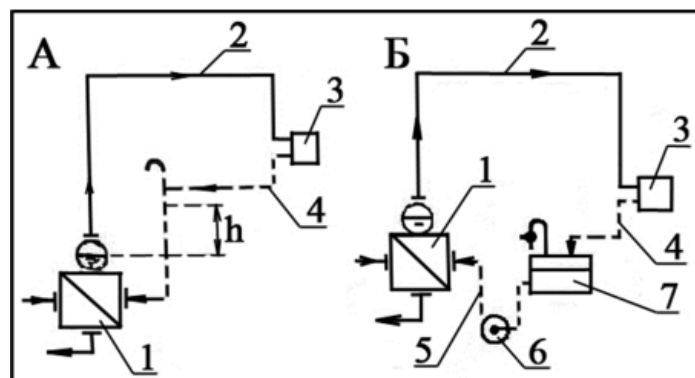


Рисунок 1.5 – Принципова схема парового опалення замкнутої (а); розімкнутої (б);

Де на рисунку 1.5, зображено: 1 – паровий котел з парозбірником; 2 – паропровід; 3 – опалювальний прилад; 4 – самопливний конденсатопровід; 5 – напірний конденсатопровід; 6 – конденсаторний насос; 7 – конденсаторний бак.

3. При повітряному опаленні повітря, нагріте до температури більш високої, ніж температура повітря в приміщеннях, віддає надлишок тепла і, охолодити, повертається для повторного нагрівання

В місцевій системі опалення повітря нагрівається в опалювальному пристрої з калорифером, яке знаходиться в приміщенні, що обігрівається. Принципову схему місцевої системи опалення зображено на рисунку 1.6 де: 1 – опалювальний пристрій, 2 – робоча зона.

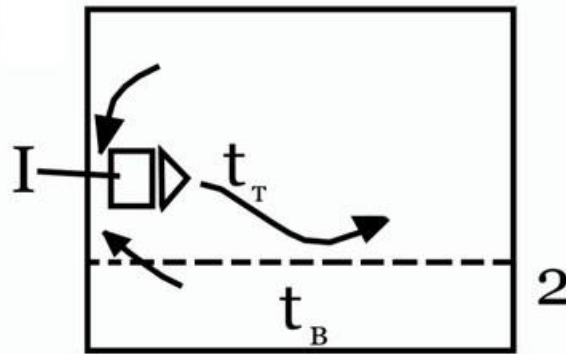


Рисунок 1.6 – Принципова схема місцевої системи опалення

В центральній системі калорифер розміщується в тепловому центрі і подається в приміщення через розподільники повітря.

Принципову схему центральної системи опалення зображено на рисунку 1.7, де: 1 - теплообмінник, 2 - канал з нагрітим повітрям і розподільником повітря на кінці, 3 - канал системи витяжної вентиляції, 4 - вентилятор.

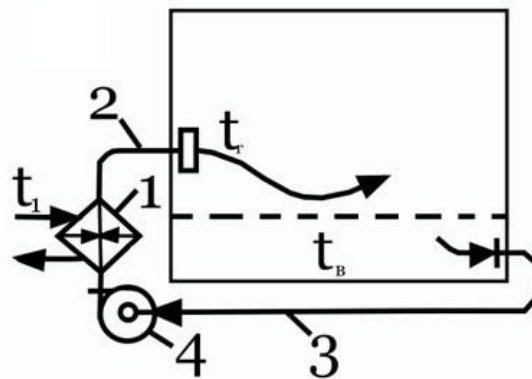


Рисунок 1.7 – Принципова схема центральної системи опалення

## 1.2 Аналіз способів визначення витрат спожитого тепла на обігрів приміщень

### 1.2.1 Спосіб визначення витрат тепла відповідно до витрати теплоносія

Якщо в будинку не встановлено засіб обліку теплової енергії тоді розрахунок проводиться за нормами витрат тепла. Нормою витрат тепла, називають, показник витрат на опалення  $1\text{ м}^2$  загальної площі приміщення.[4]

Кількість спожитої теплової енергії, для даного способу, знаходить за формулою:

$$Q_i = k \cdot S_i, \quad (1.1)$$

де  $Q_i$  - кількість спожитого тепла;  $k$  - норма споживання тепла на обігрів  $1\text{ м}^2$ ;  $S_i$  - площа приміщення;

Підрахувавши витрати тепла за попередні роки, можна встановити норми споживання теплової енергії на обігрів  $1\text{ м}^2$  .

Для того, щоб встановити потреби на опалення за календарний рік потрібно розрахувати тривалість опалювального періоду, години роботи системи опалення і , також, зовнішню температуру повітря в опалювальний період.

Даний спосіб не враховує теплотехнічні фактори будівель, які значно впливають на витрати енергії приміщення, також призводить до відмінностей між фактичним споживанням тепла та встановленою нормою. В більшості випадків, завищується дійсна потреба використання кількості тепла, тому даний метод не підходить для впровадження енергозберігаючих технологій.

В Україні на даний момент, набуло популярності, оснащувати будинки окремим засобом обліку, налічується близько 150 тисяч багатоповерхових будинків, що мають централізоване теплопостачання. У Вінниці, станом на 2015 рік, близько 900 будинків оснащено приладами обліку теплової енергії, що дозволяє економити до 30% коштів на опалення.[4]

У тому випадку, коли в будинках встановлено засіб обліку теплової енергії, кожен мешканець оплачує послуги за спожите тепло за їх індивідуальними показниками ( враховуючи площу квартири). Тоді, кількість спожитого тепла знаходиться наступним чином:

$$Q_i = Q_{\text{буд}} \cdot \frac{S_i}{S}, \quad (1.2)$$

де  $Q_{\text{буд}}$  - кількість тепла, що нараховує будинковий тепло лічильник,  $S_i$  - площа приміщення, індивідуального споживача,  $S$  – загальна площа будинку.

Даний спосіб, є більш вірним щодо використання тепла усім будинком, проте, так не можна стверджувати щодо окремих споживачів, оскільки, не враховані індивідуальні теплотехнічні характеристики кожної квартири та її опалювальних приладів.

Спосіб визначення витрат тепла відносно до витрат теплоносія, працює наступним чином, в системі опалення вимірюється інтегральна кількість тепла, що була віддана приміщенням чи опалювальним обладнанням за даний період часу:

$$\Delta t = t_2 - t_1, \quad (1.3)$$

де  $t_1$  - момент часу початку вимірювання,  $t_2$  – момент часу закінчення вимірювання.

Розглянемо аналітичний вираз для визначення кількості тепла:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} q(t) dt, \quad (1.4)$$

де  $q(t)$  – кількість тепла за одиницю часу [Вт], [Дж/с].

$$q(t) = m(t) \cdot h(t), \quad (1.5)$$

де  $m(t)$  - маса теплоносія для обігрівання приміщення, [кг];  $h(t)$  - питома ентальпія теплоносія, [Дж/кг].

Вираз набуває наступного вигляду, коли відбувається повернення вже оходженого теплоносія до тепло виробників:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} m(t) (h_{\text{пр}}(t) - h_{\text{зв}}(t)) dt, \quad (1.6)$$

де  $h_{\text{пр}}(t), h_{\text{зв}}(t)$  – питома ентальпія теплоносія в прямому та зворотному трубопроводах, [Дж/кг].

Розглянемо вираз (1.6) для обчислення кількості тепла у неінтегральній формі:

$$Q_i = m_i (h_{i \text{ пр}} - h_{i \text{ зв}}), \quad (1.7)$$

Для того, щоб виміряти ентальпію, необхідно виразити її через температуру теплоносія та питому теплоємність:

$$Q_i = m_i \cdot c \cdot (T_{i \text{ пр}} - T_{i \text{ зв}}) = m_i \cdot c \cdot \Delta T_i, \quad (1.8)$$

де  $T_{i \text{ пр}}, T_{i \text{ зв}}$  - температура теплоносія в прямому та зворотному теплопроводах;  $\Delta T_i$  - різниця температур.

Густина теплоносія залежить від таких її параметрів, як температура і тиск:

$$Q_i = \rho \cdot V_i \cdot c \cdot \Delta T_i \quad (1.9)$$

У країнах заходу теплову енергію визначають наступним чином:

$$Q_i = V_i \cdot K_T \cdot (T_{i\text{np}} - T_{i\text{зв}}), \quad (1.10)$$

де  $K_T$  – тепловий коефіцієнт, що залежить від властивостей теплоносія, [МДж/(м<sup>3</sup>·°С)].

Для реалізації способу визначення витрат тепла відповідно до витрати теплоносія потрібно вимірювати витрати теплоносія, температуру та тиск теплоносія. Майже всі лічильники працюють на основі цього способу.

Встановлення індивідуальних теплолічильників стимулює споживачів значно економити на витратах теплоенергії. Вартість такого лічильника є доволі високою, близько, 300 доларів, їх встановлення реалізується у будівлях з горизонтальним розведенням обігрівачів.

В Україні, майже всі будинки оснащено вертикальним розведенням теплопостачання, тому поруч з комерційним обліком потрібно застосовувати системи для поквартирного обліку витрат теплоносія. Їх робота полягає у способі визначення витрат тепла відповідно до витрат теплоносія.

Дана система розраховує тепло споживання індивідуально кожного стояка, визначає різницю значень ентальпій по кожному стояку, визначає частку витраченого тепла в межах одного стояка (однієї квартири) та розраховує загальну спожиту кількість тепла.

Недоліком способу визначення витрат тепла відповідно до витрати теплоносія, є залежність теплової енергії від теплофізичних параметрів теплоносія. В більшості випадків теплоносієм виступає вода, яка повинна відповідати певним вимогам, проте це не завжди так. Саме тому теплофізичні параметри є не точними. Забруднення води, в системах опалення виводить з ладу витратоміри, які використовуються в ЗВ. Тому, можна користуватись ультразвуковими витратомірами, проте вони значно дорожчі за механічні.

### 1.2.2 Спосіб виміру й обліку індивідуального споживаного тепла в системах централізованого теплопостачання

В централізованих системах теплопостачання тепло виробляється в котельнях, передається теплоносію, а теплоносій, в свою чергу, потрапивши в трубопроводі передає тепло нагрівальній установці, що встановленні в кожному окремому приміщенні.

Теплоносій, що знаходиться в опалювальних установках, віддавши своє тепло, повертається назад до котельні, де повторно нагрівається і знову повертається в наші помешкання, щоб нагріти їх.

Спосіб виміру й обліку індивідуального споживаного тепла в системах централізованого теплопостачання заснований на вимірі температури повітря, безпосередньо, в середині приміщення. Також, паралельно, вимірюється температура батареї, вимірні показники передаються до комп'ютера за допомогою радіосигналу. Після чого, за допомогою, програмного забезпечення, обраховується кількість теплової енергії, яка була спожита, враховуючи площу опалювальних установок.[5]

Введення нових елементів та зв'язків дає системі певний ряд переваг:

- достовірність вимірювання температури теплоносія;
- незалежність результатів вимірювання спожитого тепла від негативного зовнішнього втручання;
- точність вимірювання витрат.

### 1.3 Встановлення розподільників тепла

Розподільник тепла – прилад, що встановлюється на опалювальних приладах і враховують кількість, що була виділена ними.

Розподільники тепла встановлюються, виключно, для вертикальної системи опалення.[6] Принцип роботи базується на встановленні розподільника тепла, безпосередньо, на опалювальному пристрої.



Вони бувають: випарні (рис.1.8) та електронні (рис.1.9).

Якщо використовується випарний розподільник тепла, то температура радіатора подається на скляну трубку з рідиною і кількість кількості рідини пропорційна кількості спожитого тепла.



Рисунок 1.8 – Випарний розподільник тепла

Якщо використовується електронний розподільник тепла, то температура радіатора подається на сенсор і використання тепла визначається, як різниця температур ( опалювального пристрою і повітря в приміщенні). В тому випадку, коли різниця температур відсутня, реєстрація споживання тепла дорівнює нулю.



Рисунок 1.9 – Електронний розподільник тепла

В електронних розподільниках тепловий потік від опалювального пристрою визначається температурними датчиками, що вбудовані в розподільник. Дані заносяться в реєстри пам'яті і відображаються на дисплеї, попередньо оброблені процесором. В пам'яті розподільника тепла, зберігається інформація про попередні вимірювання. Літєвий елемент живлення забезпечує роботу приладу до 10 років. Дані прилади високоточні, але дорогі. Будь які спроби втручання в роботу пристрою фіксуються в пам'яті, із точною датою і часом втручання. Також є розподільники тепла з радіомодулем, який дає змогу зчитувати покази в зручний час, дистанційно.

Переваги електронного розподільника тепла:

- точність вимірювання;
- стандартизований радіо інтерфейс;
- розпізнавання чужих джерел тепла;
- змога встановлювати перерви на літній період;
- більше десяти років надійної роботи.[7]

Лічильник тепла на батарею, це інша назва розподільника тепла. Дані прилади призначені для організації обліку тепла. Розподільники тепла широко використовуються закордоном, в таких країнах, як Чехія, Польща, Литва, Латвія, Німеччина. Проте в нашій країні вони не набули поширення, оскільки відсутні методики розрахунку, що призводить до складності організації обліку.

Для організації поквартирного обліку спожитого тепла існує декілька способів:

- встановлення квартирних лічильників тепла в кожній квартирі;
- встановлення розподільника тепла на опалювальних пристроях в кожному приміщенні.

### 1.3.1 Організація поквартирного обліку за допомогою розподільників тепла і загальнобудинкового лічильника

Розподільник тепла вимірює не кількість спожитого тепла, а частку споживання, від загального споживання будинку, на відміну від теплотлічильників. Покази всіх розподільників будинку сумуються і обчислюється вагова частка.

Нариклад, на розподільнику, на батареї набігло 5, сума всіх показань розподільників по будинку 1000, а загальнобудинковий лічильник нарахував 350 ГКал. Тоді  $350 \text{ГКал} / 1000 = 0,35$ . Тобто ціна ділення розподільника  $0,35 \text{ГКал}$ . Тоді, витрат тепла на батареї:  $5 \times 0,35 = 1,75 \text{ГКал}$ .

Головною перевагою даного способу, є відсутність в потребі втручання в систему опалення.

