

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ

Факультет автоматизації та інформаційних технологій

Кафедра автоматизації технологічних процесів

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

**Автоматизована система енергоощадного керування
опаленням адміністративної будівлі з адаптивним
налаштуванням параметрів.**

Київ – 2024 року

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ

Факультет автоматизації та інформаційних технологій

Кафедра автоматизації технологічних процесів

“До захисту допущено”

Завідувач кафедри

(підпис) (прізвище та ініціали)
“ ” _____ 2024року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр

Спеціальність: 174 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

на тему: **Автоматизована система енергоощадного керування
опаленням адміністративної будівлі з адаптивним налаштуванням
параметрів**

Виконав: студент II курсу, групи АКІТм-23

Мельник Денис Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н. доц. Луценко В.Ю.

(науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Науковий керівник ас.каф.АТП Самойленко М.І.

(науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Київ – 2024 року

Київський національний університет будівництва і архітектури
Факультет автоматизації та інформаційних технологій
Кафедра АТП

Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр

Галузь знань: 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Спеціальність: 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) (прізвище та ініціали)
“ ____ ” _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

Мельнику Денису Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломного проекту: Автоматизована система енергоощадного керування опаленням адміністративної будівлі з адаптивним налаштуванням параметрів

2. Керівник проекту Самойленко Микола Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

3. Строк подання студентом проекту: _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки за розділами:

Р.1. Огляд систем центрального тепlopостачання.

Р.2. Опис теплового пункту як ключового елемента системи централізованого тепlopостачання.

Р.3. Шляхи та методи енергоефективного керування опаленням будівлі.

Р.4. Побудова та опис математичної моделі системи керування температурою в адміністративній будівлі.

Р.5. Опис схем блоків розроблених в проекті.

Р.6. Техніко-економічні розрахунки впровадження енергозберігаючих заходів

5. Перелік графічного матеріалу:

Р.1. Слайди презентації 1-3

Р.2. Слайди презентації 4-5

Р.3. Слайди презентації 6-7

Р.4. Слайди презентації 8-12

Р.5. Слайди презентації 13-15

6.Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1			
2			
3			
4			
5			
6			

7. Дата видачі завдання: “ ___ ” _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ З/п	Розділи дипломного проекту	Термін виконання	Позначка про виконання	Підпис керівника проекту
1	Розділ 1			
2	Розділ 2			
3	Розділ 3			
4	Розділ 4			
5	Розділ 5			
6	Розділ 6			
7	Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат			
8	Остаточне оформлення проекту			
9	Попередній захист на кафедрі АТП			

Студент Мельник Д.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту Самойленко М.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (summary) до атестаційної випускної роботи студента:		Мельника Дениса Валерійовича.	
Назва ВНЗ	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема	Автоматизована система енергоощадного керування опаленням адміністративної будівлі з адаптивним налаштуванням параметрів		
Освітній ступень	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання		
Факультет	автоматизації і інформаційних технологій		
Кафедра	Автоматизації технологічних процесів		
Галузь знань	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації		
Спеціалізація	174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка		
Керівник	к.т.н. доц. Луценко В.Ю., асистент Самойленко М.І.		
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А1
	83	6	
Розділ 1 Огляд систем центрального теплопостачання..	Приведено огляд систем централізованого теплопостачання будинків, стан та перспективи використання централізованого опалення в Україні та Європі. Приведено опис ТЕЦ як джерела тепла, теплових мереж, як транспортувальника та будівлі як кінцевого споживача теплової енергії.		
Розділ 2 Опис теплового пункту як ключового елементу системи централізованого теплопостачання	В розділі розглянуто основні вузли теплопостачання будинку, а іменно тепловий пункт: класичний елеваторний вузол, вузол залежного та вузол незалежного підключення абонентів. Вказані переваги та недоліки кожного з теплових пунктів. Приведено опис погодозалежного керування опаленням та керування опаленням по температурно- часовому графіку.		
Розділ 3 Шляхи та методи енергоефективного керування опаленням будівлі.	Приведено загальний аналіз існуючих методів енергоефективного керування опаленням адміністративної будівлі, та приведені їх порівняння. Розглянуті перспективні методи кількісного та якісного регулювання температури в подаючій гілці системи опалення.		
Розділ 4 Побудова та опис математичної моделі системи керування температурою в адміністративній будівлі..	Розділ присвячений побудові математичної моделі об'єкту керування: приміщення в цілому та опалювального приладу. В якості початкових умов обрано типову середню температуру зовнішнього повітря за опалювальний період, типову температуру в приміщенні та зроблено ідентифікацію математичної моделі. Результати моделювання представлено у вигляді графіків. З допомогою математичної моделі проведено дослідження роботи двох режимного регулятора температури		
Розділ 5. Опис схем блоків розроблених в проєкті.	Приведено опис розроблених блоків, таких як: - принципова електрична схема шафи автоматики; - схема зовнішніх підключень шафи автоматики.		

Розділ 6 Техніко-економічні розрахунки впровадження енергозберігаючих заходів	Проведено розрахунок економічної доцільності впровадження проекту, розраховано затрати та економію, визначено період окупності проекту, впровадження доцільно період окупності капітальних затрат менший за нормативний.
Висновки по роботі:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Енергетична ефективність роботи системи опалення адміністративної будівлі в першу чергу від температури в приміщенні. 2. Коректна та ефективна система опалення включає в себе обов'язкове балансування стояків по тепловій потужності, що дозволяє в тому числі компенсувати нерівномірність теплових втрат по фасадах будівлі. 3. Використання погодозалежних графіків опалення дозволяє уникати перетопів та раціонально використовувати теплову енергію. 4. В адміністративній будівлі доцільно використовувати двох температурний графік опалення: в робочий час підтримувати комфортні умови, а в не робочий – економну температуру, що дозволяє заощадити близько 30% теплової енергії. 5. Використання двоережимного опалення можливо лише з урахуванням запасу теплової потужності.
<p>Ключові слова: системи опалення, теплопостачання, мікроклімат, автоматизація, адаптивне керування, математична модель</p>	
<p>Keywords: heating systems, heat supply, monitoring, microclimate, automation, adaptive control, mathematical model</p>	

Укладач: _____ / Мельник Д.В. /

Керівник: _____ / Самойленко М.І. асистент /

“ ___ ” _____ 2024_

Зміст

Вступ.....	9
1. ОГЛЯД СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.	11
1.1. Сучасний стан та перспективи централізованого теплопостачання.....	11
1.2. Роль ТЕЦ та теплової акумуляції у 3G-системах ЦТ.....	13
1.3. Транспортування теплоносія у 3G-системах ЦТ.....	15
1.4. Споживання тепла у 3G-системах ЦТ	16
1.5. Опис системи опалення адміністративної будівлі як кінцевого споживача теплової енергії.	17
1.6. Балансування системи опалення.	21
2. Опис теплового пункту як ключового елемента системи централізованого теплопостачання.....	29
2.1. Тепловий пункт з елеваторним вузлом змішування.	29
2.2. Тепловий пункт, підключений за незалежною схемою	32
2.3. Опис теплового пункту, підключеного за залежною схемою.	35
2.4. Погодозалежне керування тепловим пунктом.....	37
2.5. Температурний графік системи опалення.	43
3. Шляхи та методи енергоефективного керування опаленням адміністративної будівлі.....	45
3.1. Аналіз стану сучасних систем опалення та шляхи підвищення енергоефективності.....	45
3.2. Зниження температури в неробочий час.	53
3.3. Кількісне регулювання теплового потоку	55
4. Побудова та опис математичної моделі системи керування температурою в адміністративній будівлі.....	59

4.1. Моделювання процесу тепловіддачі радіаторів опалення	59
4.2. Розробка математичної моделі температури повітря в опалювальному приміщенні.....	62
4.3. Моделювання перехідних етапів керування температурою в приміщенні.....	66
5. ОПИС СХЕМ БЛОКІВ РОЗРОБЛЕНИХ в проекті.....	67
5.1. Опис принципової електричної схеми шафи автоматики балансування системи.....	67
5.2. Опис принципової електричної схеми шафи автоматики теплопункту.....	69
5.3. Опис монтажною схеми та схеми зовнішніх підключень шафи автоматики.....	70
6. Розрахунок економічної ефективності проекту.....	72
6.1. Загальні відомості.....	72
6.2. Техніко-економічне обґрунтування проведення заходів з енергозбереження.....	73
6.3. Оцінка економії від впровадження заходу: організація автоматизованого теплового пункту.....	76
Висновки	79
Список використаної літератури.....	80
Додатки	82

ВСТУП

Дипломний проект присвячено автоматизації системи опалення багатоповерхової адміністративної будівлі. Комфортні умови визначаються першочергово температурою в приміщенні, температура в приміщенні, в зимовий період, підтримується системою опалення. Більшість багатоквартирних будинків підключені до централізованої системи опалення, котра включає в себе котельні, мережі та тепlopункти. Тепlopункти готують теплоносій для контурів опалення будинку а також підігрівають воду для потреб гарячого водопостачання. Автоматизація роботи теплового пункту дозволяє створити комфортні температурні режими в житловому багатоповерховому будинку та одночасно раціонально використовувати теплову енергію.

У розділі 1 Приведено огляд систем централізованого теплопостачання будинків, стан та перспективи використання централізованого опалення в Україні та Європі. Приведено опис ТЕЦ як джерела тепла, теплових мереж, як транспортувальника та будівлі як кінцевого споживача теплової енергії.

У розділі 2 В розділі розглянуто основні вузли теплопостачання будинку, а іменно тепlopункту: класичний елеваторний вузол, вузол залежного та вузол незалежного підключення абонентів. Вказані переваги та недоліки кожного з теплових пунктів. Приведено опис погодозалежного керування опаленням та керування опаленням по температурно - часовому графіку.

Аналіз існуючих методів енергоефективного керування опаленням адміністративної будівлі, порівняння методів керування присвячений розділ 3. Розглянуті перспективні методи кількісного та якісного регулювання температури в подаючій гілці системи опалення

Розділ 4 присвячений побудові математичної моделі об'єкту керування: приміщення в цілому та опалювального приладу. В якості початкових умов обрано типову середню температуру зовнішнього повітря за опалювальний період, типову температуру в приміщенні та зроблено ідентифікацію

математичної моделі. Результати моделювання представлено у вигляді графіків. З допомогою математичної моделі проведено дослідження роботи двох режимного регулятора температури

В розділі 5 приведено опис розроблених блоків, таких як:

- принципова електрична схема шафи автоматики;
- схема зовнішніх підключень шафи автоматики.

Розділ 6 присвячено розрахунку економічної ефективності впровадження проекту.

1. ОГЛЯД СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

1.1. Сучасний стан та перспективи централізованого теплопостачання.

Активний розвиток систем централізованого теплопостачання (ЦТ), що спостерігається в країнах ЄС, свідчить, що сучасні системи ЦТ є не лише більш ефективними у порівнянні з індивідуальними системами опалення та гарячого водопостачання у містах з щільною забудовою, а й виконують функцію інтеграції енергетичних секторів. Для України останнє важливо, зокрема, тим, що можливості систем ЦТ в інтеграції поновлюваних джерел енергії здатні забезпечити необхідну гнучкість національної енергосистеми.

Системи ЦТ за більш як століття свого розвитку пройшли довгий шлях: від перших парових систем, через нерегульовані системи (що дотепер здебільшого поширені в Україні) до автоматизованих систем і, далі, до інтелектуальних високоефективних низькотемпературних систем ЦТ, що сьогодні розвиваються в країнах Північної та Західної Європи.

Про який би з етапів розвитку ЦТ не йшлося, його основа незмінна: від джерела тепла, що підігріває теплоносій, через транспортну мережу теплоносій надходить до споживача. Етапи, або покоління, розвитку ЦТ відрізняються рівнем ефективності використання енергії в системі, ступенем контролю кожної з її ланок та гнучкістю реагування на зміни можливостей постачання та попиту.

Наразі, в більшості українських міст, де застосовано систему ЦТ, йде повільний перехід від нерегульованих систем 2-го покоління до автоматизованих систем ЦТ 3-го покоління. Для систем 3-го (3G) покоління характерні облік споживання енергії по всьому ланцюгу системи теплопостачання, більш ефективні й різноманітні джерела генерації, попередньо ізольовані трубопроводи для транспортування енергії, а на стороні споживача – робота компактних автоматизованих індивідуальних теплових пунктів (ІТП).

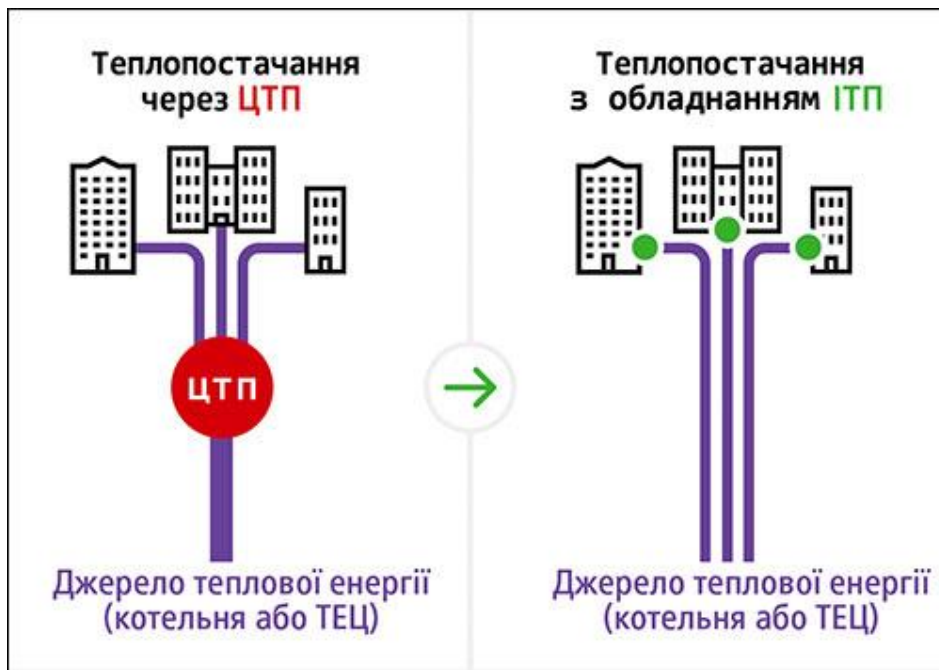


Рис. 1.1. Схеми розподілу теплової енергії від джерела тепла до споживача через індивідуальний тепловий пункт

Джерела тепла в третьому поколінні систем ЦТ стали більш різноманітними. Окрім ТЕЦ, котелень чи сміттєспалювальних заводів, що є традиційною основою енергопостачання у системах ЦТ другого покоління, зниження температури в мережі (зі 120-90°C до, переважно, 95-70°C або 80-60°C) та підвищення ефективності всього ланцюга теплопостачання, уможливили включення відновлюваних джерел тепла до мережі ЦТ третього покоління (3G).

Йдеться, зокрема, про установки, що використовують як паливо біомасу з конденсацією димових газів, сонячну теплову енергію, геотермальне та надлишкове тепло від промислових процесів, акумуляцію тепла (у тому числі сезонне зберігання).

З точки зору потенціалу включення відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) у теплову генерацію, показовим для України є приклад сусідньої Литви, де 2000 року частка енергії, виробленої за допомогою альтернативних видів палива, зокрема з твердої біомаси та відходів, складала 3%, тоді як 2020 року це значення сягнуло вище 56%. Джерела, що використовували природний газ

як паливо суттєво знизили роль в виробництві тепла – з понад 80% у загальній структурі виробництва тепла у 2000 році, до менш як 20% у 2020 році. Загальна частка ВДЕ в системах централізованого тепlopостачання Литви наразі становить більше 80%.

Особливу увагу привертають можливості застосування великомасштабних теплових насосів (ТН) для розширення частки поновлюваних джерел енергії в ЦТ. Так, наприклад, можна використовувати ТН великої потужності для утилізації низькопотенційного тепла циркуляційної води ТЕЦ. Потенціал, який може дати 1000 м³/г циркуляційної води становить приблизно 4,4 МВт теплової енергії в опалювальний сезон із заміщенням 1,510,000 м³ природного газу та зниженням викидів на 1,09 тис. т СО₂. Для порівняння, витрата циркуляційної води на ТЕЦ-6 м. Києва для однієї градирні в зимовий період складає 28,500 м³/год, що може зробити теплового насосну станцію на базі цієї ТЕЦ однією з найбільших в Європі.

Така концепція реалізована на ТЕЦ Simmering (Відень), що знаходиться в управлінні Wien Energie GmbH, найбільшого постачальника енергії в Австрії. Теплонасосна станція складається з двох однакових компресорних установок компанії FrioTherm. Використовуваний холодоагент - R1234ze. Теплова потужність установки 27-40 МВт. Таким чином, це найпотужніший ТН в Центральній Європі на сьогодні (початок монтажу – листопад 2017 року, введений в експлуатацію наприкінці 2018 року). Температура джерела тепла від 6 до 27°C, самих джерел кілька: контур охолодження електростанцій і Дунайський канал. Температура на виході - 95°C, що є стандартною температурою в радіаторній системі опалення. Середнє значення COP - 3.

1.2. Роль ТЕЦ та теплової акумуляції у 3G-системах ЦТ

Як і в системах другого покоління, в третьому поколінні ТЕЦ відіграють ключову роль, але тут до загальної конструктивної складової додається теплова акумуляція. Завдяки використанню акумуляторів тепла ТЕЦ може знизити комбіноване виробництво, коли в системі багато електроенергії від

ВДЕ, але при цьому споживачі будуть забезпечені необхідною кількістю тепла.

Перелічимо переваги теплової акумуляції, характерні для всіх видів ТЕЦ:

Великомасштабні теплові акумулятори можуть дозволити повністю зупинити ТЕЦ у вихідний день, коли в мережі присутня надмірна кількість електроенергії, а тепло може подаватися з акумуляторів;

Акумулятор компенсує добові коливання навантаження, які пов'язані не тільки з системою ГВП, але і з коливаннями, викликаними зниженням температури зовнішнього повітря в нічний час і, відповідно, з роботою індивідуальних теплових пунктів;

Скорочується час запуску і зупинки ТЕЦ, мінімізуються пікові потужності.

Уможлиблюється експлуатація ТЕЦ в номінальному режимі «найхолодніший день», коли частина навантаження може бути покрита з допомогою акумуляторів.

Акумулятор тепла може підтримувати статичний тиск в мережі централізованого теплопостачання і виконувати функцію розширювального резервуара, при цьому ТЕЦ може працювати в базовому режимі навіть при серйозних аварійних ситуаціях на мережі до їх усунення.

Підвищена динаміка ТЕЦ, можливість оптимальної роботи на енергоринку з високою часткою ВДЕ.

Відтак, генерація у 3G-системах ЦТ, для якої характерні нижчі температури мережі, уможлиблює значне розширення частки ВДЕ, включених у мережу ЦТ. Застосування великомасштабних теплових насосів та теплової акумуляції при ТЕЦ відкриває можливості стабільнішої роботи всієї енергосистеми.

1.3. Транспортування теплоносія у 3G-системах ЦТ

Перехід до 3G-систем ЦТ характеризується не тільки включенням нових видів генерації, але і зниженням теплових втрат в мережі завдяки заміні погано ізольованих трубопроводів в бетонних каналах на попередньо ізольовані трубопроводи. Якщо це зробити в Україні, втрати в мережі знизяться, в середньому, з чинних 20-15% до 8-7%. Своєю чергою, підтримка різниці температур в первинних контурах індивідуальних теплових пунктів і, як наслідок, нижча температура зворотного теплоносія, дозволить знизити теплові втрати ще більше: до 6-5,5 %.

Якщо в системах ЦТ другого покоління гідравлічне балансування здійснювалось із допомогою неавтоматичних пристроїв, дросельних шайб, то в третьому поколінні це вже автоматичні пристрої – індивідуальні теплові пункти, що встановлюється на боці споживача. Вони відіграють подвійну функцію в системі ЦТ: з одного боку, забезпечують приготування теплоносія для потреб конкретного споживача (багатоквартирного будинку чи громадської будівлі), а з іншого боку – дозволяють гідравлічно збалансувати мережу централізованого тепlopостачання.

Останнє слід пояснити детальніше. Коли мережа гідравлічно розбалансована, спостерігається значне зниження ефективності системи ЦТ: абоненти в кінцевих точках мережі не отримують теплоносії потрібної температури, низький ΔT в системі призводить до зниження ККД джерел і збільшення витрат на виробництво енергії; зростає швидкість потоку, підвищуються теплові втрати в трубопровідній мережі, зростають витрати енергії на перекачування теплоносія тощо.

При переході до регульованих (автоматизованих) систем, обмеження максимальної витрати здійснюється за допомогою автоматичних засобів для кожного контуру теплоспоживання в індивідуальному тепловому пункті, що можна назвати первинним гідравлічним балансуванням мережі. Первинне балансування підвищує загальну ефективність системи, створює рівні умови

для всіх споживачів, підключених до мережі, і продовжує термін служби компонентів і трубопроводів мережі (оскільки зниження стрибків тиску призводить до меншої кількості аварій навіть на тих мережах, де термін експлуатації трубопроводів є значним).

1.4. Споживання тепла у 3G-системах ЦТ

Основною особливістю систем ЦТ третього покоління на стороні споживача є перехід від нерегульованих систем до індивідуальних теплових пунктів. Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) – це компонент системи ЦТ, призначений для приймання, перетворення і розподілу теплової енергії (на додачу до функції гідравлічного балансування мережі, про яку йшлося вище). ІТП складається з комплексу автоматичних пристроїв та обладнання, призначеного для приєднання внутрішніх систем теплоспоживання одного споживача (будівлі) до теплової мережі, з забезпеченням кожного виду теплового навантаження необхідними параметрами теплоносія.

