

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматичної, електроніки та телекомунікацій
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему Розроблення та дослідження системи управління опаленням корпусів А та Ф Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Виконав: студент 6 курсу, групи 601МЕ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Ярський В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Галай В.М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Полтава - 2022 рік

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматики,
електроніки та телекомунікацій

_____ О.В. Шефер
“ ___ ” _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ярському Владиславу Валерійовичу

1. Тема проекту (роботи) Розроблення та дослідження системи управління опаленням корпусів А та Ф Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
керівник проекту (роботи) Галай Василь Миколайович, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від “ 12 ” 08 2022 року № 544 фа
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 07.12.2022 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) принципова схема теплового вузла вводу системи опалення корпусів А та Ф. Усереднені дані за останні роки про величини витрат теплоти на потреби опалення навчальних корпусів і температуру зовнішнього повітря за умови забезпечення комфортних параметрів мікроклімату. Розробити систему управління.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз відомостей про системи опалення та їх автоматизацію. Постановка задачі та методи її вирішення. Вибір керуючих пристроїв та виконуючих механізмів. Розроблення електричної принципової схеми автоматизації системи опалення. Техніко-економічні показники проекту. Висновки по роботі.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) Принципові схеми реконструкції теплового вузла вводу системи опалення корпусів А та Ф

- 2) Витрати теплоти у кВт, котрі необхідні для створення певних параметрів мікроклімату
 - 3) Техніко-економічні показники проекту
 - 4) Схема автоматизації системи опалення електрична принципова
6. Дата видачі завдання 01.09.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
		Дата	Категорія	Відсоток	
1	Аналіз відомостей про системи опалення та їх автоматизацію	27.09.22	I	30 %	
2	Постановка задачі та методи її вирішення	10.10.22		45 %	Пл. 3-6
3	Вибір керуючих пристроїв та виконуючих механізмів	24.10.22	II	60 %	
4	Розроблення електричної принципової схеми автоматизації системи опалення	01.11.22		75 %	Пл. 7
5	Техніко-економічні показники проекту	08.11.22		85 %	Пл. 8
6	Підготовка демонстраційного матеріалу, доповіді, подання роботи на рецензію та затвердження	07.12.22	III	100 %	

Магістрант _____ Ярський В.В
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Галай В.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ЇХ АВТОМАТИЗАЦІЮ	7
1.1 Системи опалення	10
1.2 Класифікація систем опалення	12
1.3 Теплоносії в системах опалення	14
1.4 Основні види систем опалення	17
1.5 Автоматизація водяних систем опалення	19
1.6 Економічна ефективність автоматизації теплових пунктів	27
Висновки до першого розділу	33
РОЗДІЛ 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА МЕТОДИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ	34
2.1 Постановка задачі.....	34
2.2 Методи вирішення задачі	34
Висновки до другого розділу	40
РОЗДІЛ 3. ВИБІР КЕРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ТА ВИКОНУЮЧИХ МЕХАНІЗМІВ. РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ	41
3.1 Вибір контролера.....	41
3.2 Регулятор витрат теплоти	55
3.3 Циркуляційні насоси	59
3.4 Електричний котел	63

	5
Висновки до третього розділу.....	66
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ	67
Висновки до четвертого розділу.....	69
ВИСНОВКИ.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	71
Додаток А.....	74
Додаток Б.....	97
Додаток В	98
Додаток Г	99
Додаток Д.....	103

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина.

ІАР – індивідуальне автоматичне регулювання.

ККД – коефіцієнт корисної дії.

СКП – система кондиціонування повітря.

ТЕН – трубчастий електронагрівник.

ТЕЦ – теплоелектроцентрально.

ЦТП – центральний тепловий пункт.

ВСТУП

Подолання кризи в енергетичній сфері та збереження житлово-комунального фонду є одним з найважливіших питань сучасної політики України.

Для підвищення ефективності технічної експлуатації будівель необхідно враховувати потреби і технології їх утримання, поточного і капітального ремонту в процесі проектування будівель, розробки проектів експлуатації будівель, експлуатації всього комплексу інженерного обладнання за допомогою єдиної диспетчерської системи, широко використовувати автоматизовані засоби обліку, розподілу та регулювання споживання енергії та води з використанням високопродуктивних машин і механізмів.

Протягом 1970-1980-х років велося інтенсивне будівництво житлового фонду. Системи центрального опалення цілком забезпечували потреби споживачів у теплі. Вартість теплової енергії була невисока, тому забудовники економили на будівельних конструкціях будівель (тонкі стіни, неякісні склопакети і тд).

Сьогодні в Україні відбувається те, що витрати на опалення будинків становлять значну частину загальної вартості їх утримання. Тому необхідність використання енергозберігаючих технологій очевидна.

Більшість існуючих систем центрального опалення, що діють, не можуть реалізувати різноманітні енергозберігаючі заходи: по-перше, це пов'язано з конструктивними характеристиками самої системи опалення та її тепловим пунктом введення, по-друге, конструкції будівель не мають необхідного рівня теплозахисту.

Дотепер єдиним способом досягти енергозбереження була модернізація системи опалення, яка дозволила б зменшити споживання тепла будівлею не лише за рахунок структурних змін у самій системі опалення будівлі, а й за рахунок теплоізоляції будівельних конструкцій. Це завдання можна вирішити лише комплексно.

Технологічний процес реконструкції (модернізації) полягає в забезпеченні ефективності, довговічності та енергоефективності і може бути розділений на наступні етапи:

- діагностика системи опалення та визначення можливості її реконструкції;
- реалізація проекту реконструкції;
- реконструкція системи опалення.

Діагностика включає в себе ряд операцій для визначення доцільності перебудови відповідно до встановлених критеріїв, включаючи оцінку структурних характеристик системи, типу опалювальних установок, обладнання та, головним чином, можливості зниження споживання тепла.

Існуючі будинки в наших містах часто обладнані системами централізованого гарячого водопостачання – однотрубними. При наявності таких систем температура внутрішнього повітря може змінюватися в різних частинах будівлі через несподівані зміни температури і витрати води під час експлуатації.

Традиційні системи опалення будинку, що використовуються в даний час, не дають можливості вибору за багатьма техніко-економічними показниками. Вартість опалювального обладнання становить, як правило, 50% кошторисної вартості системи опалення.

Тому вибір енергозберігаючої системи опалення визначається в першу чергу типом опалювальних приладів. Дослідження технічного рівня опалювальних пристроїв показують, що використання пристрою з матеріалів зі сталі, алюмінію, міді, пластмаси та їх комбінацій значно підвищує техніко-економічні показники в порівнянні з традиційними. Згідно з даними, встановлення нового, сучасного типу пристрою дозволить знизити вартість на 35% та знизити трудомісткість монтажу на 40%.

В останні роки на ринку України пропонується широкий спектр сучасних опалювальних приладів вітчизняного та закордонного виробництва, використання яких забезпечує високі технічні та експлуатаційні характеристики систем опалення.

Таким чином, реконструкція системи опалення з урахуванням вищевикладеного є одним із методів модернізації будівлі. Економічне обґрунтування методів реконструкції має бути виконане шляхом порівняння вартості реконструкції із вартістю повної заміни системи опалення. Аналіз показує, що вартість відновлення системи становить одну третину вартості повної заміни системи опалення.

Крім того, слід зазначити, що одним із факторів економії тепла в будинках є забезпечення можливості гідравлічного регулювання.

Актуальність даної теми полягає в необхідності енергозбереження та забезпечення раціонального використання енергоресурсів шляхом обладнання теплових вузлів будівель системами автоматичного регулювання та обліку теплової енергії із застосуванням сучасного енергоефективного обладнання.

Мета даної роботи реконструкція – забезпечить постійну циркуляцію теплоносія в кожній системі опалення навчального корпусу по замкнутому контуру від власного насосу з розділенням контуру теплових мереж і систем опалення з частковим нагріванням води в такій замкнутій системі за допомогою автономного електричного котла, або за умови часткового отримання незначної кількості теплоти з теплових мереж. Такої кількості теплоти і постійної циркуляції повинно бути достатнім для унебезпечення від замерзання води в системі.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є процес розроблення та дослідження системи управління опаленням.

Предметом розробки кваліфікаційної роботи є система управління опаленням.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ЇХ АВТОМАТИЗАЦІЮ

1.1 Системи опалення

В залежності від способу теплопередачі опалення приміщення може бути конвективним та лучистим [1].

До конвективного відносять опалення при якому температура внутрішнього повітря t_n підтримується на більш високому рівні, чим радіаційна температура приміщення $I_R(t_n > t_R)$, розуміючи під радіаційною усереднену температуру поверхонь, повернутих в приміщення, вираховану відносно людини, яка знаходиться в середині цього приміщення [1].

Лучистим називають опалення, при якому радіаційна температура приміщення перевищує температуру повітря ($t_R > t_n$). Лучисте опалення при не значному пониженні температури повітря (в порівнянні з конвективним) більш сприятливо впливає на самопочуття людини в приміщенні [1].

Конвективне чи лучисте опалення приміщень здійснюється за допомогою спеціальної технічної установки яка називається система опалення. Система опалення – це сукупність конструктивних елементів зі зв'язками між ними, призначених для отримання, перенесення і передачі тепла в приміщення, що опалюється [2].

Основними конструктивними елементами системи опалення (рис. 1.1) є:

- джерело тепла (теплогенератор при місцевому опаленні або теплообмінник при централізованому опаленні) – елемент для отримання тепла;
- теплопровід – елемент для перенесення теплоти від джерела до опалювальних приладів;
- опалювальні прилади – елемент для передачі теплоти в приміщення.

Перенесення тепла по теплопроводам може здійснюватися за допомогою рідкого чи газоподібної робочої середої. Жидка (вода або спеціальні незамерзаючі рідини –

антифриз) або газоподібні (пар, повітря, продукти згоряння палива) середа, що переміщується в системі опалення називається теплоносієм [2].

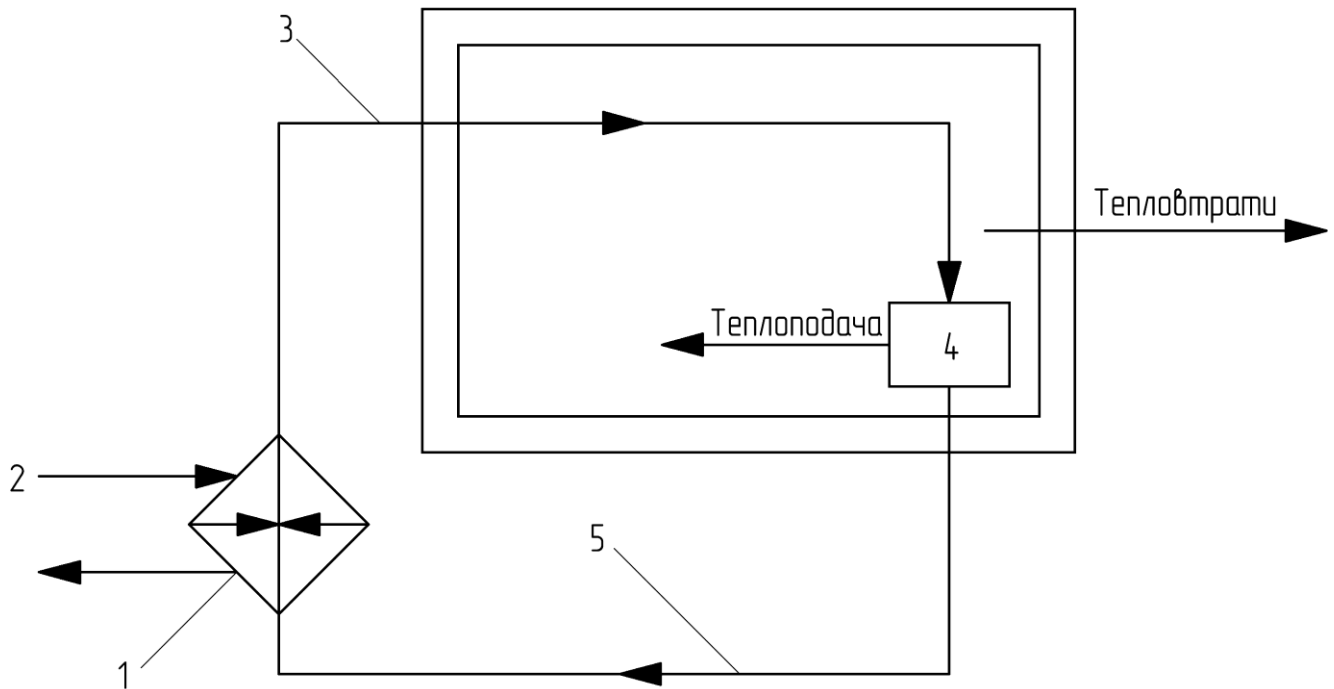


Рисунок 1.1 – Схема системи опалення: 1 – теплогенератор або теплообмінник; 2 – подача палива або підведення первинного теплоносія; 3 – подаючий теплопровід; 4 – опалювальний прилад; 5 – зворотній теплопровід

Система опалення для виконання покладених на неї задач повинна мати визначену теплову потужність. Розрахункова теплова потужність системи виявляється в результаті складання теплового балансу в опалювальному приміщенні при температурі зовнішнього повітря [2].

Поточні тепловтрати на опалення мають місце на протязі всього опалювального сезону тому теплоперенесення до опалювальних приладів повинно змінюватися в широких межах. Цього можна досягнути шляхом зміни температури та кількості теплоносія, що переміщується системою опалення [2].

1.2 Класифікація систем опалення

Системи опалення за розташуванням основних елементів поділяються на місцеві та центральні.

В місцевих системах опалення, як правило, одного приміщення всі три основні елементи конструктивно об'єднані в одну установку, безпосередньо в якій відбувається отримання, перенесення і передавання тепла в приміщення. Теплонесуче робоче середовище нагрівається гарячою водою, паром, електрикою або при спалюванні якогось палива [2].

Прикладом місцевої системи опалення є газоповітряний опалювальний прилад, що застосовується для опалення приміщень великого об'єму. Отримана теплова енергія від спалювання газоподібного палива в пальнику передається поверхневим теплообмінникам теплоносія – повітрю, що нагнітається вентилятором. Гаряче повітря по теплопроводам потрапляє в приміщення після очистки в фільтрі. Продукти згоряння палива видаляються через димохід в атмосферу [1].

В місцевих системах опалення з використанням електричної енергії теплопередача може здійснюватися за допомогою рідкого або газоподібного теплоносія або без нього безпосередньо від розігрітого твердого елемента.