Для того, щоб встановити лічильник потрібно визначити тип розведення труб теплопостачання. Розглянемо всі можливі типи розведення труб у багатоповерхових приміщеннях:

- однотрубна схема з вертикальною розводкою, в даній схемі встановлюється лічильник на стояк і датчик температури на кожен опалювальний пристрій. Така схема роботи потребує відповідний тепло лічильник (рис.1.10(а) );

- двотрубна схема з вертикальною розводкою, в даній схемі встановлюється лічильник та датчик температури на кожен опалювальний пристрій, щоб отримати загальний результат потрібно підсумувати всі показники (рис.1.10(б) );

- однотрубна схема з горизонтальною розводкою, в даній схемі вистачає одного лічильника на кожного споживача (рис 1.10(в) );.[8]

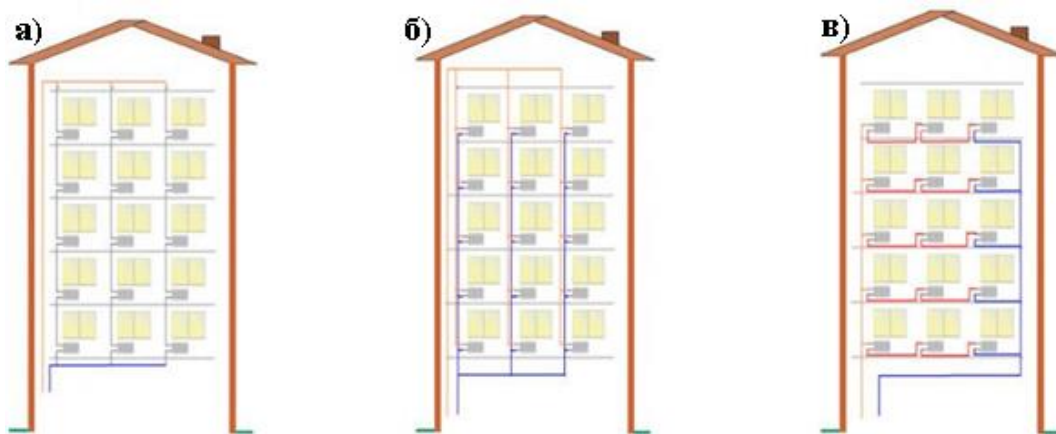


Рисунок 1.10 - Типи розведення труб у багатоповерхових приміщеннях

У першому та другому варіанті встановлюється загальнобудинковий лічильник, якщо у приміщенні тип розведення труб відповідає третьому варіанту то встановлюється квартирний лічильник і цей варіант є найбільш вигідний для користувача

#### 1.4 Аналіз методів вимірювання температури

Методі вимірювання температури існує доволі багато, адже контроль температури складає близько 50% всіх фізичних величин. В таблиці 1.2 наведено методи для вимірювання температури.

Таблиця 1.2 – Методи вимірювання температури

Термометрична властивість	Найменування пристрою	Межі тривалого застосування, °C	
		Нижній	Верхній
Теплове розширення	Рідинні скляні термометри	-190	600
Зміна тиску	Манометричні термометри	-160	60
Зміна електричного опору	Електричні термометри опору.	-200	500

	Напівпровідникові термометри опору	-90	180
Термоелектричні ефекти	Термоелектричні термометри (термопари) стандартизовані.	-50	1600
	Термоелектричні термометри (термопари) спеціальні	1300	2500
Теплове випромінювання	Оптичні пірометри.	700	6000
	Радіаційні пірометри.	20	3000
	Фотоелектричні пірометри.	600	4000
	Колірні пірометри	1400	2800

#### 1.4.1 Термометри розширення

Найстаріші прилади вимірювання температури – рідинні скляні термометри. Дія термометрів базується на розходженні коефіцієнтів теплового розширення термометричної речовини й оболонки, у якій вона знаходиться. На рисунку 1.11 зображено рідинні термометри:

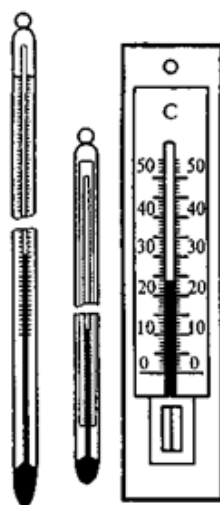


Рисунок 1.11 – Рідинні термометри

В рідинних термометрах найчастіше використовують ртуть, її перевага в тому, що вона залишається рідкою при різних температурах.

Також, окрім, ртуті в рідинних термометрах використовують етиловий спирт, гас тощо.

Скляні рідинні термометри є простими і використанні і мають високу точність вимірювань. Проте, вони мають погану видимість шкали і не мають можливості автоматично записувати та передавати показники.

Рідинні термометри бувають різних різновидів:

1. технічні ртутні, які в свою чергу поділяються на прямі і кутові;
2. лабораторні ртутні;
3. рідинні не ртутні термометри;
4. електроконтактні ртутні термометри ;
5. спеціальні термометри ( медичні і ін..)

У деяких термометрів лабораторних та інших можуть виникати систематичні похибки, це обумовлено не зануреним стовпчиком термометра. Похибка вимірювання виникне в тому разі, коли капілярна трубка занурена у вимірювальне середовище не повністю, адже температура не зануреної частини капілярної трубки буде відмінною від температури повітря. Для того, аби внести виправлення в показання термометра, можна застосувати рівняння:

$$\Delta t = \gamma(t - t_{e.c.})n \quad , \quad (1.11)$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт видимого об'ємного теплового розширення термометричної рідини в склі  $град^{-1}$ ;

$t$  – температура зовнішнього середовища  $^{\circ}C$ ;

$t_{e.c.}$  – температура не зануреного стовпчика термометра  $^{\circ}C$ ;

$n$  – кількість градусів у не зануреному стовпчику.

Навіть у термометрах, котрі призначенні для неповного занурення виникає систематична похибка, у тому випадку коли температура повітря і температура не зануреного стовпчика термометра відрізняються від його температури при градуюванні. Для того, аби внести виправлення в показання термометра, можна застосувати рівняння:

$$\Delta t = \gamma(t' - t'')n, \quad (1.12)$$

де  $t'$  – температура не зануреного стовпчика при градуюванні  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t''$  – середня температура не зануреного стовпчика  $^{\circ}\text{C}$ .

Дані виправлення в термометрах з органічними рідинами мають на порядок вищий коефіцієнт  $\gamma$ , чим у ртутних.

#### 1.4.2 Манометричні термометри

У манометричних термометрах тиск речовини залежить від температури.

На рисунку 1.12 зображено манометричний термометр, його деталі термобалон та капіляр виготовлені з металу.[9]

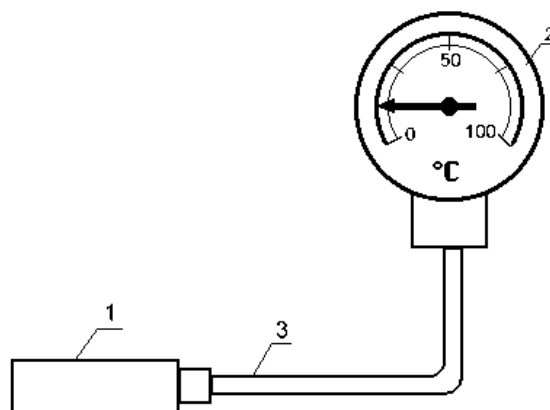


Рисунок 1.12 – Манометричний термометр (1 – термобалон, 2 – манометр, 3 – капіляр)

Принцип роботи манометричного термометра полягає в наступному: тиск у системі змінюється, коли змінюється температура вимірюваного середовища, після чого стрілка переміщується по шкалі манометра, котра відградується в градусах температури. Найчастіше манометричні термометри використовують в системах автоматичного регулювання температури, в якості датчиків.

Манометричні термометри можна розділити наступним чином:

1. рідинні, повністю заповнені рідиною;
2. конденсаційні, частково заповнені рідиною, частково насиченим паром;
3. газові, повністю заповнені інертним газом.

Манометричні термометри є простими в використанні, вони мають можливість дистанційно вимірювати температуру та автоматично записувати показники, що є їх принциповою перевагою. Проте, вони володіють відносно невисокою точністю, мають малу відстань дистанційної передачі показників, також викликають труднощі в ремонті та розгерметизації.

Найчастіше манометричні термометри зустрічаються в промисловій теплоенергетиці, та дуже рідко на теплових електричних станціях.

Перевірка показників манометричних термометрів ідентична з скляними рідинними термометрами.

#### 1.4.3 Термоелектричні термометри

Термоелектричний термометр – вимірювальний перетворювач, дія якого заснована на властивості металів створювати термоерс, що залежить



від температури спаю двох різнорідних термоелектронів, чим в свою чергу, утворюють термопару.[9]

Даний тип пристроїв працює в широкому діапазоні температур (-200...+2500 °С), характеризує високу надійність, точність, найбільш широке застосування здобули в металургії, також, застосовують в системах автоматичного контролю.

На рисунку 1.13 зображена конструкція термоелектричного термометра. Де, 1 – захисний чохол, 2 – нерухомий штуцер, 3 – голівка, 4 – контактний пристрій, 5 – затискачі.

Термоелектричні термометри бувають такі, що занурюються та поверхневі.

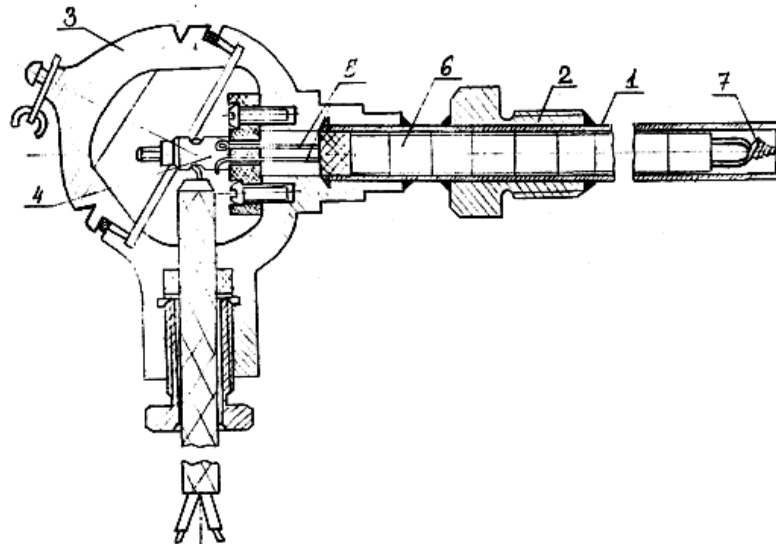


Рисунок 1.13 – Термоелектричний термометр

Також, термоелектричні термометри бувають: одинарні , які містять лише один чутливий елемент та подвійні із двома чутливими елементами.

## 1.5 Класифікація температурних датчиків

Існує безліч температурних датчиків – терморезистивні сенсори, термопари, напівпровідникові термометри. Вони відрізняються між собою основними характеристиками (точністю, швидкодією, діапазоном вимірювання температур), мають ряд переваг та недоліків.

### 1.5.1 Терморезистивні датчики

Дія таких датчиків заснована на тому, що електричний опір матеріалів залежить від температури. [10] При збільшенні температури - збільшується опір. Основним елементом датчиків є терморезистор. Терморезистор - це термочутливий резистор, опір якого залежить від температури. Виробляють датчики з металу (частіше платина, так як вона має довготривалу стабільність, міцність), кремнію, оксидних з'єднань металу (рис. 1.14).

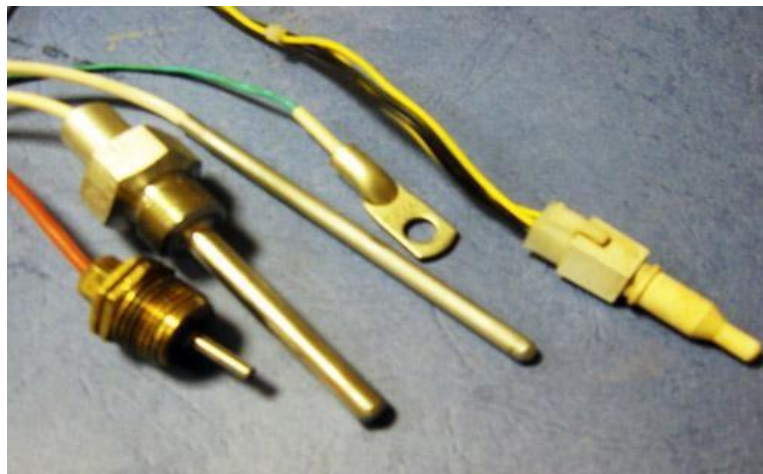


Рисунок 1.14 – Терморезистивні датчики температури

Датчики такого типу мають свої переваги та недоліки.[10,11]

Переваги:

- висока точність ( може досягати тисячних  $^{\circ}\text{C}$ );
- простота;
- характеристика наближена до лінійного типу.

Недоліки:

- в порівнянні з термодатчиками, які існують в наш час, низький діапазон вимірювання температур;

– вартість (особливо відрізняються датчики, які мають платиновий корпус).

В наш час промисловістю випускаються мільйони різноманітних терморезистивних датчиків.[12] Зустрічаються в установках і апаратах, системах управління космічними кораблями, автомобільними двигунами, повітряними кондиціонерами і пристроями захисту від перегріву для простих електродвигунів. Застосовуються в медицині для вимірювання температури тіла, в метеорології для прогнозування погоди.

### 1.5.2 Термопара

Термоелектричний термометр (термопара) являє собою два провідники виготовлених з різнорідних матеріалів, місця з'єднання яких знаходяться при різних температурах (рис. 1.15)[13]. Засновується на ефекті Зеєбека: у замкнутому контурі, що складається з різнорідних провідників, виникає термо-ЕРС, якщо місця контактів підтримуються при різних температурах. Величина термо-ЕРС залежить тільки від внутрішніх властивостей і температур їх гарячого і холодного спаїв [14]. Поширені такі пари провідників, як платинородій - платина, залізо – мідь, нікель, мідь – мідь, нікель, хромель - алюміній.



Рисунок 1.15 – Термопара

Як і в інших датчиках, термопари мають свої переваги та недоліки. [11]

Переваги:

- висока точність температурного вимірювання (до  $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- великий діапазон вимірювання температур (від  $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+2500\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- низька вартість датчика;
- надійність;
- простота виготовлення.

Недоліки:

- отримання великої точності (до  $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) зумовлює використання індивідуального градуювання термопари;
- вплив температури вільних кінців на результат;
- залежність коефіцієнта термо-ЕРС від температури нелінійна.

На сьогоднішній момент термопари використовуються в системах контролю і управління, в металургії.

### 1.5.3 Напівпровідникові термодатчики

Засновані на зміні характеристик р-п переходу під впливом температури.[10] Зниження напруги на переході при протіканні струму в прямому напрямку змінюється на  $\approx 2\text{ мВ}$  зі зміною температури на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Дана залежність дозволяє організувати вимірювання температури в діапазоні приблизно від  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В якості датчиків зазвичай використовують діоди або транзистори, ввімкнені за схемою діода (рис. 1.16).

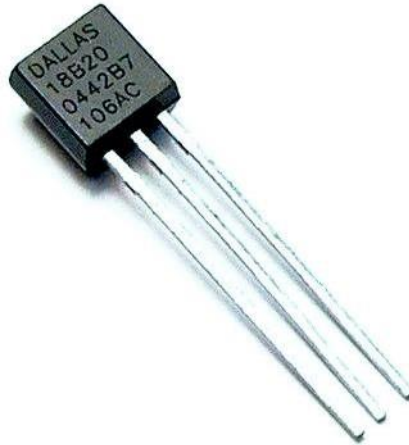


Рисунок 1.16 – Напівпровідниковий термодатчик

Переваги:

- досить велика точність, проте менша, ніж у термопар;
- простота створення;
- міцність;
- можливість визначення абсолютного значення температури.

Недоліки:

- невеликий діапазон температурних вимірювань;
- температурні характеристики (їх лінійність) залежить від матеріалу датчика.

#### 1.5.4 Термометри

Для вимірювання температури в термометрах використовується двошаровий пластина або пружина з двох різних металів (рис. 1.17). Коефіцієнт температурного розширення у матеріалів відрізняється, завдяки чому під дією температури біметал згинається. До біметалічної гвинтової пружини прикріплюється стрілка, яка під дією деформації пружини показує поточну температуру на градуйованій шкалі. Такі термометри є найпростішими приладами для вимірювання температури. [10]



Рисунок 1.17 – Термометри

Переваги:

- застосування для вимірювання температур в будь-якому середовищі;
- різноманітні діапазони температурних вимірювань (не великі).

Недоліки:

- значні витрати часу на отримання результатів температури.