Зазвичай внутрішні системи не згадуються при розгляді концептуальних змін в системах ЦТ, але слід відзначити, що налагодження ефективної роботи внутрішніх інженерних систем будівель знижує витрати домогосподарств на теплову енергію на 30-50%, сприяє поступовому переходу до низькотемпературних систем ЦТ, та відкриває шляхи до використання більш ефективних, екологічних та дешевих видів генерації.

Крім ІТП, в системах ЦТ третього покоління важливу роль відіграють розподільні, або центральні, теплові пункти (далі ЦТП). Функціонально їх можна порівняти з класичними ЦТП в системах ЦТ другого покоління, але в третьому поколінні змінюється їхнє призначення. В системах ЦТ другого покоління ЦТП призначався для приєднання до системи невеликих груп споживачів, в основному, через неможливість розмістити великогабаритне, металомістке обладнання в підвальному приміщенні житлового будинку. У

третьому поколінні ЦТ ЦТП застосовуються для підключення великих груп споживачів до магістральних трубопроводів, зокрема, для захисту компонентів систем балансування мережі від високого тиску, а також для приєднання нових видів генерації до поточної мережі.

1.5. Опис системи опалення адміністративної будівлі як кінцевого споживача теплової енергії.

Типова адміністративна будівля велика за площею, збудована за часів СРСР, на даний час потребує реконструкції системи опалення. Типова схема розподілу тепла в адміністративній будівлі представлена на рис.1.2. Схема розподілу однотрубна вертикальна з великою кількістю стояків.

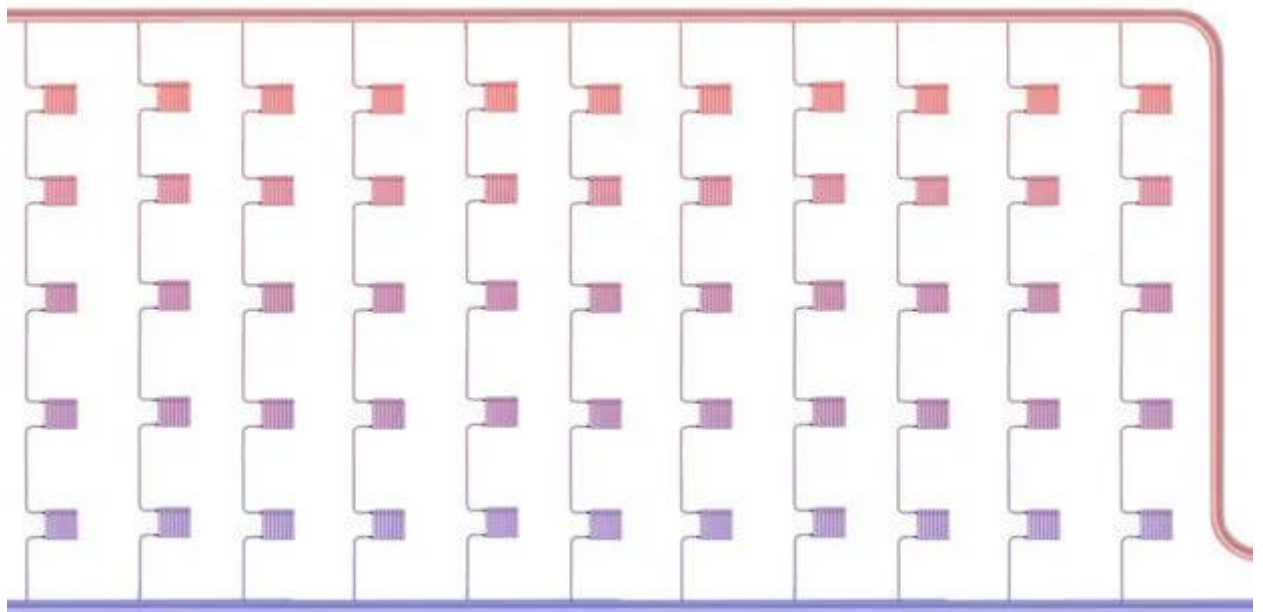


Рис. 1.2. Вертикальна однотрубна схема опалення.

Нижче наведено ілюстрацію типового розподілення тепла у багатоповерхівці з верхнім розподілом теплоносія.

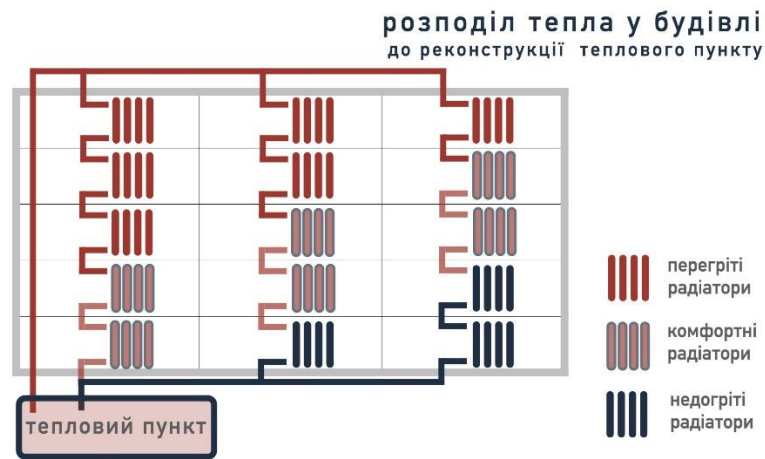


Рис. 1.3. Схема розподілу тепла в будівлі.

Типові проблеми багатоповерхових будівель зазвичай наступні:

- Нерівномірний прогрів верхніх та нижніх поверхів.
- Нерівномірний прогрів ближніх та дальніх від теплового пункту стояків.
- Періодичне зупинення циркуляції, яке спостерігається здебільшого на початку опалювального сезону і якому нічого не допомагає, крім спуску води та повітря з системи опалення.

Представники компаній, що відповідальні за якість тепlopостачання вказують причини в якості ключових виправдань поганої роботи системи опалення:

Тепломережі не догрівають тому у всій будівлі чи у лише у деяких квартирах холодно.

- Запорошені та іржаві труби системи опалення.
- Мешканці будівлі самостійно переробили систем опалення у своїх квартирах, замінивши труби та радіатори.
- Будівля тупикова, бо знаходиться на кінцевій ділянці районної тепломережі - тому майже приречена погано опалюватись, бо нічого їй вже не допоможе.

Плануються та проводяться ремонтні роботи, однак після заміни деяких ділянок трубопроводів ситуація трошки змінилася, але ці зміни зовсім незначні.

Для зміни ситуації на краще в цілому необхідний комплексний підхід: реконструкція і теплових мереж, і тепло розподільчих пунктів, і системи розподілу тепла по стояках в будівлі і самої системи опалення будівлі.

Розглянемо існуючі системи опалення та про види реконструкцій систем опалення багатоповерхівок, їх переваги і недоліки.

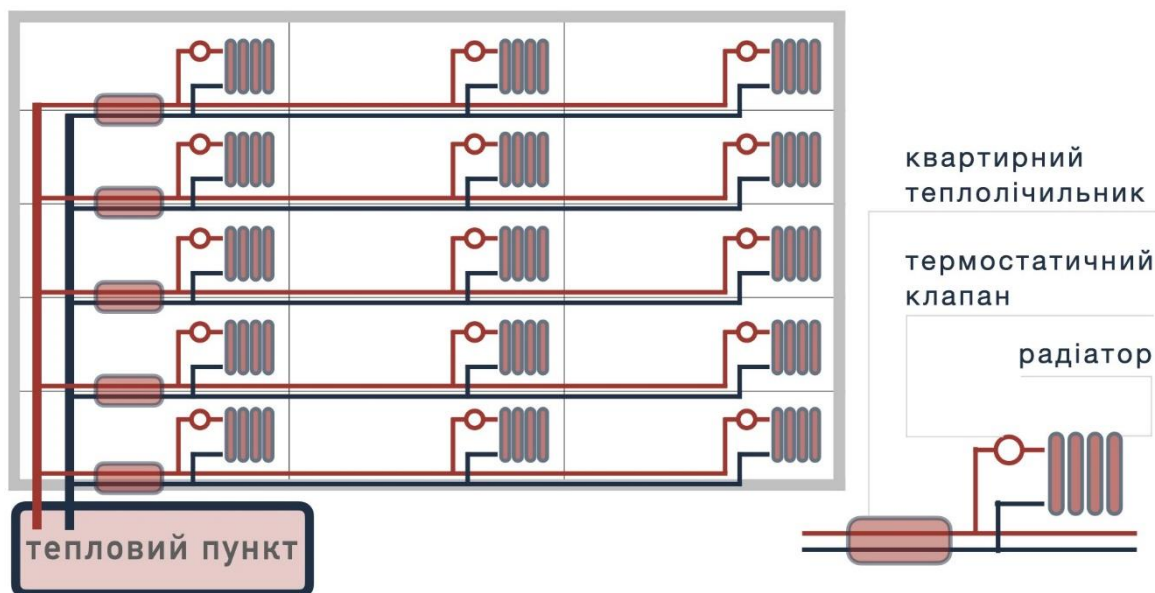


Рис. 1.4. Двох трубна система розподілу тепла в будівлі.

Най кардинальніше рішення це повністю демонтувати стару систему опалення і влаштувати нову горизонтальну двотрубну систему опалення з встановленням радіаторних термостатичних клапанів.

Перевагою такої системи є те що кожна зона будівлі матиме окрему гілку системи опалення а мешканець/користувач в кожному з кабінетів зможе керувати комфортом і теплоспоживанням за власними забаганками.

Другою за значенням перевагою такої системи є те що до кожного радіатора незалежно від поверху і віддаленості її від теплового пункту приходить однаково гарячий теплоносій який ще не проходив крізь інші радіатори та не остигав в них.

Безсумнівно обидві ці переваги є вагомими та саме тому такі системи влаштовують у всіх новобудовах. Але, щоб змонтувати двотрубну горизонтальну систему опалення в адміністративній будівлі яка вже використовувала іншу систему треба повністю демонтувати стару систему та виконати монтаж нової. Цей вид реконструкції потребує найбільших витрат, та зупинки функціонування закладу на час реконструкції.

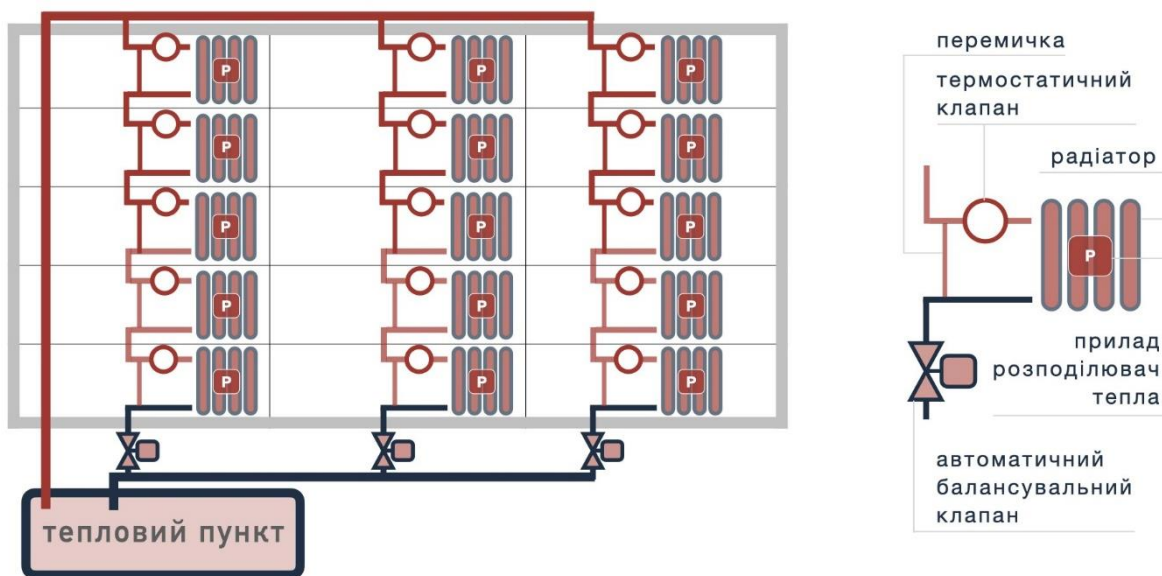


Рис. 1.5. Двотрубна вертикальна схема опалення будівлі.

Зазвичай схильються до варіанту з реконструкції старої вертикальної однострубно́ї системи у таку ж однострубно́ю, але з встановленням радіаторних термостатичних клапанів, влаштуванням перепускних перемичок, автоматичним балансуванням на гілках системи опалення (стояках) та встановленням радіаторних приладів розподільвачів.

Така система дозволяє:

- Регулювати теплоспоживання зонально по кімнатах шляхом налаштування термостатичних клапанів біля кожного радіатора.
- Вирівняти нерівномірність прогріву між стояками шляхом встановлення автоматичних балансувальних клапанів на кожному стояку.
- Трошки вирівняти вертикальну нерівномірність прогріву між верхніми та нижніми поверхами за рахунок перемичок що встановлюються біля кожного радіатора.

Однак таке рішення передбачає півміру з рядом недоліків.

Перше це те що до радіаторів що розташовані першими по ходу теплоносія завжди буде приходити більш гарячий теплоносій, ніж до останніх. Хоча наявність байпасних перемичок трохи нівелює цю ситуацію, та як не крути при верхній подачі теплоносія нижні радіатори завжди будуть холоднішими за верхні.

Однак вважаємо, що потужність радіаторів обрано правильно з урахуванням зміни температури теплоносія по стояку опалення, вважаємо також що є тепловий баланс між тепловтратами та потужністю радіаторів.

Та є і позитивна новина, і вона в тому що таку систему можна змонтувати з мінімальними затратами на реконструкцію. По суті лише додати перемички та вирівняти розподіл тепла по радіаторах.

Якщо метою реконструкції буде лише забезпечити рівномірний прогрів приміщення та зекономити на опаленні відсотків так 30% - достатньо лише грамотно реконструювати тепловий пункт та налаштувати його.

1.6. Балансування системи опалення.

Система опалення передбачає такий принцип роботи, де теплоносій переноситься від одного її вузла до іншого. Завдяки циркуляції теплоносія через опалювальний прилад, наприклад, радіатор або конвектор, відбувається

основний обігрів всього приміщення. Однак, насправді дана схема роботи не завжди працює правильно, так як облаштування опалювальної системи ідеально тільки на проектній документації.

У ході експлуатації показники тепловіддачі можуть помітно знижуватись – падає тиск води в трубах, і температура змінюється. Це спричиняє проблеми з рівномірним розподілом теплоносія по всій системі. У результаті в одній з кімнат квартири або будинку може бути дуже висока температура для комфортного перебування мешканців, а в іншій - дуже низька. Нерівномірний розподіл теплоносія по трубах здатний виправити простий балансувальний клапан у системі опалення.

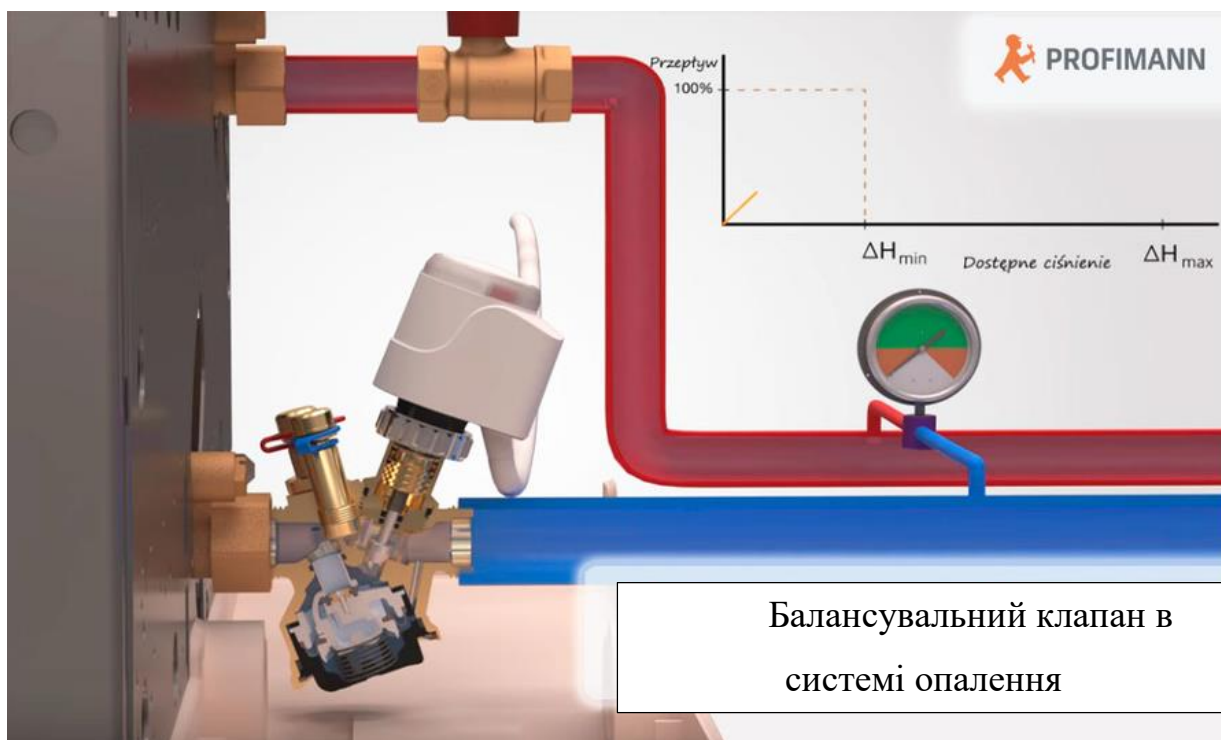


Рис. 1.6. Балансувальний клапан в системі опалення.

Балансувальний клапан – опис та призначення

Балансувальний клапан, який також називають балансувальним вентилям – різновид трубопровідної запірно-регулюючої арматури. Цей елемент є важливою допоміжною деталлю в системі опалення. Головне завдання, яке виконує даний пристрій – забезпечення необхідної витрати

теплоносія на кожному окремому споживачі для ефективної роботи всієї системи, що дозволяє знизити витрати на енергоресурси і викиди CO₂ в атмосферу.



Рис 1.7. Балансувальний клапан. Вид загальний.

Кожна система опалення має бути правильно налагоджена (збалансована), а реальні показники тепловіддачі мають збігатися з розрахунковими. В іншому випадку витрата теплоносія помітно збільшиться, що спричинить додаткові витрати. Балансувальний клапан зараз можна назвати найпростішим і найзручнішим вирішенням цієї проблеми. Зовні такий клапан схожий із простим ручним кульовим краном. Однак при цьому він дозволяє більш плавно регулювати витрати теплоносія. Балансувальний клапан дає можливість суттєво оптимізувати витрату теплоносія як джерела тепла на кожному споживачі, забезпечити його рівномірний розподіл і рух у системі.

Стандартна конструкція балансувального клапану

Балансувальний клапан для систем опалення має просту конструкцію, що складається з ручного вентиля, що дозволяє контролювати регулювання потоку теплоносія. Механізм регулювання також доповнюється двома штуцерами, які служать для:

вимірювання величини вхідного та вихідного тиску на клапані, що дозволяє виміряти точну поточну витрату;

приєднання капілярної трубки та її правильної роботи разом з іншими вузлами конструкції.

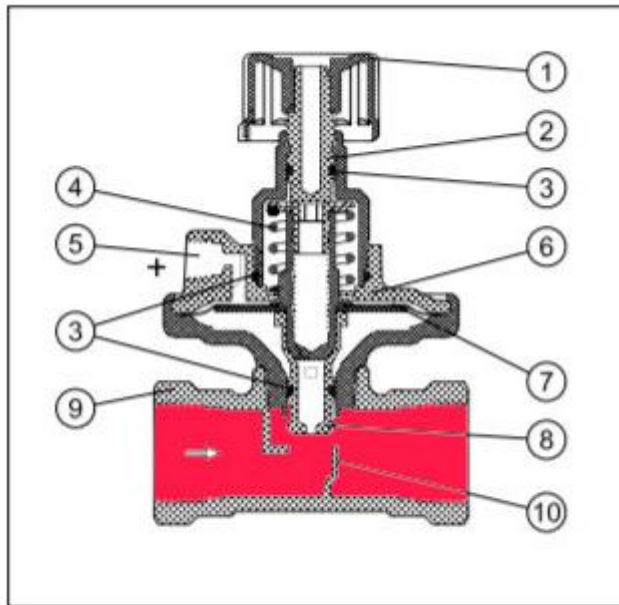


Рис. 1.8. Конструкція балансувального вентиля. 1- запірна ручка, 2 – запірний шток, 3 – кільцевий ущільнювач, 4 – пружина, 5 – штуцер імпульсної трубки, 6 – мембранний блок, 7 – регулююча діафрагма, 8 – розгружений по тиску конус клапану, 9 – корпус клапану, 10- сідло.

До балансувального вентиля прикладається інструкція, де можна знайти спеціальний графік або таблицю, за допомогою яких можна визначити потрібне значення налаштування на рукояті клапана, яке відповідатиме певній витраті через клапан. На основі цих даних ми можемо налаштувати необхідну витрату на споживача, щоб отримати максимально комфортні умови в приміщенні.