Центральними називаються системи, призначені для опалювання груп приміщень із єдиного теплового центра. В тепловому центрі знаходяться теплогенератори (котли) або теплообмінники. Вони можуть розміщуватися безпосередньо в будівлі, що опалюється (котельні або місцевому тепловому пункті) або за її межами – в центральному тепловому пункті (ЦТП), на тепловій станції (окремій будівлі від тієї, що опалюється) чи ТЕЦ [1].

Теплопроводи центральних систем опалення поділяються на магістралі (подаючі, по яким подається теплоносій та зворотні, по яким відводиться теплоносій, що охолонув), стояки (вертикальні труби або канали) і гілки (горизонтальні труби або

канали), пов'язуючі магістралі з підведенням до опалювальних приладів (з відгалуженням до приміщень при використанні в якості теплоносія повітря) [2].

Прикладом центральної системи опалення є система опалення будівлі із власним тепловим пунктом чи котельною.

Центральна система опалення називається районною, коли група будівель опалюється із окремо розташованої центральної теплової станції. Теплогенератори, теплообмінники і опалювальні прилади системи також розділені: теплоносій нагрівається на тепловій станції, переміщується по зовнішнім (з температурою t_3) і внутрішнім (в будівлі з температурою $t_b \leq t_3$ теплопроводам в окремі приміщення кожної будівлі до опалювальних приладів і, охолодившись, повертається на теплову станцію (рис 1.2) [1].

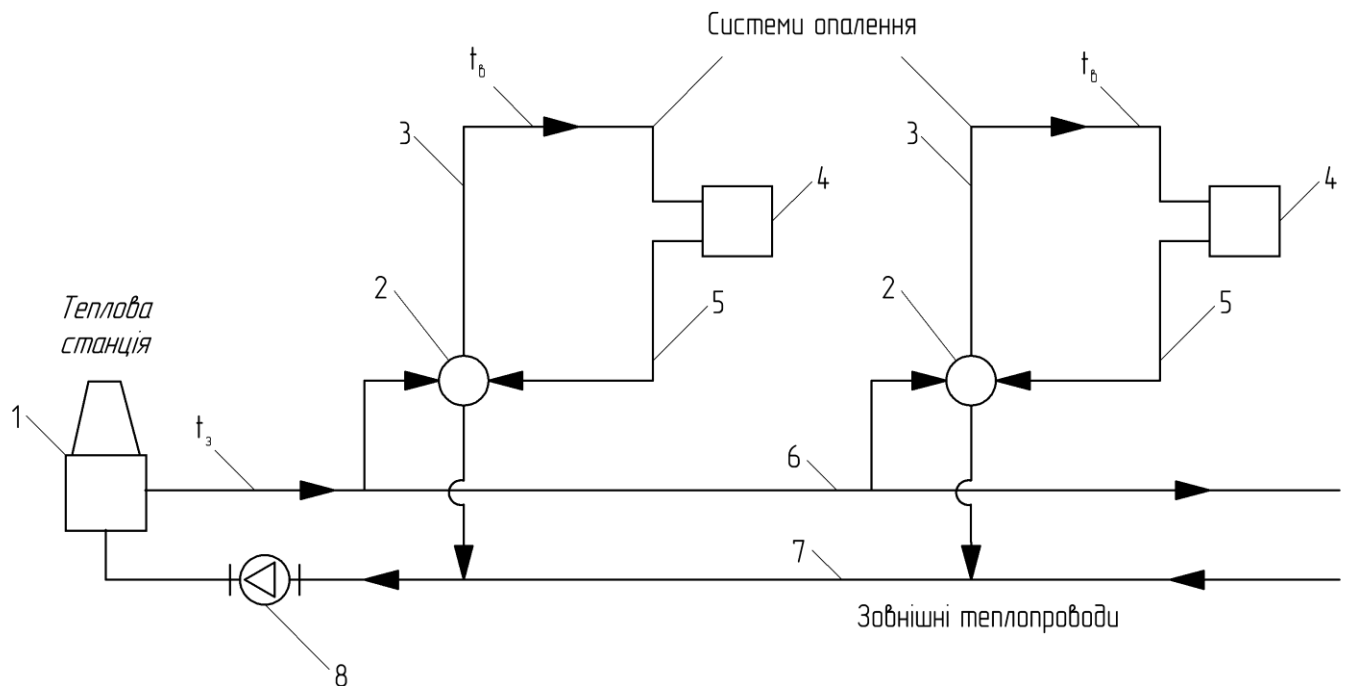


Рисунок 1.2 – Схема районної системи опалення: 1 – джерело теплоносія; 2 – місцевий тепловий пункт; 3 і 5 – внутрішні подаючий і зворотній теплопроводи; 4 – опалювальні прилади; 6 і 7 – зовнішні подаючий і зворотній теплопроводи; 8 – циркуляційний насос

В сучасних системах теплопостачання від ТЕЦ або потужних теплових станцій використовується два теплоносія. Первинний високотемпературний теплоносій переміщується від ТЕЦ або теплової станції по міських розподільчих мережах к ЦТП або безпосередньо до місцевих теплових пунктів будівель та назад. Вторинний теплоносій нагрівається в теплообмінниках (або змішується з первинним) надходить по зовнішнім і внутрішнім теплопроводам до опалювальних приладів, що обігрівують приміщення будівель, а потім повертається до ЦТП чи місцевої теплової пункту [1].

В якості первинного теплоносія найчастіше використовується вода, рідше пар або газоподібні продукти спалювання палива [1].

1.3 Теплоносії в системах опалення

Рушійне середовище в системі опалення – теплоносій, якій акумулює теплоту, а потім передає її приміщення, що опалюється. Теплоносієм для систем опалення може бути рухоме, рідке чи газоподібне середовище яке відповідає вимогам пред'явленим до системи опалення [3].

На даний час для опалення будівель найчастіше використовують воду чи атмосферне повітря, рідше водяну пару або нагріті гази [2].

Гази, утворюються при спалюванні твердого, рідкого або газоподібного органічного палива, має порівняно високу температуру та використовується тоді коли вдається обмежити температуру теплопередаючих поверхонь у відповідності з санітарно-гігієнічними нормами. При транспортуванні горючих газів виникають значні попутні тепловтрати [2].

Високотемпературні продукти згоряння можуть випускатися безпосередньо в приміщення але при цього погіршується стан повітря, що в більшості випадків недопустимо. Видалення продуктів згоряння зовні по каналам ускладнює конструкцію та погіршує ККД. При цьому виникає необхідність вирішення

екологічних проблем, пов'язаних з можливим забрудненням атмосферного повітря продуктами згорання поблизу об'єкта, що опалюється [2].

Область застосування гарячих газів обмежена опалювальними печами, газовими калориферами та іншими подібними місцевими опалювальними установками [1].

На відміну від гарячих газів вода, повітря та пар використовуються багаторазово в режимі циркуляції та без забруднення навколишнього середовища [1].

Вода представляє собою рідке середовище, що практично не стискається із значною щільністю і теплоємністю. Вода змінює щільність, об'єм і в'язкість в залежності від температури, а температура кипіння залежить від тиску, здатна сорбувати або виділяти розчинні в ній гази при зміні температури і тиску [3].

Пар являється легкокорухомим середовищем з порівняно малою щільністю. Температура і щільність пара залежить від тиску. Пар значно змінює об'єм і ентальпію при фазовому перетворенні [2].

Повітря також являє собою легкокорухоме середовище з порівняно малою в'язкістю, щільністю і теплоємністю, щільність та об'єм змінюються в залежності температури [1].

При використанні нагрітого повітря – теплоносія з низькою теплоінерційністю можливо постійно підтримувати рівномірну температуру кожного окремого приміщення, швидко змінювати температуру повітря, що подається, тобто проводити регулювання. При цьому одночасно з опаленням можна забезпечити і вентиляцію приміщення [1].

Використання в системах опалення гарячої води також дозволяє підтримувати рівномірну температуру приміщень, що досягається за рахунок регулювання температури води, що подається в опалювальні прилади. При такому регулюванні температура приміщень все ж може відхилитися від заданої (на $1 - 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) внаслідок теплової інерції мас води, труб та приладів [1].

При використанні пару температура приміщень нерівномірна. Нерівномірність температури виникає через невідповідність теплопередачі приладів при незмінній температурі пару змінюючим тепловтратам приміщення на протязі опалювального сезону. В зв'язку з цим доводиться зменшувати кількість пару, що подається в опалювальні прилади і навіть періодично вимикати її щоб запобігти перегріву приміщення при зменшенні їх тепловтрат [1].

В умовах коли є імовірність замерзання теплоносія рекомендують використовувати в системах опалення спеціальний незамерзаючий теплоносій – антифриз. Антифризи водні розчини етиленгліколя, пропеленгліколя та інших гліколей, а також розчини деяких неорганічних солей. Будь-який антифриз є достатньо токсичною речовиною, яка потребує обережності при роботі з ним. Його використання в системах опалення може призвести до деяких негативних наслідків (пришвидшені корозійні процеси, пониження теплообміну, зміна гідравлічних характеристик, заповітрявання і т. п.). В зв'язку з цим застосування антифризу в якості теплоносія в кожному конкретному випадку повинно бути достатньо обґрунтованим [1].

Перерахуємо основні переваги та недоліки основних теплоносіїв, що використовуються в системах опалення.

При використанні води забезпечується достатньо рівномірна температура приміщення, можливо обмежити температуру поверхонь опалювальних приладів, скорочується в порівнянні з іншими теплоносіями площа поперечного перерізу труб, безшумність при русі тепломережами. Недоліками застосування води є значні витрати металу та велике гідростатичний тиск в системах. Теплова інерція води сповільнює регулювання теплопередачі опалювальних приладів [2].

При використанні пару порівняно скорочується витрати металу за рахунок зменшення площі приладів та поперечного перерізу конденсатопроводів, досягається швидке прогрівання приладів та приміщень, що опалюються. Гідростатичний тиск пару в вертикальних трубах порівняно з водою мінімальне. Температура пару висока

та постійна при не змінному тиску, що ускладнює регулювання теплопередачі приладів, рух його по трубах супроводжується шумом [2].

При використанні повітря можна забезпечити швидку зміну чи рівномірність температури приміщення, уникнути встановлення опалювальних приладів, поєднати опалення з вентиляцією приміщення, досягається безшумність при його русі по повітропроводах та каналах. Недоліками є його мала теплоакумулююча здатність, значні площі поперечного перерізу і витрати металу на повітропроводи, значне пониження температури вздовж їх довжини [2].

1.4 Основні види систем опалення

Зараз найбільшого широко використовуються центральні системи в основному водяного і значно рідше парового опалення, місцеві і центральні системи повітряного опалення [2].

При водяному опаленні гаряча вода, що циркулює охолоджується в опалювальних приладах і повертається до теплогерела для повторного нагріву.

Системи водяного опалення за способом створення циркуляції води поділяються на системи з природною циркуляцією (гравітаційні) та з механічним збудником циркуляції води за допомогою насоса. В гравітаційних системах (рис. 1.3, а) використовується властивість води змінювати свою щільність при зміні температури. В замкнутих вертикальних системах з нерівномірним розподілом щільності під дією гравітаційного поля Землі виникає природній рух води [3].

В системі опалення з механічним збудженням циркуляції води (рис. 1.3, б) використовується насос з електричним приводом який створює різницю тисків, що викликає циркуляцію і в системі виникає примусовий рух води [1].

За температурою теплоносія розрізняють системи низькотемпературні з граничною температурою $t_r < 70$ °С, середньотемпературні при t_r від 70 °С до 100 °С

та високотемпературні при $t_r > 100 \text{ }^\circ\text{C}$. Максимальна значення температура води $150 \text{ }^\circ\text{C}$ [2].

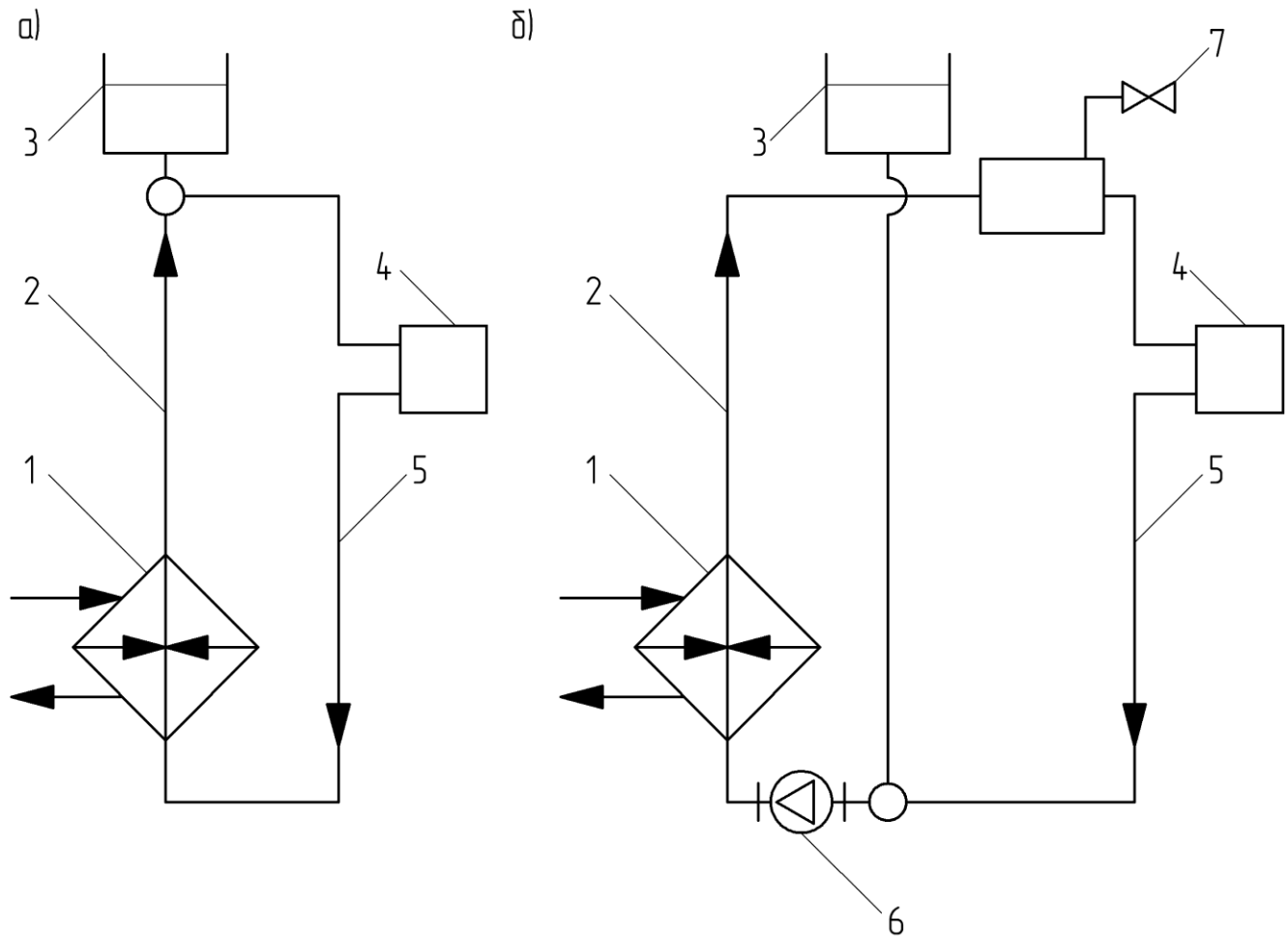


Рисунок 1.3 – Схеми систем водяного опалення: а – з природною циркуляцією; б – з циркуляцією за допомогою насоса; 1 – теплообмінник; 2 – подаючий теплопровід; 3 – розширювальний бак; 4 – опалювальний прилад; 5 – зворотній теплопровід; 6 – циркуляційний насос; 7 – пристрій для випускання повітря із системи

По положення труб, що поєднують опалювальні прилади по вертикалі чи горизонталі системи поділяються на вертикальні та горизонтальні [1].