## 1.6 Висновки до розділу

Отже, в даному розділі було проведено аналіз способів вимірювання витрат тепла на обігрів приміщень. Користувачі можуть оптимізувати витрати на спожите тепло за допомогою сучасних індивідуальних пунктів, що в свою чергу дозволяє задавати бажану температуру в окремій кімнаті. Також мешканці будинків можуть використовувати розподільники тепла, які дозволяють кожному мешканцю сплачувати рахунки за дійсно спожите тепло. Спосіб виміру й обліку індивідуального споживаного тепла в системах централізованого теплопостачання дозволяє збільшити незалежність

результатів вимірювання витрат тепла від негативного зовнішнього втручання, а також точність вимірювання витрат системи опалення.

Також були приведені найбільш розповсюджені методи для вимірювання температури і практичні межі їхнього застосування.

Було розглянуто температурні датчики, адже в промисловому виробництві вимірюється безліч різноманітних фізичних величин. З них контроль температури складає майже 50%, що доводить необхідність даних вимірювань. Було з'ясовано, що терморезистивні датчики, термопара та напівпровідникові термодатчики мають високу точність вимірювань, що доводить ефективність їх використання в різних сферах діяльності, а також в системах опалення.

## **2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ**

### **2.1 Суть технічної проблеми, що виникла на сучасному етапі**

У кожному приміщенні де знаходяться люди, наявні прилади, що дають тепло. Це можуть бути батареї, електричні батареї, каміни, тепловентелятори та ін.

В Україні дуже гостро і актуально стоїть питання економії витрат тепла внаслідок високої вартості енергоносіїв. В структурі витрат житлово-комунального господарства витрати енергоресурсів на теплове постачання займають перше місце. На рисунку 2.1 зображено діаграму поділу енергетичних ресурсів, з якої видно, що опалення займає 72% енергетичних затрат.[15]



Рисунок 2.1 – Діаграма поділу енергетичних затрат у житловому секторі

У період опалювального сезону за температури зовнішнього повітря приблизно від  $-2^{\circ}\text{C}$  до  $+8^{\circ}\text{C}$ , теплостачальні підприємства не мають технічної можливості регулювати (зменшувати) подачу тепла. Для більшості міст України цей період становить 50–60% загальної тривалості опалювального сезону. Тому приміщення перегріваються, у зимку коли на вулиці температура досягає  $-10^{\circ}\text{C}$  та більше, приміщення, навпаки, стають доволі холодні і тоді ми вмикаємо додаткові електроприлади, щоб



встановити температуру комфортну для перебування, в результаті ми маємо шалені рахунки за теплоенергію.

Дана розробка може дати можливість, самостійно регулювати подачу тепла, також доцільною розробка є для офісних приміщень. Наприклад, кабінети які тимчасово не використовуються, можна підтримувати на рівні санітарного-мінімуму.

Тому, потреба у розробці системи оптимального управління обігрівом приміщень, є важливим питанням для країни.

## **2.2 Розробка технічних вимог та надійності**

Головним завданням магістерської кваліфікаційної роботи є розробка системи оптимального управління обігрівом приміщень, що мала б:

- високу надійність та швидкодію для високо точного вимірювання температури теплоносія та температури повітря в приміщенні;
- система повинна бути реалізована на сучасному рівні, та повинна мати вихід на ЕОМ, що в свою чергу, дозволить проводити обробку результатів вимірювання та дистанційно регулювати подачу тепла;
- малу собівартість;
- опалювальні прилади повинні мати низьку температуру корпусу, для запобігання опіків;
- опалювальні прилади повинні мати достатню механічну міцність;
- простоту в експлуатації та монтажу.

Поняття «теплова надійність» ставить ціль перед опалювальною установкою виконати своє основне призначення протягом всього опалювального сезону. Розроблена система повинна мати здатність передавати в кожне опалювальне приміщення кількість тепла, що змінюється в відповідності з необхідністю теплоти.

### 2.3 Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанту рішення поставленої задачі

Для вибору однієї із наведених нижче структурних схем, важливим елементом є те, що користувач хоче отримати в результаті від системи управління, тобто який параметр буде найбільш важливим для роботи. Для системи оптимального управління обігрівом приміщень точність та швидкодія є найголовнішими критеріями [16].

Для вибору оптимального варіанту рішення поставленої задачі розглянемо наступні схеми. На рисунку 2.2 наведена структурна схема першого варіанту системи оптимального управління обігрівом приміщень.

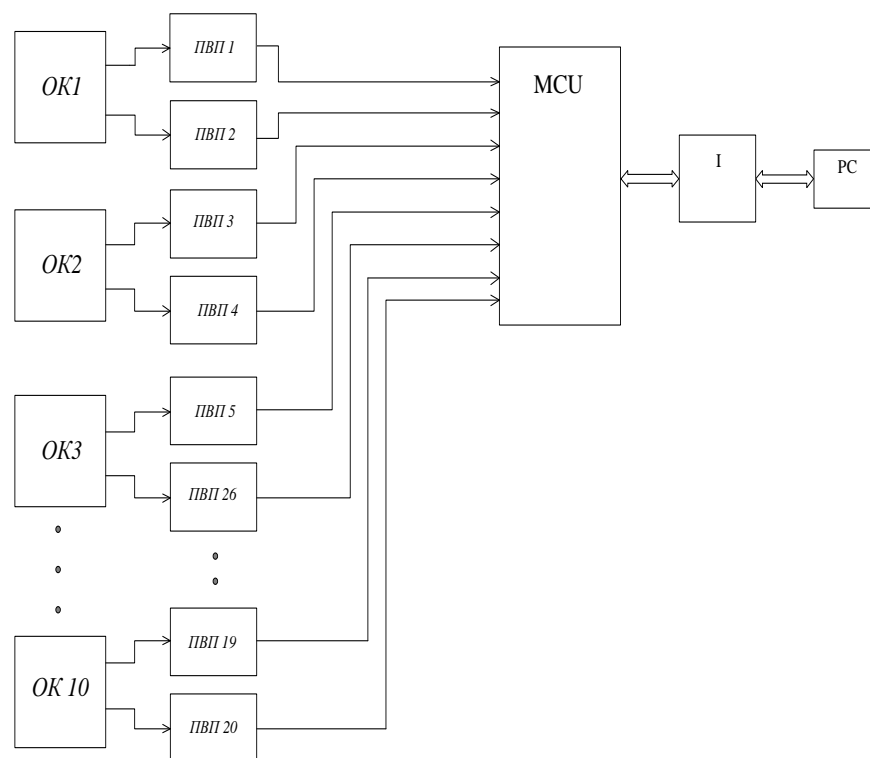


Рисунок 2.2– Перший варіант реалізації структурної схеми системи

Позначення на схемі:

- ОК1 – ОК10 – об’єкт контролю;
- ПВП 1 – ПВП 20 – вимірювальний перетворювач температури;
- MCU – мікроконтролер;

- I – інтерфейс обміну даними;
- РС – персональний комп'ютер.

Принцип роботи схеми полягає в наступному: по двадцятьох каналах проводяться вимірювання витрат тепла на обігрів приміщень. На виході яких після вимірювання утворюються прямокутні імпульси, які далі подаються на мікроконтролер, після цього мікроконтролер зчитує інформацію і за допомогою інтерфейсу обміну даних передає до персонального комп'ютера.

Дана система є високоточною у вимірюваннях, тому найбільш важливим показником являється точність вимірянних показників.

Друга структурна схема зображена на рисунку 2.3.

Позначення на схемі:

- ОК1 – ОК10 – об'єкт контролю;
- ПВП 1 – ПВП 20 – вимірювальний перетворювач температури;
- МХ – мультиплексор;
- МСU – мікроконтролер;
- I – інтерфейс обміну даними;
- РС – персональний комп'ютер.

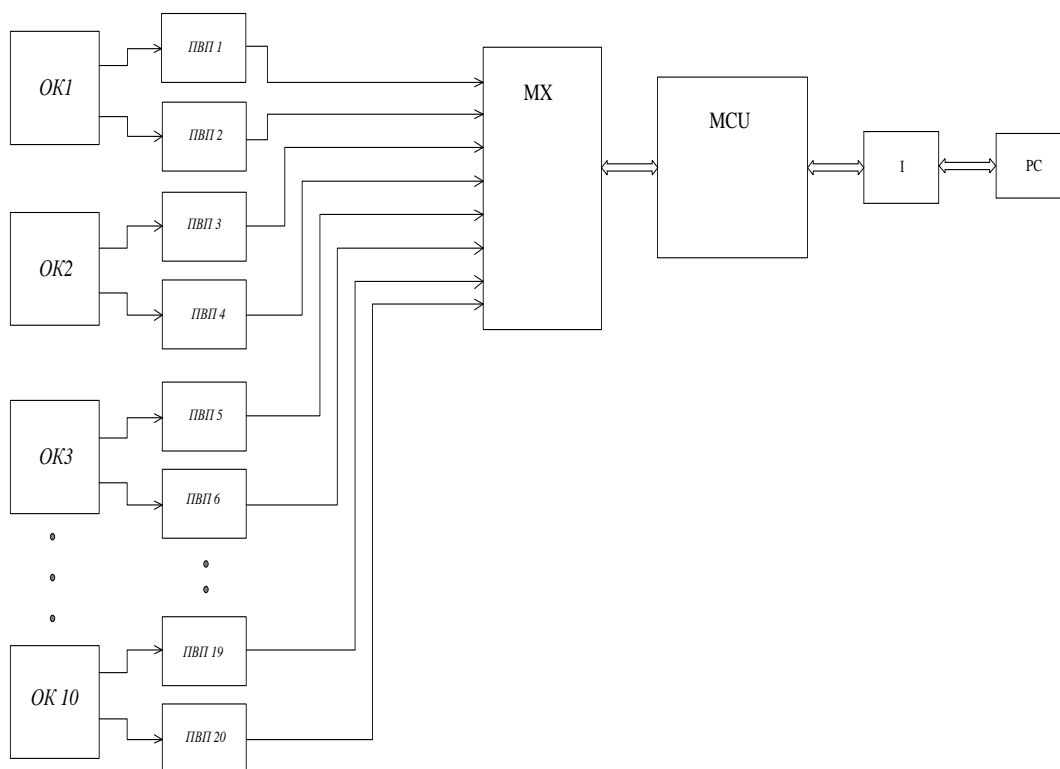


Рисунок 2.3 – Другий варіант реалізації структурної схеми системи

Принцип роботи третьої структурної схеми полягає в наступному: по двадцятьох каналах проводяться вимірювання витрат тепла на обігрів приміщень. На виході яких після вимірювання утворюються прямокутні імпульси Цифровий сигнал подається на мультиплексор. Інформація з мультиплексора знімається мікроконтролером і за допомогою інтерфейсу обміну даних передається на ПК. Мікроконтролер здійснює управління роботи мультиплексора.

Третя структурна схема зображена на рисунку 2.4.

Позначення на схемі:

- $t^{\circ}C/f$  – датчик температури TMP03;
- БГР – блок гальванічної розв'язки;
- *MCU* – мікроконтролер;
- ТК – транзисторний ключ;
- Р – реле;
- I – інтерфейс;

- ЗС – зовнішні системи.

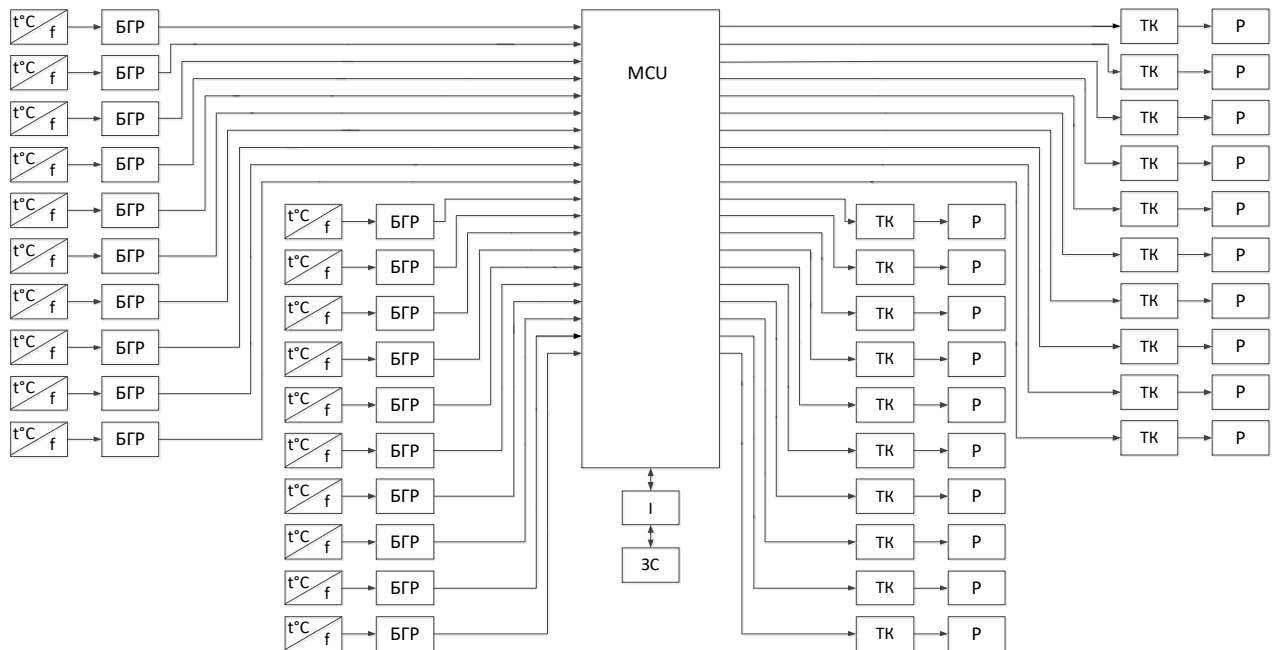


Рисунок 2.4 – Третій варіант реалізації структурної схеми системи

Принцип роботи схеми полягає в наступному: по двадцятьох каналах проводиться вимірювання температури, на виході після яких утворюються прямокутні імпульси. Блок гальванічної розв'язки виконує функцію відокремлення блоків живлення вимірювальних каналів.

Після чого мікроконтролер зчитує інформацію та передає на проміжні реле, управління якими, в свою чергу, здійснюється за допомогою сигналів від мікроконтролера інформаційної системи.

Управління процесором інформаційної системи здійснюється за допомогою команд, що надходять від персонального комп'ютера за допомогою гальванічно ізолюваного інтерфейсу RS-485.

Головними вимогами до розроблюваної системи є точність і швидкодія. Собівартість даного продукту, також, є вагомим критерієм. Для того, щоб порівняти вище наведені структурні схеми занесемо основні параметри системи до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняння структурних схем

Параметри	Схема №1	Схема №2	Схема №3	Ідеальна схема
	$E_i$			
Швидкодія	1	1	1	1
Надійність	0	0	1	1
Простота реалізації	0	1	0	1
Низька собівартість	1	1	0	1
Точність показань	1	0	1	1
Функціональні можливості	0	0	1	1
$\Sigma, E_n$	3	3	4	6

Обчислимо узагальнений коефіцієнт якості, який знаходиться за наступною формулою:

$$K = \frac{E_i}{E_n}. \quad (2.1)$$

Узагальнений критерій якості першої схеми:

$$K_1 = \frac{3}{6} = 0,5.$$

Узагальнений критерій якості другої схеми:

$$K_2 = \frac{3}{6} = 0,5.$$

Узагальнений критерій якості третьої схеми:

$$K_3 = \frac{4}{6} = 0,67.$$

Як бачимо, критерій якості третьої схеми більший, ніж для інших структурних схем.