Принцип роботи балансувального вентиля.

У балансувального клапана принцип роботи досить простий. Регулювальний маховик клапана дозволяє плавно змінити розмір прохідного перерізу. За рахунок цього змінюється перепад тиску на клапані, а отже, змінюється і витрата на тій ділянці трубопроводу, де встановлений клапан. За

допомогою такого балансування системи опалення можна досягти її найефективнішої роботи, домогтися зниження витрат на енергоресурси та обслуговування в процесі експлуатації.

Після налаштування витрати теплоносія, що транспортується, за допомогою балансувального клапана можна досягти оптимального рівня тепла в кожному приміщенні.

Різновиди пристроїв.

На основі конструктивних відмінностей типу системи опалення (однотрубна/двотрубна, з постійною витратою або зі змінною витратою) можна класифікувати балансувальні клапани. Так виділяють: ручні балансувальні клапани та автоматичні балансувальні клапани.

Ручний балансувальний клапан.

Ручний балансувальний клапан монтується як заміна традиційних регулювальних шайб і схожої по дії та конструкції арматури. Такий клапан призначений для роботи в системі, що характеризується **постійною витратою** теплоносія, що переноситься, тобто. споживачі тепла не оснащені автоматичними регуляторами температури (термостатичними головками або іншими пристроями). За допомогою ручного клапана можна як здійснювати гідравлічні налаштування, так і злити з ділянки системи теплоносій через зливний (дренажний) патрубок.

Ручний балансувальний вентиль має доступну ціну, дозволяє оперативно провести гідравлічне налаштування системи та має запірну функцію. Застосовується в однотрубних системах опалення, а також у двотрубних системах опалення з постійною витратою.

Автоматичний балансувальний клапан

Даний тип клапана несе в собі ті ж функції, що й ручний балансувальний клапан, але має деякі конструктивні відмінності – вбудований регулятор перепаду тиску, який дозволяє **автономно** підлаштовуватись клапану під змінні параметри витрати та перепаду тиску в системі. Зазвичай такий тип

клапанів працює у парі із запірним клапаном – «клапаном-партнером», до якого підключається імпульсна трубка.

Запірний і балансувальний вентиля, що встановлюються на трубопроводі, що подає і зворотному (тут треба чітко виконувати інструкцію з монтажу кожного виробника, так як у різних виробників запірний клапан може встановлюватися як на подачі, так і на звороті; те ж стосується і автоматичного балансувального клапана), дозволяють точно налаштувати необхідну витрату теплоносія точно з розрахунковими нормами.

Завдяки такому принципу роботи двох клапанів з'являється можливість розділити опалювальну мережу на незалежні ділянки, при чому кожна гілка зможе працювати незалежно один від одного. Регулювання витрати теплоносія, як і вирівнювання перепаду тиску, відбувається автоматично.

Приклад установки:

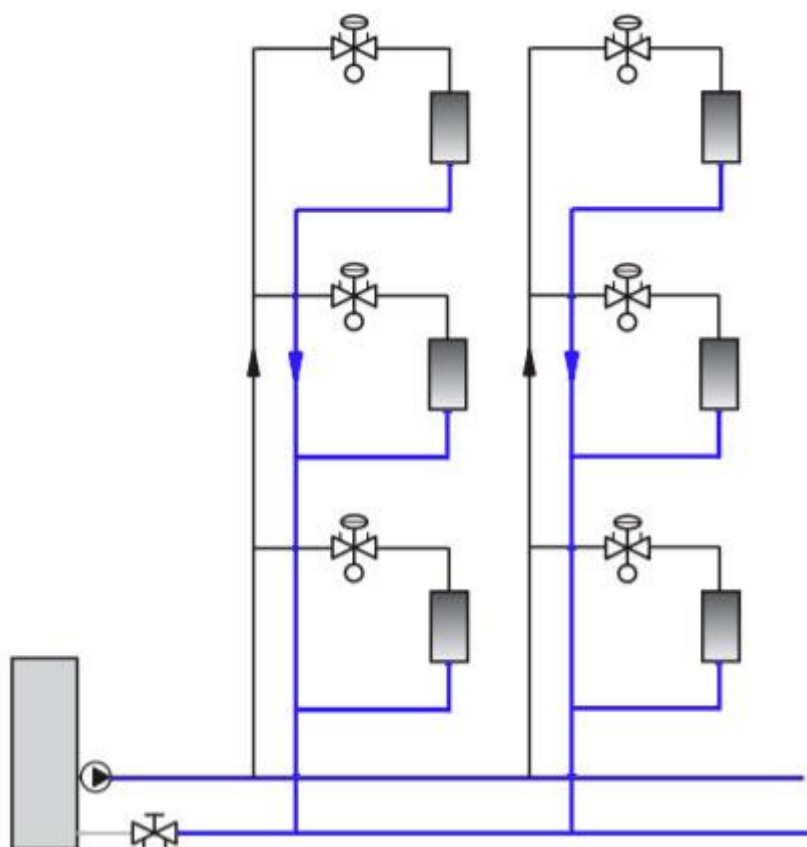


Рис. 1.9. Приклад використання балансувальних клапанів.

Однак існують і автоматичні балансувальні клапани комбінованої конструкції. У таких клапанах немає імпульсної трубки, а отже, і «клапан-

партнер» вже не потрібен, і його можна замінити звичайним кульовим краном для відключення споживача від системи. Найчастіше комбіновані автоматичні клапани мають більш низьке значення Kvs та більш вузький діапазон налаштування витрати, але дозволяють додатково встановлювати приводні механізми для роботи з системами «розумний дім» та диспетчеризації.

Застосовуються автоматичні балансувальні клапани переважно у двотрубних системах із змінним витратою, тобто. в системах з автоматичними регуляторами температури споживачах (термостатичними головками).

Встановлення, налаштування та застосування клапана

Монтувати балансувальний вентиль необхідно відповідно до встановлених вимог, які ви знайдете у посібнику з монтажу від виробника. На корпусі клапана є стрілка, його корпус необхідно встановлювати так, щоб її напрямок відповідав напрямку, по якому рухається теплоносій у трубопроводі. Це потрібно для того, щоб вентиль міг забезпечувати належний розрахунковий опір.

Щоб уникнути механічних пошкоджень сідла клапана, його засмічення або заклинювання штока, в системі опалення обов'язково повинні бути встановлені "грязевики" або фільтри. Щоб запобігти небажаній турбулентності, яка тягне за собою неточні вимірювання та кавітацію, варто ставити вентиль на рівній ділянці труби, найменша довжина якої зазвичай вказується в інструкції користувача.

Налаштовувати балансувальний клапан варто обов'язково за допомогою розрахункової таблиці, що додається до пристрою, де вказані дані про перепади тиску та витрати теплоносія. Також для цього можна використовувати вимірювальний прилад. Однак первинний розрахунок витрати і параметрів користувача завжди треба виконувати ще на початковому етапі проектування всієї опалювальної системи.

На ринку можна знайти багато моделей балансувальних кранів, через що їх конструкція може відрізнятися від виробника до виробника та включати різні допоміжні елементи. До виробів відомих брендів, таких як Honeywell або

Danfoss, можна підключити вимірювальні прилади, які здатні швидко визначати витрату теплоносія, що суттєво спрощує процес налаштування.

Балансувальні клапани даних виробників відрізняються високою якістю складання та надійністю, завдяки відмінній якості матеріалів вони здатні прослужити не один десяток років. За рахунок точного налаштування клапани від Honeywell або Danfoss дозволяють підтримувати оптимальний мікроклімат у кожній кімнаті в будинку, уникаючи стрибків тиску теплоносія у трубопроводі та нерівномірного його розподілу. Купити балансувальні клапани Honeywell або Danfoss з доставкою по Україні ви можете вже зараз у нашому інтернет-магазині – наші консультанти допоможуть вам підібрати відповідний пристрій саме під вашу систему опалення.

2. ОПИС ТЕПЛООВОГО ПУНКТУ ЯК КЛЮЧОВОГО ЕЛЕМЕНТУ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.

2.1. Тепловий пункт з елеваторним вузлом змішування.

В будинках, побудованих за часів СРСР використовувалися виключно теплові пункти з елеваторним вузлом. Станом на сьогоднішній день ще багато таких пунктів продовжують експлуатуватись.

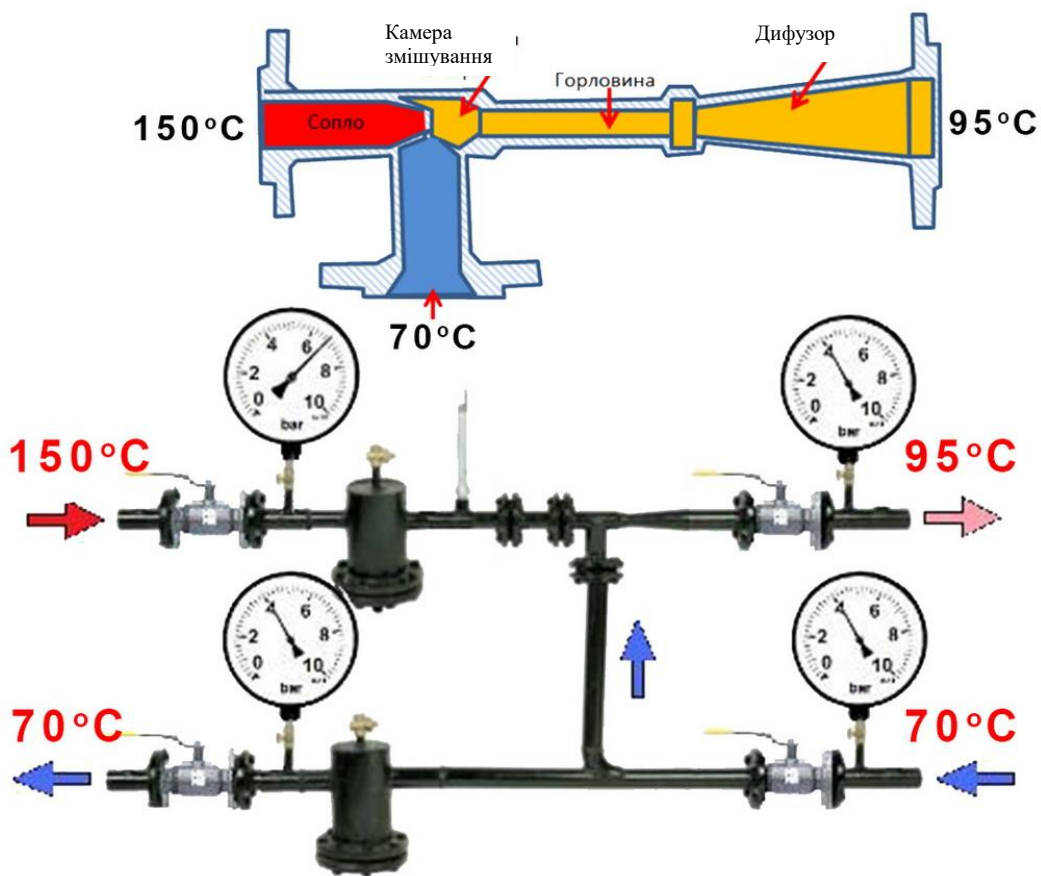


Рис. 2.1. Елеватор та елеваторний тепловпункт.

Елеваторні вузли змішування встановлюються в теплових пунктах будівель, які підключені до теплової мережі, що працює в режимі з якісним регулюванням на "перегрійтій" воді.

Якісне регулювання передбачає зміну температури води, що подається в систему опалення, в залежності від температури зовнішнього повітря при постійній витраті теплоносія, що циркулює в ній.

"Перегрітою" вода вважається, якщо вона поступає з теплової мережі з температурою, що перевищує необхідну для подачі в систему опалення.

Наприклад, тепла мережа може працювати за графіком 150/70, 130/70 або 110/70, а система опалення розрахована на графік 95/70. Температурний графік 150/70 передбачає, що при розрахунковій температурі зовнішнього повітря (для Києва це -22°C) температура на ввіді теплових мереж в будинок повинна бути рівною 150°C , а виходити в теплову мережу повинна з температурою 70°C , при цьому в систему опалення розраховану на режим 95/70, ця вода повинна потрапити з температурою 95°C .

Елеваторний тепловий пункт змішує потік води з подаючого трубопроводу теплової мережі з температурою 150°C та потік води, який вийшов із системи опалення з температурою 70°C . В результаті змішування на виході з елеватора отримується потік з температурою 95°C , який подається в систему опалення.

У камері змішування елеваторного вузла розташований конфузور 'сопло/конус', який прискорює потік перегрітої води. При збільшенні швидкості потоку тиск в ньому знижується (це властивість описана законом Бернуллі) настільки, що стає дещо нижче тиску у зворотному трубопроводі. Різниця тисків між камерою змішування та зворотним трубопроводом приводить до перетоку теплоносія через перемичку із звороту до подачі.

У камері змішування утворюється суміш двох потоків з вже потрібною температурою, але тиском нижче тиску зворотного трубопроводу. Суміш поступає у дифузор елеватора, де швидкість потоку знижується, а тиск підвищується вище тиску зворотного трубопроводу. Підвищення тиску складає не більше 0.15 bar, що і накладає обмеження на

використання елеваторних вузлів для систем опалення з високим гідравлічним опором.

Переваги теплових пунктів з елеваторними вузлами

- 1 Дешевий та простий.
- 2 Не потребує обслуговування.
- 3 Не залежить від електричної мережі.

Недоліки елеваторних вузлів суміші

1 Несумісний з автоматичними регуляторами, тому нормативно заборонено їх спільна установка.

2 Створює різницю тисків на вводі ц систему опалення не більше 0,15 бар., що виключає установку елеваторних теплових пунктів у будівлях, системи опалення яких обладнані радіаторними термостатичними клапанами.

3 Елеваторний вузол має постійний коефіцієнт змішування, що не дозволяє подати в систему опалення теплоносії необхідної температури при недогріві в тепловій мережі.

4 Занадто висока чутливість до різниці тисків на вводі теплової мережі. Зниження різниці тисків порівняно з розрахунковим значенням призводить до зниження об'ємної витрати води, що циркулює в системі опалення, що в свою чергу призводить до розбалансування системи та зупинки дальніх її гілок.

5 Для роботи елеватора різниця тисків між подачею та зворотним трубопроводом повинна перевищувати 1.5 бар.

На сьогодні для всіх проєктованих і реконструйованих житлових та адміністративних будівель обов'язкове застосування автоматичного регулювання в тепловому пункті. Застосування елеваторних вузлів разом із автоматичними регуляторами заборонено нормативно.

Елеваторні вузли можуть встановлюватись тільки на об'єктах, де немає потреби в автоматичному управлінні системою опалення, різниця тиску між подачею та зворотним трубопроводом на вводі стабільна і

перевищує 1.5 бар, для роботи підключеної системи опалення достатньо перепаду тиску між подачею та зворотною трубою в 0,15 бар, а система опалення працює з постійною витратою теплоносія та не обладнана автоматичними регуляторами.

2.2. Тепловий пункт, підключений за незалежною схемою

У тепловому пункті, підключеному за незалежною схемою, гідравлічний контур системи опалення відокремлений від гідравлічного контуру джерела тепла теплообмінним апаратом. Теплоносій, що циркулює у системі опалення, контактує з гарячою водою, що поступає від джерела тепла, тільки через теплообмінні поверхні, не змішуючись.

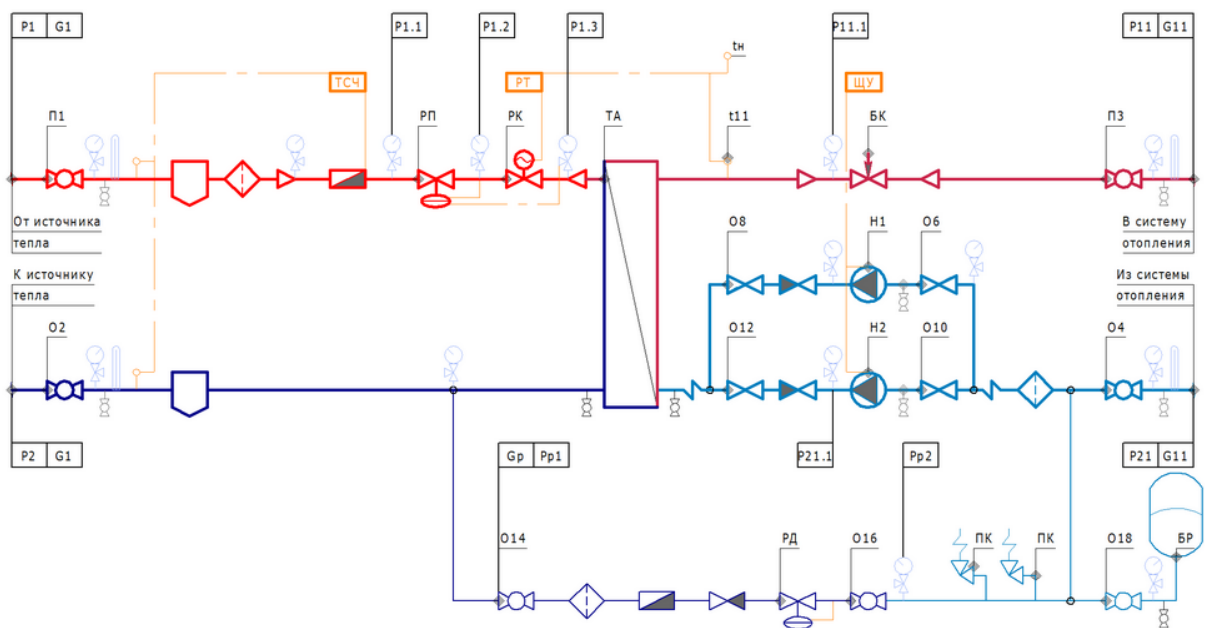


Рис. 2.2. Тепловий пункт, підключений за незалежною схемою.

Роботою теплового пункту керує електронний програмований контролер, обладнаний датчиком температури зовнішнього повітря, датчиком температури теплоносія, що поступає в систему опалення, та

регулюючим клапаном з електричним приводом, здатним частково або повністю перекривати подачу теплоносія на ввіді від джерела.

У контролер вноситься таблиця залежності температури води, що поступає до системи опалення, від температури зовнішнього повітря, яка називається температурним режимом. Програму можна налаштувати для зниження температури теплоносія на задану величину відповідно до температурного графіка, залежно від дня тижня та часу доби, що часто використовується в будівлях з фіксованим графіком експлуатації, наприклад, школами, офісними та виробничими приміщеннями.

Контролер з певною періодичністю вимірює температуру зовнішнього повітря, визначає відповідну температуру теплоносія при вході до системи опалення та порівнює її з фактичним значенням цієї температури за сигналом відповідного датчика. Якщо температура води, яка поступає до системи опалення, перевищує задану, то контролер віддає сигнал на керування електричним приводом для закриття регулюючого клапана та перекриває подачу гріючого теплоносія до теплообмінного пристрою. Якщо температура нижче заданої, то привод регулюючого клапана отримує відкриваючий сигнал.

Якщо потік гріючого теплоносія повністю перекрито, вода, взята зі зворотного трубопроводу системи опалення проходить через теплообмінник без нагрівання та з тією самою температурою повертається до системи. Чим більше відкритий регулюючий клапан, тим більше гріючого теплоносія поступає до теплообмінника та тим більше нагрівається теплоносій, який поступає до системи опалення.

Циркуляцію в контурі системи опалення забезпечують два циркуляційних насоса, один з яких є резервним.

На вході теплової мережі перед регулюючим клапаном встановлено регулятор перепаду тиску, який стабілізує різницю тисків на вході та використовується для обмеження витрати теплоносія.

Приріст об'єму води, що утворюється при її нагріві в закритому контурі системи опалення, поглинають у себе розширювальні баки, які під час наступного охолодження повернуть накопичену воду назад до системи.

Для захисту системи опалення та обладнання теплового пункту від перевищення допустимих значень тиску передбачена установка запобіжного клапана.

Заповнення та підживлення закритого контуру системи опалення у разі витoku здійснюється через лінію підживлення вручну або автоматичному режимі. Якщо тиск на вході від джерела тепла достатній для заповнення системи - на лінії підживлення використовують соленоїдний клапан або редукційний регулятор тиску, а в разі недостатнього тиску на вході - блок підживлювальних насосів.

Переваги незалежного підключення теплового пункту:

1 Захистить систему опалення від високого тиску на вході теплових мереж.

2 Дозволить створити бажаний гідравлічний режим в контурі системи опалення.

3 Виключить опорожнення системи опалення при дренаванні трубопроводів джерела тепла та при низькому тиску на вході.

4 Забезпечить захист елементів системи опалення від шламу, що надходить з потоком теплоносія від джерела тепла.

Недоліки незалежних схем підключення теплових підстанцій:

1 Температура теплоносія, який надходить до системи опалення завжди буде що найменше на 10°C нижчою за температуру теплоносія, що приходить із теплової мережі. В швидкісному теплообмінному апараті температура води що нагрівається не може досягти температури води що гріє.

2 Вища вартість теплового пункту з незалежним підключенням, порівняно з вартістю теплового пункту аналогічної потужності, але з залежним підключенням. Різниця складає майже у двічі.

3 Тиск у системі опалення змінюється при нагріванні та охолодженні теплоносія. При мінімальній (розрахунковій) температурі повітря - тиск у системі опалення досягає прийнятого максимального значення, в теплі дні опалювального періоду - відповідно - мінімального тиску, який дорівнює статичному тиску системи опалення з невеликим надлишковим тиском.