В залежності від схеми з'єднання труб з опалювальними приладами системи бувають однотрубні та двотрубні [1].

В кожному стояку чи гілці однотрубної системи опалення прилади з'єднуються однією трубою і вода послідовно протікає через всі прилади. Якщо кожний прилад умовно розділити на дві частини («а» та «б») в яким вода рухається в протилежних напрямках і теплоносій послідовно проходить спочатку через всі частини «а», а потім через всі частини «б», то така однотрубна система називається біфілярною [1].

В двотрубних системах кожний опалювальний прилад приєднується окремо до двох труб – подаючої і зворотної, і вода протікає через кожний прилад незалежно від інших приладів [1].

1.5 Автоматизація водяних систем опалення

Модернізацію теплових пунктів здійснюють для вдосконалення системи теплопостачання будівель відповідно до сучасних вимог. Основні завдання модернізації – організація обліку тепло споживання абонентом та скорочення споживання теплової енергії при поліпшенні рівня теплового комфорту в обслуговуваних приміщеннях. Для цього як мінімум на абонентському вводі встановлюють прилад обліку та автоматичний регулятор теплового потоку, коригування відпуск теплої за погодними умовами. Таке застосування обладнання називають місцевим або абонентським автоматичним регулюванням. При цьому не здійснюють змін конструктивного характеру в системі опалення, але передбачають цю можливість у майбутньому. Особливо це стосується рішень про застосування гідроелеватора з регульованим соплом. На перший погляд, він вирішує поставлене завдання, але при подальшій модернізації системи опалення шляхом встановлення терморегуляторів на опалювальних приладах у відповідності з програмою Кабміну України, від нього необхідно буде відмовитися [4].

Модернізація абонентських вводів дозволяє:

- оптимізувати розподіл теплового навантаження у тепломережі;
- адекватно керувати гідравлічним та тепловим режимами внутрішньої системи теплоспоживання будівлі;
- знизити витрати теплоносія у тепломережі;
- економити енергоресурси;
- зменшити негативний вплив на довкілля [4].

При модернізації теплового пункту розглядають безліч задач – автоматизація процесу управління, контроль, облік і.д. Задачі управління:

- регулювання температури теплоносія, що подається в систему опалення, залежно від температури зовнішнього повітря;
- регулювання температури теплоносія, що повертається в тепломережу, відповідно до температури зовнішнього повітря по заданому температурному графіку;
- прискорене прогрівання будівлі після енергозберігаючого режиму (зниженого теплоспоживання);
- корекція режиму теплоспоживання за температурою повітря в приміщенні;
- обмеження температури теплоносія в падаючому трубопроводі системи опалення;
- регулювання теплового навантаження в системі гарячого водопостачання;
- регулювання теплового навантаження припливних вентиляційних установок із забезпеченням функції захисту від заморожування;
- регулювання величини зниження теплоспоживання в задані періоди за температурою зовнішнього повітря;
- регулювання режиму теплоспоживання з урахуванням акумулюючих особливостей будівлі та її орієнтації за сторонами світла [4].

В системах теплопостачання будівель основними технологічними процесами є процеси віддачі, транспортування, розподілу та споживання теплової енергії. Ці

процеси виконуються відповідним обладнанням та агрегатами в основному ланками системи теплопостачання [5].

Основними задачами, що вирішуються системами теплопостачання будівель є: безперервна подача споживачам теплової енергії визначеної якості та кількості, забезпечення високої надійності та економічності теплопостачання [5].

Вирішення цих задач забезпечується шляхом автоматичної зміни або підтримання в необхідних межах параметрів технологічних процесів системи теплопостачання [5].

Основними параметрами, що характеризують процеси в системах теплопостачання будівель є:

- температура (подаючої та зворотної води, повітря в опалювальних приміщеннях);
 - тиск, перепад тиску в агрегатах та установках системи теплопостачання;
 - рівень води в ємностях;
 - витрата і кількість теплоносія (води);
 - витрати і кількість теплоти (кількість теплоти, що отримали споживачі)
- [5].

Змінна та стабілізація вказаних параметрів забезпечується за допомогою приладів та засобів автоматизації, що дозволяють вирішувати наступні задачі:

- регулювання технологічних процесів;
- керування обладнанням та агрегатами;
- контроль та вимірювання параметрів;
- захист теплових мереж та споживачів;
- блокування агрегатів та обладнання;
- облік теплової енергії та теплоносія [5].

Рациональне обладнання приладами та засобами автоматизації обладнання та агрегатів систем теплопостачання забезпечить економію паливо-енергетичних

ресурсів завдяки підтримання більш економічних режимів роботи та обліку теплоспоживання, а також до зниження трудових витрат на обслуговування та налагоджування обладнання та агрегатів завдяки застосуванню засобів дистанційного та телемеханічного контролю та керування [5].

Засоби блокування забезпечують надійну роботу ланок системи теплопостачання, запобігають руйнуванню елементів теплових мереж [5].

Відсутність на окремих ділянках систем теплопостачання відповідних засобів автоматизації призводить, як правило до значного збільшення витрат енергії, зниження якості опалення, порушення нормальної роботи споживачів та мереж (відсутність теплоносія в системі, руйнування опалювальних приладів внаслідок підвищеного тиску та температури). Відсутність або неуккомплектованість засобами вимірювання та контролю призводить до збільшення витрат на обслуговування обладнання та агрегатів, а також до пониження якості налагоджувальних робіт [5].

Системи опалення являються основними споживачами теплоти тому до питання автоматизації систем опалення необхідний комплексний підхід з урахуванням функціонування інших систем теплопостачання. На практиці розрізняють різні підходи до автоматизації систем опалення, що пов'язанні з типом джерела тепла (центральне чи індивідуальне опалення), кількістю ступенів регулювання теплового комфорту, типом обладнання, що використовується і т. д [5].

Існує два основних способи керування тепловим режимом будівель: пасивний – вдосконалення будівельних характеристик будівель, а також активний – вплив на інженерне обладнання будівель. До пасивних способів зниження витрат теплоти відносять: оптимізацію теплозахисту огорожень, зниження інфільтрації і тепловтрат через світлопрозорі огороження, раціональне планування жилих та громадських будівель по висоті і т.п. Діє по автоматизації теплових режимів будівель необхідно розглядати, як по відношення нових будівель так і тих, що підлягають реконструкції. В останньому випадку дії можуть бути вимушеними але не рентабельними. Тому при розробці проектів автоматизації необхідно обов'язково враховувати складність

інфраструктури об'єкта автоматизації. Все це вкотре підтверджує необхідність вирішення питань оптимального теплопостачання системно, з приділенням великої уваги фізичним характеристикам об'єктів, оскільки їхня різноманітність, складність тепло- та масообмінних процесів, призначення, насиченість системами інженерного обладнання багато в чому визначають ефект автоматизації [5].

Будь-які методи, способи і принципи керування повинні бути спрямовані на забезпечення необхідного мікроклімату в приміщенні. Однак реалізація цієї головної задачі здійснюється різними системами автоматизації по-різному.

Автоматизація теплових режимів заснована на принципах керування: по збуренню; по відхиленню; комбінованому і програмному з використанням двопозиційного, П-, ПІ- та ПІД- алгоритмів керування, що використовуються, як в локальних засобах регулювання так і в системах керування, що побудовані на базі мікропроцесорної техніки [5].

Сучасні засоби автоматизації є достатньо рентабельними оскільки дозволяють отримати загалом економію теплоти до 40%: за рахунок регулювання температури повітря в приміщенні – до 15%; використання теплоти побутового тепловиділення – до 8%; використання чергових режимів опалення (зниження температури в приміщенні в нічний час) до 12%; за рахунок оптимізації режимів віддачі тепла – до 5% [5].

Автоматизація систем централізованого опалення доцільно розглядати щодо МТП так як вони являються обов'язковим елементом в загальній структурі системи опалення [5].

Для отримання оптимальної якості керування МТП необхідно виміряти всі збурення чи точно знати закон за яким вони змінюються або виміряти відхилення температури у всіх приміщеннях. Обидва ці варіанта відносяться до технічно складних [5].

Досвід експлуатації та дослідження автоматизованих систем опалення виявив основні методи керування з відповідним формуванням початкового сигналу про поводження об'єкта керування:

- регулювання за відхиленням температури в представлених (базових, контрольних) приміщеннях, сигнал про тепловий стан яких з відомою похибкою відповідає нормативній температурі в будь-якому з них;
- керування за збуренням, з яких обирається зовнішня температура, температура (чи різниця температур) теплоносія, швидкість вітру та його напрям та інші показники, наприклад температура прямого та зворотного теплоносія з корекцією по температурі повітря, що виміряна в трьох приміщеннях;
- комбіноване керування із вимірюванням зовнішньої температури і сумарної температури у всіх приміщеннях, а також додаткова корекція по температурі теплоносія, що подається та по зовнішнім факторам;
- керування за допомогою фізичної моделі будівлі зі штучним підігрівом в якому підтримується деяка температура, що задається моделлю;
- керування програмним відпуском тепла – автоматичне вимкнення опалення на ніч, святкові дні, періодичне опалення;
- оптимальна віддача тепла на основі багатофункціонального регулятора, за допомогою ЕОМ чи мікропроцесора;
- керування за даними метеослужб з допомогою диспетчера [5].

Керуючі впливи можуть бути прикладені до дроселюючих регулюючих органів (клапани, засувки, поворотні заслінки), а також керованим насосам та елеваторам [5].

Елеватор – це пристрій, що понижує тиск та температуру теплоносія, що подається шляхом підмішування охолодженої води, що надходить із системи опалення [6].

Окрім пониження тиску та температури елеватор виконує ще одну функцію – забезпечення циркуляції води в контурі системи опалення. Ось чому цей елемент викликає особливу цікавість при зовнішній простоті він поєднує в собі функції трьох пристроїв: регулятора тиску, змішувального вузла та водоструминного циркуляційного насосу [6].

Традиційні принципи керування, що застосовуються на МТП, керування по збуренню, коли використовується регулятор витрати теплоносія, що подається в залежності від співвідношення температури гарячої води та зовнішнього повітря їхні схеми наведено на рис. 1.4. Ці схеми дозволяють підвищити коефіцієнт змішування елеватора по мірі зниження споживання води [5].

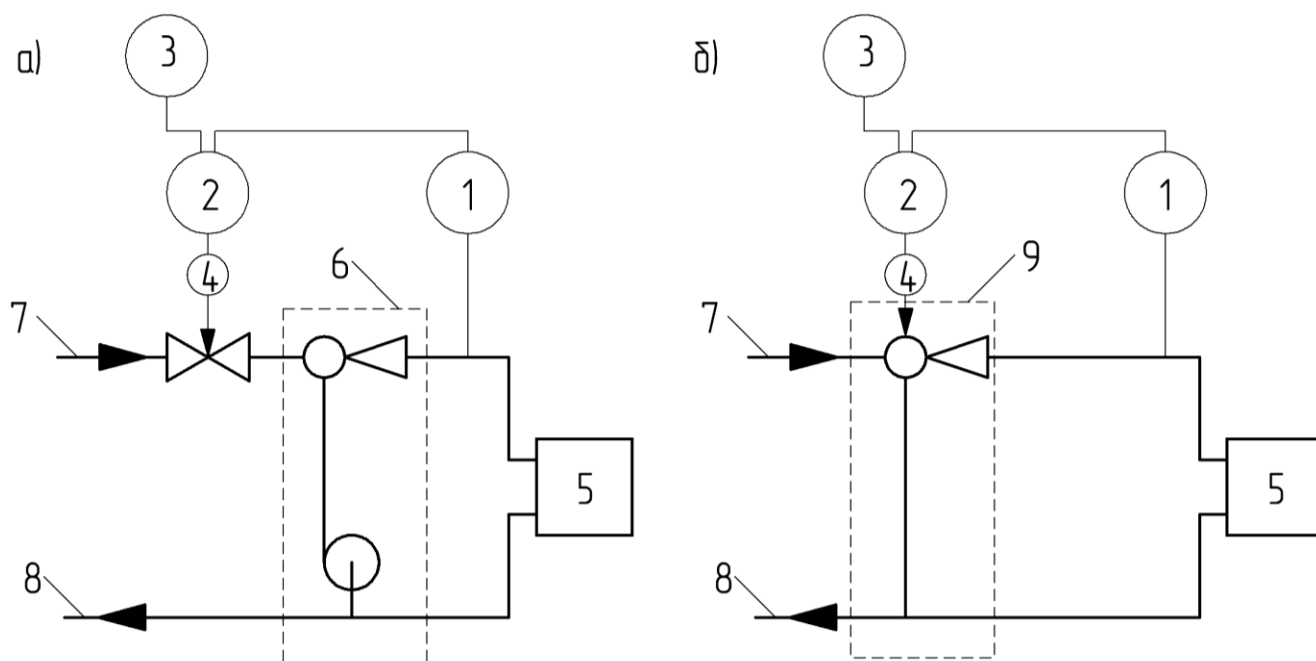


Рисунок 1.4 – Схема автоматизації теплового пункту: а – спільна робота елеватора та насоса; б – елеватор з регульованим соплом; 1 – датчик температури гарячої води; 2 – регулятор температури; 3 – датчик температури зовнішнього повітря; 4 – виконуючий механізм; 5 – опалювальні прилади; 6 – елеватор та насос; 7, 8 – подаючий та зворотній теплопроводи відповідно; 9 – елеватор з регульованим соплом

Окрім використання принципів керування по збуренню на МТП можливе використання принципу по відхиленню температури повітря в контрольних приміщеннях будівлі [5]. Функціональна схема автоматизації, що відповідає даному принципу представлена на рис. 1.5.