Провівши оцінку характеристик всіх трьох наведених вище структурних схем можна зробити висновок, що для задачі розробки пристрою найкраще підходить структурна схема, яка представлена на рисунку 2.4.

Тому, ми вибрали найкращий варіант реалізації системи управління за допомогою структурної схеми, яка наведена на третьому рисунку.

## **2.4 Вибір та обґрунтування аналогу**

Проведемо порівняння нової розробки з аналогом, який існує на ринку. В якості аналога для розробки було обрано система теплозабезпечення ІМПУЛЬС-420. Основними недоліками аналога є застаріла елемента база. Також до недоліків можна віднести велика маса та габарити систем, низька надійність.

У розробці дана проблема вирішується реалізацією системи на основі мікропроцесорної техніки. Також нова система забезпечує дистанційне регулювання, потрібної температури в приміщенні; можливість підтримувати окремі приміщення, що не використовуються, на рівні санітарного-мінімуму.

В таблиці 2.2 наведені основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки.

Виходячи з даних таблиці 2.2 видно, що нова розробка дає більш точні результати при вимірюванні, менше похибка вимірювання та обхватує широкий діапазон температур при вимірюванні.

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Таблиця 2.2 – Основні технічні показники аналога і нової розробки

Показники	Аналог (ІМПУЛЬС-420)	Нова розробка	Відношення параметрів нової розробки до параметрів аналога
Діапазон вимірювання температури, °С	0...+200	-50...+90	0,45
Похибка вимірювання, %	2	1	0,5
Надійність (середнє напрацювання на відмовлення), год	40000	60000	1,5
Напруга живлення, В	220	220	1
Частота струму, Гц	50	50	1

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (2.2) та (2.3) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 2.3.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (2.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (2.3)$$

де  $P_{Hi}$ ,  $P_{Bi}$  – числові значення  $i$ -го параметру відповідно нового і базового виробів.

$$q_1 = \frac{200}{90} = 2,22;$$

$$q_2 = \frac{2}{1} = 2;$$

$$q_3 = \frac{60000}{40000} = 1,5;$$

$$q_4 = \frac{220}{220} = 1;$$

$$q_5 = \frac{50}{50} = 1.$$



Таблиця 2.3 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Діапазон вимірювання температури, °C	0...+200	-50...+90	2,22	25%
Похибка вимірювання, %	2	1,5	2	20%
Надійність (середнє напрацювання на відмовлення), год	40000	60000	1,5	25%
Напруга живлення, В	220	220	1	10%
Частота струму, Гц	50	50	1	20%

Відносний рівень якості нової розробки визначаємо за формулою:

$$K_{\text{я.в.}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (2.4)$$

$$K_{\text{я.в.}} = 2,22 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,2 + 1,5 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,2 = 1,63$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару є головною умовою конкурентоспроможності підприємства на ринку і важливою основою прибутковості його діяльності.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками найчастіше вважають нормативні та технічні параметри, а також ціну придбання та вартість споживання товару.

Приблизна ціна нового товару складе 30000 грн. Занесемо ці та інші показники (взяті з попередніх розрахунків) до табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Нормативні, технічні та економічні параметри інноваційного рішення і товару-виробника

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар- конкурент)	Новий (інноваційне рішення)
1	2	3
1. Нормативно-технічні показники		
Діапазон вимірювання температури, °С	0...+200	-50...+90
Похибка вимірювання, %	2	1,5
Надійність (середнє напрацювання на відмовлення), год	40000	60000
Напруга живлення, В	220	220
Частота струму, Гц	50	50
2. Економічні показники		
Ціна придбання, грн.	35000	30000

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (К) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (2.5)$$

де  $I_{m.n.}$  – індекс технічних параметрів;  $I_{e.n.}$  – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою (2.6)

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (2.6)$$

де  $P_{Hei}$ ,  $P_{Bei}$  – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{e.n.} = \frac{30000}{35000} = 0,86;$$

$$K = \frac{1,63}{0,86} = 1,9.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що нова розробка буде конкурентоспроможніше, ніж конкурентний товар.

## **2.5 Висновки до розділу**

Отже, в даному розділі було розглянуто діаграму поділу енергетичних ресурсів, з якої видно, що опалення займає 72% енергетичних затрат. Відповідно, постає потреба у розробці системи оптимального управління обігрівом приміщень. Було розроблено технічні вимоги, яким повинна відповідати дана система.

Для вибору оптимального варіанту структурної схеми системи управління, було розроблено три варіанти, та вибрано один який відповідав вимогам точності та швидкодії, оскільки вони є найголовнішими критеріями у виборі.

Також, було проведено порівняння даної розробки з уже наявним аналогом і провівши ряд оцінок, встановлено рішення доцільності нової розробки.

## **3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБІГРІВОМ ПРИМІЩЕНЬ**

Система управління – це сукупність елементів, які регулюють параметри і установки опалювальної системи і адаптують їх під індивідуальні потреби споживачів.

Завданням даної магістерської кваліфікаційної роботи є розробка системи оптимального управління обігрівом приміщень. Дана система відноситься до інформаційно-вимірювальних систем (ІВС).

Інформаційно-вимірювальна система, являє собою, сукупність вимірювальних пристроїв, для отримання вимірювальної інформації та подальше її перетворення і обробку.[17]

Основними функціями ІВС є: отримання вимірювальної інформації, обробка, передача та подання її оператору або ЕОМ, запам'ятовування і зберігання вимірювальної інформації.

Структурна схема визначає основні частини виробу і взаємозв'язки між ними та служить лише для загального ознайомлення з виробом.

В структурній схемі складові частини зпроектованого виробу зображуються у вигляді прямокутників, в середині яких вказується лише найменування блоку.

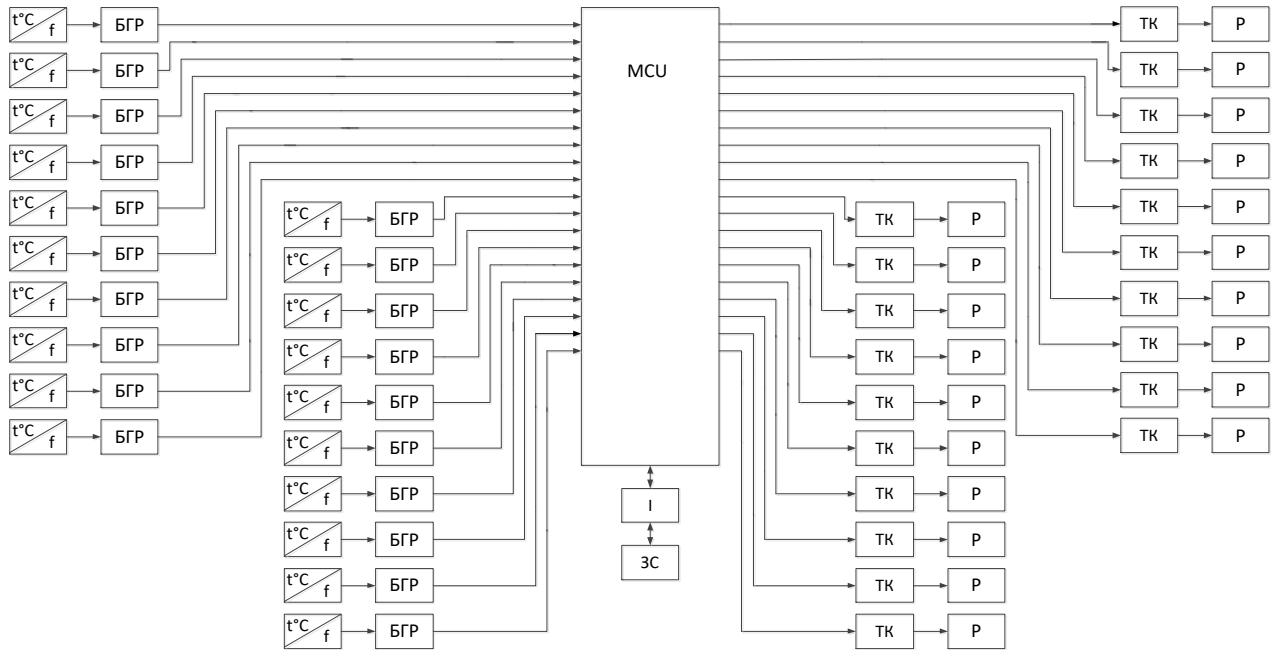
Структурна схема системи управління наведена в графічній частині диплому на форматі А3.

В першому розділі було розглянуто як технічні так і економічні показники двох варіантів реалізації системи оптимального управління обігрівом приміщень. Тому згідно техніко-економічному обґрунтуванню, система буде розроблятися за другим варіантом схеми, яка має кращі показники мобільності, швидкодії, є простішою в реалізації, а також має нижчу собівартість.

Система побудована за такою схемою матиме найкращі кількісні та якісні характеристики та задовольнятиме технічним вимогам поставленим в завданні.

Розглянемо опис роботи спроектованої структурної схеми системи оптимального управління обігрівом приміщень на рисунку 3.1:

Рисунок 3.1 – Структурна схема системи оптимального управління обігрівом приміщень



Зображена структурна схема системи оптимального управління обігрівом приміщень складається з таких функціональних вузлів:

- $t^{\circ}C/f$  – датчик температури ТМР03;
- БГР – блок гальванічної розв’язки;
- *MCU* – мікроконтролер;
- ТК – транзисторний ключ;
- Р – реле;
- І – інтерфейс;
- ЗС – зовнішні системи.

Принцип роботи схеми полягає в наступному: по двадцятьох каналах проводиться вимірювання температури, на виході після яких утворюються

прямокутні імпульси. Блок гальванічної розв'язки виконує функцію відокремлення блоків живлення вимірювальних каналів.

Використання блоку гальванічної розв'язки підвищує завадостійкість та надійність обладнання та забезпечує стійкість до впливу зовнішніх дестабілізуючих факторів. Після чого мікроконтролер зчитує інформацію та передає на проміжні реле, управління якими, в свою чергу, здійснюється за допомогою сигналів від мікроконтролера інформаційної системи.

Управління процесором інформаційної системи здійснюється за допомогою команд, що надходять від персонального комп'ютера за допомогою гальванічно ізолюваного інтерфейсу RS-485. Інтерфейс є функціональним вузлом в сучасних систем, який являє собою сукупність правил, протоколів, апаратного та програмного забезпечення, призначених для обміну даними.

### **3.1 Висновки до розділу**

Метою даного розділу було розробити найбільш оптимальну структурну схему системи оптимального управління обігрівом приміщень. Принцип якої наступний, провести вимірювання витрат тепла по двадцятьох каналах, на виході яких будуть формуватися прямокутні імпульси, які далі подаються за допомогою електромагнітного реле та відповідного програмного забезпечення до персонального комп'ютера, де оператор дистанційно може встановлювати необхідну температуру для кожної окремої кімнати. Дана система є високоточною у вимірюваннях, тому найбільш важливим показником являється точність виміряних показників.

## **4 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБІГРІВОМ ПРИМІЩЕНЬ**

Функціональна схема – це схема, яка пояснює, певні процеси, що відбуваються, у тій чи іншій, частині виробу. За допомогою функціональної схеми, можна визначити, як здійснюється перетворення та які функціональні елементи потрібні для перетворення. Функціональна схема розробляється на основі структурної схеми.

На рисунку 4.1 представлена функціональна схема оптимального управління обігрівом приміщень.

Представлена функціональна схема складається з таких блоків:

- *TMP03* – датчик температури;
- *4N35* – оптопара;
- *MCU* – мікроконтролер;
- ТК – транзисторний ключ;
- Р – реле;
- І – інтерфейс;
- ЗС – зовнішні системи.

Розглянемо основні моменти даної функціональної схеми.

В датчику температури *TMP03* монолітний детектор температури, який формує модульований послідовний цифровий сигнал, змінюється в залежності від температури пристрою. Бортовий датчик (Temperature sensor) генерує напругу, прямо пропорційну абсолютній температурі, яка порівнюється з внутрішньою опорною напругою і подається на прецизійний цифровий модулятор. Цифровий модулятор в свою чергу виробляє ШІМ сигнал і подає його на вихід.

Структурна схема представлена на рисунку 4.2:

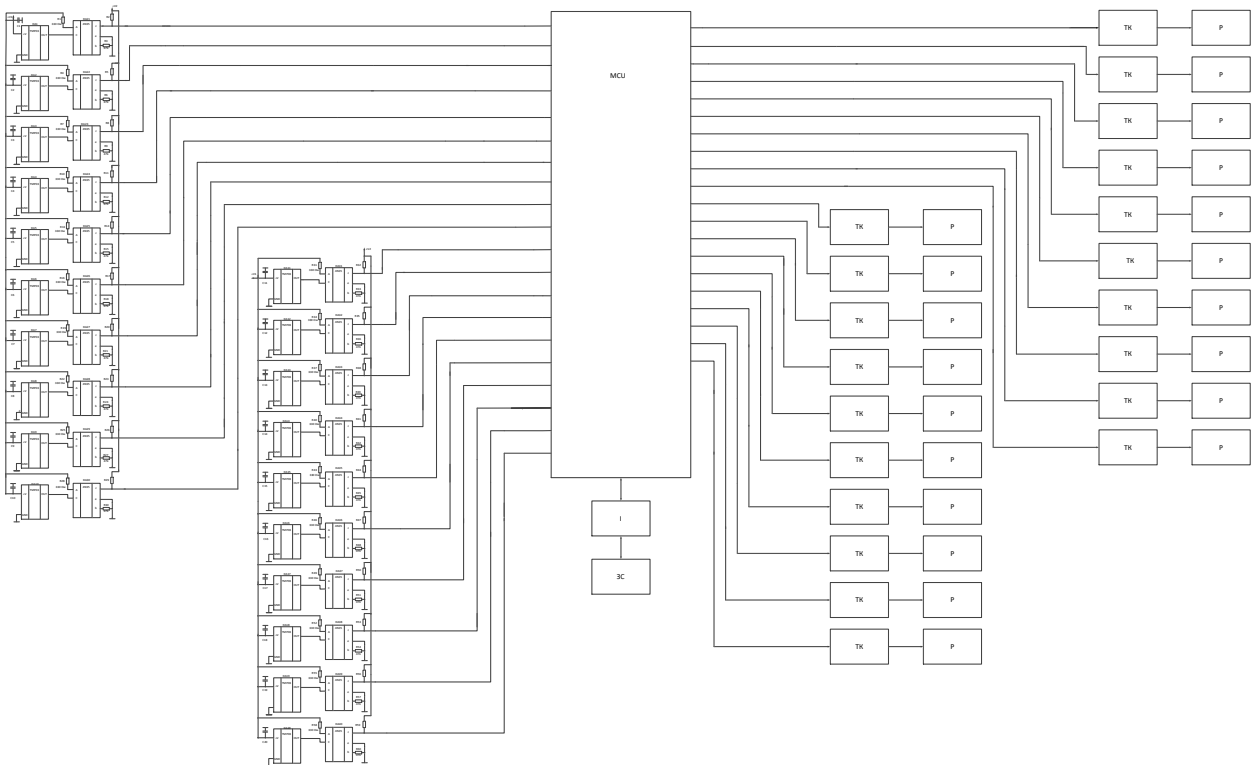


Рисунок 4.1 – Функціональна схема системи оптимального управління обігрівом приміщень

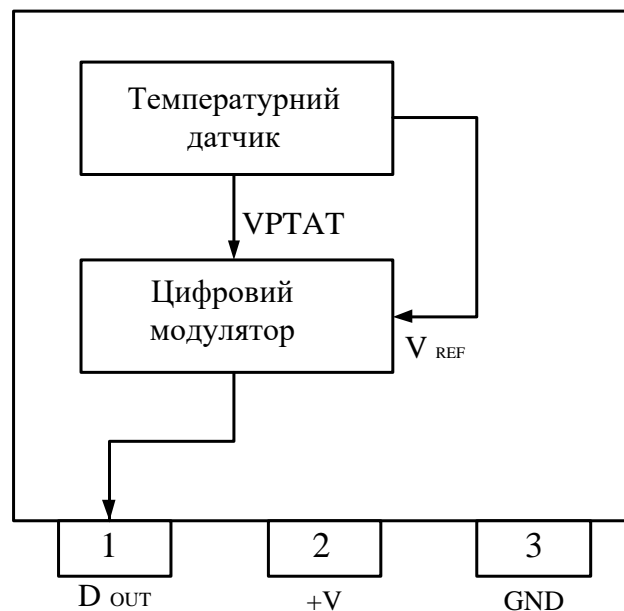


Рисунок 4.2 – Структурна схема датчика TMP03

Відмінні риси термодатчика:

- вихідний сигнал з ШІМ (широтно-імпульсна модуляція);
- типова точність вимірювання  $\pm 1.5 \text{ }^\circ\text{C}$  в діапазоні від  $-25 \text{ }^\circ\text{C}$  до



- + 100 ° C;
- параметри визначені в діапазоні -40 ° C до + 100 ° C, максимальна робоча температура + 150 C;
- максимальне споживання потужності 6.5 мВт при 5В;
- діапазон напруги живлення від 4,5 до 7 В.[18]

Своє застосування TMP03 знаходить в ізольованих датчиках, системах контролю температури комп'ютерних систем, системах контролю параметрів навколишнього середовища, термозахисту, управлінні виробничим процесом, а також системах стеження за температурним режимом джерел живлення.