4 Складніший запуск, налаштування та технічне обслуговування порівняно з тепловими пунктами, підключеними за залежною схемою.

5 Циркуляція води в системі опалення зупиниться в разі відключення насосів.

2.3. Опис теплового пункту, підключеного за залежною схемою

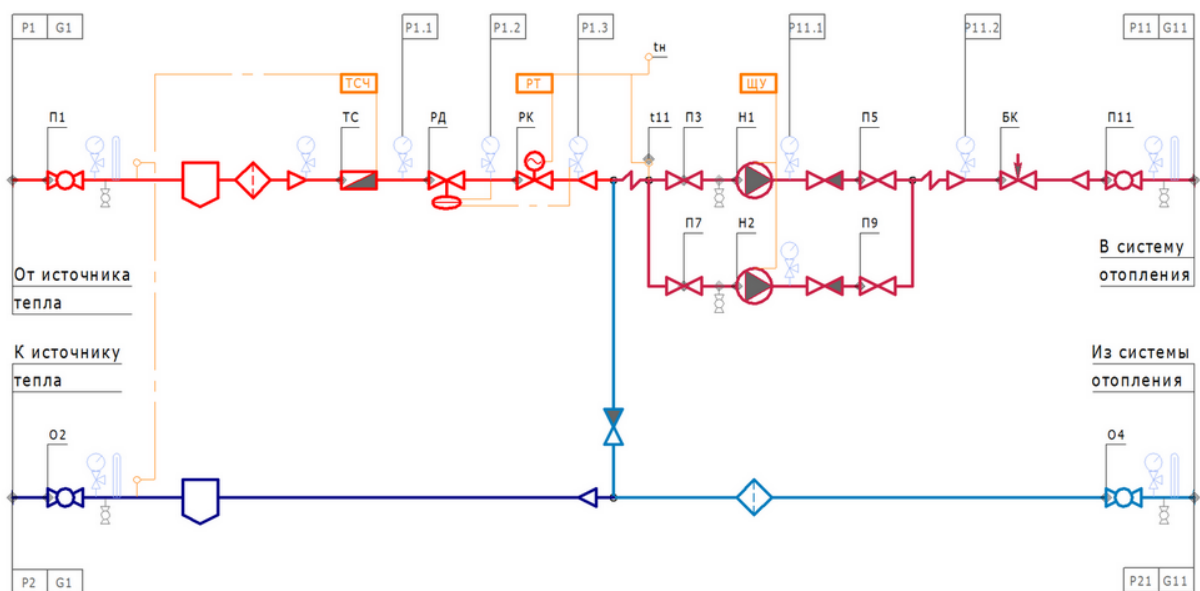


Рис. 2.3. Тепловпункт з підключенням за залежною схемою.

Роботою теплового пункту керує програмований контролер, до якого підключені електропривід клапана, що впливає на відбір теплоносія з

теплової мережі, датчик температури зовнішнього повітря та датчик температури теплоносія, який надходить до системи опалення.

У контролер вводиться залежність температури теплоносія на вході в систему опалення від температури зовнішнього повітря, дня тижня та часу доби. Контролер з певною періодичністю вимірює температуру повітря на дворі та порівнює фактично виміряну температуру теплоносія з заданою для поточних умов. Якщо температура нижче заданої, на регулюючий клапан подається сигнал на відкриття, а якщо вище - на закриття.

У подаючий трубопровід системи опалення надходить суміш двох потоків теплоносія. Один потік "гарячий" надходить з подаючого трубопроводу теплової мережі, проходячи через регулятор, а другий потік "охолоджений" змішується через перемичку зі зворотного трубопроводу.

Незалежно від того, чи відкритий регулюючий клапан, чи закритий, у системі циркулює постійна витрата теплоносія, а від ступеня закриття клапану на ввіді залежить тільки пропорція "гарячого" та "холодного" потоків у цьому об'ємі. Тобто, якщо відбір з теплової мережі повністю перекритий, у систему буде надходити лише вода, відібрана зі зворотного трубопроводу через перемичку.

Стабільну циркуляцію в системі опалення та змішування створюють два безшумних насоса з мокрим ротором, один з яких завжди працює, а другий є резервним на випадок виходу з ладу робочого.

Переваги залежного підключення теплового пункту

- 1 Нижча у порівнянні з незалежним підключенням вартість.
- 2 Можливість автоматичного програмного управління режимом роботи системи опалення.
- 3 Тиск в системі опалення стабільний та дорівнює тиску у зворотному трубопроводі джерела тепла.
- 4 Простий запуск та налаштування режиму.

5 Можливість подати в систему теплоносій з температурою, що дорівнює температурі теплоносія в подаючому трубопроводі теплової мережі (тільки у випадку використання трьохходового клапана).

Недоліки залежного підключення теплового пункту

1 Система опалення опустошиться у разі спуску води з теплової мережі.

2 Циркуляція води в системі опалення припиниться у разі відключення насосів.

2.4. Погодозалежне керування тепловим пунктом.

Схема незалежного приєднання системи опалення (рис. 2.4) дозволяє не лише розділити контури внутрішньої системи опалення від контуру центральної теплової мережі, здійснювати регулювання температури зворотного потоку первинної сторони (температури теплоносія, що надходить після теплообмінника до джерела тепла), а також здійснювати погодозалежне керування температурою внутрішньої системи опалення (вторинний бік). При цьому температура теплоносія, що знаходиться в системі опалення будівлі, змінюється залежно від вибраного температурного графіка та коливань зовнішньої температури.

Управління температурою теплоносія системи опалення здійснюється за допомогою двоходового регулюючого клапана (V1) (клапан може встановлюватися і на трубопроводі T1), а циркуляція – за рахунок роботи циркуляційного насоса системи опалення (DKP). Клапан регулює кількість теплоносія, що надходить у теплообмінник для нагрівання води, що циркулює у внутрішній системі опалення залежно від показань датчиків температури теплоносія (WF та VFB). Залежно від температури зовнішнього повітря (AF) та вибраного температурного графіка відбувається зміна температури теплоносія, що циркулює у внутрішній системі опалення (вторинний контур). Серед можливих налаштувань індивідуальних характеристик нагрівання

системи – вибір типу завдання залежно від конструкцій, що захищають, особливостей внутрішньої системи опалення, тимчасових режимів роботи в залежності від часу доби та дня тижня, функція захисту від замерзання, періодичне включення циркуляційного насоса в літній час.

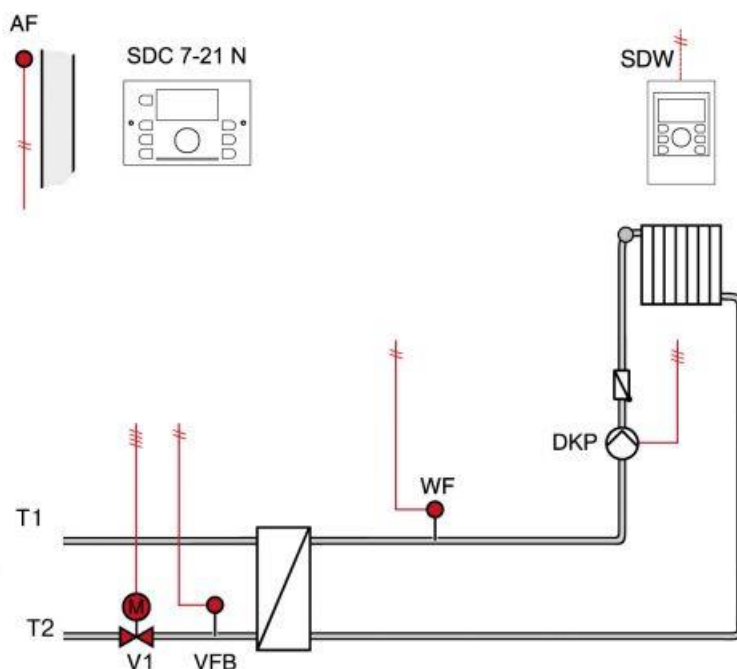


Рис. 2.4. Схема незалежного приєднання системи опалення: SDC7-21N – котролер; AF – датчик температури зовнішнього повітря; VFB, WF – датчики температури теплоносія; V1 – двоходовий регулюючий клапан; DKP – циркуляційний насос системи опалення; SDW – датчик температури внутрішнього повітря або кімнатний модуль для віддаленого регулювання.

Контроль температури повітря в опалюваних приміщеннях здійснюється за рахунок використання датчика температури внутрішнього повітря або кімнатного модуля (SDW), який може використовуватися як виносний пульт керування.

Несправності в роботі системи відображаються на дисплеї контролера. Це, наприклад, обрив датчика або ситуація, коли неможливо досягти заданого значення температури теплоносія. При використанні схеми з одним контуром системи опалення та одним контуром системи ГВП (рис. 2.4), можливо досягти погодозалежного регулювання температури зворотного потоку первинної сторони та керування залежно від температури зовнішнього повітря

контуром опалення, а також підтримки фіксованого значення температури в системі ГВП.

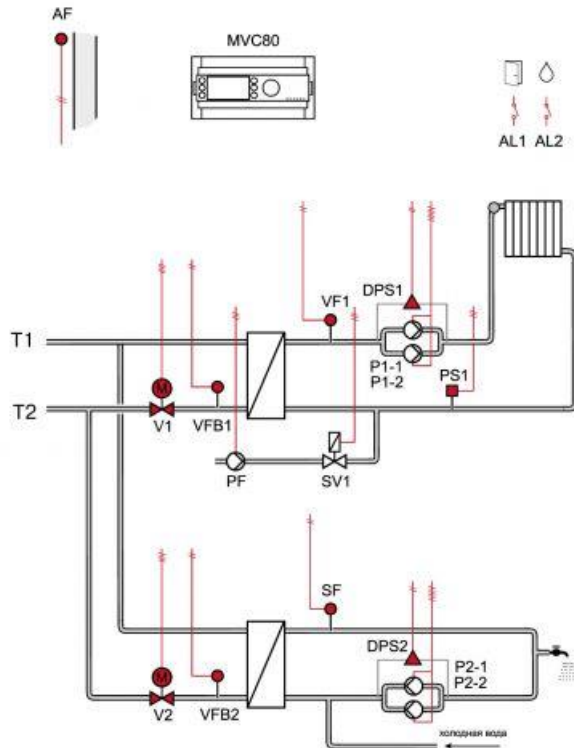


Рис. 2.5 Схема незалежного приєднання системи опалення та системи ГВП: MVC80 – котролер; AF – датчик температури зовнішнього повітря; VFB1, VFB2, VF1, SF – датчики температури теплоносія; V1, V2 – двоходові регулюючі клапани; P1 – циркуляційні насоси системи опалення; P2 – циркуляційні насоси системи ГВП; PF - підживлювальний насос системи опалення; SV1 - підживлювальний клапан системи опалення; PS1 – реле тиску

Управління здійснюється за допомогою регулюючих клапанів (V1 та V2), роботи циркуляційних насосів системи опалення та ГВП (P1 та P2).

Автоматичне підживлення системи топлення здійснюється за рахунок установки, підживлювального насоса (PF) та клапана (SV1). Якщо реле мінімального тиску вторинної сторони (PS1) генерує некритичну тривогу, відкривається клапан підживлення SV1 і включається насос PF контуру підживлення. Налаштування характеристик користувача здійснюється аналогічно попередньому варіанту.

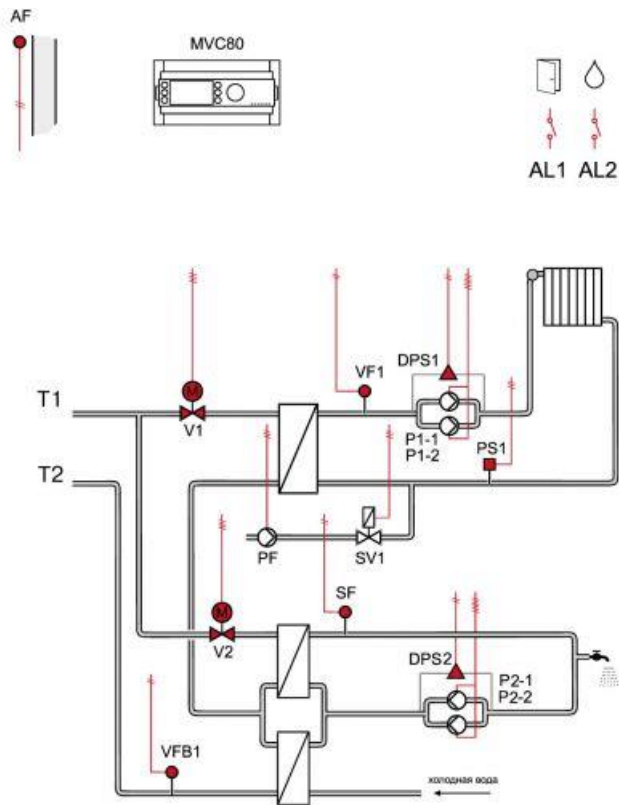


Рис.2.6. Схема управління системою опалення та ГВП з двоступінчастим теплообмінником: MVC80 – контролер; AF – датчик температури зовнішнього повітря; VFB1, VF1, SF – датчики температури теплоносія; V1, V2 – двоходові регулюючі клапани; P1 – циркуляційні насоси системи опалення; P2 – циркуляційні насоси системи ГВП; PF - підживлювальний насос системи опалення; SV1 - підживлювальний клапан системи опалення; PS1 – реле тиску

При використанні схеми з одним контуром системи опалення та контуром системи ГВП з двоступінчастим теплообмінником (рис. 2.6), можна досягти погодозалежного регулювання температури загального зворотного потоку первинної сторони та погодозалежне керування контуром опалення, а також підтримки фіксованої температури в системі ГВП. Нагрівання холодної води для санітарних потреб здійснюється за рахунок використання тепла від теплоносія після теплообмінника системи опалення, а догрівання води до необхідної температури та її підтримання в системі ГВП – за рахунок роботи другого ступеня нагріву та регулюючого клапана (V2).

Схема незалежного приєднання двох контурів опалення показана на рис. 4. Вона застосовується для погодозалежного регулювання температури зворотного потоку (VFB) первинної сторони через клапан V1.

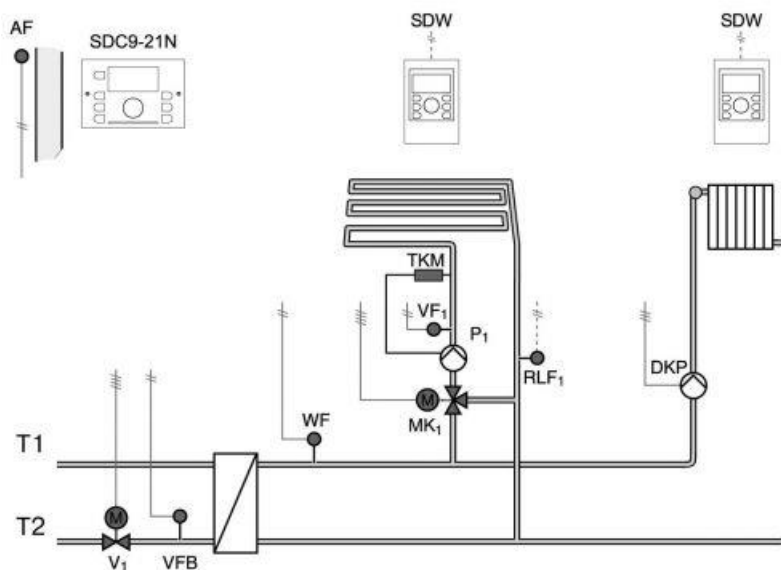


Рис. 2.6. Схема незалежного послідовного приєднання двох контурів опалення: SDC9-21N – котролер; AF – датчик температури зовнішнього повітря; VFB, WF, VF1 – датчики температури теплоносія; V1 – двоходовий регулюючий клапан; МК1 – привід змішувального клапана; P1 – циркуляційний насос контуру змішувача системи опалення; DKP – циркуляційний насос прямого контуру системи опалення; RLF1 – датчик температури теплоносія із системи опалення; SDW – датчик температури внутрішнього повітря або кімнатний модуль для віддаленого регулювання, ТКМ – аварійний термостат для запобігання перегріву теплоносія.

Дана схема дозволяє досягти управління змішувальним контуром системи «теплих підлог» та прямим контуром радіаторної системи опалення з погодною компенсацією або постійною температурою.

Управління здійснюється за допомогою роботи регулюючого двоходового клапана V1), триходового змішувального клапана (МК1), а також циркуляційними насосами (P1) змішувального контуру і насосом прямого

контуру системи опалення (DKP). Регулювання температури зворотної води (VFB) здійснюється відповідно до температурного графіка, що настроюється.

Для регулювання температури теплоносія залежних систем опалення (у якій мережева вода від джерела тепла надходить і у внутрішню систему опалення) застосовується триходовий змішувальний клапан (МК1) (рис. 2.5). Перед регулюючим клапаном встановлюється регулятор перепаду тиску, а у разі, коли тиску у зворотному мережевому трубопроводі (Т2) недостатньо для нормального гідравлічного режиму роботи системи опалення, на виході із системи опалення після змішувальної перемички може бути встановлений регулятор тиску «до себе». Також циркуляційний насос системи опалення (P1) може бути встановлений не на трубопроводі, що подає системи опалення (як показано на рис. 5), а на зворотному трубопроводі.

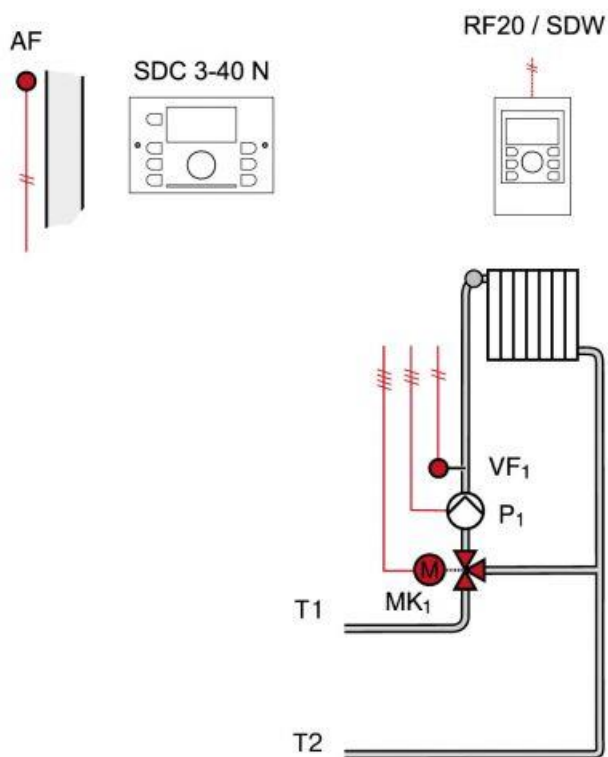


Рис. 2.7. Схема залежного від теплової мережі приєднання системи опалення: SDC3-40N – котролер; AF – датчик температури зовнішнього повітря; VF1 - датчик температури теплоносія; МК1 – триходовий регулюючий клапан; P1 – циркуляційний насос системи опалення; RF20/SDW

– датчик температури внутрішнього повітря або кімнатний модуль для віддаленого регулювання.

У деяких випадках замість триходового клапана змішувача може встановлюватися двоходовий регулюючий клапан. У цьому випадку змішувальна перемичка між трубопроводом, що подає і зворотним, системи опалення знаходиться після регулюючого клапана по ходу руху теплоносія, що надходить в систему опалення. На перемичці встановлюється зворотний клапан. Для контролю температури теплоносія, що йде до джерела тепла від внутрішньої системи опалення, зворотному мережевому трубопроводі встановлюється додатковий датчик температури теплоносія.

2.5. Температурний графік системи опалення.

Температурний графік — залежність температури теплоносія (води) у системі опалення від температури зовнішнього повітря.

Температура теплоносія на вході в систему опалення при якісному регулюванні залежить від температури зовнішнього повітря, тобто чим нижча температура зовнішнього повітря, тим з більшою температурою повинен піти теплоносій у систему опалення.

Температурний графік вибирається під час проектування системи опалення будівлі, від нього залежить розмір опалювальних приладів, витрата теплоносія в системі, а отже і діаметр трубопроводів.

Для позначення температурного графіка використовують дві цифри, наприклад, 90-70°C — це означає, що при розрахунковій температурі зовнішнього повітря (для Києва -22 °C), для створення комфортної температури повітря всередині приміщення (для житла 20°C), в систему опалення повинен піти теплоносій (вода) з температурою 90 °C, а вийти з неї з температурою 70°C.

Температурні графіки використовуються під час налагодження та аналізу роботи систем опалення. Так, наприклад, завищена температура зворотної води при нормальній подачі свідчить про високу витрату через цю гілку системи опалення, а занижена - про дефіцит витрати.

Системи опалення будівель до 10-ти поверхів побудованих у минулому столітті були розраховані під опалювальний графік 95-70°C, а в будинках з більшою поверховістю приймали графік 105-70°C. При розрахунку систем опалення сучасних будинків температурний графік приймається на розсуд проектувальника і найчастіше становить 90-70°C або 80-60°C, хоча може бути прийнятий і будь-який інший.