В теперішній час при автоматизації МТП широко використовуються регульовані теплові елеватори. Використання елеватора дає можливість зекономити близько 10% річних витрат на опалення. Випускаються елеватори з діаметром сопла від 6 до 18 мм (з кроком через 2 мм) та теплопродуктивністю від 0,2 до 1,07 МВт при споживаній потужності 12 Вт і масі від 26 до 50 кг [5].

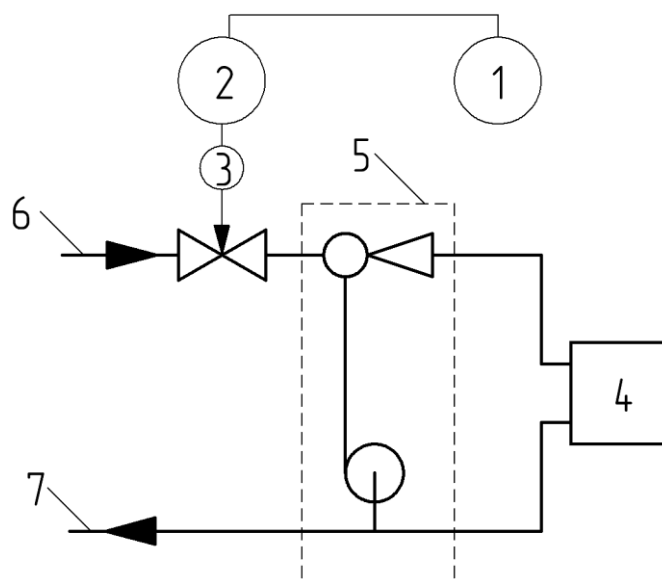


Рисунок 1.5 – Схема автоматизації МТП за принципом відхилення температури в будівлі: 1 – датчик температури, що знаходиться будівлі; 2 – регулятор температури; 3 – виконуючий механізм; 4 – опалювальні прилади; 5 – елеватор та насос; 6,7 – подаючий та зворотній теплопроводи відповідно

Прагнення наблизити керуючий вплив до кожного індивідуального споживача призвело до появи зонного опалення і, як наслідок, різновиду місцевого – зонного керування [5].

Сучасні регулятори які найкращим чином можуть використовуватися для автоматизації МТП володіють багатофункціональністю і обладнуються оптимізаторами економного режиму. Конструктивно вони виконуються на базі мікропроцесорної техніки [5].

В системах централізованого опалення індивідуальне регулювання являється останньою ступеню формування мікроклімату в приміщенні.

При індивідуальному регулюванні мікроклімату в приміщенні зазвичай впливають на кількість теплоти, що підводиться до опалювальних приладів (зміна потужності нагрівальних приладів) та на відведення – провітрювання, зволоження та охолодження, що здійснюється системою кондиціонування повітря [5].

Індивідуальне автоматичне регулювання (ІАР) дозволяє врахувати збурюючі впливи, що не враховуються при централізованому, груповому та місцевому управлінні, та забезпечити належний тепловий режим приміщень, тільки у бік зменшення температури, за рахунок використання вільних теплонадходжень. Однак є можливість і підвищення температури, але за наявності запасу теплової потужності системи опалення або за допомогою доводчиків СКП [5].

В ІАР головним чином отримали розповсюдження манометричні терморегулятори прямого та непрямого впливу – електричні (рідше пневматичні) [4].

Склалася визначена модель терморегулятора (термостата) прямого впливу, що з невеликими видозмінами випускають багато закордонних фірм такі, як «Danfoss» (Данія), «TA» (Швеція), «MNG» (Німеччина) і ряд інших. Ці терморегулятори, як правило керують тепловіддачею окремих опалювальних приладів хоча зустрічаються схеми групового регулювання [5].

1.6 Економічна ефективність автоматизації теплових пунктів

Економічну ефективність автоматизації теплових пунктів визначають техніко-економічним зіставленням різних проектних рішень [7; 8; 9; 10]. При цьому порівнюють капітальні та експлуатаційні витрати, терміни монтажу та експлуатації систем. Розраховують також термін окупності капітальних вкладень за рахунок зменшення експлуатаційних витрат і співвідносять його з нормативним значенням.

Зазвичай стимулювання енергозберігаючих заходів встановлюють термін окупності не вище 12...12,5 років [4].

Чинники, які впливають на енергозбереження під час використання автоматизованих систем, – багатогранні. На сьогоднішній день відсутні повноцінні вітчизняні методики їхнього всебічного обліку, а наявні – роз'єднані. Причиною є той факт, що власника будівлі (приміщення) насамперед цікавлять реально відчутні доходи, отримані від застосування енергозберігаючих заходів, тоді як ці заходи мають державне та глобальне планетарне значення. У будь-якому випадку, основним фактором є економія паливо-енергетичних ресурсів при забезпеченні теплового комфорту в приміщенні [4].

Одна з методик визначення енергозбереження системами опалення будівлі з різним ступенем автоматизації теплового пункту представлена VDI 3808 [11]. У ній дана оцінка енергозберігаючих заходів щодо економії теплоспоживання внаслідок ручного або автоматичного тимчасового зниження (нічного, вихідного дня) температури приміщення, недопущення надлишкових теплопритоків, підтримання температурних умов у приміщенні. Сумарний вплив регульовально-технічного оснащення системи опалення та теплового пункту відображено коефіцієнтом скорочення теплоспоживання внаслідок підтримання необхідних температурних умов у приміщенні

$$r_R = \frac{tf_{r2} - t_Z}{tf_{r1} - t_Z}, \quad (1.1)$$

де t – задана температура будівлі, що дорівнює нормованій температурі основних приміщень від 17 до 23 °С; t_Z – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С; tf_{r1} та tf_{r2} – коефіцієнт якості регульовально-технічного оснащення системи відповідно для базового та застосовуваного варіанта проектних рішень (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Орієнтовні значення коефіцієнта якості f_R по VDI 2067 Blatt [12]

Регулювально-технічне оснащення	Коефіцієнт f_R
Ручне регулювання з незначним втручанням користувач	1,13
Ручне регулювання при частому втручанні користувача	1,10
Ручне регулювання та термостатичні клапани	1,08
Регулювання за погодними умовами без застосування терморегуляторів	1,06
Кімнатний терморегулятор, що керує насосом, та терморегулятори	1,06
Регулювання температури теплоносія, що подається з адаптацією кривої опалення за погодними умовами та/або умовам приміщення	1,05
Регулювання температури теплоносія, що подається і терморегулятори	1,03
Регулювання температури теплоносія, що подається з адаптацією кривої опалення за погодними умовами та/або умовам приміщення та терморегулятори	1,02
Центральне безперервне регулювання температури у приміщенні та терморегулятори (односімейний будинок)	1,02
<p>Два або більше рівнів регулювання за зовнішніми умовами</p> <ul style="list-style-type: none"> • без адаптації кривої опалення • з адаптацією кривої опалення <p>та розділом управління по сторонах світла (застосовується залежно від розташування сонця), з терморегуляторами або з зональним регулюванням окремих приміщень</p>	<p>1,015</p> <p>1,010</p>

При розрахунку коефіцієнта зниження теплоспоживання за рівнянням (1.1) як базовий варіант порівняння проектних рішень приймають ручне регулювання з незначним втручанням користувача [4].

Додатковий ефект, який вносить збільшенням рівнів автоматичного регулювання, визначають порівнянням варіантів проектних рішень з різним ступенем автоматизації [4].

Аналогічний підхід, адаптований до місцевих умов, представлений у «Методике расчета удельного энергопотребления на отопление здания в течение отопительного периода». Скорочення необхідної теплоти досягають за рахунок сприйняття теплонадходжень (побутових, від сонячної радіації) сенсорами автоматичного обладнання та адекватного впливу регулюючими клапанами на теплову потужність системи опалення. Ступінь сприйняття теплонадходжень оцінюють коефіцієнтом ефективності авторегулювання подачі теплоти в систему опалення ζ (табл. 1.2). Чим вище сприйняття системою опалення зовнішніх та внутрішніх теплонадходжень, тим більше значення цього коефіцієнта, і, отже, значніший енергозберігаючий ефект [4].

Таблиця 1.2 – Коефіцієнт ефективності авторегулювання [4]

Регулювально-технічне оснащення	Коефіцієнт ζ
Однотрубна система з терморегуляторами та з пофасадним авторегулюванням на вводі або поквартирним горизонтальним розведенням	1,00
Двотрубна система опалення з терморегуляторами та з центральним авторегулюванням на введенні	0,95
Однотрубна система з терморегуляторами та з центральним авторегулюванням на вводі або однотрубна система без терморегуляторів та з пофасадним авторегулюванням на введенні	0,90

Продовження таблиці 1.2

Однотрубна система з терморегуляторами та без авторегулювання на введенні	0,85
Система без терморегуляторів та з центральним авторегулюванням на введенні	0,70
Система без терморегуляторів та без авторегулювання на ввіді, але з центральним регулюванням у ЦТП чи котельні	0,50

Представлені вище методики визначення енергоефективності застосування автоматизації абонентських вводів є некомплексними, оскільки ґрунтуються на розгляді системи опалення, яка відокремлена від інших інженерних систем будівлі та їхньої енергетичної взаємодії. Крім того, наприклад, [4], недостатньо обґрунтована трансформація показників енергоефективності двотрубних систем опалення в однотрубні. Сучасний підхід, що реалізується в країнах європейської спільноти, заснований на спільному розгляді систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання та електропостачання з урахуванням їх конструктивних особливостей, взаємозв'язку, а також питомих тепловтрат будівлі та її корисної опалювальної площі [7; 8; 9]. Причому цей підхід оцінює всім ланкам ланцюга трансформації енергії: від джерела енергії до споживача. Такий підхід визначає енергозберігаючий та екологічний ефекти прийнятих технічних рішень у енергогенеруючої компанії та у споживача як на стадії проектування, так і при аудиті існуючих будівель [4].

Найбільш справжні дані щодо енергозбереження отримують моніторинг міст, мікрорайонів, об'єктів. Особливо яскраво виражений цей ефект під час модернізації будівель. Тоді з'являються базові показники, із якими порівнюють досягнуті результати [4].

За рахунок вжитих заходів (встановлення терморегуляторів на опалювальних приладах; встановлення клапанів на стояках, що автоматизувало балансування систем опалення будівель; встановлення тепломірів у квартири; встановлення терморегуляторів на циркуляційних трубопроводах систем гарячого водопостачання; утеплення зовнішніх стін будівель та дахів; заміна склопакетів) ефект енергозбереження становив: на опалення будівель – 58,6 %; на гаряче водопостачання – 52,1 %. за гаряче водопостачання збільшилася на 16%. Таким чином, термомодернізація будівлі з комплексною автоматизацією його інженерних систем приносить відчутний економічний ефект, що полягає у 50% зниженні споживання теплової енергії. Оцінений період повернення інвестицій становить 3,8 року [4].

При адаптації європейського досвіду в енергозбереженні та методики його оцінки до умов України необхідно враховувати те, що в порівнянні з нашими будинками європейські будівлі відрізняються таким:

- у кілька разів кращою теплозахисністю огороджувальних конструкцій і, отже, меншим теплонадходженням від сонячної радіації;
- оснащенням системами гарячого водопостачання із утримі меншим водоспоживанням і, отже, меншим теплонадходженнями від цих систем;
- застосування побутової техніки з більш високим ККД і, отже, меншим теплонадходженням від неї;
- використанням кухні значно меншою мірою і, отже, меншим теплонадходженням [4].

У наших будівель також інша пропорція між побутовими теплонадходженнями та тепловтратами, інший спосіб тепlopостачання, що характеризується великою інерційністю. Тому енергозберігаючий ефект від застосування автоматизації інженерних систем будівель у нас дещо вищий, незважаючи на те, що ми поступово наближаємось до європейських показників: щодо утеплення будівель, автоматизації інженерних систем та оснащення якісним побутовим обладнанням [4].

Розрахункове теплоспоживання визначено за затвердженими методиками, виходячи з питомих витрат теплової енергії на 1 м² площі, що опалюється. Фактичне – реєструвалося тепломірами. Отримані дані показують, що окупність витрат на модернізацію теплового пункту не перевищує одного опалювального періоду, оскільки витрати становили приблизно 12000 грн. Доцільність модернізації теплового пункту вітчизняного споживача полягає не тільки в автоматизації абонентського введення, а й у фактичному обліку теплоспоживання [4].

Висновки до першого розділу

Аналіз сучасних систем тепlopостачання та напрямів автоматизації комплексів будівель показав наступне:

- найчастіше в системах тепlopостачання застосовується центральне якісне регулювання температури теплоносія, що подається, доповнюване кількісним регулюванням витрати в теплових пунктах будівель; при цьому автоматичне управління засноване на трьох принципах – управління за збуренням (залежно від кліматичних умов), відхиленням (залежно від змін температури всередині приміщення), та комбіноване (за збуренням та відхиленням);
- існуючі системи опалення виконані переважно із застосуванням водоструминних елеваторів, в основному через їхню простоту та низьку вартість, проте при цьому можливості регулювання температури обмежені; вирішення завдань енергозбереження та забезпечення раціонального використання енергоресурсів можливе шляхом обладнання теплових вузлів будівель системами автоматичного регулювання та обліку теплової енергії із застосуванням сучасного енергоефективного обладнання.

РОЗДІЛ 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА МЕТОДИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

2.1 Постановка задачі

Необхідно забезпечити воду в системі опалення навчальних корпусів від замерзання в період їх економної експлуатації (холодний період року).

2.2 Методи вирішення задачі

Для вирішення питання про забезпечення замерзання води в системі опалення в період економної експлуатації навчальних корпусів (холодний період року) необхідно виконати реконструкцію існуючих теплових вузлів вводу в навчальних корпусах.

Мета реконструкції забезпечити постійну циркуляцію теплоносія в кожній системі опалення навчального корпусу по замкнутому контуру від власного насоса з розділенням контуру теплових мереж і систем опалення з частковим нагріванням води в такій замкнутій системі за допомогою автономного електричного котла, або за умови часткового отримання незначної кількості теплоти з теплових мереж. Такої кількості теплоти і постійної циркуляції повинно бути достатнім для забезпечення від замерзання води в системі.

В якості автономного джерела тепла було вирішено використовувати електричний котел.