Схема підключення датчика до пристроїв, рекомендована виробником, представлена на рисунку 4.3.

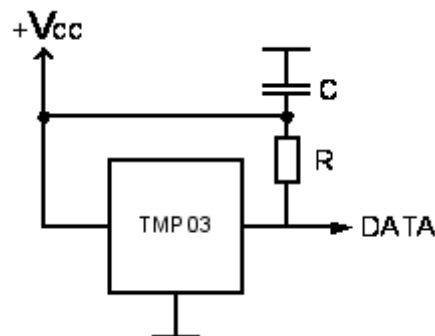


Рисунок 4.3 – Схема підключення датчика TMP03

4N35 - оптрон загального призначення, що складається з світло-випромінюючого діода, оптично пов'язаного з фото транзистором і потрібна в схемі для гальванічної розв'язки.

#### 4.1 Висновки до розділу

Отже, в даному розділі було обрано наступні елементи, необхідні для реалізації функціональної схеми системи оптимального управління обігрівом приміщень, а саме датчик температури, та оптопару. При виборі

температурного датчика були проаналізовані датчики фірми AnalogDevices серії TMP, та обрано для розробки автоматизованої системи управління оптимізацією витрат тепла TMP03, як більш доступний, також було обрано оптопару 4N35.

Обравши всі необхідні елементи для реалізації системи, було розроблено функціональну схему системи оптимального управління обігрівом приміщень.

## **5 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБІГРІВОМ ПРИМІЩЕНЬ**

На базі розроблених в попередніх розділах структурної та функціональної схем системи оптимального управління обігрівом приміщень, розробимо електричну принципову схему заданої системи. Розроблена електрична принципова схема наведена в додатку Г на форматі А1.

Обрана система має такі структурні елементи:

- мікроконтролер ATmega 1281-16AU;
- інтерфейс обміну даними RS-485;
- датчик температури TMP 03;
- оптопара 4N35;
- електромагнітне реле SRD-24VDC-SB-CL;
- джерело живлення.

## **5.1 Вибір мікроконтролера**

При розробці інформаційно-вимірювальної системи вибір мікроконтролера є дуже важливим аспектом.

Мікроконтролер здійснює основні функції управління, збору і передачі даних. На сьогодні основними виробниками мікроконтролерів в світі є Texas Instruments, Intel, Atmel, Analog Devices, Philips Winbond, та Motorola.

Для розробки системи в роботі було обрано AVR мікроконтролер, компанії-виробника Atmel. Мікроконтролери AVR – сімейство мікроконтролерів фірми Atmel, розроблених у 1996 році. Процесор AVR побудований на основі гарвардської архітектури і має систему команд, що близька до архітектури RISC. Містить 32 8-мибітних регістри загального призначення, об'єднаних в регістровий файл. Система команд, в залежності від типу контролера, може містити від 90 до 133 різних інструкцій.

Було обрано мікроконтролер фірми AVR Atmega 1281-16AU, який має такі характеристики:

- 512 байт внутрішньої флеш-пам'яті з можливістю 100 000-разового перепрограмування;
- 1 КБ оперативної пам'яті і 32 регістра загального призначення;
- два 8-бітових таймери-лічильники;
- 16-бітовий таймер-лічильник;
- вбудований аналоговий компаратор;
- вбудований калібрований RC-генератор;
- програмований сторожовий таймер з окремим незалежним генератором;
- напруга живлення –4.5-5.5 В;
- 5 режимів зі зниженим енергоспоживанням;
- 6 каналів 10-розрядного АЦП;
- тактова частота до 16 МГц.[19]

Перелічені функції дозволяють повністю реалізувати завдання дипломної роботи. Зовнішній вигляд мікроконтролера наведено на рисунку 5.1:

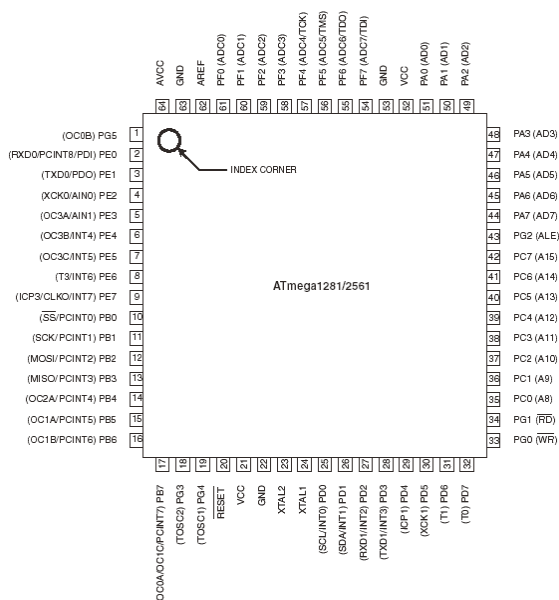


Рисунок 5.1 –Вигляд мікроконтролера ATmega1281-16AU[19]

## 5.2 Вибір інтерфейсу для обміну даними

В даній магістерській кваліфікаційній роботі для обміну даними було обрано інтерфейс RS-485.

Інтерфейс RS-485 (Recommended Standard 485 або EIA/TIA-485) – один із найпоширеніших стандартів передачі даних по двопровідному багатоточковому послідовному симетричному каналу зв'язку. Спільна розробка асоціацій: Electronic Industries Alliance (EIA) і Telecommunications Industry Association (TIA). Інтерфейс описує фізичні рівні передавання сигналів, проте не описує програмну модель обміну і протоколи обміну. RS-485 був розроблений для розширення фізичних можливостей інтерфейсу RS232 з передачі двійкових даних[20].

Переваги інтрефейсу RS-485, що пояснюють вибір на його користь :

- хороша перешкодостійкість;
- велика дальність зв'язку;
- напруга живлення +5 В;
- проста реалізація драйверів;
- можливість ширококомовної передачі;
- багатоточковість з'єднання.

Недоліки інтерфейсу RS485:

- велике споживання енергії;
- відсутність сервісних сигналів;
- можливість виникнення колізій.

Інтерфейс RS-485 має наступні властивості:

1. Двоскерована напівдуплексна передача даних.
2. Симетричний канал зв'язку.
3. Диференціальний (балансовий спосіб передачі даних). .
4. Багатоточковість.
5. Зона нечутливості [20].

Інтерфейс RS-485 володіє наступними технічними характеристиками:

- допустима кількість прийомопередатчиків (драйверів) 32;

- максимальна довжина лінії зв'язку 1200 м (4000ft);
- максимальна швидкість передачі 10 Мбіт / с;
- мінімальний вихідний сигнал драйвера  $\pm 1,5$  В;
- максимальний вихідний сигнал драйвера  $\pm 5$  В;
- максимальний струм короткого замикання драйвера 250 мА;
- вихідний опір драйвера 54 Ом;
- вхідний опір драйвера 12 кОм;
- допустимий сумарний вхідний опір 375 Ом;
- діапазон нечутливості до сигналу  $\pm 200$  мВ;
- рівень логічної одиниці ( $U_{ab}$ )  $> +200$  мВ;
- рівень логічного нуля ( $U_{ab}$ )  $< -200$  мВ.

Схема підключення послідовного інтерфейсу обміну даними RS-485 зображена на рисунку 5.2.

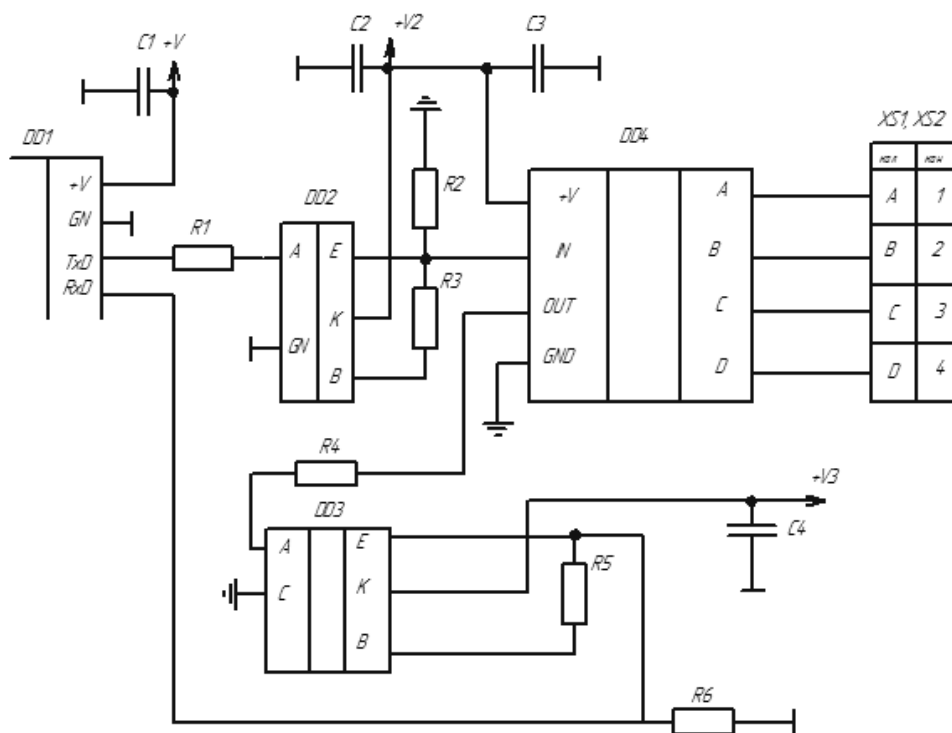


Рисунок 5.2 – Схема включення послідовного інтерфейсу RS-485

### 5.3 Вибір датчика температури

При виборі температурного датчика були проаналізовані датчики фірми AnalogDevices серії TMP (таблиця 5.1). [18] Вони мають схожі головні характеристики (діапазон температур, формат подання вихідного сигналу) і відрізняються точністю.

Таблиця 5.1 - Характеристики датчиків фірми AnalogDevices серії TMP

Назва	Основна функція пристрою	Робочий температурний діапазон	Вихідний тип / рівень	25 ° C Темп. Похибка	Ціна
TMP06	Температурний Датчик	-40 до 150°C	Цифровий , ШІМ	0.2	\$0.81
TMP05	Температурний Датчик	-40 до 150°C	Цифровий , ШІМ	0.2	\$0.70
TMP04	Температурний Датчик	-40 до 150°C	Цифровий , ШІМ	1.5	\$3.27
TMP03	Температурний Датчик	-40 до 150°C	Цифровий , ШІМ	1.5	\$3.27

Для розробки автоматизованої системи управління оптимізацією витрат тепла був обраний чутливий елемент TMP03, як більш доступний.

### 5.3.1 Кодування вихідного сигналу

Вихід TMP03 являє собою прямокутні імпульси з номінальною частотою 35 Гц ( $\pm 20\%$ ) при 25 °C. [18] Формат вихідного сигналу датчика зображено на рисунку 5.3



Рисунок 5.3 – Формат вихідного сигналу датчика

Періоди часу  $T_1$  і  $T_2$  є значеннями які легко вираховуються за допомогою мікропроцесорного таймера/лічильника порту, а також за допомогою розрахунків, виконуваних в програмному забезпеченні.

Температура визначається на підставі значень  $T_1$  і  $T_2$  за наступною формулою:

$$T = A_1 \frac{A_2 \cdot T_1}{T_2}, \quad (4.1)$$

де  $A_1$  і  $A_2$  – масштабовані коефіцієнти, для TMP03  $A_1 = 235$ ,  $A_2 = 400$ .

Залежність точності від значення температури зображено на рисунку 5.4:

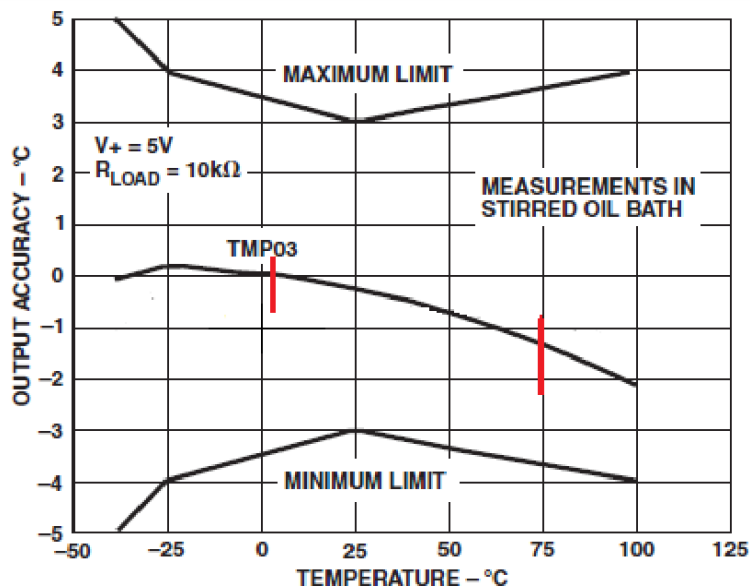


Рисунок 5.4 – Залежність точності від значення температури



Як видно з рисунку 5.4, представленого виробниками термодатчика, в точність  $\pm 1,5^\circ\text{C}$  датчик входить в діапазоні  $\approx 0 - 75^\circ\text{C}$ . При температурі  $< 0$  і  $> 75^\circ\text{C}$  характеристики датчика (струм, напруга) мають нелінійний вид, що й призводить до зменшення точності до  $2^\circ\text{C}$  і більше. Діапазон  $0 - 75^\circ\text{C}$  підходить для досягнення вимог технічного завдання на розробку.