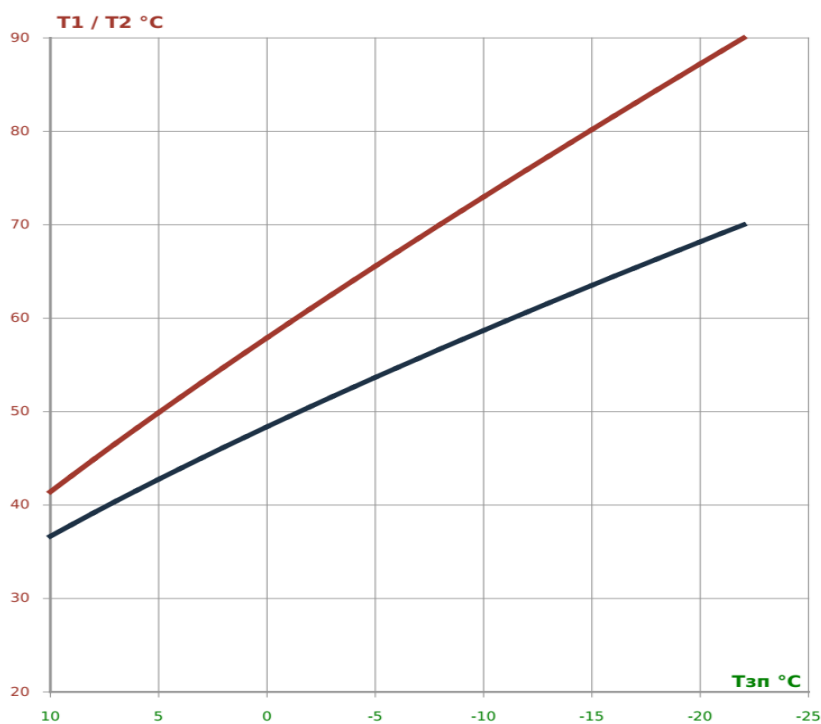


Рис. 2.8. Температурний графік опалення для м. Києва.

3. ШЛЯХИ ТА МЕТОДИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ОПАЛЕННЯМ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ.

3.1. Аналіз стану сучасних систем опалення та шляхи підвищення енергоефективності.

Для підтримання постійної температури в будинках взимку потрібно регулювати потужність системи опалення в будинках при зміні температури на вулиці.

Досягається це застосуванням так званого «погодозалежного графіка теплопостачання».

Так відомо, що втрати тепла через зовнішні стіни та вікна лінійно залежать від перепаду температури між вулицею та приміщенням.

Тобто чим більший перепад температури з вулицею, тим більше тепла потрібно подавати до приміщення для компенсації цих втрат.

Для водяних радіаторних систем опалення цей «погодозалежний графік теплопостачання» виражається в лінійному графіку температури води, що подається в радіатори, від температури на вулиці (див. рис. 3.1.)

Такий графік підтримується в системі водяного опалення за допомогою спеціальних систем автоматичного регулювання, які розташовуються в котельні чи індивідуальному тепловому пункті (ІТП) багатоквартирного будинку або в центральному тепловому пункті (ЦТП) міського мікрорайону.

Теплопостачання від міських ТЕЦ та котелень йде як на опалення будинків, так і на нагрівання побутової гарячої води (ГВП).

При цьому графік теплопостачання на опалювальні прилади в будівлі може теорії опускатися навіть до +20С (наприклад у великих приміщеннях, що перебувають без постійної присутності людей).

У реальній практиці опалення багатоквартирних будинків у містах починається за +8С на вулиці, при цьому температура в батареях близько +40С в момент початку опалювального сезону (графік з нахилом 1,4-1,6 на рис. 3.1).

Для нагрівання холодної води від +5С в холодному водопроводі до +60С на потреби ГВП необхідно подавати на теплообмінник ГВП теплоносій з температурою не нижче +65С.

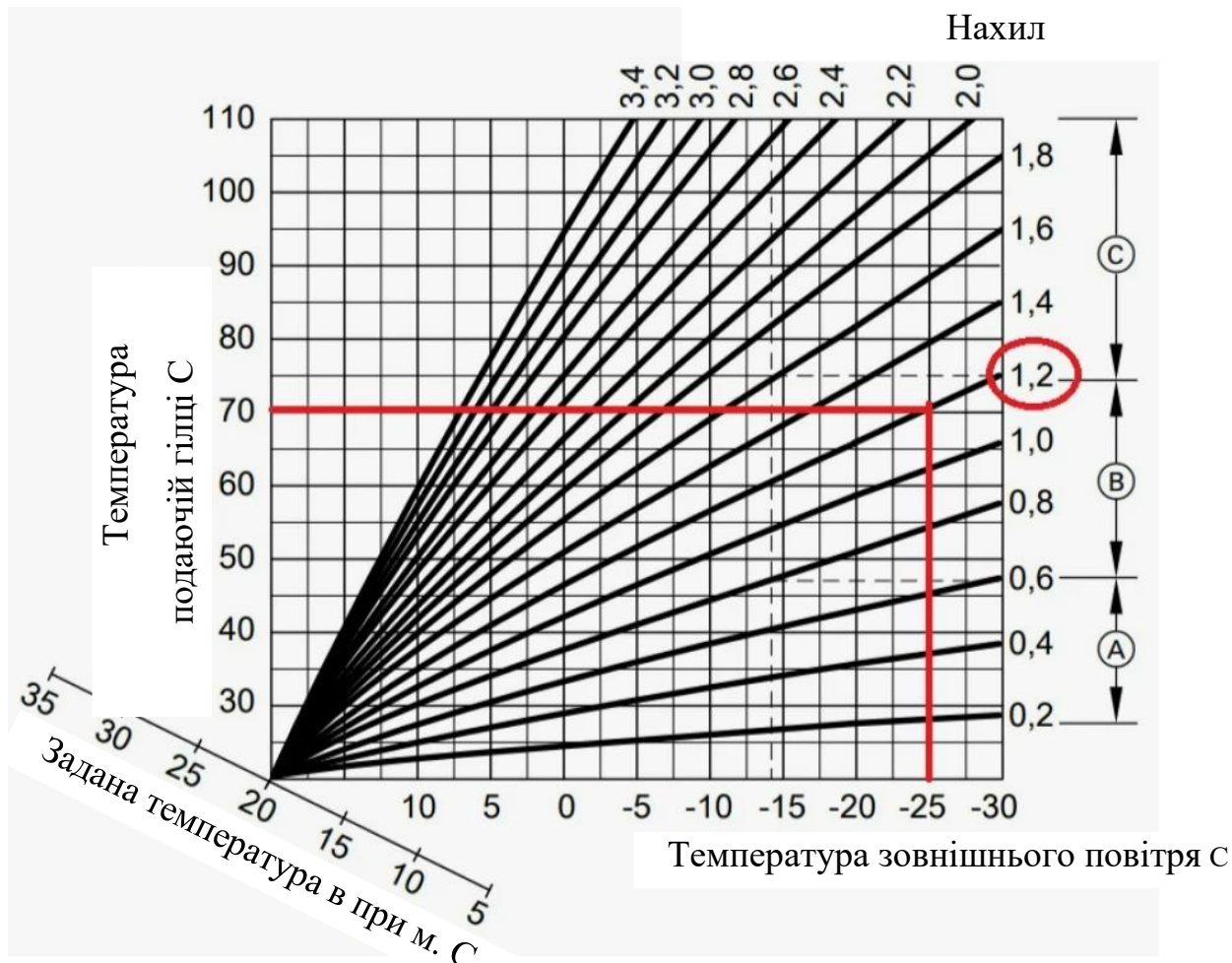


Рис. 3.1. Сімейство лінійних «погодозалежних графіків» системи радіаторного опалення.

Вибір кривої залежить від параметрів системи опалення. Для радіаторів однотрубною системи в панельних будинках із температурою подачі до +105С це крива 1,8. Для систем із звичайними чавунними радіаторами на графік 90/70С крива 1,6-1,4. Опалення теплими підлогами в ІЖС графіки 06-04. Пучок кривих може рухатися цілком своїм початком по похилій шкалі при зміні бажаної температури в приміщенні.

Таким чином, від ТЕЦ і котельнь теплотрасою в ЦТП подається вода з температурою не нижче +65С, причому навіть у літній період часу.

Виходить, що на ТЕЦ є деяка ділянка графіка з «погодозалежною» регуляцією, але при порівняно теплих вуличних температурах графік стає постійним на рівні потреби тепла для ГВП = +65С. (див. рис. 3.2 та 3.3).

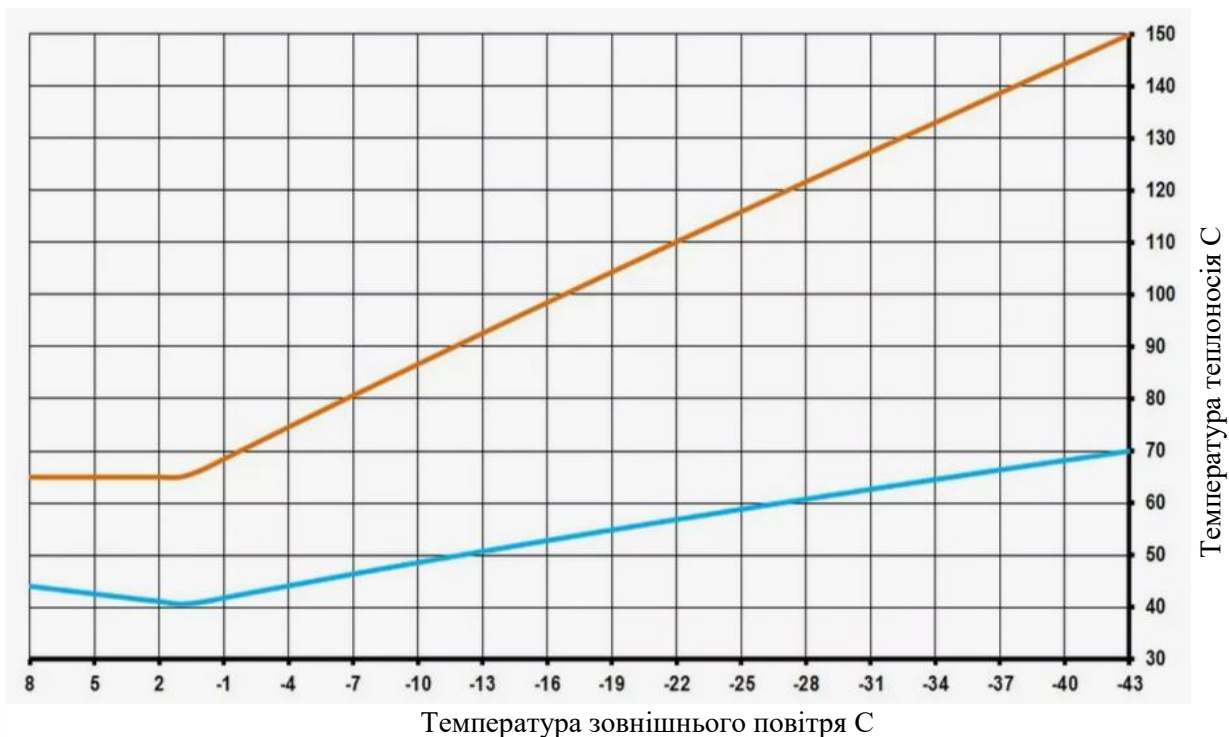


Рис.3.2. Графік 150/70-20 погодозалежного тепlopостачання ЦТП зовнішніх теплових мереж. Оранжева -температура в падаючому трубопроводі, голуба – в зворотному.

Типовий погодозалежний графік із «горизонтальною полицею» на температурі +65С для нагрівання ГВП. На ділянці «полиці ГВП» температура зворотної гілки також отримує злам і задирає графік нагору, що означає «перетоп» у вузлах з елеватором.

Температурний графік 150-70 С зі зрізом для ГВП

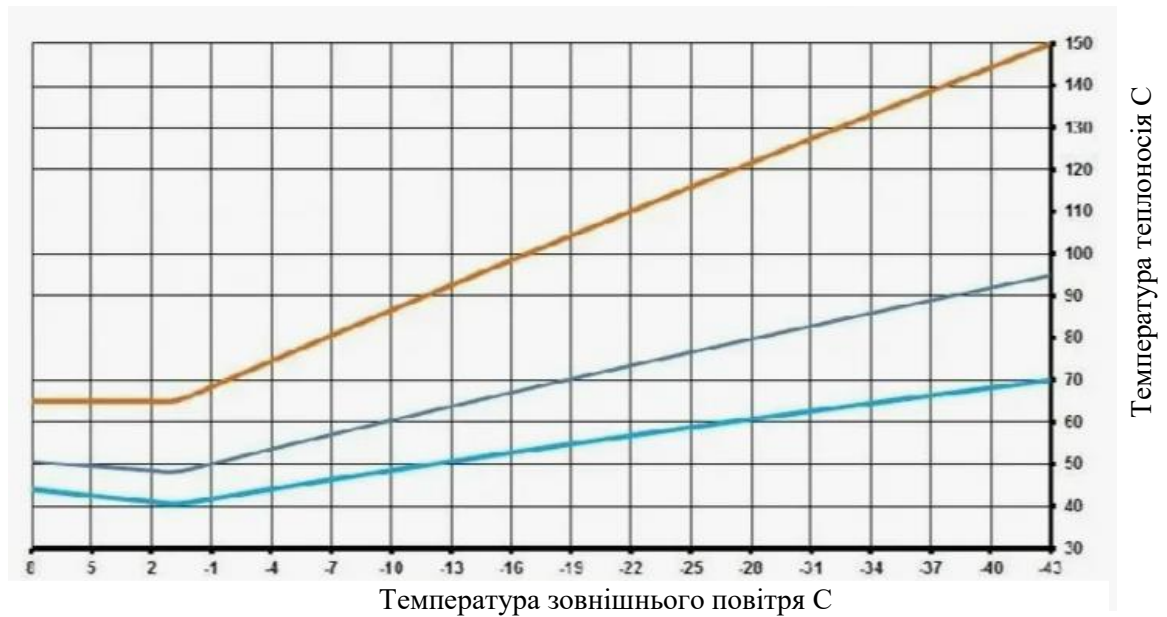


Рис. 3.3 Графіки подачі від ТЕЦ, а також прямої та зворотної води в системі опалення із залежним нерегульованим приєднанням через елеваторний вузол.

Графік опалення має злам нагору на ділянці «полиці ГВП» на графіку подачі від ТЕЦ.

Дивлячись на теоретичний графік роботи ТЕЦ стає зрозумілою причина сильного «перетопу» у приміщеннях у міжсезоння при вуличних температурах $T_{\text{вул}} = +8..+1\text{С}$, якщо опалення підключено за залежною схемою із застосуванням «елеваторного вузла» з постійним коефіцієнтом підмішування.

Так на похилій ділянці погодозалежного тепlopостачання від ТЕЦ елеватор коректно підтримує погодозалежний графік у радіаторах системи опалення.

Але при виході на полицю ГВП починається деякий перегрів подачі від елеватора. При цьому, чим вища температура на вулиці, тим сильніше проявляється «перетоп» у приміщеннях. (див. рис. 3.4.)

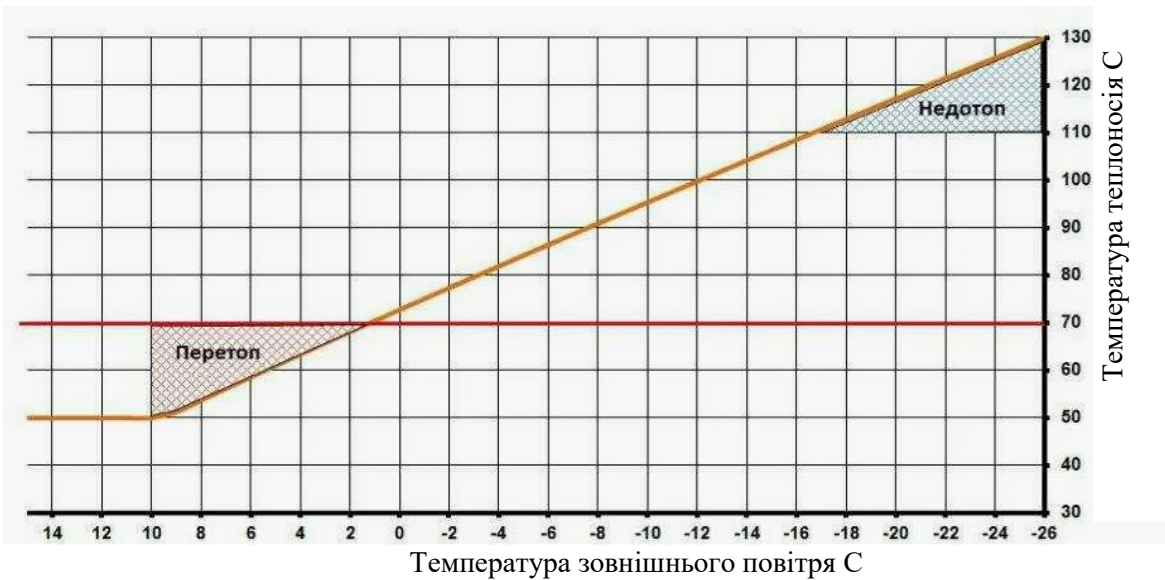


Рис.3.4. Схема виникнення «перетопу» у міжсезоння на полиці ГВП +70С та «недотопу» в сильний холод при горизонтальному «зрізанні графіка» (в даному випадку зрізання графіка на +110С при погодозалежному графіку +130/70С)

Щоб позбавитися «перетопу» в міжсезоння для систем опалення від зовнішніх мереж передбачають додаткове погодозалежне регулювання в ЦТП.

На відміну від елеватора, з незмінним коефіцієнтом змішування, пряме погодозалежне регулювання в системі опалення від ЦТП вимагає змінювати коефіцієнт підмішування при постійному витраті теплоносія через систему опалення, що можна досягти тільки при насосній прокачуванні внутрішнього контуру системи радіаторного опалення (див.рис.3.5.).

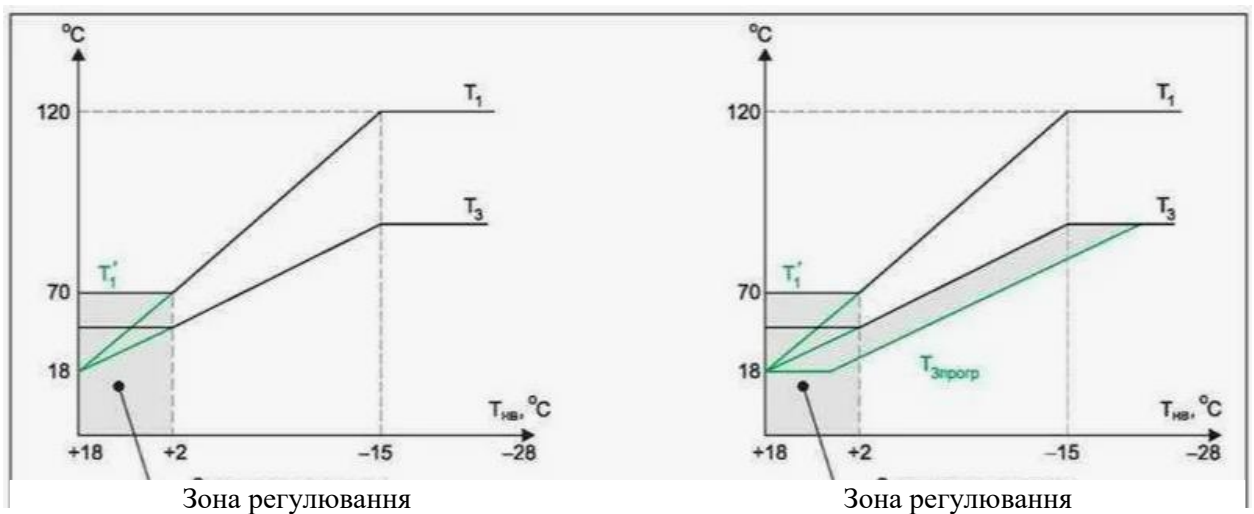


Рис.3.5. Графіки регулювання в зонах перетопу. Т1- температура подачі, Т3 – зворотного теплоносія.

На графіках показано зону виникнення «перетопу» у міжсезоння на елеваторних вузлах без додаткового регулювання та без насосної циркуляції.

Навіть за сильного холоду на вулиці погодозалежний графік від ТЕЦ не дотримується повністю. Існує так зване «зрізання графіка», яка виражена горизонтальною полицею на рівні $+130\text{C}$ при графіку $+150/70\text{C}$.

Цей зріз почав стихійно виникати ще в 1970-х роках, при цьому він є непроєктним наслідком складності централізованого теплопостачання від ТЕЦ нерегульованих систем опалення з елеваторними вузлами.

Перерозмірені системи опалення житлових будинків з великою часткою вентиляційного навантаження в радіаторах опалення створюють цікавий ефект саморегуляції тепловтрат приміщень з боку мешканців. Так при сильних морозах люди починають закривати кватирки через протяги по ногах, тим самим знижуючи тепловтрати на вентиляцію, але збільшуючи тим самим температуру в приміщеннях.

Це прикриття кватирок призводить до перегріву в приміщеннях та підвищення температури обратки в мережі до ТЕЦ, а підвищена обратка - це гроші на вітер для ТЕЦ.

Тому на ТЕЦ починають знижувати температуру подачі, так щоб обратка стала холоднішою.

Оскільки елеваторні вузли не регулюються, зниження температури подачі викликає похолодання в квартирах, що викликає ще більше зниження вентиляції.

У результаті в теплову мережу йде потрібна на опалення кількість тепла, але при цьому подача за температурою не зростає, а ось температура звороту починає падати.

Тим самим виходить, що ТЕЦ віддає в мережу все, що може прийняти система опалення, а регулювання теплового потоку йде зі зміною температури зворотного зв'язку при постійній температурі подачі на «зрізанні графіка».
(див. рис.3.6-3.7.)