До переваг електричних котлів відносять:

- енергоефективність та високий ККД (в теплову енергію перетворюється до 95-99% використаної електроенергії);
- невисокі витрати на купівлю та монтаж котла;
- 50 % економія на електроенергії під час використання двозонного лічильника;

- безшумність та екологічність (відсутні будь-які продукти горіння, вихлопи, сажа, шум);
- легкість монтажу та подальшої експлуатації (за рахунок спрощеної конструкції агрегату);
- компактність, можливість встановлення у малогабаритних приміщеннях;
- підвищена безпека електричних котлів (відсутня ризик витоку газу, контакту з відкритим вогнем тощо);
- високий рівень автоматизації;
- автоматичне вимкнення після відключення електрики, що практично повністю виключає можливість аварійних ситуацій;
- можливість роботи у разі відключення електроенергії (від джерел безперебійного живлення).

Крім очевидних переваг, електрокотли мають деякі недоліки. Основний з них – досить велика витрата електроенергії.

Серед інших мінусів електричного опалювального обладнання:

- повна залежність від джерел енергії (якщо немає ДБЖ);
- для приладів великої потужності потрібна трифазна мережа;
- значні навантаження на мережу, що передбачає необхідність хорошої проводки.

Втім, якщо передбачити всі фактори ризику, врахувати стан проводки у будівлі та правильно вибрати опалювальне обладнання, цих проблем легко уникнути.

На відміну від повного зливання води із системи опалення така реконструкція забезпечує постійну подачу мінімально необхідної кількості теплоти в систему опалення і запобігає виходу системи опалення із ладу внаслідок її корозії.

Принципова схема реконструкції теплового вузла вводу з використанням електричного котла представлена на рис. 2.1.

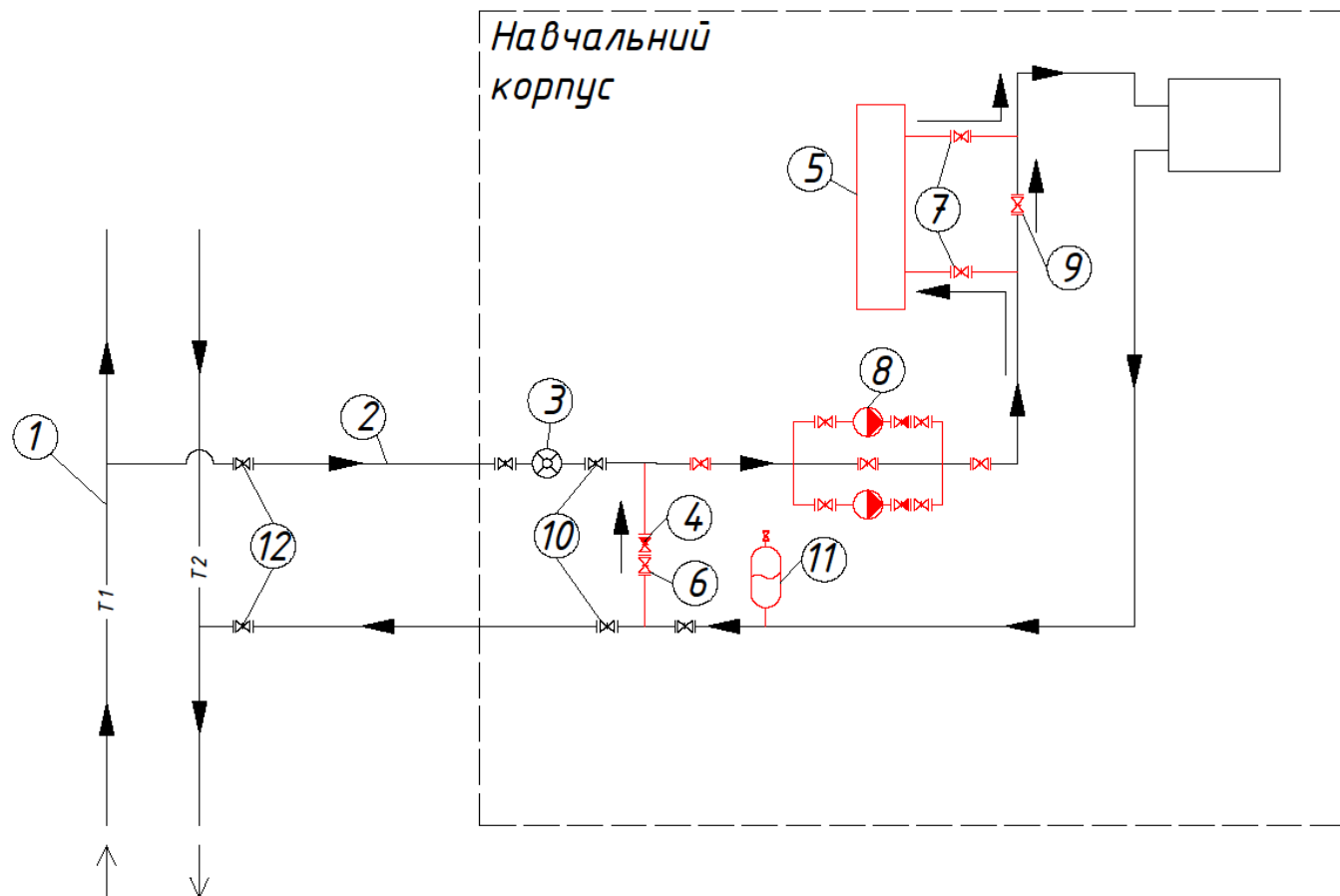


Рисунок 2.1 – Принципова схема реконструкції теплових вузла вводу навчальних корпусів А та Ф з використанням електричного котла: 1 – існуюча тепла мережа; 2 – відгалуження від теплових мереж до навчального корпусу (на балансі університету); 3 – існуючий вузол обліку теплоти; 4 – додаткова перемичка із зворотнім клапаном і запірним органом (об’єкт реконструкції); 5 – електричний котел (об’єкт реконструкції); 6 – запірна арматура (об’єкт реконструкції); 7, 9 – запірна арматура обв’язки електричного котла (об’єкт реконструкції); 8 – циркуляційні насоси (об’єкт реконструкції); 10 – запірна арматура; 11 – розширювальний бак (об’єкт реконструкції)

Нижче наведено таблицю 2.1, за якою можна прослідкувати залежно від температури зовнішнього повітря, яка потужність нагрівача потрібна, щоб забезпечити ту чи іншу, вказану у таблиці температуру в приміщеннях. Виділені сірим

квадрати – потужність близько 100 кВт. Якщо число в масиві таблиці більше 100 кВт, то це означає, що забезпечити необхідну температуру повітря у помешканні буде неможливо.

Таблиця 2.1 – Витрати теплоти у кВт, котрі необхідні для створення певних параметрів мікроклімату

Середня добова температура зовнішнього повітря, °С	Тепловий потік на опалення при різних температурах внутрішнього повітря у приміщеннях, кВт						
	+20°С	+17°С	+14°С	+11°С	+8°С	+10°С	+1°С
-20	484	447	411	375	340	300	254
-15	423	390	351	315	280	240	194
-10	363	330	290	254	220	181	133
-5	302	270	230	193	158	120	78
0	242	206	169	133	97	60	12
+5	181	145	109	73	36	0	0

Для корпусів А та Ф електричного котла потужністю 100 кВт буде достатньо для того щоб унеможливити замерзання води у системі. Але за допомогою такого котла можливо буде підтримувати температуру у приміщеннях не вище +2 °С при температурі зовні –5 °С, температуру у приміщеннях +8 °С при температурі зовні не нижче 0 °С.

Для досягнення більших температур в приміщеннях необхідно інстальювати електричний котел потужністю не менше 200 кВт. Тоді при температурі –15 °С в приміщенні матимемо +1 °С, при температурі зовні –8 °С – в приміщенні +8 ... 10 °С, а при температурі –5 °С - температуру у приміщенні +11 ... + 13 °С (див. таблицю 2.1).

Для корпусу А та Ф більш прийнятним варіантом є впровадження схеми представленої на рис. 2.2. Вона передбачає отримання необхідної кількості теплоти для підтримання прийнятної температури у приміщенні із теплових мереж. Це

пов'язано з тим, що підключення споживача електричної енергії потужністю 200 кВт є проблематичним для існуючих електричних мереж.

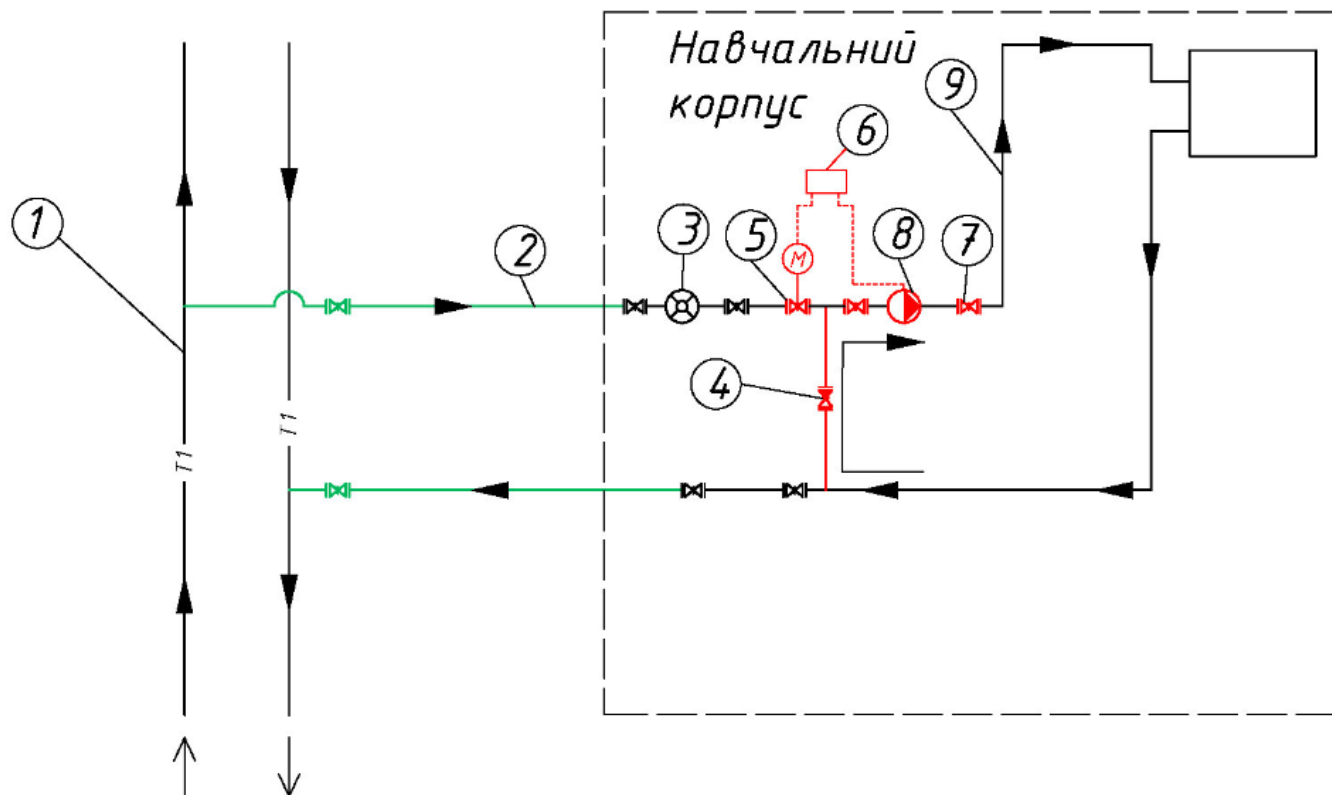


Рисунок 2.2 – Принципова схема реконструкції теплового вузла вводу навчальних корпусів А та Ф з використанням теплоти із теплової мережі: 1 – існуюча тепла мережа; 2 – відгалуження від теплових мереж до навчального корпусу (на балансі університету); 3 – існуючий вузол обліку теплоти; 4 – додаткова перемичка із зворотнім клапаном (об'єкт реконструкції); 5 – автоматичний регулятор витрат (об'єкт реконструкції); 6 – контролер регулятора (об'єкт реконструкції); 7 – запірна арматура (об'єкт реконструкції); 8 – циркуляційний насос (об'єкт реконструкції); 9 – існуюча система опалення

Також можливе суміщення двох схем, що представлені на рисунках 2.1 та 2.2. У такому випадку до температури зовнішнього повітря $-4 \dots -5 \text{ } ^\circ\text{C}$ буде

використовуватись електричний котел, а при подальшому зменшенні температури – отримання теплоти з теплової мережі (рис. 2.3).