При зміні температури середовища, в якому розміщений датчик, тривалості  $T_1$  і  $T_2$  також піддаються зміні. Залежність  $T_1$  і  $T_2$  від температури представлена на рисунку 5.5:

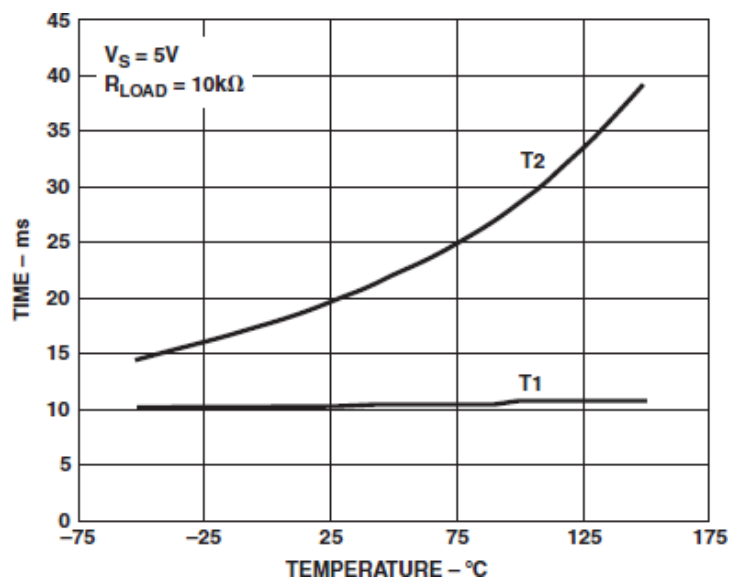


Рисунок 5.5 – Залежність зміни  $T_1$  і  $T_2$  від температури

При збільшенні температури, складові  $T_1$  і  $T_2$  збільшуються,  $T_2$  збільшується швидше,  $T_1$  повільніше.

#### 5.4 Вибір електромагнітного реле

Електромагнітне реле, являє собою котушку, комує механічні контакти коли на його обмотку подається струм (рис.5.6). Електромагнітне поле, що виникає, діє на якір реле, який з'єднаний з контактами механічно. В свою чергу, вони зміщуються і розривають або замикають ланцюг. Якщо зняти напругу, то якір повернеться в початкове положення завдяки пружині.



Рисунок 5.6 – Графічне зображення електромагнітного реле

Основні характеристики електромагнітного реле SRD-24VDC-SB-CL :

- напруга управління: 24 В;
- комутаційна напруга: АС 250 В, DC 30 В;
- максимальний струм контактів: 10 А.

### 5.5 Вибір оптопар

Оптопара - електронно-оптичний апарат (прилад), в якому присутні джерело світлового випромінювання і фотоприймач, які в свою чергу пов'язані конструктивно електричними і оптичними зв'язками.

Для вирішення поставленої задачі, було обрано транзисторну оптопару 4N35, яка призначена для нескінченної комутації постійного струму з гальванічною розв'язкою між входом та виходом.[22]

4N35 – оптрон загального призначення, складається із діода, який пов'язаний з фото транзистором.

На рисунку 5.7 – зображена функціональна схема оптопары 4N35, де: 1 – анод, 2 – катод, 3 - земля , 4 – емітер, 5 – колектор, 6 – база.

В таблиці 5.2 наведено основні технічні параметри оптопары 4N35.[22]

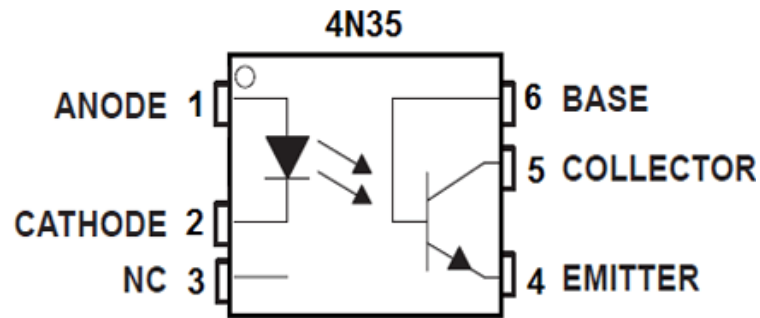


Рисунок 5.7 – Функціональна схема оптопари 4N35

Таблиця 5.2 – Технічні параметри

Кількість каналів	1
Тип виходу	Фото транзистор
Напруга ізоляції, кВ	5
Максимальний прямий струм, мА	50
Максимальна вихідна напруга, В	70
Час вкл./вкл., мкс	10
Тип корпусу	Dip6

## 5.6 Висновки до розділу

Отже, в даному розділі було обрано наступні елементи, необхідні для реалізації електричної принципової схеми системи оптимального управління обігрівом приміщень, а саме мікроконтролер, інтерфейс обміну даними та електромагнітне реле.

Для розробки системи в роботі було обрано мікроконтролер фірми AVR Atmega1281, який має характеристики, котрі повністю дозволяють реалізувати завдання дипломної роботи. Також було обрано RS-485

інтерфейс для обміну даними, оскільки він є найбільш поширеним в промисловій автоматизації. Це пов'язано з тим, що за всіма основними показниками даний інтерфейс є найкращим з усіх можливих при сучасному рівні розвитку технології. Основними його перевагами є: двосторонній обмін даними за все по одній парі проводів, велика довжина лінії зв'язку, досить висока швидкість передачі. Також, було обрано електромагнітне реле SRD-24VDC-SB-CL оскільки воно має, необхідні технічні характеристики.

Обравши всі необхідні елементи для реалізації системи, було розроблено електричну принципову схему системи оптимального управління обігрівом приміщень.

## 6 МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБІГРІВОМ ПРИМІЩЕНЬ

### 6.1 Метрологічні характеристики каналу для вимірювання температури

#### 6.1.1 Рівняння перетворення

Рівняння перетворення – це залежність між вхідною та вихідною величинами ЗВ, що дає змогу встановлення можливого відхилення реального рівняння перетворення від градууювальної характеристики.[23]

Перетворення температури в датчику температури, здійснюється за формулою:

$$q = \frac{T}{\tau}, \quad (6.1)$$

де  $T = 2\pi f$  – період імпульсу, мс;

$\tau$  – тривалість імпульсу, мс.

Для перетворення вихідної величини використаємо цифровий частотомір середніх значень. Оскільки його похибка квантування зменшується при збільшенні вимірювальної величини, то такий частотомір є ефективним в області середніх і високих частот. Його принцип дії заснований на підрахунку кількості імпульсів невідомої частоти  $f_x$  за зразковий часовий інтервал, який формується зразковою мірою часу.

Кількість імпульсів невідомої частоти, які підраховує двійковий лічильник за час  $t_0$ , визначається за формулою:

$$N_i = \int_{t_1}^{t_2} T_x dt = \frac{t_0}{T_x} = t_0 \cdot f_x, \quad (6.2)$$

де  $t_1$  і  $t_2$  – моменти початку і закінчення зразкового часового інтервалу.

Зразковий часовий інтервал формується в подільнику частоти і визначається виразом:

$$t_0 = k \cdot T_0 = \frac{k}{f_0}, \quad (6.3)$$

де  $k$  – коефіцієнт ділення подільника частоти;

$T_0$  – період імпульсів зразкової частоти  $f_0$ .

Таким чином кількість імпульсів невідомої частоти визначатиметься за формулою:

$$N_F = k \cdot T_0 \cdot f_x = \frac{k \cdot f_x}{f_0}, \quad (6.4)$$

Отже, отримаємо рівняння перетворення вимірювального каналу:

$$N_x = \frac{k \cdot n \cdot z}{60 \cdot f_0}, \quad (6.5)$$

Підставимо в рівняння перетворення числові значення, для графічного представлення рівняння перетворення та похибки квантування (рисунок 6.1-6.2)

де  $k = 100000$ ;

$n = 0 \dots 400$  об/хв

$f_0 = 100000$  Гц;

$z = 1024$ .

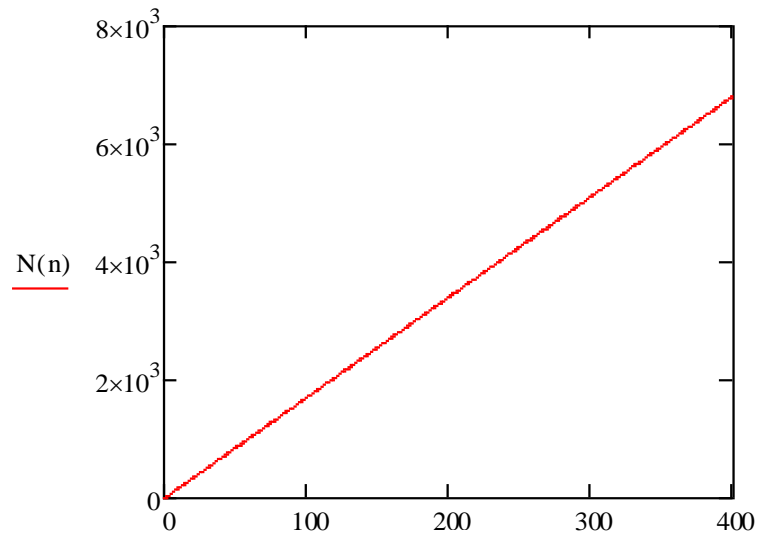


Рисунок 6.1 – Графічне представлення рівняння перетворення

З отриманого рівняння перетворення можна вивести похибку квантування, яка є методичною похибкою, що виникає через обмежене число рівнів квантування  $h$  внаслідок заміни неперервної величини квантованою і має загальний вигляд:

$$\delta_{\text{кв}} = \frac{1}{N} \cdot 100\% \quad (6.6)$$

Підставимо в рівняння 6.5 вираз рівняння 6.6 і отримаємо похибку квантування для розроблюваного каналу:

$$\delta_{\text{кв}} = \frac{60 \cdot f_0}{k \cdot n \cdot z} \cdot 100\% \quad (6.7)$$

Графічно представимо похибку квантування на рисунку 6.2

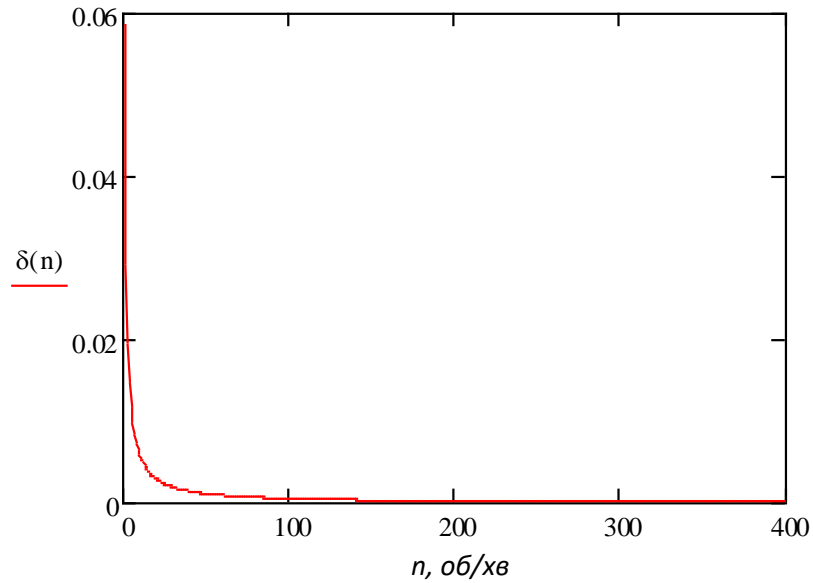


Рисунок 6.2 – Графічне представлення похибки квантування вимірювального каналу

### 6.1.2 Статичні характеристики каналу для вимірювання температури

Статичні характеристики – характеризують засіб вимірювання, коли на його вході подана незмінна в часі фізична величина, а всі перехідні процеси у ЗВ є закінченими.

До основних статичних характеристик належать: номінальна функція перетворення, коефіцієнт перетворення, чутливість, поріг чутливості, діапазон показів та діапазон вимірювань. В даній магістерській кваліфікаційній роботі розрахуємо наступні характеристики: чутливість, адитивну складову похибки і мультиплікативну складову [23].

Загальний вигляд функції перетворення:

$$y = y(x, \Delta f), \quad (6.8)$$

де  $y$  – вихідна величина ЗВ;

$x$  – вхідна величина;



$\Delta f$  - впливні величини.

Розкладемо функцію перетворення в ряд Тейлора і отримаємо:

$$y = y_0 + \left[ \frac{\partial y}{\partial x} \right]_0 + \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right]_0 \cdot x^2 + \frac{1}{6} \left[ \frac{\partial^3 y}{\partial x^3} \right]_0 \cdot x^3 + \dots +$$

$$+ \left[ \frac{\partial^2 y}{\partial x \partial f} \right]_0 \cdot x \cdot \Delta f + \left[ \frac{\partial y}{\partial f} \right]_0 \cdot \Delta f + \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial^2 y}{\partial f^2} \right]_0 \cdot \Delta f^2 + \dots \quad (6.9)$$

Отже, проаналізуємо рівняння (6.9):

де  $y_0$  – вільний член розкладу, який дорівнює  $y$  при  $x=0$ ,  $\Delta f=0$ .

Номинальний коефіцієнт перетворення або чутливість:

$$\left[ \frac{\partial y}{\partial x} \right]_0 = S_0. \quad (6.10)$$

Зміна чутливості в діапазоні перетворення:

$$\frac{1}{2} \left[ \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right]_0 = S'_0; \quad (6.11)$$

$$\frac{1}{6} \left[ \frac{\partial^3 y}{\partial x^3} \right]_0 = S''_0. \quad (6.12)$$

Коефіцієнти впливу впливних величин на вихідний параметр  $y$ :

$$\left[ \frac{\partial y}{\partial f} \right]_0 = \beta'_0; \quad (6.13)$$

$$\frac{1}{2} \left[ \frac{\partial^2 y}{\partial f^2} \right]_0 = \beta''_0. \quad (6.14)$$

Коефіцієнт впливу впливних величин на номинальну чутливість  $S_0$ :

$$\left[ \frac{\partial^2 y}{\partial x \partial f} \right]_0 = S'_0. \quad (6.15)$$

Отже, можна записати рівняння перетворення:

$$y = y_0 + S_0 \cdot x + S'_0 \cdot x^2 + S''_0 \cdot x^3 + \dots + \alpha_0 \cdot x \cdot \Delta f + \beta'_0 \cdot \Delta f + \beta''_0 \cdot \Delta f^2 + \dots, \quad (6.16)$$

де,  $y = S_0 \cdot x + S'_0 \cdot x^2 + S''_0 \cdot x^3$  - номінальна функція перетворення;

$\Delta y_n = S'_0 \cdot x^2 + S''_0 \cdot x^3$  - похибка номінальної функції перетворення;

$\Delta y_m = \alpha_0 \cdot x \cdot \Delta f$  - мультиплікативна похибка перетворення;

$\Delta y_a = \beta'_0 \cdot \Delta f + \beta''_0 \cdot \Delta f^2$  - адитивна похибка перетворення .

Використаємо математичний пакет Maple, для проведення розрахунків.