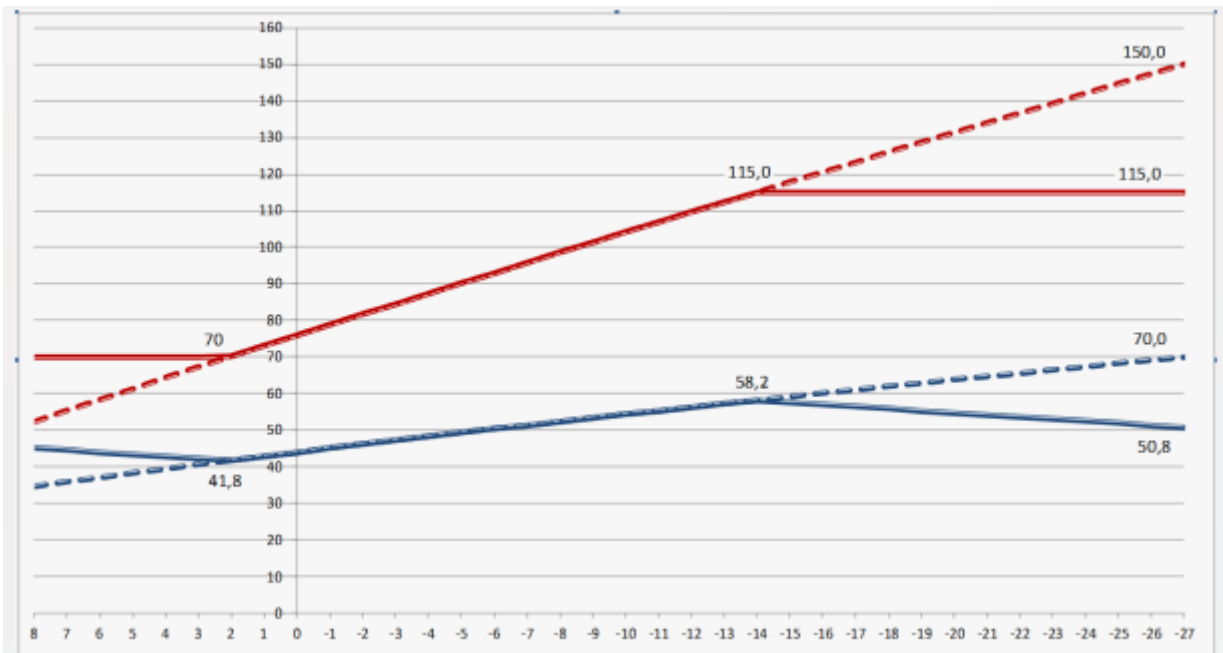


Рис. 3.6. Приклад погодозалежного графіка від ТЕЦ із графіками.

Видно злам вгору графіка звернення під полицею ГВП, а також злам вниз графіка звернення під «зрізанням графіка».

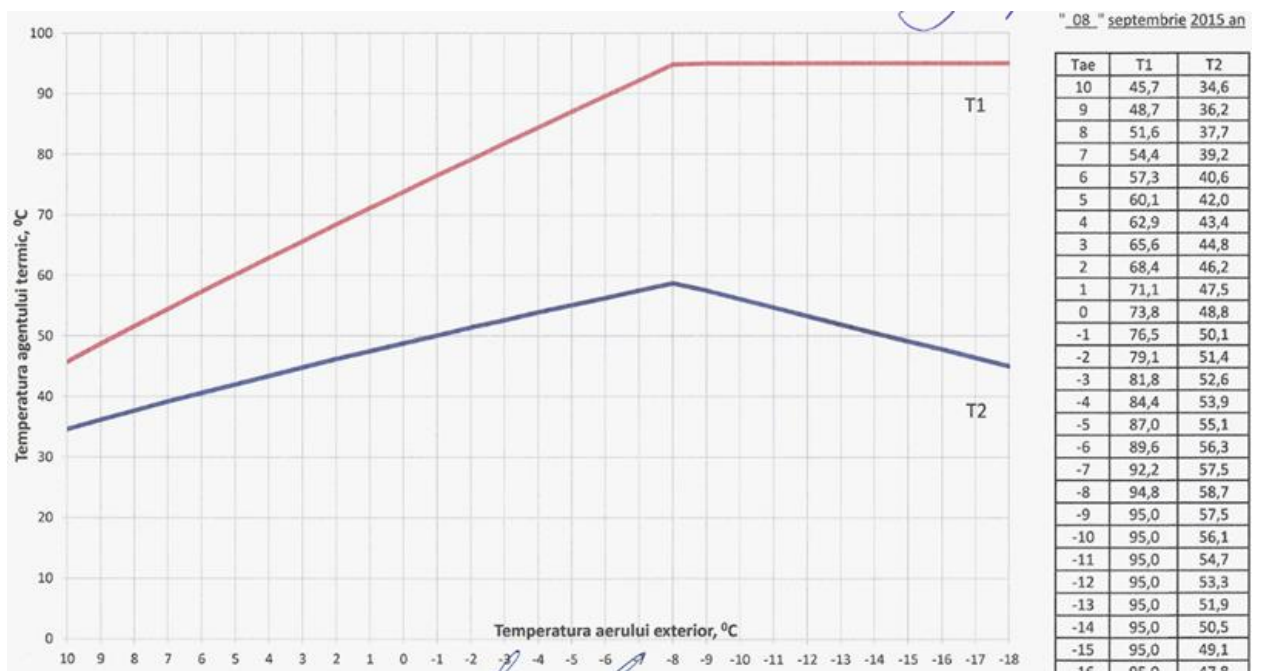


Рис. 3.7. Погодозалежний графік +120/70С зі зрізанням температури подачі на +95С та зі зломом обртки вниз.

Перетоп у будинках з елеваторними вузлами має не лише фазу весняного «перетопу» всього будинку, а й форму постійного цілорічного «перетопу» верхніх поверсів та «недотопів» нижніх поверхів.

Тобто локальний «перетоп» верхніх поверхів є весь опалювальний сезон, особливо посилюючись у міжсезоння.

Цей цілорічний «перетоп-недотоп» пов'язаний вже не з «полицею ГВП» у графіку теплових мереж, а з теоретичними проблемами у поясненні пристрою самих елеваторів.

Так систематичний «перетоп» пов'язаний з перегріванням подачі вище за розрахункову температуру через знижений підміс холодної об'їрки на елеваторі.

Тобто системою опалення прокачується менше води, ніж передбачалося за розрахунком. Але при цьому витрата гарячої води від теплової мережі залишається постійною. В результаті температура в трубі, що подає, від елеватора до перших радіатора виявляється значно вище розрахункової.

Через цю недоциркуляцію у будинках з вертикальною однотрубною системою з верхньою подачею виникає сильний «перетоп» верхніх поверхів, що компенсується надмірною вентиляцією від постійно відкритих квартир.

При цьому в нижніх поверхах буває досить прохолодно навіть без відкриття квартир на провітрювання.

Для боротьби з «перетопами» на верхніх поверхах та «недотопами» у нижніх поверхах одного й того ж будинку останніми роками посилено впроваджуються модернізовані «індивідуальні теплові пункти» (ІТП) із насосною циркуляцією.

При установці насосного ІТП замість елеватора вдається збільшити циркуляцію води за внутрішнім контуром системи опалення, тим самим знизивши перепад температури між першим і останнім радіатором у системі. Таке зниження температурного перепаду в батареях вирівнює температури в приміщеннях по всіх поверхах.

На верхніх поверхах знижується рівень «пекельної спеки» до стану «нормального тепла», а на нижніх поверхах навпаки стає «приємно тепло»

замість «хлябкої прохолоди». Різниці від встановлення ІТП не помітять лише мешканці середніх поверхів будинку.

3.2. Зниження температури в неробочий час.

Тепловий пункт знижує споживання тепла будівлею вночі та на вихідні. Додаткову економію на опаленні адміністративної або виробничої будівлі у розмірі 20-30% можна отримати лише автоматично знижуючи температуру води у системі опалення на ніч та у вихідні дні.

Адже немає жодного сенсу підтримувати у будівлі температуру 20°C у неробочий час, якщо можна знизити її до 12 – 14°C.

Автоматика встановлена при реконструкції теплового пункту програмно знижуватиме температуру води у системі опалення вночі та у вихідні дні, за попередньо заданим графіком — що дозволить скоротити витрати на опалення на 25-30% без втрати комфорту.

Використання програмних режимів опалення дозволяє зменшити витрати на опалення. Суть програмування, як частини економічного опалення, полягає у зниженні температури в будинку на період відсутності мешканців, а також на нічний період, коли всі сплять. Зрозуміло, що чим нижча температура в будинку, тим менша витрата енергії.

На період відсутності людей можна знизити температуру на 3°C, наприклад, з 20 до 17°C. За даними компанії Vaillant, зниження температури більше ніж на 3 градуси може не призвести до економії. Тому що під час інтенсивного нагрівання приміщення до нормальної температури буде перевитрата енергії. Це може звести нанівець всю економію.

Для кращого розуміння порахуємо економію у відсотковому співвідношенні. Для початку розглянемо різницю температур зовні та всередині будинку. Температуру всередині будинку для легкості приймемо 20°C. Зовнішня температура коливається протягом усього сезону. Нас цікавитиме середня зовнішня температура за опалювальний сезон. Наприклад

візьмемо місто Київ (Україна), його середня зовнішня температура за опалювальний сезон становить $-0,1^{\circ}\text{C}$. Таким чином, середня за сезон різниця температур усередині та зовні становитиме $20,1^{\circ}\text{C}$.

Потреба будинку в теплі прямопропорційна різниці температур. Таким чином, зниження внутрішньої температури на 3°C призведе до зменшення споживання енергії на 15% (3 град. складає 15% від 20-ти).

Виходячи з графіку експлуатації будівлі: будівля експлуатується протягом робочого дня, зазвичай з 9:00 до 18:00, тобто 9 годин, та не експлуатується по вихідних днях. За тиждень експлуатується 45годин (5 днів по 9 годин), календарний тиждень 7 діб по 24 години загалом 168 годин.

Тоді: $168-45=123$ години в приміщенні можна застосувати режим економічного опалення, тобто протягом 73% часу, що дозволить заощадити $15\%*0,73=11\%$ на опаленні.

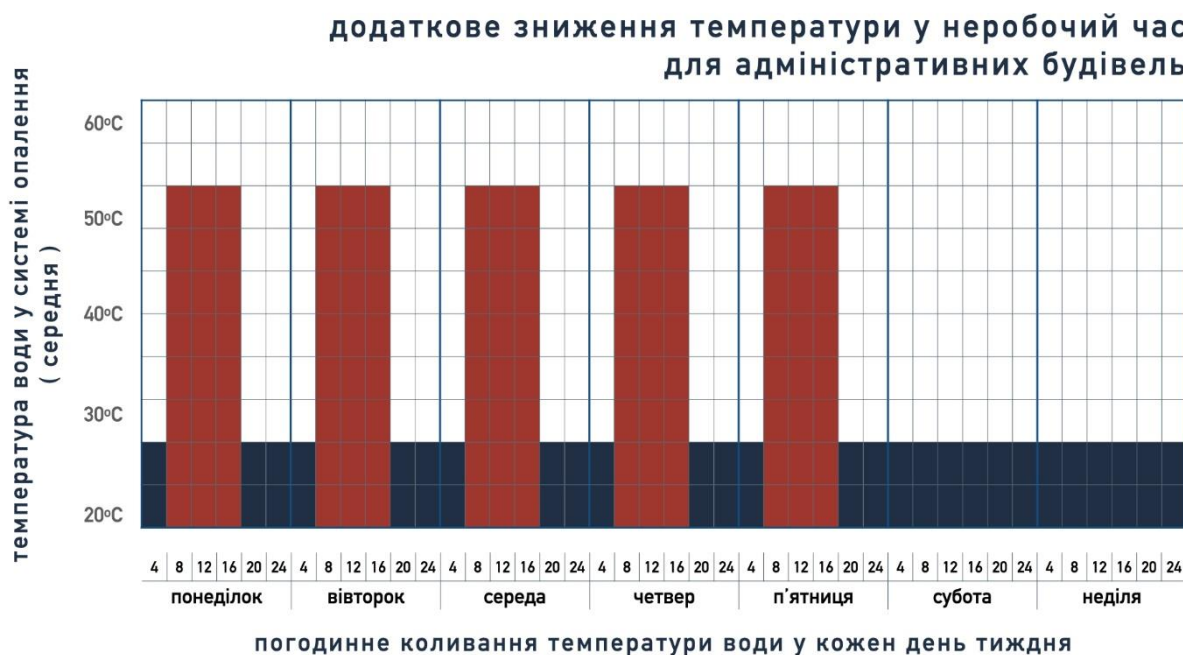


Рис.3.8. Тижневий графік температури теплоносія, що подається в контур опалення.

Зниження температури в неробочий час в ширших межах потребує часу на прогрів приміщення та додаткових потужностей опалювальних приладів.

3.3. Кількісне регулювання теплового потоку

Номінальний тепловий потік Q_N теплообмінників виходить в результаті термічних випробувань в спеціальних кліматичних камерах при дотриманні певних стандартизованих факторів впливу [54]. У реальних умовах експлуатації витрата G теплоносія через теплообмінник, середня різниця температур Δt між приладом і навколишнім повітрям, спосіб підключення і багато інших факторів в цілому відрізняються від тих, при яких проводилися випробування. Вони враховуються поправочними коефіцієнтами до номінального теплового потоку. Причому одні з них є постійними (наприклад, за кольором фарбування, способом установки, способом з'єднання і т. д.), а інші змінні. Закономірності впливу змінних факторів використовуються для регулювання теплового потоку теплообмінників Q . З урахуванням вищесказаного, тепловий потік теплообмінника залежить від змінних коефіцієнтів:

$$Q = Q_N \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right)^n \left(\frac{G}{G_N} \right)^m, \quad (3.1)$$

де n і m - показники потужності.

Показник $m = 0 \dots 0,18$. Нижня межа характерна для радіаторів, верхня - для конвекторів. В цілому цей показник дуже незначно впливає на Q . Показник степеня $n = 1,25 \dots 1,35$ характерний для всіх конструкцій конвекторів, а для радіаторів $n \approx 1,3$. **Тепловий** потік теплообмінника, який для конвектора або радіатора показаний на рис. 3.9 при температурі води на вході 90°C .

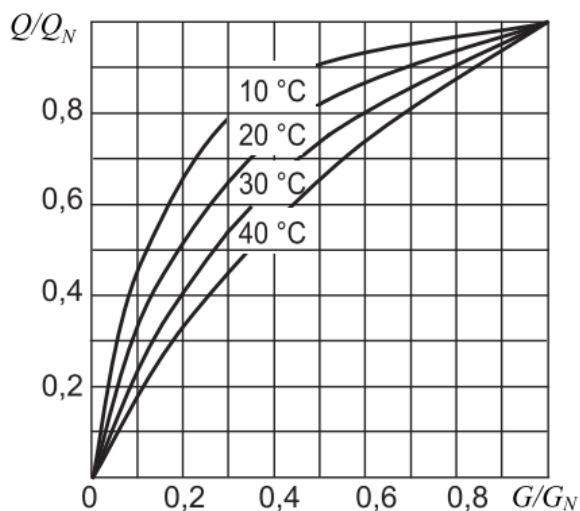


Рис. 3.9. Залежність теплового потоку радіатора від потоку теплоносія.

Значна деформація цієї кривої відбувається в опалювальних приладах однотрубних систем опалення. Нескладно розрахувати, що, наприклад, в десятиповерховому будинку з однотрубною системою опалення і конструктивним диференціалом температури 25°C , різниця температур в опалювальних приміщеннях складе $25/10 = 2,5^{\circ}\text{C}$. Крім того, в процесі якісного центрального управління системою різниця температур теплоносія змінюється від 25°C до приблизно 15°C , отже, різниця температур в опалювальному приладі зменшується до $15/10 = 1,5^{\circ}\text{C}$. При цьому при незначному відкритті регулятора тепловіддача опалювального приладу збільшується до максимуму. В іншому хід штока регулятора буде марним, так як має місце так зване двопозиційне регулювання - «відкрито або закрито». Це призводить до різкого регулювання теплового комфорту в приміщенні, збільшення ймовірності утворення шуму і зниження

Регулювання теплового потоку опалювальних приладів в однотрубних системах домогтися тим складніше, чим більше опалювальних приладів в стояку або приладовому відгалуженні. Набагато складніше домогтися лінійного регулювання теплообмінників в однотрубних системах при модернізації теплового пункту, якщо опалювальні прилади не мають терморегуляторів. Для регулювання роботи опалювальних приладів

призначається регулюючий вентиль теплового пункту. Саме значне викривлення характеристик опалювальних приладів є причиною відмови від використання однотрубних систем опалення в європейських країнах. А модернізація опалювальних пунктів з однотрубними системами (в колишніх соціалістичних країнах) передбачає подальшу модернізацію системи опалення шляхом установки терморегуляторів на опалювальні прилади, або повну заміну однотрубною системою опалення на двотрубну систему опалення з терморегуляторами. У набагато кращих умовах регулюється тепловий потік опалювальних приладів двотрубною системою опалення, так як різниця температур в них дорівнює різниці температур в системі опалення. Наприклад, ті ж $25...15^{\circ}\text{C}$. Отримана кривизна характеристик опалювального приладу дає можливість кількісно змінювати витрату теплоносія за ходом штока регулюючого клапана, керуючи тепловим потоком опалювального приладу і забезпечуючи витрату теплової енергії відповідно до необхідності підтримки теплового комфорту.

Ідеальне управління теплообмінником можливо досягти при лінійній залежності його теплового потоку від ходу штока регулюючого клапана. Для цього розглядається ідеальна спільна робота теплообмінника і регулюючого клапана. Його суть полягає в тому, що характеристика прохідності клапана повинна бути дзеркальним відображенням характеристик теплообмінника. Для цього необхідно забезпечити 10% 50% збільшення відносної витрати G/GN при відносному зростанні стебла $H/H100$. При цьому відносне збільшення теплового потоку Q/QN становитиме 50% при відкритті вентиля $h/h100$ на 50% (рис. 3.10), тобто досягнуто лінійного керування при використанні регуляторів теплового потоку (температури) прямої дії, так як існує жорсткий зв'язок між датчиком температури і положенням штока клапана. Це важливо і для непрямих регуляторів. В обох варіантах поліпшується реакція регулюючого клапана на зміну температури, що в кінцевому підсумку підвищує тепловий комфорт в приміщенні і економить енергоресурси.

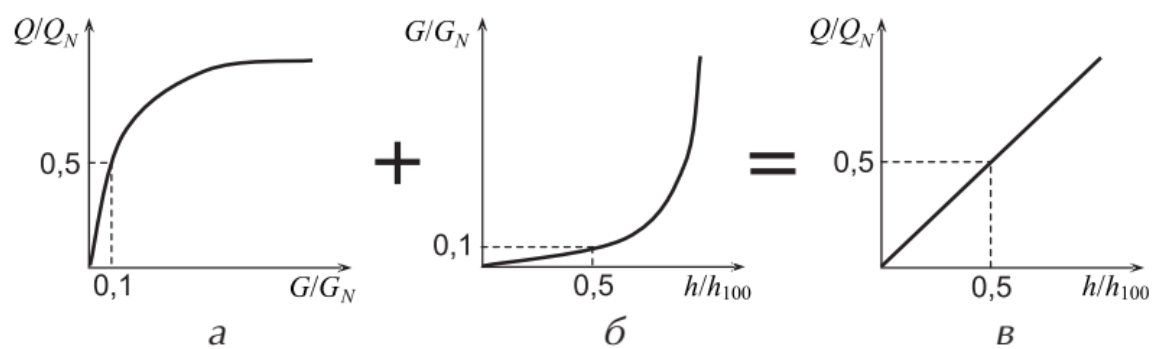


Рис. 3.10. Характеристики радіатора регулюючого та клапану. Ідеальне регулювання.

4. ПОБУДОВА ТА ОПИС МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ В АДМІНІСТРАТИВНІЙ БУДІВЛІ.

4.1. Моделювання процесу тепловіддачі радіаторів опалення

Тепловіддача радіатора - показник, що означає кількість тепла, переданого радіатором приміщенню в одиницю часу. Вимірюється вона у Ваттах (Вт). Також в інтернеті можна зустріти інші назви цього показника: теплова потужність, потужність, тепловий потік. Як одиницю виміру тепловіддачі можна зустріти також кал/годину, їх можна перевести в Ватти і навпаки із залежності: $1 \text{ Вт} = 859,8452279 \text{ кал/год.}$

Передача тепла приміщенню відбувається двома процесами: випромінюванням та конвекцією. Конструкція сучасних опалювальних приладів розроблена так, щоб, комбінуючи обидва процеси, досягти максимальної тепловіддачі.

Теплова потужність радіаторів залежить, крім його конструкції, від трьох величин: температури теплоносія на вході радіатора, на виході та температури повітря в приміщенні. Температурний напір (Δt , К) представляє різницю температури радіатора та приміщення. Температура радіатора береться як середня між температурами на вході та виході з радіатора. Проста формула температурного напору така:

$$\Delta t = \frac{t_{\text{под.}} + t_{\text{звор.}}}{2} - t_{\text{приміщ.}} \quad (4.1)$$

де

Δt - температурний напір, К;

$t_{\text{под.}}$ - температура теплоносія на вході в радіатор, К;

$t_{\text{звор.}}$ - температура теплоносія на виході, К;

$t_{\text{приміщ.}}$ - температура повітря в приміщенні, К.