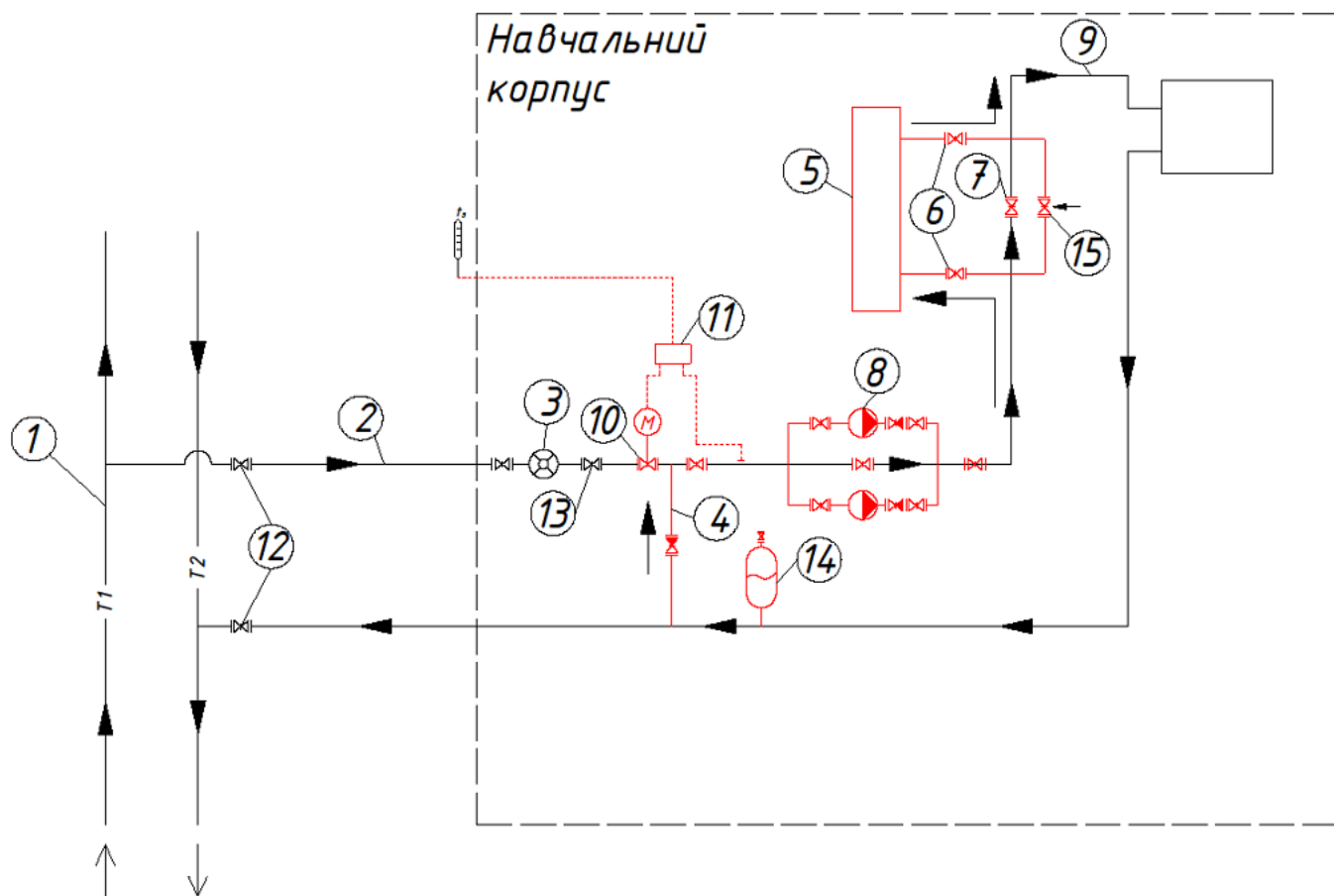


Рисунок 2.3 – Принципова схема реконструкції теплового вузла вводу навчальних корпусів А та Ф з комбінованим використанням теплоти із теплової мережі і від електричного котла: 1 – існуюча тепла мережа; 2 – відгалуження від теплових мереж до навчального корпусу; 3 – існуючий вузол обліку теплоти; 4 – додаткова перемичка із зворотнім клапаном (об’єкт реконструкції); 5 – електричний котел (об’єкт реконструкції); 6, 7 – запірна арматура (об’єкт реконструкції); 8 – циркуляційні насоси (об’єкт реконструкції); 9 – існуюча система опалення; 10 – регулятор витрат теплоти (об’єкт реконструкції); 11 – контролер регулятора витрат теплоти; 12, 13 – запірна арматура; 14 – розширювальний бак (об’єкт реконструкції); 15 – байпас з електромагнітним запірним клапаном

Висновки до другого розділу

Було розроблено три принципові схеми реконструкції теплового вузла вводу навчальних корпусів А та Ф з використанням теплоти тільки з теплової мережі, з отриманням теплоти від електричного котла та комбінований варіант який передбачає до температури зовнішнього повітря $-4 \dots -5$ °С використання електричного котла, а при подальшому зменшенні температури – отримання теплоти з теплової мережі.

Схема варіанту опалення за допомогою тільки автономного електричного котла (2.1) є неприйнятною оскільки в ній використовується котел потужністю 200 кВт, оскільки підключення такого потужного споживача є проблематичним для існуючих електричних мереж.

В якості схеми реконструкції було обрано комбінований варіант (рис. 2.3) з використанням теплоти з теплової мережі, а в разі якщо цієї кількості теплоти буде недостатньо додаткова кількість теплоти буде отримуватися з теплових мереж. Даний варіант реконструкції був обраний через високі економічні показники.

Система управління системою опалення складається з контролера який керує регулятором теплоти на основі сигналів отриманих від датчиків температури.

РОЗДІЛ 3. ВИБІР КЕРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ТА ВИКОНУЮЧИХ МЕХАНІЗМІВ. РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

3.1 Вибір контролера

Терморегулятор електронний Danfoss ECL Comfort 210

ECL Comfort 210 – електронний двоконтурний контролер з погодною компенсацією температури теплоносія, з дисплеєм та поворотною кнопкою управління. Використовується в системах централізованого тепlopостачання, опалення та охолодження. Зниження енергоспоживання при застосуванні ECL Comfort можливе завдяки функціям погодної компенсації з регулюванням температури за графіком, а також обмеження температури теплоносія, що повертається, його витрати та теплової потужності системи. Крім того, даний електронний регулятор має функції реєстрації даних і сигналізації [13]. Загальний вигляд терморегулятора показано на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд електронного терморегулятора Danfoss ECL Comfort 210 [13]

Загальна схема електричних підключень терморегуляторів Danfoss ECL Comfort 210/310 представлена на рис. 3.2.

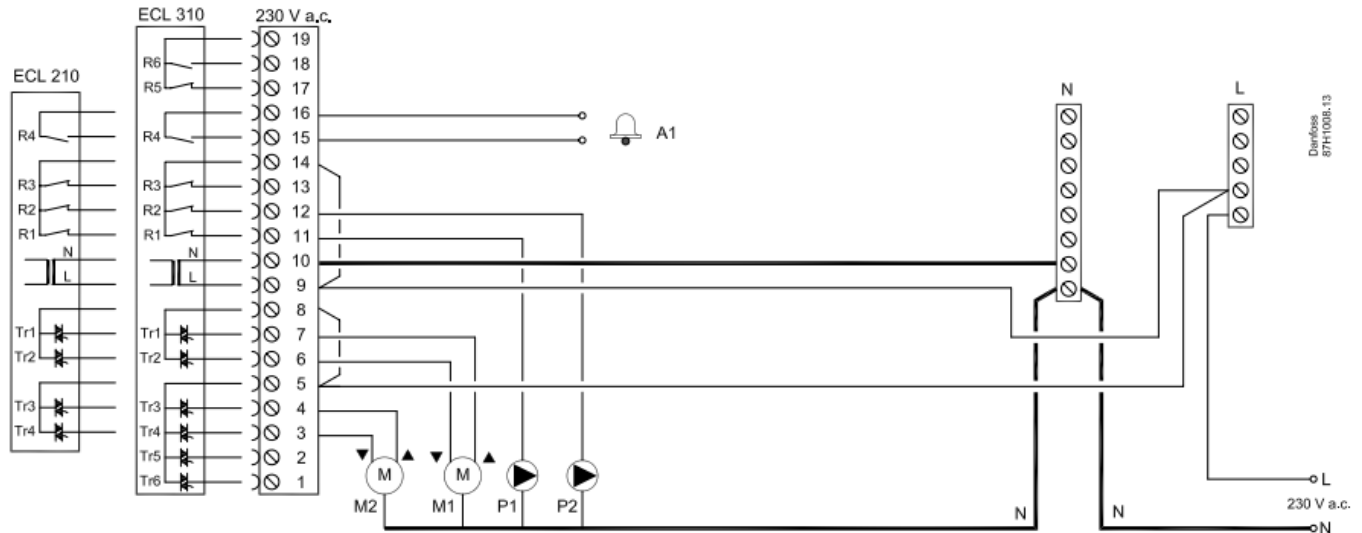


Рисунок 3.2 – Загальна схема електричних підключень терморегуляторів Danfoss ECL Comfort 210/310 [14]

Контролер комплектується ключами ECL в залежності від системи тепло або холодопостачання. Підтримує до трьох систем. За допомогою спеціального ключа ECL в регулятор ECL Comfort 210 повинна бути завантажена відповідна програма для роботи у вибраному додатку. Регулятори ECL Comfort призначені для підтримки комфортної температури в системах тепlopостачання при оптимальному рівні споживання енергії, а також легкість експлуатації та вибір необхідної програми роботи, шляхом встановлення ECL Ключа (Plug-and-Play) [13].

Особливості електронного регулятора температури Danfoss ECL Comfort 210:

- регулятор ECL Comfort 210 має всі необхідні функції сучасного електронного регулятора температури для систем опалення та гарячого водопостачання;
- регулятор може використовуватися як ведучий або ведений в системах регуляторів ECL Comfort 210/310 з конфігурацією «керуючий/керований»;

- крім стандартних функцій, ECL Comfort 210 має можливість реєстрації даних та аварійної сигналізації;
- регулятор працює в режимі реального часу завдяки вбудованим годинникам, здійснює автоматичний перехід на літній/зимовий час;
- для стабільної роботи та збільшення терміну експлуатації електроприводів регулюючих клапанів, у більшості програм роботи регулятора передбачено спеціальний захист;
 - у літній період або під час відключення опалення регулятор виконує «тренування» циркуляційних насосів та регулюючих клапанів шляхом примусового короткочасного їх включення/відключення та відкриття/закриття відповідно;
 - управління за тимчасовими графіками ґрунтується на тижневій програмі. Програма святкових днів дає можливість обирати дні з комфортним або зниженим режимом навантаження;
 - регулятори ECL Comfort 210 можуть приймати інформацію від підключених до них теплотічильників або витратомірів з імпульсним виходом і використовувати її для обмеження споживаної теплової енергії або витрати;
 - у багатьох програмах роботи є можливість підключення датчиків тиску з вхідним сигналом 0-10 В. Налаштування діапазону вимірюваного тиску виконується в регуляторі;
 - у деяких застосуваннях існує можливість конфігурування цифрових входів, які можуть бути використані, наприклад, для примусового дистанційного перемикачів режимів роботи регулятора;
 - налаштування параметрів керування, зони пропорційності (X_p) постійної інтеграції (T_n), час роботи електроприводу та нейтральної зони (N_z) виконується для кожного регульованого контуру окремо [13].

Схема електричного підключення датчиків температури (вхідні сигнали) для терморегуляторів Danfoss ECL Comfort 210/310 представлена на рис. 3.3.

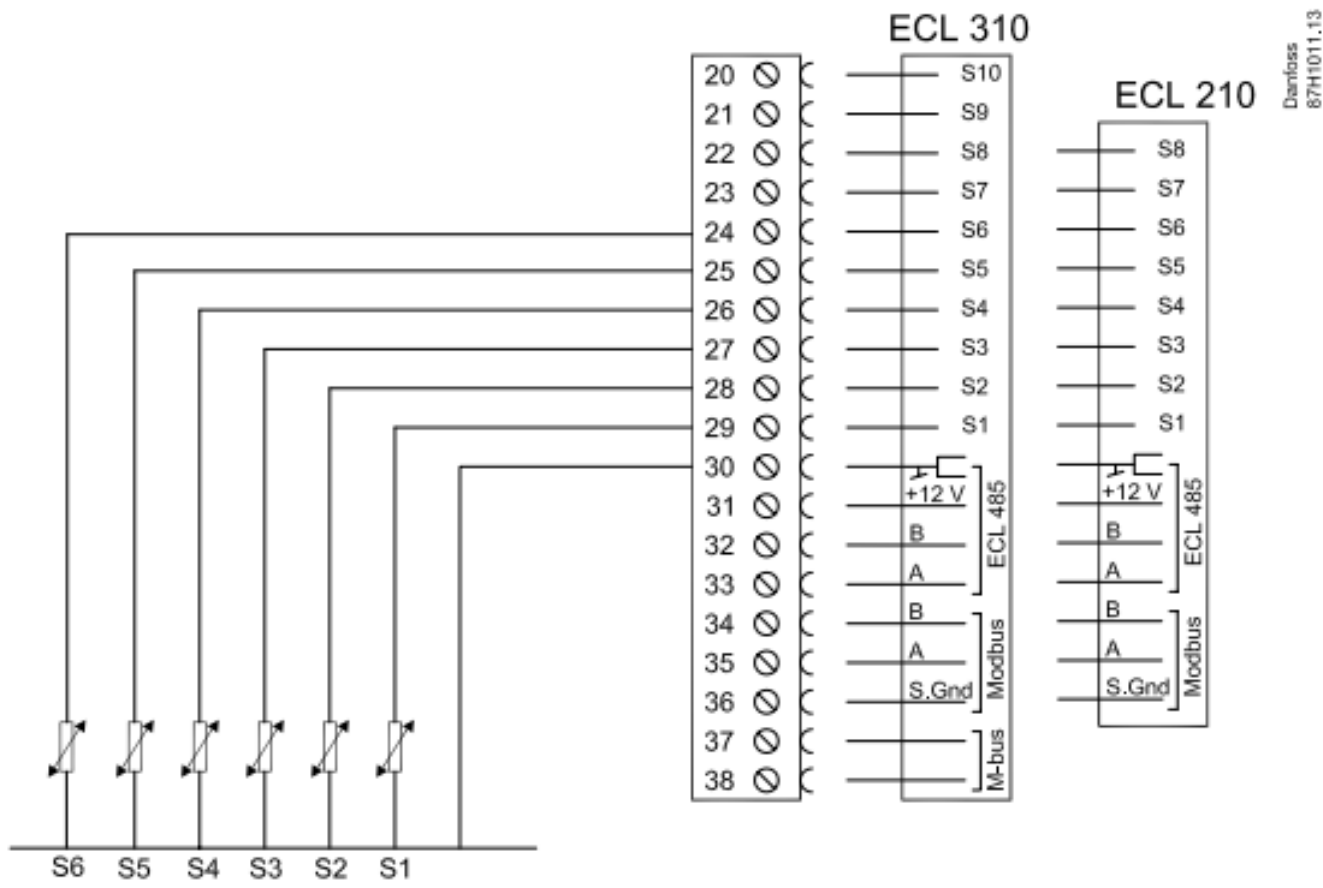


Рисунок 3.3 – Схема електричного підключення датчиків температури (вхідні сигнали) для терморегуляторів Danfoss ECL Comfort 210/310 [14]

Технічні характеристики терморегулятора Danfoss ECL Comfort 210 наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики терморегулятора Danfoss ECL Comfort 210 [14]

Температура зовнішнього середовища	0 – 55 °С
Температура зберігання та транспортування	от -40 до +70 °С
Монтаж	Вертикально, на стіні або на DIN рейці (35 мм)
Під'єднання	Клеми у базовій частині ECL

Продовження таблиці 3.1

Кількість входів	Всього 8: 6 датчиків температури Pt1000; 2 датчики Pt1000, або цифрові або аналогові входи
Тип датчика температури	Pt 1000 (1000 Ом при 0 °С), ІЕС 751В Діапазон: от -60 до +150 °С
Цифровий вхід	до 12 В
Аналоговий вхід	0-10 В, розділення 9 біт
Імпульсний вхід	Макс. 200 Гц
Вага, кг	0,46 / 0,42
Дисплей	Графічний, монохромний з підсвіченням, 128x96 точок Режим роботи дисплея: чорний фон, білий текст
Налаштування	За допомогою багатофункціональної кнопки у вигляді поворотного диску
Мін. період резервування дати та часу	72 години
Резервне копіювання налаштувань та зберігання даних	Флеш-пам'ять
Клас захисту корпусу	IP 41
ЄС - маркування згідно стандартів	Директива EMC 2004/108/EC EN 61000-6-1:2007; EN 61000-6-3:2007 Директива LVD2006/95/EC EN 60730