Розрахуємо номінальний коефіцієнт перетворення або чутливість вимірювального каналу за формулою (6.10):

$$S_0 = \frac{\partial N}{\partial n} = \frac{z}{60}. \quad (6.17)$$

Зміна чутливості в діапазоні перетворення за формулою (6.11):

$$S_{02} = \frac{\partial N^2}{\partial n^2} = 0. \quad (6.18)$$

Оскільки рівняння перетворення має вигляд:

$$N_x = \frac{k \cdot n \cdot z}{60 \cdot f_0}, \quad (6.19)$$

де  $k = 100000$ ;

$f_0 = 100000$ ;

$$z = 1024.$$

То, номінальна функція перетворення виглядатиме (формула 6.20), а її графічне представлення наведено на рисунку 6.3.:

$$y(n) = S_0 \cdot n + \frac{1}{2} \cdot S_0 2 \cdot n^2 + \frac{1}{6} \cdot S_0 3; \quad (6.20)$$

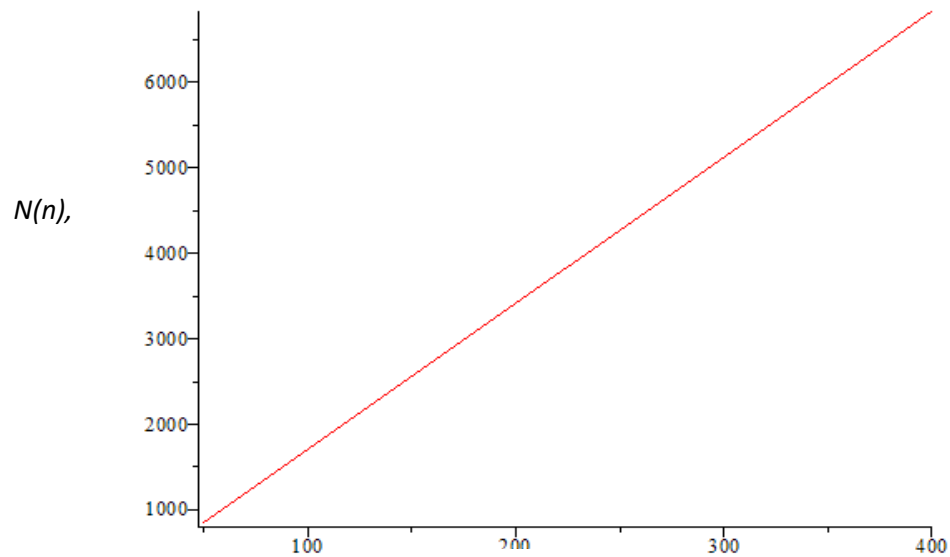


Рисунок 6.3 – Номінальна функція перетворення

Похибку не лінійності визначимо за виразом 6.21:

$$\Delta y_H(n) = S_0 2 \cdot n^2 + S_0 3 \cdot n^3; \quad (6.21)$$

$$\Delta y_H(n) = 0.$$

Визначимо коефіцієнт впливу  $\beta$  впливної величини:

$$\beta'_0 = \frac{\partial N}{\partial z} = \frac{k \cdot n}{60 \cdot f_0'} \quad (6.22)$$

$$\beta''_0 = \frac{\partial N^2}{\partial z^2} = 0, \quad (6.23)$$

Розрахуємо коефіцієнт впливу впливних величин на номінальну чутливість  $S_0$  засобу вимірювань:

$$\beta'_{0'} = \frac{\partial N^2}{\partial z \partial n} = \frac{k}{60 \cdot f_0'} \quad (6.24)$$

На рисунку 6.4 представлена адитивна складова похибки перетворення.

$$\Delta N = \beta'_0 \cdot z + \beta''_0 \cdot z^2 = \frac{n \cdot z}{60} \quad (6.25)$$

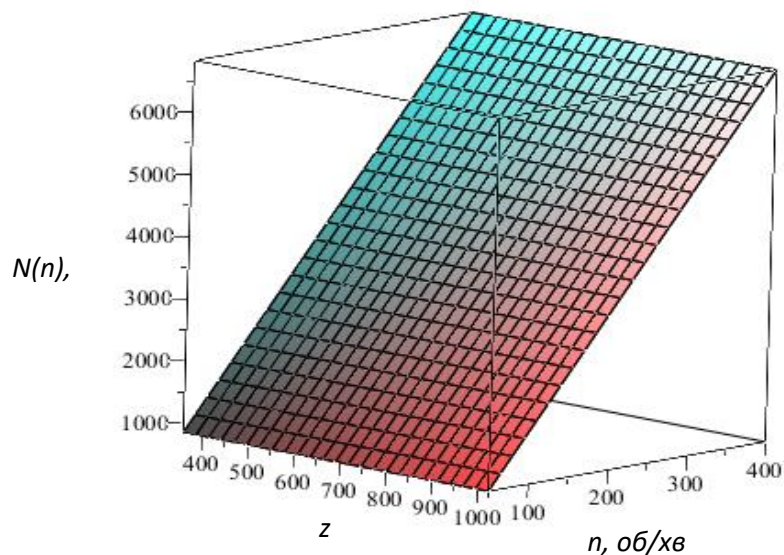


Рисунок 6.4 – Адитивна складова похибки

Мультиплікативна складова похибки перетворення вимірювального каналу представлена на рисунку 6.5:

$$\Delta N = \alpha \cdot n \cdot z = \frac{n \cdot z}{60} \quad (6.26)$$

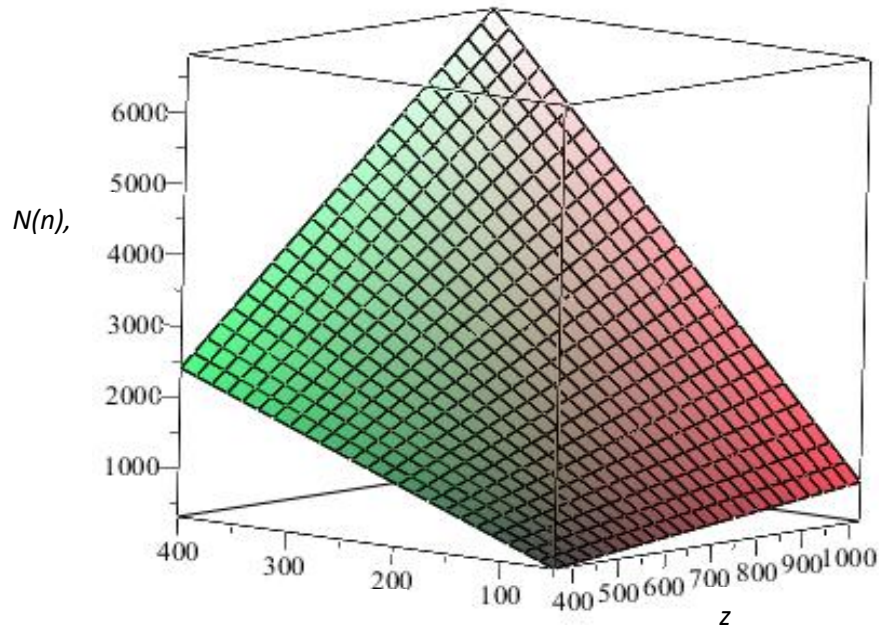


Рисунок 6.5 – Мультиплікативна складова похибки

## 6.2 Розрахунок похибки вимірювання

Джерелом виникнення похибки є опосередкований метод вимірювання тепла.

Аналіз похибки отриманих даних виконаємо спираючись на той факт, що заголом результати вимірів температури в приміщенні знаходяться в межах  $10...25^{\circ}\text{C}$ . Відповідно, необхідно визначити похибку для умовних нижньої  $10^{\circ}\text{C}$  та верхньої  $25^{\circ}\text{C}$  меж. В результаті буде отримано точність масиву даних, розташованого в цих межах.

Розрахуємо абсолютну похибку датчика температури. Оскільки клас допуску, клас точності, датчика становить  $1,5\%$ , то можна визначити абсолютну похибку з наступного виразу:

$$\gamma_{TC} = \frac{\Delta_{TC}}{|X_{H.TC}|} 100\%, \quad (6.27)$$

де  $\Delta$  – абсолютна похибка датчика температури;

$|X_{H.TC}|$  – нормована величина, діапазон вимірювання температури.

Звідси отримаємо:

$$\Delta_{TC} = \frac{\gamma_{TC} |X_{H.TC}|}{100\%}. \quad (6.28)$$

З отриманого виразу матимемо:

$$\gamma_{TC} = \frac{\Delta_{TC}}{|X_{H.TC}|} 100\%, \quad (6.29)$$

де  $\Delta$  – абсолютна похибка температурного датчика;

$|X_{H.TC}|$  – нормована величина, діапазон вимірювання температури.

Звідси отримаємо:

$$\Delta_{TC} = \frac{\gamma_{TC} |X_{H.TC}|}{100\%}. \quad (6.30)$$

З отриманого виразу матимемо:

$$\Delta_{TC} = \frac{1.5 \cdot |25 - 10|}{100\%} = 0,22^\circ C.$$

Визначаємо СКВ похибки датчика температури за формулою:

$$\sigma = \frac{\Delta_{TC}}{\sqrt{3}}. \quad (6.31)$$

Оскільки абсолютна похибка датчика становить  $1^{\circ}\text{C}$ , то матимемо:

$$\sigma = \frac{0,22}{\sqrt{3}} \approx 0,13.$$

Визначаємо із формули (6.31) абсолютну похибку  $\Delta_{TC} = \sigma\sqrt{3}$  і підставивши у вираз (6.29), отримаємо формулу для визначення зведеної похибки вимірювального каналу  $\gamma_1$  для датчика температури:

$$\gamma_1 = \frac{\sigma\sqrt{3}}{|X_{н.тс}|} 100\% = \frac{0,13 \cdot \sqrt{3}}{|25-10|} 100 = 1,5\%.$$

### 6.3 Висновки до розділу

В даному розділі було розглянуто метрологічні характеристики системи оптимального управління обігрівом приміщень, а саме розглянуто рівняння перетворення та його графічне зображення, також, було розглянуто статичні характеристики вимірювального каналу, а саме, було розраховано: чутливість, адитивну складову похибки і мультиплікативну складову.

Джерелом виникнення похибки є опосередкований метод вимірювання тепла. Провівши розрахунки абсолютної похибки датчика температури ТМР03, можна сказати, що похибка вимірювання та СКВ похибки задовольняють умови технічного завдання.

## 7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 7.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка системи оптимального управління обігрівом приміщень, яка буде використовуватись для економії витрат на опалення.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів Вінницького національного технічного університету з кафедри метрології та промислової автоматики: Присяжнюк В. В., Маньковська В. С., Кучерук В. Ю. За допомогою таблиці 7.1 за п'ятибальною шкалою використовуючи 12 критеріїв оцінки комерційного потенціалу розробки експерти надали свої оцінки.

Таблиця 7.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів



Продовження табл. 7.1

5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

## Продовження табл. 7.1

12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту
----	---	--	---	--	---

Таблиця 7.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

В таблиці 7.3 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів склала 37, що згідно таблиці 7.2 вважається, що рівень комерційного потенціалу розробки є вище середнього.

Розробка планується використовуватись невеликими офісними приміщеннями, це зручно, тому що, в нічний час коли, приміщення не використовуються, можна підтримувати температуру повітря на рівні санітарного-мінімуму.

Таблиця 7.3 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Присяжнюк В. В.	Маньковська В. С.	Кучерук В. Ю.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	3	3
2	4	3	3
3	3	4	3
4	2	3	2
5	3	4	4
6	5	5	4
7	4	4	5
8	2	3	2
9	4	3	3
10	2	2	2
11	3	3	3
12	2	2	2
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =36	СБ <sub>2</sub> =39	СБ <sub>3</sub> =36
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{36 + 39 + 36}{3} = 37$		

## 7.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

1. Основна заробітна плата – винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці. Вона встановлюється у вигляді тарифних ставок (окладів) і відрядних розцінок для робітників та посадових окладів для службовців. Стаття «Основна заробітна плата робітників» містить витрати на виплату основної заробітної плати робітникам, зайнятим виробництвом продукції.

Основна заробітна плата кожного із розробників (дослідників) з розраховується за формулою:

$$З = \frac{M}{T_p} \cdot t, [\text{грн.}] \quad (7.1)$$

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника.

$T_p$  – число робочих днів,  $T_p = 22$ ;

$t$  – число днів роботи розробника.

Розрахунки основної заробітної плати зведемо в таблицю 7.4:

Таблиця 7.4 – Розрахунок основної заробітної плати розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник	10500	477,3	5	2386
Інженер	6500	295,5	60	17727
Всього				20114

2. Основна заробітна плата робітників  $З_p$  розраховується за формулою:

$$З_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i \quad (7.2)$$

де  $n$  – число робіт по видах та розрядах;

$t_i$  – норма часу на виконання конкретної операції, годин;

$C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує певну роботу, грн./год.:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}} \quad (7.3)$$

де  $M_m$  – мінімальна місячна оплата праці, грн.;

$K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника даного розряду;

$T_p$  – число робочих днів в місяці ( $T_p=21\dots23$  дні);

$T_{зм}$  – тривалість зміни, годин ( $T_{зм} = 8$  годин).

Мінімальна місячна оплата праці робітника з 01.01.2019 року складає 4173,00 грн.

$K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду. Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери наведена в таблиці 7.5:

Таблиця 7.5 – Тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду

Розряд	$K_i$
1	1,00
2	1,09
3	1,18
4	1,27
5	1,36
6	1,45
7	1,54
8	1,64

Інформацію про основну заробітну плату заносимо до таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Основна заробітна плата робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, нормо-годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
1	2	3	4	5
1.Підготовчі	24	1	23.7	569,0
2.Складальні	25	5	32.2	806,1
3.Налагоджувальні	38	2	25.8	982,1
4.Випробувальні	12	4	30.1	361,3
Всього				2718,6

3. До статті «Додаткова заробітна плата» відносяться витрати на виплату виробничому персоналу підприємства додаткової заробітної плати за працю понад установлені норми, заохочувальні виплати за поточну

виробничу діяльність, компенсаційні виплати тощо. Звичайно, ці витрати встановлюються у відсотках до основної заробітної плати на підставі відповідних розрахунків на підприємстві:

$$Z_{\partial} = 11\% \cdot Z_{\Sigma}, \quad (7.4)$$

$$Z_{\partial} = 11\% \cdot (20114 + 2718,6) = 2511,5 (\text{грн}).$$

4. Витати на соціальні заходи виникають внаслідок здійснення обов'язкової сплати єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування. Відрахування на соціальні заходи здійснюється від суми всіх витрат на оплату праці робітників, зайнятих безпосередньо виробництвом продукції:

$$B_{\text{сз}} = (Z_{\Sigma} + Z_{\partial}) \cdot \frac{\beta}{100\%}, \quad (7.5)$$

де  $\beta$  – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, %.

З 1.01.2016 року ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування встановлена залежно від класу професійного ризику виробництва і для бюджетної сфери  $\beta = 22,0\%$ .

$$B_{\text{сз}} = (20114 + 2718,6 + 2511,5) \cdot \frac{22,0\%}{100\%} = 5575,6 (\text{грн}).$$

5. У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування у загальному можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot T}{T_{\text{кор}} \cdot 12} \quad [\text{грн}], \quad (7.6)$$

де  $\Pi$  – балансова вартість даного виду обладнання (приміщень), грн.;

$T_{\text{кор}}$  – час користування;

$T$  – термін використання обладнання (приміщень), цілі місяці.

Згідно пункта 137.3.3 Податкового кодекса амортизація нараховується на основні засоби вартістю понад 2500 грн.

Всі проведені розрахунки амортизаційних відрахувань заносимо в табл. 7.7.