Ця формула широко використовується як для розрахунків, так і в довідковій літературі. Але розрахунок температури радіатора як середньоарифметичне значення не відбиває дійсної температури радіатора. Більш точне значення можна отримати, користуючись логарифмічною залежністю, info.liconse.com тоді логарифмічна формула температурного напору виглядатиме так:

$$\Delta t_{ln} = \frac{t_{\text{под.}} - t_{\text{звор.}}}{\ln \frac{t_{\text{под.}} - t_{\text{приміщ.}}}{t_{\text{звор.}} - t_{\text{приміщ.}}}}, \quad (4.2)$$

У технічній документації виробників радіаторів можна зустріти значення тепловіддачі, отримані за трьома основними методами випробувань: за стандартами EN-442, DIN 4704 та НДІСТ. EN 442 – загальноєвропейський стандарт, на який орієнтуються усі виробники опалювальних приладів. Випробування проходять при температурному режимі в кабіні, де охолоджуються стеля, підлога. та стіни крім протилежної радіатору. Відповідно до стандарту DIN 4704, опалювальний прилад випробовується при режимі 90/70/20 і охолоджуються всі огорожувальні конструкції. По НДІСТ температурний напір становить 70°C, не охолоджуються стіна навпроти радіатора і підлога, радіатор відокремлений від стіни теплоізолюючим екраном. Тепловіддача, отримана за різними стандартами, може відрізнятись на 1-8%.

Якщо в системі опалення використовується інший температурний режим, тепловіддачу опалювальних приладів потрібно перерахувати. Це можна зробити за формулою перерахунку тепловіддачі:

$$\Phi = \Phi_{SL} * \left(\frac{\Delta t_{ln}}{\Delta t_{\text{норм}}} \right)^n, \quad (4.3)$$

де Φ - тепловіддача при вибраному температурному режимі;

Φ_{SL} - нормативна тепловіддача (за EN-442: тепловіддача в режимі 75/65/20);

Δt_{ln} - фактичний температурний натиск, розрахований логарифмічним способом (для спрощення можна способом середнього арифметичного);

$\Delta t_{норм}$ - нормативний температурний напір, тобто вихідний: EN 442 - 50°, DIN 4704 - 60°, НДІСТ - 70° (розрахунок середнім арифметичним, для точності перерахувати);

n - експонент (вказується виробником).

Показник n характеризує конструкцію радіатора. Чим вище цей показник, тим значніше падає тепловіддача при низькотемпературному режимі опалення, і, навпаки, швидше зростає за високих температур теплоносія.

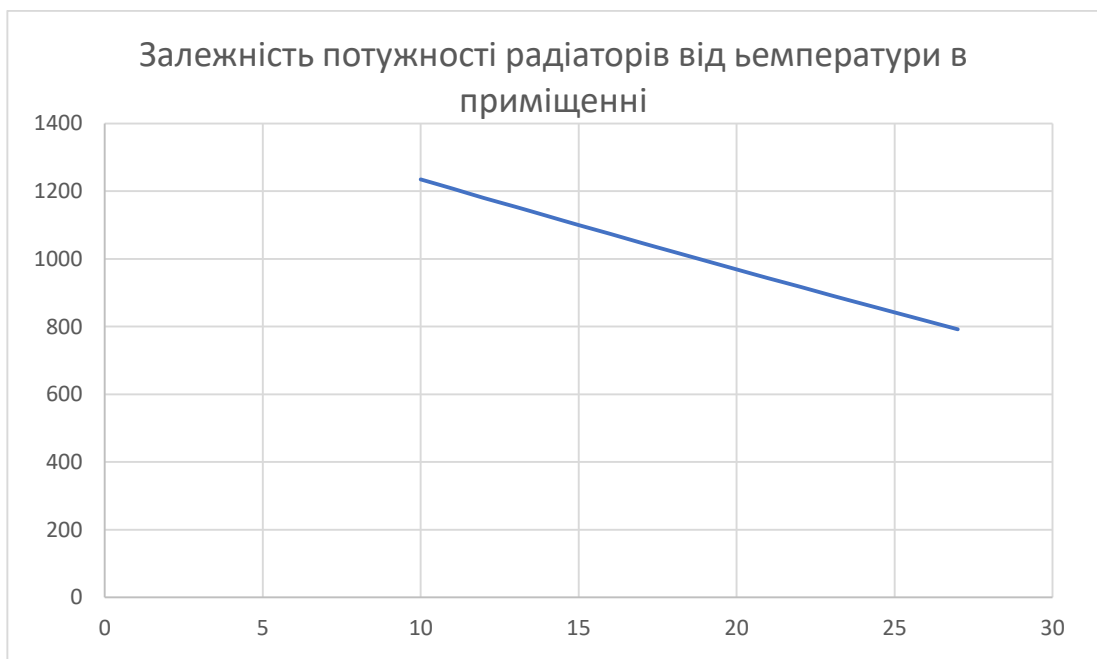


Рис. 4.1. Залежність теплової потужності радіаторів від температури в приміщенні.

Для прикладу взято радіатор з потужністю 1000Вт, підключення зверху та знизу, температура подаючого теплоносія 70°C, тепловий потік 50°C.

4.2. Розробка математичної моделі температури повітря в опалювальному приміщенні.

Для спрощення аналізу процесу уявімо такий ідеальний процес, коли опалювальне приміщення або будівля являє собою однорідне тіло, температура якого однакова у всіх точках, тобто,

$$Q = Q_{np} + Q_{ок}. \quad (4.4)$$

За нескінченно малий проміжок часу енергія, що подається в приміщення Qdt , витрачається на обігрів самого приміщення на dt градусів: $G_{пм} \cdot c \cdot dt$ і на покриття споживання енергії через огороджувальні конструкції $k_{ок} \cdot F_{ок} \cdot t_{в} \cdot \Delta dt$.

$$Qdt = G_{np} \cdot c_{np} dt + k_{ок} \cdot F_{ок} \cdot \Delta t_{в} dt, \quad (4.5)$$

де $F_{ок}$ - площа поверхні огороджувальних конструкцій;

τ - час;

$G_{пм}$ - маса приміщення;

c_{np} - питома теплоємність;

$K_{ок}$ - коефіцієнт теплопередачі огороджувальних конструкцій;

$\Delta t_{в}$ - температурна головка,

$t_{в}$ - температура повітря в приміщенні;

$t_{н}$ - температура зовнішнього середовища [8].

Перетворимо отримане рівняння:

$$\begin{aligned} Qdt &= G_{пм} \cdot c_{пм} \frac{dt}{d\tau} + k_{ок} \cdot F_{ок} \cdot \Delta t_{в} \frac{d\tau}{d\tau} \\ \frac{Qd\tau}{k_{ок} \cdot F_{ок}} \cdot \frac{d\tau}{d\tau} &= \frac{G_{пм} \cdot c_{пм}}{k_{ок} \cdot F_{ок}} \frac{dt}{d\tau} + \Delta t_{в}, \\ \frac{Q}{k_{ок} \cdot F_{ок}} &= T_{пм} \frac{dt}{d\tau} + t_{в} - t_{н}, \\ \frac{Q}{k_{ок} \cdot F_{ок}} + t_{н} &= T_{пм} \frac{dt}{d\tau} + t_{в}. \end{aligned} \quad (4.6)$$

де Q - теплова енергія, що подається в приміщення;

T_{nm} - постійна часу опалювального приміщення

$$T_{\text{пм}} = \frac{G_{\text{пм}} \cdot c_{\text{пм}}}{k_{\text{ок}} \cdot F_{\text{ок}}} \quad (4.7)$$

З цього рівняння отримаємо передавальну функцію опалювального приміщення:

$$W(p)_{\text{пм}} = \frac{\frac{Q}{k_{\text{ок}} \cdot F_{\text{ок}}} + t_{\text{н}}}{T_{\text{пм}} \cdot p + 1}. \quad (4.8)$$

Виходячи з вищесказаного, можна зробити наступні висновки:

1) Обігрів і охолодження приміщень залежать не тільки від кількості тепла, що подається в приміщення. Ці процеси також залежать від маси приміщення. Постійна часу T_{nm} будівель тим більше, чим більше маса, теплоємність і тим нижче теплопровідність їх внутрішніх і зовнішніх огорожувальних конструкцій, тобто внутрішніх і зовнішніх стін, перегородок, перекриттів і т.д. ;

2) зниження температури повітря в приміщенні після відключення опалення відбувається повільніше, чим вище температура зовнішнього повітря [8].

Структурна схема відкритої системи контролю температури

З вищесказаного можна виділити основні рівняння, необхідні для побудови структурної схеми:

$$\begin{cases} \frac{Q}{k_{\text{ок}} \cdot F_{\text{ок}}} + t_{\text{н}} = T_{\text{пм}} \frac{dt}{dt} + t_{\text{в}}; \\ T_{\text{пм}} = \frac{G_{\text{пм}} \cdot c_{\text{пм}}}{k_{\text{ок}} \cdot F_{\text{ок}}}. \end{cases} \quad (4.9)$$

Передавальна функція опалювального приміщення

$$W(p)_{\text{пм}} = \frac{\frac{Q}{k_{\text{ок}} \cdot F_{\text{ок}}} + t_{\text{н}}}{T_{\text{пм}} \cdot p + 1}. \quad (4.10)$$

Нехай температура повітря на вулиці становить 0°C , що є середнім значенням температури зовнішнього повітря за опалювальний період в м. Києві.

Теплова мережа працює за температурним графіком 95/70. Знаючи температуру зовнішнього повітря і температурний графік опалювальної мережі, можна дізнатися, яка температура повинна бути в подаючому і зворотному трубопроводах. В інтернеті знайдено графік опалення, згідно з яким температура в трубопроводах подачі і обратки при обраних умовах становить 58°C і 48°C відповідно [9]. Розрахуємо параметри опалювального приміщення. Об'єм приміщення становить:

$$V_{\text{пм}} = 3 \cdot 3,5 \cdot 2,5 = 26,25 \text{ м}^3.$$

Маса повітря в приміщенні:

$$G_{\text{пм}} = V_{\text{пм}} \cdot \rho_{\text{пм}} = 26,25 \cdot 1,29 = 33,86 \text{ кг}.$$

Площа огороджувальної конструкції:

$$F = 3 \cdot 2,5 = 7,5 \text{ м}^2.$$

Значення опору теплопередачі для багатошарової стіни обираємо:

$$R_{\text{ок}} = 1,12 \text{ м година град/ккал}.$$

Коефіцієнт теплопередачі огороджувальних конструкцій:

$$k_{\text{ок}} = 1/R_{\text{ок}} = 1/1,12 = 0,89 \text{ ккал/м}^2 \text{ година градус},$$

або враховуючи що $1 \text{ ккал} = 4,19 \text{ Дж}$, $k_{\text{ок}} = 3,72 \text{ кДж/м}^2 \text{ година градус}$.

Обчислимо сталу часу приміщення:

$$T_{\text{пм}} = \frac{G_{\text{пм}} \cdot c_{\text{пм}}}{k_{\text{ок}} \cdot F_{\text{ок}}} = \frac{33,86 \cdot 1,005 \cdot 10^3}{3,72 \cdot 10^3 \cdot 7,5} = 1,2$$

Тепер обчислимо кількість теплоти що поступає в приміщення від опалювального приладу. Середня температура теплоносія в апараті:

$$T_{\text{сп}} = (t_{\text{под}} + t_{\text{об}})/2 = 58 + 48 = 53^{\circ}\text{C}$$

Коефіцієнт теплопередачі радіатора М-140 при різниці між середньою температурою теплоносія і температурою приміщення $40 \div 45^{\circ}\text{C}$ становить $26,4 \text{ кДж/год м}^2 \text{ градуси}$ [7].

Площа нагрівального приладу: $F_{np}=1,27\text{м}^2$

Тепловіддача опалювального приладу:

$$Q = k_{np} \cdot F_{np} (t_{np} - t_e) = 1357,7 \text{ кДж}$$

Підставимо чисельні значення та проведемо розрахунки, для проведення розрахунків скористаємося програмою MS Excel, що входить до складу MS Office.

Побудуємо графіки для різних температур подачі теплоносія: 50, 55 та 66°C що відповідають температурі зовнішнього повітря -5°C , 0°C та $+5^{\circ}\text{C}$ відповідно. Початкова умова – температура в кімнаті $+10^{\circ}\text{C}$, вулична – 0°C . Графіки перехідних процесів приведено на рис. 4.2.

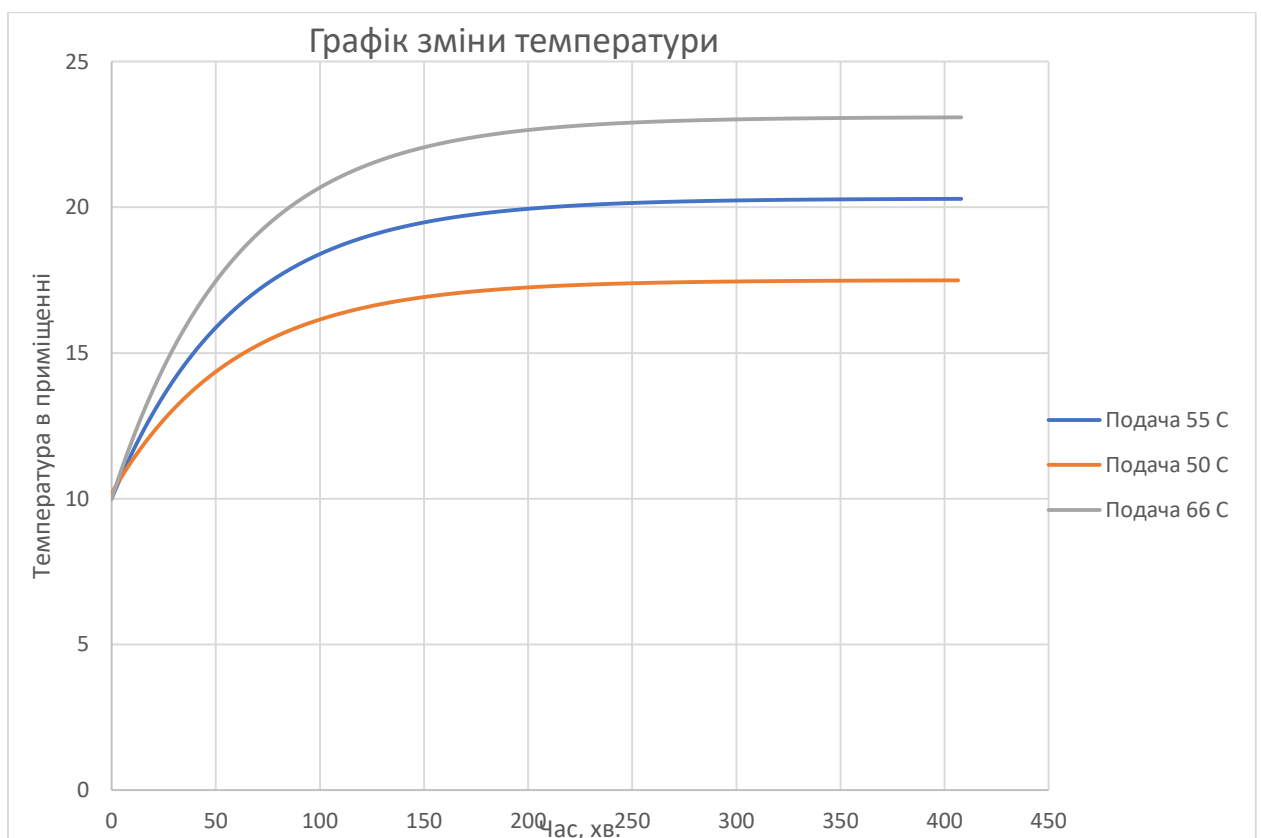


Рис. 4.2. Графіки зміни температури в приміщенні.

З рисунку 4.2 видно, що стаціонарна температура повітря в приміщенні становить $20,3^{\circ}\text{C}$, що дещо перевищує необхідну температуру в 18°C . Тому необхідно ввести схему контролю температури повітря в приміщенні.

4.3. Моделювання перехідних етапів керування температурою в приміщенні.

Адміністративна будівля експлуатується лише по робочих днях, та протягом робочого часу, як правило з 9:00 до 18:00. Тому система опалення теж повинна підтримувати комфортну температуру лише в робочий час, решту часу – температуру економну. Комфортна температура прийнята $+20^{\circ}\text{C}$, економна може бути нижча на три градуси, як рекомендують для житлових приміщень, чи нижчою на 5°C , що рекомендована для нежитлових будівель.

Для переходу з температури економної до температури комфортної необхідний час для прогріву приміщення. Перехід з $+17^{\circ}\text{C}$ до комфортних $+20^{\circ}\text{C}$ відбувається за 40хв; для прогріву з $+15^{\circ}\text{C}$ до $+20^{\circ}\text{C}$ необхідно близько 90хв (півтори години). Прискорений прогрів приміщення передбачає короткочасне підвищення потужності системи опалення, найпростіше це зробити шляхом підвищення температури теплоносія в подаючій гілці. Для прискорення прогріву приміщення доцільно подавати теплоносій дещо вищої температури, не 50°C як розрахункова а, наприклад 66°C тоді час прогріву буде близько 20хв.

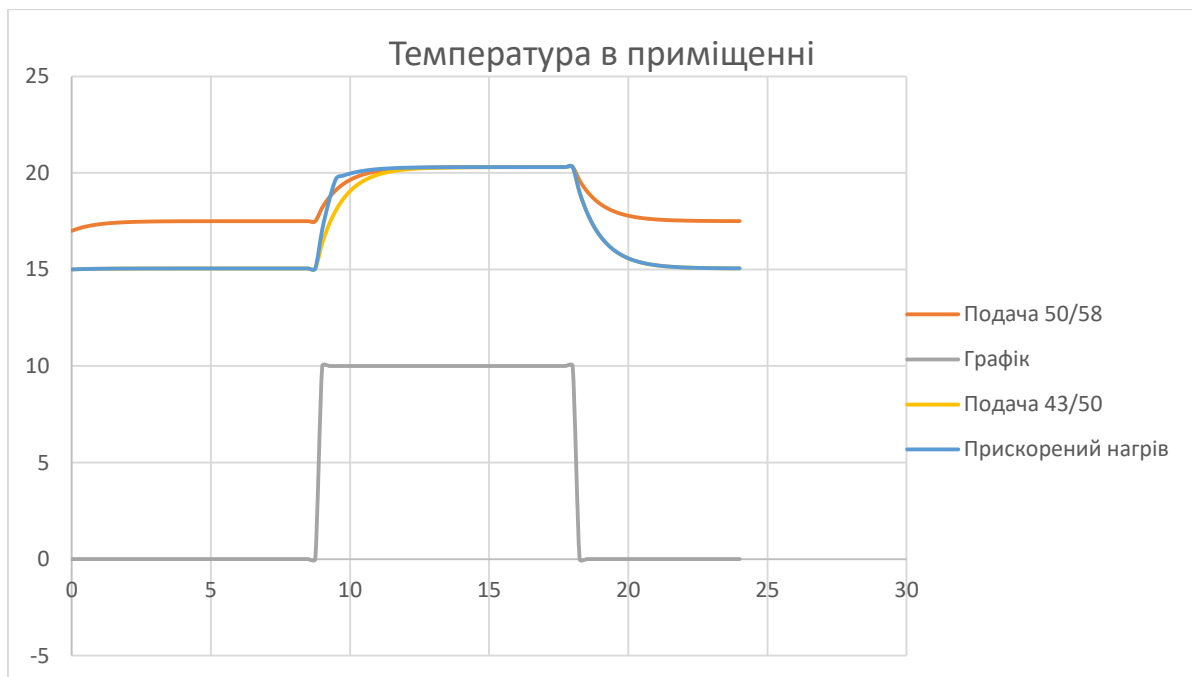


Рис. 4.3. Двох температурний режим опалення приміщення.

5. ОПИС СХЕМ БЛОКІВ РОЗРОБЛЕНИХ В ПРОЕКТІ.

5.1. Опис принципової електричної схеми шафи автоматики балансування системи.

Для автоматичного керування опаленням будівлі необхідно виконувати дві групи задач: автоматичне керування процесом підготовки теплоносія для контурів опалення та керування автоматичним балансуванням системи опалення.

Тепловий пункт розміщений в підвалі будинку, ближче до вузла вводу теплотраси, стояки системи опалення розміщені по площі будівлі. З метою оптимізації кількості трас та довжини проводів доцільно розділити шафи автоматики. В дипломі розроблено дві схеми двох шаф автоматики.

Схема шафи автоматики балансування системи опалення приведена на слайді 8 презентації та на рис. 5.1.

Основним елементом схеми є спеціалізований контролер CCR3+ Danfoss. Контролер спеціально розроблений для задач автоматичного балансування однотрубних систем опалення.

Задача балансування системи опалення – забезпечити рівномірний розподіл теплоносія по всіх стояках опалення. Про рівномірність розподілу тепла найбільш об'єктивно можна судить по температурі зворотного теплоносія в кожному зі стояків, з урахуванням температури у подаючому трубопроводі. Керують балансуванням шляхом дроселювання потоку в кожному зі стояків, там де проток занадто великий слід трошки «прикрити» регулюючий клапан, де замало – відкрити.

В якості датчиків температури використовуються ESMC (Pt-1000), підключені по двох провідній схемі, в якості виконавчого механізму використовують термопривід TWA-Z, регулюючий орган – балансировочний вентиль AB-QM.