Терморегулятор електронний Danfoss ECL Comfort 310

ECL Comfort 310 – електронний контролер з погодною компенсацією температури теплоносія, що використовується в системах централізованого теплопостачання, опалення та охолодження. Контролер окремо комплектується ключами ECL в залежності від системи тепло або холодопостачання. Підтримує до

чотирьох систем. Контролер має виходи Ethernet та Modbus для комунікації та диспетчеризації [14]. Електричні схеми підключення зображенні на 3.2 та 3.3. Загальний вигляд контролера показано на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд електронного терморегулятора Danfoss ECL Comfort 310 [15]

Особливості електронного регулятора температури Danfoss ECL Comfort 310:

- регулятор ECL Comfort 310 має всі необхідні функції сучасного електронного регулятора температури для систем опалення та гарячого водопостачання;
- регулятор може використовуватися як ведучий або ведений в системах регуляторів ECL Comfort 210/310 з конфігурацією «керуючий/керований»;
- крім стандартних функцій, ECL Comfort 310 має можливість реєстрації даних та аварійної сигналізації;

- регулятор працює в режимі реального часу завдяки вбудованим годинникам, здійснює автоматичний перехід на літній/зимовий час;
- для стабільної роботи та збільшення терміну експлуатації електроприводів регулюючих клапанів, у більшості програм роботи регулятора передбачено спеціальний захист;
- у літній період або під час відключення опалення регулятор виконує «тренування» циркуляційних насосів та регулюючих клапанів шляхом примусового короткочасного їх включення/відключення та відкриття/закриття відповідно;
- управління за тимчасовими графіками ґрунтується на тижневій програмі. Програма святкових днів дає можливість вибирати дні з комфортним або зниженим режимом навантаження;
- можливість підключення теплотічильників через вбудований M-Bus;
- регулятори ECL Comfort 310 можуть приймати інформацію від підключених до них теплотічильників або витратомірів з імпульсним виходом і використовувати її для обмеження споживаної теплової енергії або витрати;
- у багатьох програмах роботи є можливість підключення датчиків тиску з вхідним сигналом 0-10 В. Налаштування діапазону вимірюваного тиску виконується в регуляторі. До ECL 310 можна підключити до 6 датчиків температури Pt1000;
- у деяких застосуваннях існує можливість конфігурування цифрових входів, які можуть бути використані, наприклад, для примусового дистанційного перемикачання режимів роботи регулятора;
- налаштування параметрів керування, зони пропорційності (X_p) постійної інтеграції (T_n), час роботи електроприводу та нейтральної зони (N_z) виконується для кожного регульованого контуру окремо;
- у деяких застосуваннях передбачено керування системою підживлення та/або здвоєними насосами [15].

Контролер має ідентичні характеристики з терморегулятором Danfoss ECL Comfort 210, які наведено в таблиці 3.1.

Контролер Siemens LOGO! 8.3 Pure 230RCEO

LOGO! восьмого покоління є компактними функціонально закінченими універсальними виробами, призначеними для побудови найпростіших механізмів автоматики з логічною обробкою інформації. Алгоритм функціонування модулів визначається програмою, складеною з набору вбудованих функцій. Програмування модулів LOGO!Basic може виконуватися як із вбудованої клавіатури, так і за допомогою програмного забезпечення. Вартісні показники модулів настільки низькі, що їх застосування може виявитися економічно доцільним навіть у разі заміни схем, що включають до свого складу 2 багатофункціональних реле часу або 2 таймери та 3-4 проміжні реле [16]. Загальний вигляд контролера показано на рис. 3.5.



Рисунок 3.5 – Загальний вигляд контролера Siemens LOGO! 8.3 Pure 230RCEO [17]

Логічні модулі LOGO!Pure не мають дисплея та клавіатури. Програмування таких модулів здійснюється або за допомогою комп'ютера, оснащеного LOGO!Soft Comfort, або встановленням заздалегідь запрограмованої карти пам'яті. Усі модулі LOGO! мають вбудовані входи, які можуть бути використані для введення дискретних сигналів. Напруга живлення вхідних ланцюгів відповідає напрузі живлення модуля [18].

У моделях номіналу живлення 12/24В DC 4 з 8 входів мають універсальне призначення, можуть використовуватися для введення дискретних сигналів або аналогових сигналів 0...10В. Інші 4 входи можуть використовуватися для реєстрації швидких імпульсів до 5 кГц [18].

Різні моделі модулів LOGO! мають транзисторні чи релейні виходи. Транзисторні виходи здатні комутувати струми до 0,3А в ланцюгах напругою =24В та оснащені електронним захистом від короткого замикання. Релейні виходи здатні комутувати струми до 10А (активне навантаження) або до 3А (індуктивне навантаження) у ланцюгах напругою =12/24В, ~24В або ~/= 115/240В [18].

Області застосування контролера Siemens LOGO! 8.3 Pure 230RCEO:

- керування технологічним обладнанням (насосами, вентиляторами, компресорами, пресами);
- системи опалення та вентиляції;
- керування зовнішнім та внутрішнім освітленням, освітленням вітрин;
- керування комутаційною апаратурою;
- конвеєрні системи;
- системи керування дорожнім рухом;
- керування підйомниками, тощо [18].

Технічні характеристики контролера Siemens LOGO! 8.3 Pure 230RCEO наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики контролера Siemens LOGO! 8.3 Pure 230RCEO [18]

Монтаж	На монтажній шині 35 мм, 4 модуля в ширину
Номінальне значення напруги живлення (постійний струм)	
115 В постійного струму	Так
230 В постійного струму	Так ; 240 В постійного струму
Допустимий діапазон, нижня межа (постійного струму)	100 В
Допустимий діапазон, верхня межа (постійного струму)	253 В
Номінальне значення (змінного струму)	
115 В змінного струму	Так
230 В змінного струму	Так; 240 В змінного струму
Мережева частота	
Діапазон допустимих значень, нижня межа	47 Гц
Діапазон допустимих значень, верхня межа	63 Гц
Таймери	
Число	400; Макс. 400, залежно від функції
Запас хода	480 годин
Кількість цифрових входів	8
Вид виходів	4; реле
Захист від короткого замикання	ні; потрібен зовнішній захист запобіжником

Продовження таблиці 3.2

Комутаційна здатність контактів релейних входів	
При індуктивному навантаженні, макс.	3 А
При омичному навантаженні, макс.	10 А
Температура довкілля під час експлуатації	
Мінімальна	-20 °С; Без конденсації
Максимальна	55 °С
Температура довкілля під час зберігання/транспортування	
Мінімальна	-40 °С
Максимальна	70 °С
Розміри	
Ширина	71,5 мм
Висота	90 мм
Глибина	60 мм

Контролер WATERHEAT-UM2-24 plus

WATERHEAT-UM2-24 plus – вільно конфігурований контролер, призначений для регулювання температур та керування обладнанням систем опалення або гарячого водопостачання (ГВП). Має 8 стандартних алгоритмів для керування одним контуром опалення або гарячого водопостачання. Налаштування здійснюється шляхом конфігурування системи у меню контролера. Призначений для встановлення на DIN-рейку та має різноманітні комунікаційні інтерфейси [19, 20]. Загальний вигляд лицьової панелі контролера показано на рис. 3.6.

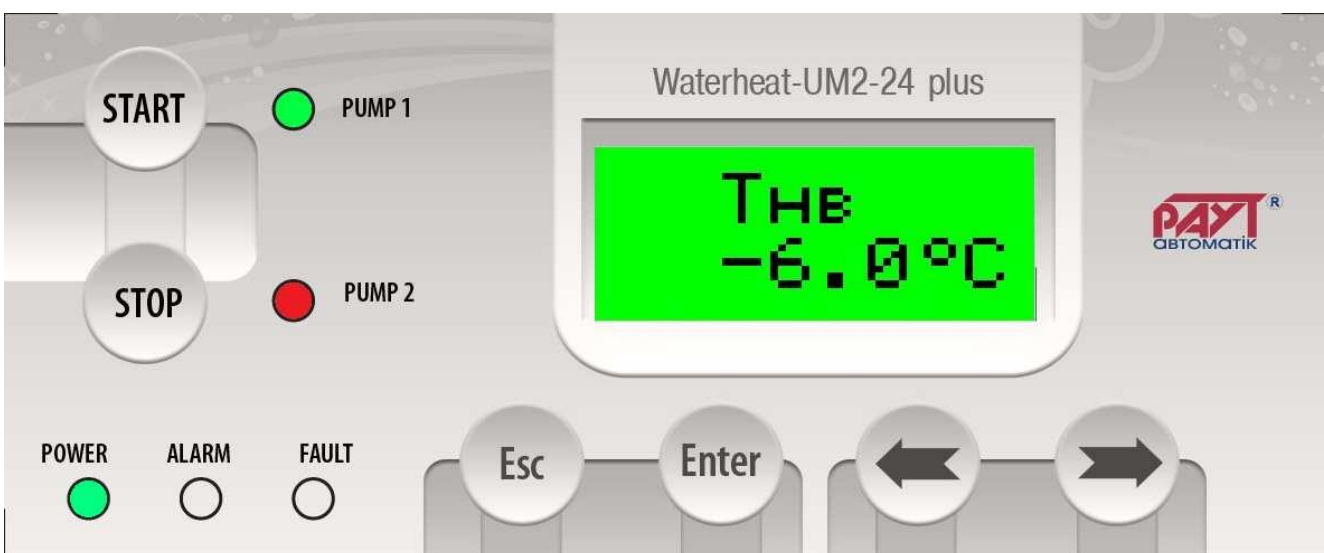


Рисунок 3.6 – Загальний вигляд лицьової панелі контролера WATERHEAT-UM2-24 plus [20]

Функції контролера WATERHEAT-UM2-24 plus (залежна система опалення з двома циркуляційними насосами та клапаном з триточковим або аналоговим керуванням на вибір користувача):

- одноконтурне регулювання температури теплоносія, що подається, після вузла змішування, каскадне регулювання температури повітря в приміщенні, каскадне або одноконтурне регулювання температури зворотного теплоносія;
- підтримка вибраного параметра на заданому значенні або регулювання вибраного параметра: за розрахунковим опалювальним графіком (враховується температура зовнішнього повітря) або за реальним опалювальним графіком (враховується як температура зовнішнього повітря, так і температура теплоносія, що подає від теплової мережі);
- швидкий вибір одного з трьох встановлених опалювальних графіків;
- можливість автоматичного розрахунку вибраного опалювального графіка;

- можливість включення захисту від перевищення температури зворотного теплоносія значення визначається за опалювальним графіком, при регулюванні температури теплоносія, що подає, або температури повітря в приміщенні;
- можливість підключення зовнішнього датчика або давача температури з вихідним сигналом (0-10) В при регулюванні температури повітря в приміщенні;
- автоматичне зміщення заданого значення для вибраного параметра регулювання за графіком зміщення температур (крім випадків, коли використовується зовнішній датчик або давач температури);
- вибір типу закону регулювання («імпульс-пауза», П, ПІ, ПД, ПІД);
- можливість включення функції автоматичного самоналаштування (адаптації) параметрів законів регулювання;
- вибір типу регулюючого клапана (третичковий або аналоговий);
- можливість контрольного відкриття/закриття (прогону) регулюючого клапана із заданою періодичністю, щоб уникнути заклинювання клапана;
- можливість встановити обмеження на крайні положення регулюючого клапана з аналоговим управлінням;
- можливість відкриття регулюючого клапана при вимкнених циркуляційних насосах;
- керування регулюючим клапаном у ручному режимі з меню контролера;
- керування робочим циркуляційним насосом кнопками на лицьовій панелі контролера;
- вибір робочого циркуляційного насоса з меню контролера;
- автоматична зміна робочого та резервного циркуляційних насосів із заданою періодичністю для їх рівномірного зносу;
- контроль роботи циркуляційних насосів;
- автоматичне включення резервного циркуляційного насоса у разі аварії;
- захист циркуляційних насосів від "сухого ходу";

- можливість автоматичного перезапуску циркуляційного насоса після зникнення сигналу "сухий хід";
- можливість автоматичного перезапуску циркуляційного насоса після збою живлення [20].

Схема включення контролера представлено на рис. 3.7.

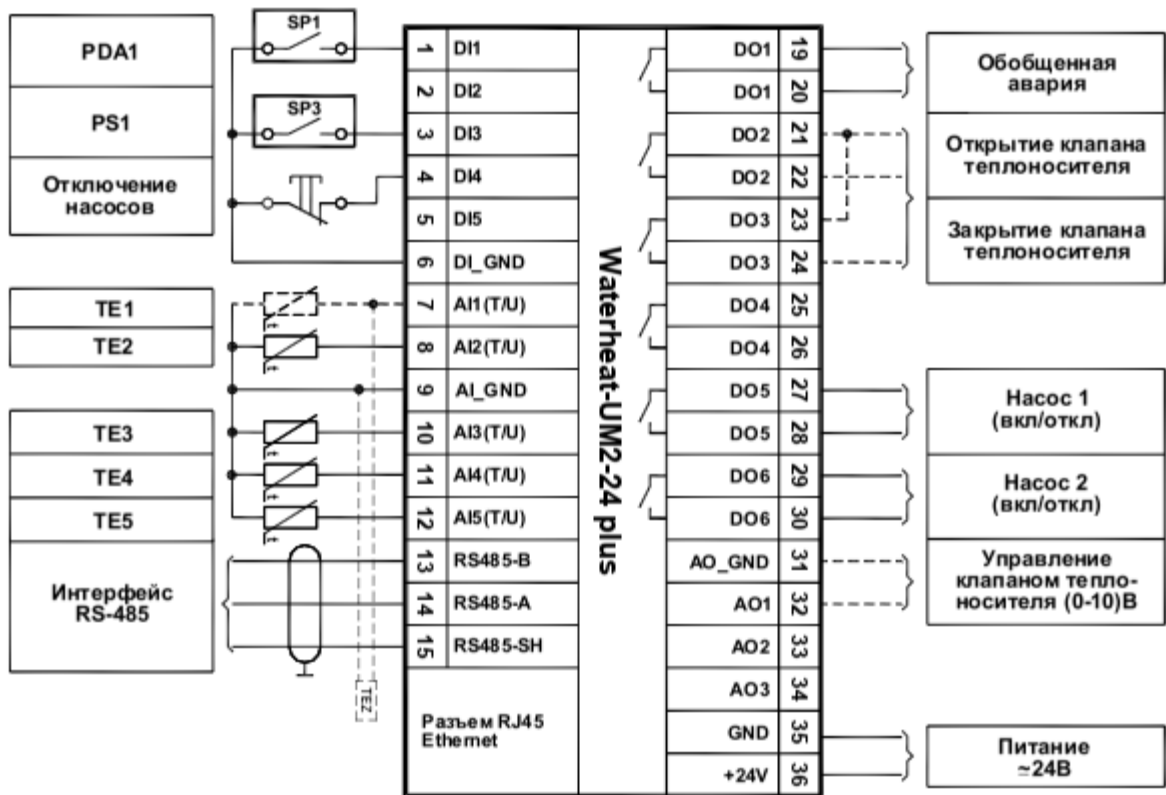


Рисунок 3.7 – Схема включення контролера WATERHEAT-UM2-24 plus

Висновок

В якості контролера системи опалення було обрано вільно конфігурований контролер WATERHEAT-UM2-24 plus. Оскільки він значно дешевший Danfoss ECL Comfort 210/310 та не потребує складного програмування яке необхідного для контролера Siemens LOGO! 8.3 Pure 230RCEO.