Таблиця 7.7 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання, приміщень	Балансова вартість, грн.	$t_{\text{кор}}$ (р)	Термін використання міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
1. Комп'ютер	17000	3	2	944.44
2. Сенсори температури	3000	4	1	62.50
3. Будівля	170 000	20	2	1416.67
4. Електромагнітні клапани	4 500	4	1	93.75
Всього				2517.36

6. Норма витрат матеріалу – це плановий показник, який визначає максимально допустимі затрати відповідних ресурсів на виробництво одиниці продукції в умовах певного рівня техніки і організації виробництва.

Витрати на матеріали  $M$ , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot \Pi_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot \Pi_v \quad \text{грн.}, \quad (7.7)$$

де  $H_i$  – витрати матеріалу  $i$ -го найменування, кг;

$\Pi_i$  – вартість матеріалу  $i$ -го найменування, грн./кг.;

$K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = (1,1 \dots 1,15)$ ;

$B_i$  – маса відходів матеріалу  $i$ -го найменування, кг;

$\Pi_v$  – ціна відходів матеріалу  $i$ -го найменування, грн/кг;

$n$  – кількість видів матеріалів.

Інформацію про використанні матеріали подамо у вигляді табл. 7.8.

Таблиця 7.8 – Матеріали, що використанні на розробку

Найменування матеріалу	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь	175	1,44	252
Алюміній	180	1,2	216
Пластмаси	28	1,3	36,4
Дріт	13,5	2,3	31,05
Дріт монтажний	16,6	2,1	34,86
Лакотканина	25	1,1	27,5
Припай	96	2,5	240
Каніфоль	18	0,8	14,4
Спирт етиловий	58	1,2	69,6
Лак	37	0,5	18,5
Всього			940,31
З врахуванням коефіцієнта транспортування			1034,3

4. Витрати на комплектуючі вироби, які використовують при виготовленні одиниці продукції, розраховуються, згідно їх номенклатури, за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n H_i \cdot \Pi_i \cdot K_i, \quad (7.8)$$

де  $H_i$  – кількість комплектуючих  $i$ -го виду, шт.;

$\Pi_i$  – покупна ціна комплектуючих  $i$ -го найменування, грн.;

$K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат (1,1...1,15).



Таблиця 7.9 – Комплектуючі, що використані на розробку

Найменування	Ціна, грн.	Витрачено, шт.	Вартість, грн.
Оптопара 4N35	20	4,25	85
Діоди LL4148	21	1,4	29.4
Перемикач	20	1,75	35
Конденсатори	26	8,96	232.96
Резистори	89	3,82	339.98
Транзистори BC846	20	4,50	90
Мікросхема Atmega 1281	1	185	185
Електромагнітне реле SRd-24DVC-SB-CL	20	36,54	730.8
Датчик температури	20	150	3000
Роз'єми	21	20	420
Радіопередавач	1	1360	1360
Всього (з врахуванням транспортних витрат)			7158.95

8. До статті «Паливо та енергія на технологічні цілі» відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються у процесі виробництва продукції. У даному випадку будемо враховувати лише витрати на електроенергію. Витрати на енергію визначаються на основі витрат на одиницю продукції та тарифів на енергію за допомогою залежності:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, \quad (7.9)$$

де  $V$  – вартість 1 кВт енергії, грн.  $V = 2,1$  грн/кВт\*год;

$P$  – установлена потужність обладнання, кВт. При паяні використовується паяльник потужність  $P = 300$  Вт або  $P = 0,3$  кВт;

$\Phi$  – фактична кількість годин роботи обладнання, год.  $\Phi = 200$  год;

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт використання потужності,  $K_{\Pi} = 0,65$ .

$$B_c = 2,18 \cdot 0,3 \cdot 200 \cdot 0,65 = 81,9 (\text{грн}).$$

9. Інші витрати  $B_{in}$  охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо.

Інші витрати  $B_{in}$  можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

$$B_{in} = (1..3) \cdot (3 + 3_p). \quad (7.10)$$

$$B_{in} = 1 \cdot (20114 + 2718,6) = 22832 (\text{грн.})$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати, які безпосередньо стосуються даного розділу МКНР:

$$B = 20114 + 2718,6 + 2511,5 + 2517,36 + 1034,3 + 7158,95 + 81,9 + 22832 = 64544,2 \text{ грн.}$$

Загальна вартість всієї МКНР визначається за формулою:

$$B_{заг} = \frac{B}{\alpha} \quad (7.11)$$

$$B_{заг} = \frac{64544,2}{0,5} = 129088,48 (\text{грн.})$$

Прогнозування загальних втрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної МКНР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B}{\beta}, \quad (7.12)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

Оскільки, робота знаходиться на стадії розробки дослідного зразка, то коефіцієнт  $\beta = 0,5$ .

Звідси:

$$3B = \frac{129088,48}{0,5} = 258177(\text{грн}).$$

### 7.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства  $\Delta\Pi_i$ , для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (7.13)$$

де  $\Delta\Pi_o$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році.

$N$  – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

$\Pi_o$  – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

$n$  – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки:

$l$  – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт  $l = 0,8333$ .

$p$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту.  $p = 0,25$ ;

$x$  – ставка податку на прибуток. У 2019 році – 18%.

Припустимо, що при впровадженні результатів наукової розробки покращується якість, що дозволяє підвищити ціну його реалізації на 1000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року на 80 шт., протягом другого року – на 90 шт., протягом третього року на 110 шт. Реалізація продукції до впровадження розробки складала 20 шт, а її ціна 30000 грн. Розрахуємо прибуток, яке отримає підприємство протягом трьох років.

$$\Delta\Pi_1 = [1000 \cdot 20 + (30000) \cdot 80] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 413400(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_2 = [1000 \cdot 20 + (30000) \cdot (80 + 90)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 891215(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_3 = [1000 \cdot 20 + (30000) \cdot (80 + 90 + 110)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 1454943(\text{грн.})$$

#### **7.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності**

Розрахуємо основні показники, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності. Теперішню вартість інвестицій  $PV$ , що вкладаються в наукову розробку приймемо рівну загальним витратам  $PV = ЗВ = 258177$  грн.

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій  $E_{abc}$  згідно наступної формули:

$$E_{abc} = (ПП - PV) \tag{7.14}$$

де  $ПП$  – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн;

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (7.15)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДЦКР, грн;

$T$  – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

$t$  – період часу (в роках).

$$ПП = \frac{413400}{(1+0,2)^1} + \frac{891215}{(1+0,2)^2} + \frac{1454943}{(1+0,2)^3} = 1809296,38(\text{грн.}).$$

$$E_{abc} = (1809296,38 - 258177) = 1551119,41(\text{грн.}).$$

Оскільки  $E_{abc} > 0$  то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_g$ . Для цього користуються формулою:

$$E_g = T_{жс} \sqrt{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (7.16)$$

$T_{жс}$  – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_g = \sqrt[3]{1 + \frac{1551119,41}{258177}} - 1 = 0,91 = 91\%$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \tag{7.17}$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2018 році в Україні  $d = (0,14 \dots 0,2)$ ;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина  $f = (0,05 \dots 0,1)$ .

$$\tau_{\min} = 0,18 + 0,05 = 0,23$$

Так як  $E_g > \tau_{\min}$  то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g} \tag{7.18}$$

$$T_{ок} = \frac{1}{0,91} = 1,1 \text{ (роки)}$$

Так як  $T_{ок} \leq 3 \dots 5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

## 7.5 Висновки до розділу

Оцінка комерційного потенціалу розробки системи оптимального управління обігрівом приміщень є вище середньої. В результаті порівняння нової розробки з аналогом, виявлено, що системи оптимального управління обігрівом приміщень, яка розробляється краще за технічними показниками і є економічно вигідною порівняно з існуючими розробками. Крім того нова розробка на 63 % якісніше за аналог та конкурентоспроможніше.

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 64544,2 грн. Загальна ж величина витрат на виконання та впровадження результатів даної НДР буде складати 258177 грн.

Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 1,1 роки при прогнозованому прибутку 1809296,38 грн. за три роки.

## ВИСНОВКИ

Виходячи з отриманого індивідуального завдання, у даній магістерській кваліфікаційній роботі було розроблено систему оптимального управління обігрівом приміщень. Дана система може застосовуватись, як у невеликих офісних приміщеннях, так і у житлових будинках.

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи було проведено огляд існуючих способів вимірювання витрат тепла на обігрів приміщень, здійснено їх аналіз, та обрано потрібні засоби для виконання поставленої задачі. Проаналізовано види систем опалення.

Розроблена система складається з наступних блоків: мікроконтролера ATmega 1281-16AU, інтерфейсу обміну даними RS-485, датчика температури TMP03, оптопари 4N35, електромагнітного реле SRD-24VDC-SB-CL та джерела живлення.

В кваліфікаційній роботі розроблено електричні структурну, функціональну та принципову схеми оптимальної системи управління обігрівом приміщень, наведено зовнішній вигляд системи оптимального управління обігрівом приміщень та структурну схему системи опалення .

Проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки, де було представлено кілька варіантів структурних схем, а також порівняння нової розробки з аналогом. Проаналізувавши принцип дії кожної схеми було обрано оптимальний варіант, на базі якого було розроблено електричну принципову схему, для вирішення поставленого завдання. В процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунки метрологічних характеристик.

Також в даній роботі було проведено розрахунки кошторису на виробництво системи оптимального управління обігрівом приміщень її собівартість та термін окупності, які підтвердили, що впровадження нової розробки є економічно вигідним та доцільним.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. П.І. Кулаков, В.С. Коваль, “Система оптимального управління обігрівом приміщень”, Збірник тез доповідей «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2019)» Вінницького національного технічного університету, с.77, 2019.
2. Сканава А.Н. Опалення: Посібник для технікумів. – 2-е вид., перероб. і доп. – М.: Стройиздат, 1988. – 416 с.
3. Богословський В.Н., Сканава А.Н. Опалення: Посібник для вузів. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.
4. Офіційний сайт Вінницької міської ради [Електронний ресурс]. Режимдоступу:<http://www.vmr.gov.ua/Lists/CityNews/ShowNews.aspx?ID=1986>
5. Патент 78963 UA, МПК G01K 17/08 (2006/01) Спосіб виміру й обліку індивідуального споживаного тепла в системах централізованого теплопостачання. Переверзєв Д.Ю., Овчаров С.В.; заявник Таврійський Державний агротехнологічний Університет.–№u201210036; заявл.21.08.2012; опубл.10.04.2013, Бюл.№7, 2013 р.
6. Розподільники тепла. Опис, принцип роботи розподільників тепла. [Електронний ресурс] .Режим доступу: <http://teplokom.com.ua/vopros-otvet/raspredeliteli-tepla-opisanie-princip-raboty.html>
7. В. В. Присяжнюк, В. С. Коваль, “Модифікований розподільник тепла”, Електронні наукові видання Вінницького національного технічного університету, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2018/paper/view/4599>
8. До питання обліку теплової енергії / Г. П. Трохимчук, С. О. Приступа // Перспективні технології та прилади. - 2015. - Вип. 7. - С. 131-135 с.
9. Фарзане Н.Г. Технологічні вимірювання і прилади: навч. /Н.Г.Фарзане, Л.В.Лясков, А.Ю.Алім-заде. - М., 1989.- 456 с.

10. ЭЛЕМЕР-УФА. Офіційне регіональне представництво ООО НПП «Элемер» м. Зеленоград [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://elemerufa.ru/production/datchiki-temperaturyi>
11. Геращенко О.А. Теплові і температурні вимірювання: довідкове керівництво. К.: Наукова думка., 1965. – 304 с.
12. Мэклин Э. Д. Терморезистори: Пер.з англ./Під загальною редакцією К. И. Мартюшова. – М.: Радіо і зв'язок., 1983. – 208с.
13. Бабук В. А. Вимірювання температури за допомогою термопар: метод. посібник / Бабук В. А. – СПб., 2007. – 12 с.
14. Кухлинг Х. Довідник з фізики. – М.: Мир, 1982.–374–375с.
15. Заміщак Н., Луцик Я. Аналіз основних способів обліку використання тепла індивідуальними споживачами. Львів. – НЛПІ. – 2013. – 12с.
16. Аш Ж. Датчики измерительных систем. – М.: Мир, 1992. – 424 с.
17. Поджаренко В.О., Кухарчук В.В. Вимірювання і комп'ютерно-вимірювальна техніка. Навчальний посібник. – К.: УМК ВО, 1991. – 240 с.
18. Serial Digital Output Thermometers [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/TMP03\\_04.pdf](http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/TMP03_04.pdf)
19. Microcontroller Atmega1281-16AU: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.chipdip.ru/product/atmega1281-16au>
20. RS-485: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uadoc.zavantag.com/text/18321/index-1.html>
21. Електромагнітне реле SRD-24VDC-SB-CL [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rlocman.ru/datasheet/data.html?di=480961&/SRD-24VDC-SL-C>
22. Оптопара, вихідний фототранзистор з управлінням по базі 4N35, 4N36, 4N37 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

[http://www.triatron.ru/upload/specification/29-03-VISHAY/04-4N35-4N37\\_rus.pdf](http://www.triatron.ru/upload/specification/29-03-VISHAY/04-4N35-4N37_rus.pdf)

23. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко; За ред. проф. Є.С. Поліщука. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003. – 544 с.

## **ДОДАТКИ**

Додаток А (обов'язковий). Система оптимального управління обігрівом приміщень. Технічне завдання





Додаток Б (обов'язковий). Система оптимального управління обігрівом приміщень. Схема електрична структурна



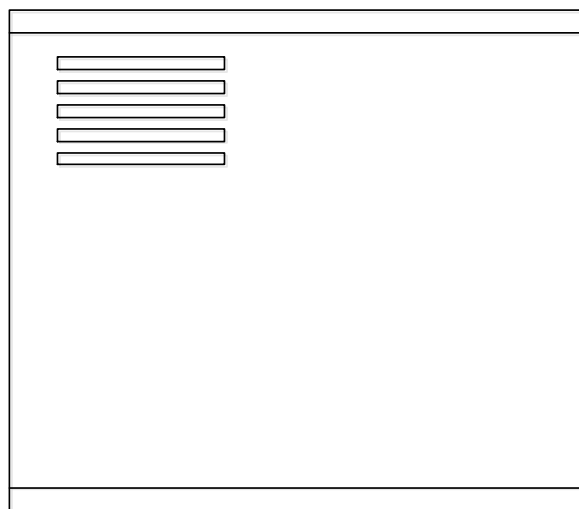
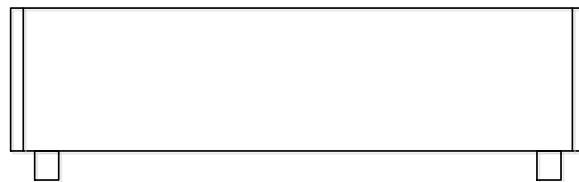
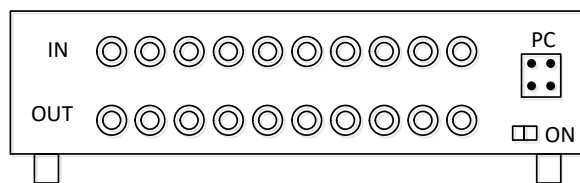
Додаток В (обов'язковий). Система оптимального управління обігрівом приміщень. Схема електрична функціональна

Додаток Г (обов'язковий). Система оптимального управління обігрівом приміщень. Схема електрична принципова

Додаток Д (обов'язковий). Система оптимального управління обігрівом приміщень. Перелік елементів



Додаток Е (обов'язковий). Система оптимального управління обігрівом приміщень. Зовнішній вигляд



## Додаток Ж (обов'язковий). Структурна схема системи опалення