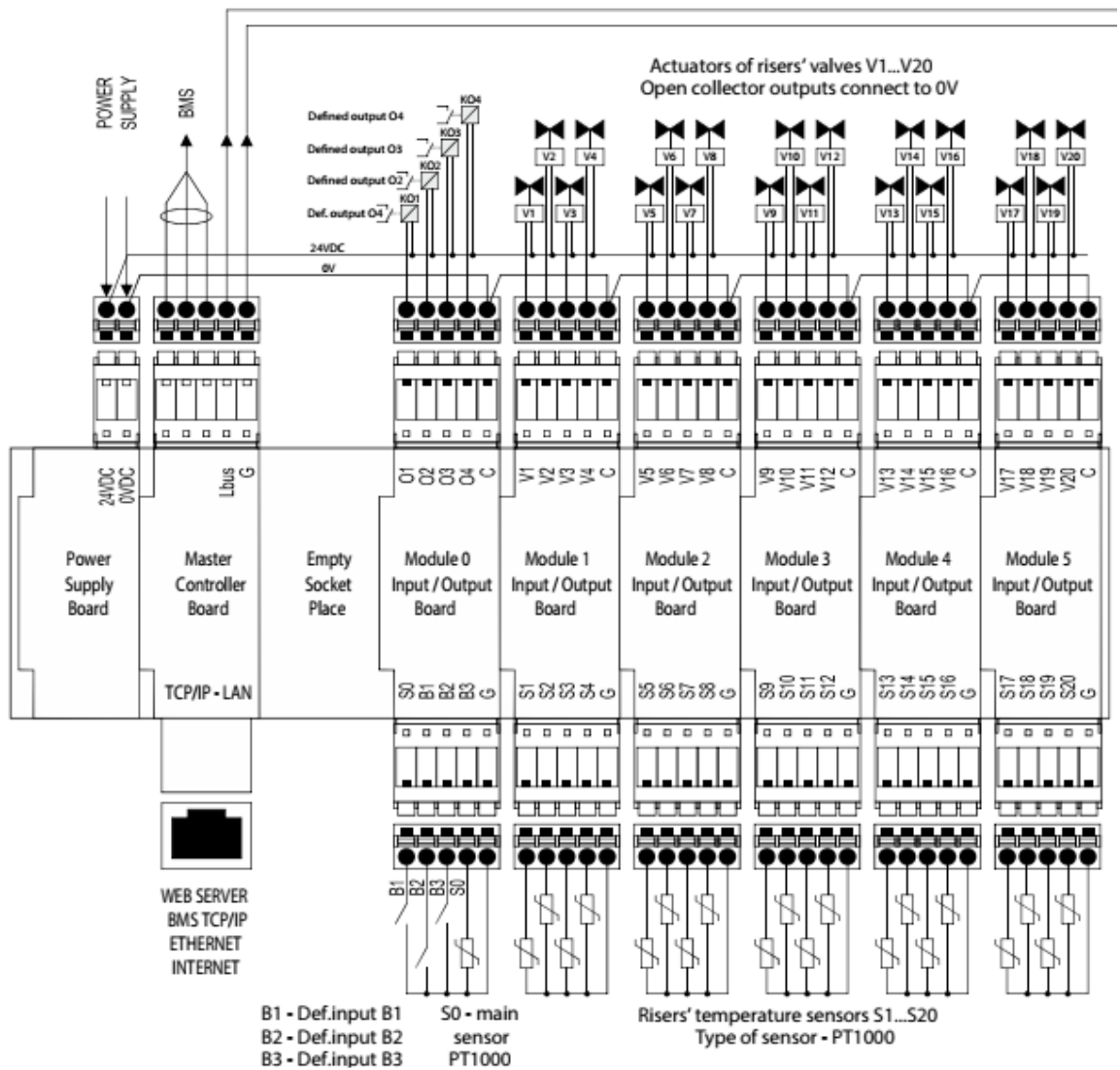


Рис. 5.1. Схема автоматичного балансування системи опалення.

Датчик температури подаючої гілки (S0) встановлюють на подаючому трубопроводі, а датчики температури зворотного теплоносія встановлюють на кожній гілці опалення біля балансіровочного вентиля. Сигнали з датчиків безпосередньо подаються на клему контролера.

Термоелектричні приводи балансіровочних вентилів також підключені безпосередньо до клем контролера.

Для інтеграції системи балансування опалення в загальну систему диспетчеризації контролер має порти RS-485 з підтримкою протоколу MODBUS та порт LAN TCP/IP.

5.2. Опис принципової електричної схеми шафи автоматики теплопункту.

Принципова електрична схема шафи автоматики приведена на слайді 11 графічної частини проекту.

Шафа автоматики складається з двох частин: силової та мікропроцесорної; мікропроцесорна – реалізує алгоритми керування, а силова – комутацію виконавчих механізмів та захист від короткого замикання.

Схема побудована з використанням спеціалізованого контролера Waterheat S3-24 ф. «Паут автоматік».

Контролер має аналогові та дискретні входи, аналогові входи можна програмно конфігурувати як для підключення нормованих аналогових сигналів, так і для підключення термометрів опору типу Pt1000.

В даному проекті пропонується використовувати датчики температури типу Pt1000, аналогові входи конфігурують їх для підключення.

Для контролю стану в проекті застосовують В якості датчиків тиску в проекті пропонується використати датчики двох видів: аналогові з стандартним уніфікованим вихідним сигналом струму 4-20мА та дискретні – з вихідним сигналом типу «сухий контакт». Аналогові датчики вимірюють робоче значення тиску в магістралях, а дискретні - контролюють роботу насосів.

Сигнали з дискретних датчиків безпосередньо подаються на входи контролера.

Дискретні виходи контролера через допоміжні реле К1-К8 керують дискретними виконавчими механізмами.

Для керування електродвигунами насосів в схемі передбачені пристрої плавного пуску.

Аналогові виходи використовується для керування аналоговими виконавчим механізмом, в якості таких в проекті використовують приводи

трьох ходових клапанів, котрі регулюють подачу теплоносія в теплообмінні апарати.

Шафа також має силову частину, до складу якої входять: ввідний рубильник, ввідний автомат, окремий автомат живлення шафи і однофазних клапанів. Електродвигуни циркуляційних насосів 3-х фазні, тому в схемі їх включання використовуємо додатково автоматичні вимикачі та пристрої плавного пуску.

Для забезпечення нормованої експлуатації електродвигунів необхідно забезпечити належну напругу живлення, та уникати їх включання при «перекосі фаз», також слід уникати надмірно частих вкл/викл. Для контролю вхідної напруги використовуємо реле напруги KV1, контакти котрого примусово відключають блок живлення контролера в разі відхилення за межі норм вхідної напруги.

5.3. Опис монтажною схемою та схемою зовнішніх підключень шафи автоматизи.

Монтажна схема шафи автоматизи представлена на слайді 12 графічної частини дипломного проекту.

Для виготовлення шафи використовуємо стандарту шафу розмірами 600*1000, глибиною 460.

Елементи системи автоматизи працюють в підвальному приміщенні з загрозою підтоплення тому проводи, як правило, прокладають під стелею, і шафу автоматизи доцільно виготовляти з верхнім підключенням. В верхній частині шафи (див. креслення) розміщуємо ввідні клеми: вводу напруги живлення, підключення електродвигунів циркуляційних насосів, електродвигунів насосів підживлення, аналогових та дискретних клапанів в та датчиків.

Схема зовнішніх підключень шафи автоматизи приведена на листі 13 графічної частини дипломного проекту. На цій схемі показані клеми та

проводи, що підключаються до них; вказані: марка проводу, спосіб прокладки та приближена довжина проводу.

6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ.

6.1. Загальні відомості.

Підвищення цін на енергоносії є однією з причин для проведення заходів з енергозбереження в установі, для зниження витрат і підвищення економічної ефективності.

Виходячи з витрат на оплату споживання енергоресурсів найбільший економічний ефект може бути отриманий при реалізації енергозберігаючих заходів в системах теплопостачання та електропостачання.

Технічні рішення з підвищення енергетичної ефективності для системи електропостачання:

- Енергозберігаючі заходи для електричного освітлення:
- застосування світильників зі світлодіодними лампами;
- застосування комбінованого штучного освітлення (загальне + місцеве);
- секціонування систем електричного освітлення.

Технічні рішення з підвищення енергетичної ефективності для системи теплопостачання:

- Зниження трансмісійних теплових втрат:
- утеплення стін;
- застосування склопакетів з енергоефективними пластиковими профілями.
- Зниження інфільтраційних теплових втрат:
- установка повітряних завіс на входних дверях;
- застосування автодоводчиком на входних дверях;
- влаштування тамбурів на входах.
- Підвищення ефективності регулювання систем опалення та вентиляції (ліквідація перетопів в приміщеннях):

- регулювання тепловіддачі опалювальних приладів;
- заміна елеваторного вузла індивідуальним тепловим пунктом;
- завдання добової і тижневої програми ІТП.

6.2. Техніко-економічне обґрунтування проведення заходів з енергозбереження

Зниження обсягу споживання електричної енергії визначається виходячи з потужностей енергоспоживаючого обладнання, зазначених в паспортних даних, виведеного з експлуатації за період між роком, за яким визначався базовий обсяг споживання, і звітним періодом, і оціночної інтенсивності (числа годин) використання відповідного енергоспоживаючого обладнання за розрахунковий період. Величина оціночної інтенсивності (числа годин) використання відповідного енергоспоживаючого обладнання за розрахунковий період не повинна бути меншою за середню фактичну інтенсивність (числа годин) використання всього енергоспоживаючого обладнання на рік, за яким визначався базовий обсяг споживання, який визначається як відношення величини обсягу споживання енергії до потужності всього енергоспоживаючого обладнання, зазначеної в паспортних даних з урахуванням втрат в мережах і пускорегулювальної апаратури, в зазначеному році.

Економічний ефект від впровадження системи керування мікрокліматом досягається за рахунок:

- підтримання комфортної температури повітря в приміщеннях шляхом дотримання заданого графіка залежності температури теплоносія, що надходить в систему опалення, від температури зовнішнього повітря;
- ліквідації весняно-осінніх перетопів будівель;
- автоматичного зниження споживання теплової енергії системою опалення будівлі в неробочий час, у вихідні та святкові дні;
- підтримання необхідної температури гарячої води в системі ГВП;

- автоматичного зниження температури гарячої води в нічний час, у вихідні та святкові дні, аж до повної зупинки системи ГВП;
- підтримання комфортної температури повітря в приміщеннях шляхом автоматичної зміни витрати теплоносія, що надходить на калорифер вентиляційної установки;
- обмеження температури теплоносія, що повертається в теплову мережу.

Економічний ефект від монтажу тепловідбивних конструкцій за радіаторами опалення досягається за рахунок:

Опалювальні прилади в звичайній практиці встановлюють біля зовнішніх стін приміщення. Працюючий прилад активно нагріває ділянку стіни, розташовану безпосередньо за ним. Таким чином, температура цієї ділянки значно вище, ніж інша область стіни, і може досягати 50°C. Замість того, щоб використовувати все тепло для обігріву повітря всередині приміщення, радіатор старанно витрачає тепло на обігрів холодної цегли або бетонних плит зовнішньої стіни будівлі. Це є причиною збільшених теплових втрат. Якщо батарея встановлена в ніші, теплові втрати будуть ще більшими, оскільки тонка задня стінка ніші має ще більш низький опір теплопередачі, ніж ціла стіна.

Суттєво знизити теплові втрати в даній ситуації дозволяє установка тепловідбивних екранів, ізолюючих ділянки стін, розташовані за опалювальними приладами. Рекомендована товщина ізоляції 3-5мм. Відображає шар повинен бути звернений у бік джерела тепла.

За рахунок установки тепловідбивного екрану досягається зниження променевого теплового потоку, що нагріває зовнішню стіну в місці за радіатором. Установка подібних відбивачів є маловитратним способом економії енергії з низьким терміном окупності (близько 1-2 роки). При наявності в приміщенні недотопа, установка таких екранів допомагає підвищити температуру і наблизити її до комфортної. При наявності

термостатичного вентиля та приладів обліку теплової енергії наслідком установки буде економія тепла.

Економічний ефект від виконання заходу «Автоматизація освітлення в місцях загального користування»

Освітлення в коридорі управляється звичайними механічними вимикачами. Людський фактор - причина постійної роботи освітлювальних приладів в цих приміщеннях протягом робочого дня, незважаючи на потребу в освітленні протягом короткочасного періоду часу.

Пропонується обладнати освітлювальні прилади пристроями на базі датчиків присутності. Це вдосконалення дозволить включати освітлення тільки в разі присутності людини в приміщення.

В даний час на ринку електротехнічних пристроїв існує ряд недорогих виробів, що дозволяють автоматизувати управління освітленням. Пристрій призначений для монтажу на стіні або стелі для використання спільно з раніше встановленими світильниками. Вбудоване реле дозволить поступово знижувати електричне навантаження на лампи, що дозволить збільшити термін їх служби.

Економічний ефект від виконання заходу «Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні лампи»

Використання люмінесцентних ламп для освітлення приміщень призводить до значних перевитрат електричної енергії, оскільки світлодіодні лампи, які генерують аналогічний по потужності світловий потік, споживають в 2-3 рази менше електроенергії. Термін служби світлодіодних ламп в 2 рази більше, ніж у ламп люмінесцентних. Оскільки встановлюються світлодіодні лампи в ті ж цоколі, що і лампи люмінесцентні, переобладнання системи освітлення - процес нетрудомісткий.

6.3. Оцінка економії від впровадження заходу: організація автоматизованого теплового пункту

Табл. 6.1. Дані для розрахунку.

№	Найменування	Кількість
1	Річне теплове навантаження на систему опалення будівлі	790,1 Гкал
2	Температура повітря в приміщенні $t_{пов}^p$	21 °С
3	Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, $t_{ср.зов.}$	- 8,3 °С
4	Тривалість опалювального періоду	231 доб
5	Тариф на теплову енергію, Т	2 541,968 грн.
6	Тривалість робочого дня	14 год
7	Кількість днів за опалювальний період: - робочих - неробочих	230 днів 1 день

Визначимо фактичне годинне навантаження будівлі на опалення, Гкал/год:

$$q_{\text{год}} = \frac{Q}{z \cdot 24} = \frac{790,1}{231 \cdot 24} = 0,143 \text{ Гкал/год} \quad (6.1)$$

де Q (Гкал) – річне споживання теплової енергії на опалення будівлі;
z (доб) – тривалість опалювального періоду.

Організація чергового опалення забезпечить зниження температури повітря в приміщеннях будівлі до $t_b^6 = 14^\circ\text{C}$.

Годинне навантаження на опалення в даному випадку складе, Гкал/год:

$$q_{\text{год}}^6 = q_{\text{год}} \frac{(t_{пов}^6 - t_3^{сеп})}{(t_{пов} - t_3^{сеп})} = 0,143 * \frac{(14 - (-8,3))}{(21 - (-8,3))} = 0,109 \text{ Гкал/год} \quad (6.2)$$

де $t_3^{\text{сер}}$ (°C) – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період;

$t_{\text{пов}}$ (°C) - розрахункова температура повітря в приміщеннях.

Визначимо річну витрату теплової енергії на опалення будівлі при організації чергового опалення і 14-ти годинному робочому дні, Гкал:

$$Q_6 = (q_{\text{год}} * 9 + q_{\text{год}}^b * 15) * z_p + q_{\text{год}}^b * z_v = (0,143 * 14 + 0,109 * 10) * 230 + 0,109 * 1 = 711,269 \text{ Гкал} \quad (6.3)$$

де z_p - кількість робочих днів в опалювальному періоді;

z_v - кількість вихідних і святкових днів в опалювальному періоді.

Економія теплової енергії від запровадження чергового опалення за опалювальний період складе, Гкал:

$$\Delta Q_6 = Q - Q_6 = 790,1 - 711,269 = 78.831 \text{ Гкал} \quad (6.4)$$

Загальна економія теплової енергії за рахунок організації автоматизованого теплового пункту, Гкал:

$$\Delta Q = \Delta Q_6 + k * Q = 78.831 + 0.07 * 790.1 = 134.138 \text{ Гкал} \quad (6.5)$$

де k – коефіцієнт ефективності регулювання теплового навантаження в осінньо-весняний період.

Річна економія в грошовому вираженні, тис. грн.:

$$\Delta E = \Delta Q * T * 10^{-3} = 134.138 * 2541.968 = 340.974 \text{ тис. грн.} \quad (6.6)$$

де T (грн./Гкал) – тариф на теплову енергію.

Оцінка терміну окупності заходу

$$DP = \frac{Inv}{E_t} \quad (6.7)$$

де E_t - економія в період часу (на етапі t), грн.;

Inv – інвестиції (капітальні вкладення) в проєкт, грн.

Як розраховано в попередньому розділі при реалізації заходу «Організація автоматизованого теплового пункту» в будівлі за опалювальний період досягається економія в розмірі 340,974 тис. грн. Обсяг інвестицій в даний захід, виходячи з сукупних витрат на розробку проєкту тепловузла, обладнання і монтаж, складе 230 тис.грн.:

$$Inv = 230 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином, використовуючи формулу (6.7), знаходимо термін окупності заходу:

$$DP = \frac{230}{340,974} = 0,675 \approx 1 \text{ рік}$$

Термін експлуатації автоматизованого теплового пункту складає 7 років. Таким чином заклад за 6 років отри має прибуток у розмірі 2 045, 844 тис. грн.

ВИСНОВКИ

Використання системи автоматики дозволяє:

- Реалізувати динамічне балансування стояків опалення;
- Рівномірно розподіляти тепло в будівлі;
- Підтримувати комфортні умови в приміщенні;
- Регулювати температуру в подаючому трубопроводі в залежності від тепловтрат будівлі;
- Раціонально використовувати енергоносії;
- Інтегрувати опалення в загальну систему диспетчеризації будівлі;
- Слідкувати за роботою обладнання, планувати ремонті та регламентні роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – К.: "Такі справи". – 2007. – 250 с.
2. Еремкин А.И., Королева Т.И. Тепловой режим зданий.– М.: Изд_во АСВ. – 2000.– 368 с.
3. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Справ. пособие/ Л.Д. Богуславский, В.И. Ливчак, В.П. Титов и др.; под ред. Л.Д. Богуславского, В.И. Ливчака.– М.: Стройиздат. – 1990.– 624 с.
4. «Сайт <http://www.raut-automatic.kiev.ua/>. - Школа автоматчиков. - Каталог\ Программные продукты\ ESM (Engineering Systems Manager)\ Загрузить\Руководство по конфигурированию системы диспетчеризации «ESM 2.1».
6. Покотилов В. В. Системы водяного отопления – Вена, 2008. – 161 с.
7. Пырков В.В. Электрические кабельные системы отопления. Энергетическое сопоставление.– К.: ООО "Издательский дом Дмитрия Бурого", 2004.– 88 с.
8. DINV 4701-10:2002. Belblatt 1. Energetische Bevertung heiz-undraumlufttechnischer. Anlagen. Heizung, Trinkwassererewarmung, Luftung. 9. DINV 4701-10:2003-08. Energetische Bevertung heiz-undraumluft-technischer. Anlagen. Heizung, Trinkwassererewarmung, Luftung.
9. ASHRAE. Fundamentals of heating systems.– Atlanta, 1988. 11. VDI 3808: 1993. Energiewirtschaftliche Beurteilungskriterien fur heiztechnische Anlagen. 1
10. VDI 2067-2:1982. Berechnung der Kosten von Warmeversorgungsanlagen. Raumheizung
11. Danfoss ECL Comfort 210 Электронный регулятор температуры | 230 В (087H3020) – Режим доступа: <https://profimann.com.ua/kotly/elektronnye-regulatorytemperature/elektronnyy-regulyator-temperature-danfoss-ecl-comfort-210-230-b/>

12. Технічний опис. Електронні регулятори ECL Comfort 210. – Данфосс, 2015. 72
13. Waterheat-UM2-24 plus – Режим доступу: <http://www.rautautomatic.kiev.ua/kontroll-ru/engine-ru/system-otoplen-ru/wth-um2-24p-ru.html>
14. КОНТРОЛЛЕР WATERHEAT-UM2-24 – Режим доступу: <http://www.ukrgazavt.com.ua/products/kontroller-waterheat-um2-24/>
15. WATERHEAT-UM2-24 plus регулюючий контролер для систем теплоснабження. Руководство по эксплуатации V3.5 – Киев.
16. Danfoss VB2 Клапан регулюючий двухходовой DN50 | Kvs 40 (065B2061) – Режим доступу: <https://profimann.com.ua/zaporno-reguliruyuschaya-armatura/sedelnyeklapany-s-elektroprivodami/klapan-2-hodovoy-sedelnyy-danfoss-vb2-dn50-flanec-kvs40-pn25-no/>
- 17 Розвиток централізованого теплопостачання – ключ до розумної енергосистеми в Україні – Режим доступу <https://www.danfoss.com/uk-ua/about-danfoss/articles/dhs/modern-district-heating-enables-transition-to-smart-energy-system-in-ukraine/>
- 18 Використання балансувальних клапанів в системі опалення – Режим доступу <https://profimann.com.ua/uk/blog/balansirovochnyy-klapan-v-sisteme-otopleniya/>
- 19 Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013. – К. : НДІБК, 2013. – 135 с
20. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні: ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с.
21. Енергозбереження та енергоефективність: ДБН В.1.2-11:2021. – К. : НДІБК, 2021. – 17 с. 124
22. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітлення та гарячому водопостачанні: ДСТУ 9190:2022 . – К. : НДІБК, 2022. – 156 с.

ДОДАТКИ