3.2 Регулятор витрат теплоти

В якості регулятора витрат теплоти було обрано регулюючий двоходовий клапан VB2 DN 50 виробництва фірми Danfoss. Клапана серії VB2 застосовуються в теплових пунктах будівель, системах опалення та гарячого водопостачання. Загальний вигляд клапана VB2 DN 50 представлено на рис. 3.8.



Рисунок 3.8 – Загальний вигляд клапана VB2 DN 50 [22]

Регулюючі клапани VB2 можуть бути використані разом з наступними редукторними електричними приводами: AMV 10 та АМЕ 10, AMV 20 та АМЕ 20, AMV 30 та АМЕ 30, а також з версіями цих же електроприводів, які оснащені поворотною пружиною для реалізації функції безпеки – закриття при раптовому припиненні електропостачання: AMV 13 та АМЕ 13, AMV 23 та АМЕ 23, AMV 33 та АМЕ 33 [22].

Особливості клапана:

- клапан нормально відкритий без розвантаження по тиску;
- комбінована характеристика витрат;
- без електроприводу штоки клапана знаходяться у крайньому верхньому

положенні, повністю відкриті [22].

Технічні характеристики клапану VB2 DN 50 наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики клапану VB2 DN 50 [23]

Номинальний діаметр, DN	50 мм
Пропускна здатність клапану, k_{vs}	40 м ³ /г
Хід штоку	10 мм
Відносний діапазон регулювання	>50:1
Витратна характеристика	Комбінована
Фактор кавітації Z	>0,5
Протікання згідно стандарту IEC 534	не більше 0,05% від k_{vs}
Номинальний тиск PN	25 бар
Регульована середа	Підготовлена вода або водний розчин гліколю (до 30%)
pH регульованої середи	7...10
Температура регульованої середи	2 ... 150 °C
З'єднання	Фланці PN25, згідно стандарту EN 1092-2
Матеріал корпусу клапану	Високоміцний чавун - EN-GJS-400-18-LT (GGG 40.3)
Матеріал кришки клапану	
Матеріал сідла, конусу (золотника) та штоку	Нержавіюча сталь
Матеріал ущільнення	Кільця з EPDM

В якості приводу клапану використано редукторний електричний привід AMV 20 виробництва фірми Danfoss.

AMV20 – керується трипозиційним сигналом, крім стандартних функцій, таких як ручне управління та індикація положення, AMV20 оснащені моментними муфтами, що припиняють їхню роботу при виникненні перевантажень, наприклад, у разі досягнення штоком клапана крайніх положень. Редукторні електроприводи AMV призначені для спільної роботи з сідельними клапанами, що регулюють VS2, VM2, VB2, VGS2 [24]. Загальний вигляд електроприводу AMV20 представлено на рис. 3.9.



Рисунок 3.9 – Загальний вигляд електроприводу AMV20 [24]

Особливості моделі:

- ручне та електричне керування;
- індикатор крайніх положень штока;
- імпульсний вихідний сигнал;

- точне та швидке реагування [24].

Технічні характеристики електроприводу AMV20 наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики електроприводу AMV20 [25]

Електроживлення	24 та 230 змінного струму; +10...-15%
Енергоспоживання	2 ВА
Частота	50 Гц
Керуючий сигнал	Імпульсний
Наявність функції безпеки (зворотної пружини)	Немає
Зусилля закриття	450 Н
Хід штоку	10 мм
Швидкість руху штоку	15 с/мм
Максимальна температура регульованої середи	150 °С
Температура навколишнього середовища	0 ... 55 °С
Температура зберігання та транспортування	-40 ... 70 °С
Клас захисту	IP 54
Вага	1,4 кг
СЄ- маркування згідно стандартів	Директива по низькій напрузі 73/23/ЕЕС: EN60730-1, EN60730-2-14 EMC - Директива 2004/108/ЕЕС: EN60730-1, EN60730-2-14

Схема підключення електроприводу AMV20 зображено на рис. 3.10.

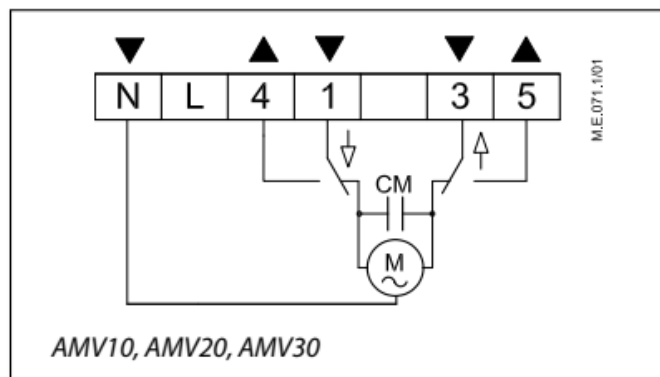


Рисунок 3.10 – Схема підключення електроприводу AMV20: 1 та 3 – вхідний імпульсний сигнал (напруга) від електронного регулятора; 4 та 5 – виходи для індикації положень штоку або моніторингу; L – напруга живлення; N – загальний провідник [25]

3.3 Циркуляційні насоси

Циркуляцію теплоносія в системі опалення забезпечується двома циркуляційними насосами Grundfoss UPS 80-120F 3x400B PN06. Зовнішній вигляд насосу Grundfoss UPS 80-120F 3x400B PN06 представлено на рис. 3.11.



Рисунок 3.11 – Зовнішній вигляд насосу Grundfoss UPS 80-120F 3x400B PN06 [26]

Насос циркуляційний Grundfos UPS 80-120 F PN06 оснащений електродвигуном із захищеним статором і мокрим ротором, в ньому встановлені два кільця ущільнювачів. У цій моделі Grundfos UPS немає сальникових ущільнювачів, а мастило підшипників здійснюється робочою (рідиною, що перекачується) рідиною [26].

Насос циркуляційний Grundfos UPS 80-120 F PN06 застосовується для забезпечення циркуляції води в системах та комплексах гарячого водопостачання та опалення. Його також використовують для облаштування системи «тепла підлога». В експлуатації такий циркуляційний насос зручний тим, що в ньому можна встановлювати потрібну швидкість обертання двигуна. У цьому Grundfos UPS передбачено 3 режими швидкості [26].

Технічні характеристики насоса Grundfos UPS 80-120F 3x400B PN06 наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики насоса Grundfos UPS 80-120F 3x400B PN06 [27]

Робоча рідина	Вода
Діапазон температур рідини, що перекачується	-10 ... 120 °C
Щільність рідини	983,2 кг/м ³
Кількість швидкостей	3
Загальний гідростатичний тиск насоса	8,77 м
Максимальний гідростатичний тиск	120 дм
Матеріал корпусу насоса	Чавун EN-JL1040 ASTM 35 B - 40 B
Матеріал робочого колеса	Нержавіюча сталь DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304
З'єднання труб (для монтажу)	DIN 80

Продовження таблиці 3.5

Монтажна довжина	360 мм
Потужність при першій швидкості	1000 Вт
Потужність при другій швидкості	1100 Вт
Потужність при третій швидкості	1500 Вт
Частота струму в мережі	50 Гц
Номінальна напруга	3 × 400 – 415 В
Струм при першій швидкості	1,65 А
Струм при другій швидкості	1,8 А
Струм при третій швидкості	2,75 А
$\cos \varphi$ при першій швидкості	0,87
$\cos \varphi$ при другій швидкості	0,88
$\cos \varphi$ при третій швидкості	0,79
Клас захисту (IEC 34-5)	XD4
Клас ізоляції (IEC 85)	H
Тепловий захист	Зовнішній
Повна вага	38,6 кг
Маркування енергоефективності	C

Основні переваги насоса Grundfos 80-120 F PN06:

- простий спосіб підключення до джерела живлення;
- наявність керамічних підшипників ковзання. Завдяки низькому коефіцієнту розширення кераміки та високій її твердості, насос працює безшумно та підвищується його довговічність;
- стійкість обмоток електродвигуна до струму блокування. Це дозволяє не встановлювати додаткових захистів;

- довговічність забезпечується застосуванням у конструкції чавунного корпусу насосної частини, а також алюмінієвого корпусу який надійно захищає статор;
- швидкість обертання двигуна змінюється перемикачем;
- порожнистий вал у конструкції – дозволяє швидко видалити повітря із системи;
- не вимагає технічного обслуговування;
- широкий спектр застосування [26].

Схема підключення насоса Grundfos 80-120 F PN06 до електромережі показано на рис. 3.12.

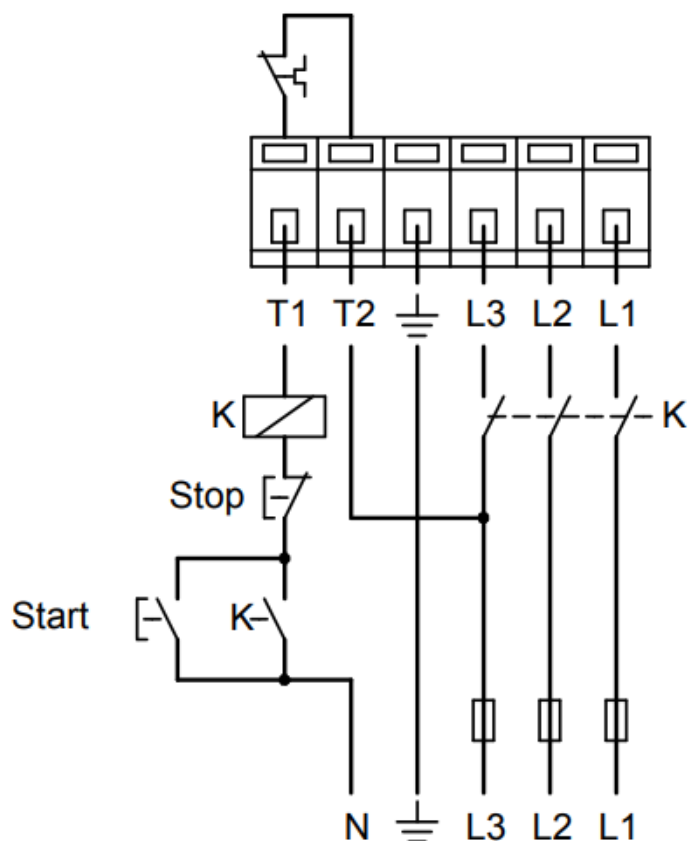


Рисунок 3.12 – Схема підключення насоса Grundfos 80-120 F PN06 до електромережі [27]

3.4 Електричний котел

Нагрівання води в системі буде виконуватися за допомогою підлогового електричного котла Tenko 120 кВт серії НКЕ.

Електричний котел Tenko 120 кВт серії НКЕ призначений для тепlopостачання приміщень із примусовою циркуляцією теплоносія в замкнутій системі опалення та автоматичного підтримка температурного режиму. Пристрій може використовуватися автономно або спільно з пристроями, що працюють на інших видах палива (газ, вугілля, дизель, дрова, палети та ін.) [28]. Зовнішній вигляд котла показано на рис. 3.13.



Рисунок 3.13 – Зовнішній вигляд електричного котла Tenko 120 кВт серії НКЕ (праворуч зі знятим захисним кожухом) [29]

Основні характеристики пристрою наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Основні характеристики електричного котла Tenko 120 кВт серії НКЕ [28]

Напруга живлення в трифазній мережі, В	380+5%,-10%, 50Гц
Номінальна споживана потужність електродкотла, кВт	120
Тип нагрівача	ТЕН
ККД, %	99
Максимальний тиск у системі, бар	2,4
Регулювання контуру опалення, °С	Аналогове, 0°С ÷ 90°С
Приєднувальні патрубки, дюйм	Ø 2", 2,5"
Об'єм теплообмінника (не менше), дм ³	6,2
Клас захисту	IP20
Маса, кг, не менше	61
Габаритні розміри (з урахуванням патрубків та інших елементів), В × Ш × Г, мм	740 × 419 × 429

Нагрівання теплоносія в системі опалення здійснюється за допомогою трубчастого електронагрівача (ТЕНа). За допомогою системи управління здійснюється автоматична підтримка заданої температури теплоносія у системі опалення. Можливість використання будь-яких рідких теплоносіїв (вода, антифриз, олія тощо) [28].

Пристрій являє собою металеву конструкцію, що складається з основних вузлів: корпус, теплообмінник, панель керування, відділ автоматики. Корпус є частиною котла, на якій знаходяться всі основні елементи. Теплообмінник є сталевим резервуаром, з приєднувальними патрубками з різьбленням, через які подається

остиглий теплоносій (нижній патрубок) і відводиться нагрітий теплоносій (верхній патрубок). На теплообміннику розташовані: автоматичний відвідник повітря і аварійне термореле [28].

На панелі управління розташовані: термоманометр (для контролю температури теплоносія та тиску в системі), капілярний термостат (завдання та підтримання температури теплоносія), світлові індикатори «Мережа» та «Нагрів». Відділ автоматики розташований на передній частині корпусу. У ньому розташовані: силовий захисний автомат, автомати керування, модульні контактори. Всі елементи закриті дверцятами, назвні виведені тільки ручки автоматів для зручного та безпечного керування котлом [28].

Принцип роботи полягає у нагріванні теплоносія, що надходить у теплообмінник через нижній патрубок, за допомогою ТЕНа і відведення його в систему опалення через верхній патрубок. Циркуляція теплоносія здійснюється за допомогою циркуляційного насоса. Потрібна температура задається і підтримується за допомогою капілярного термостата, розташованого на панелі управління. Світлові індикатори «Мережа» та «Нагрів» вказують на наявність мережі живлення та процес нагріву відповідно. Після підключення кабелю живлення до силового автомата, зачиніть двері відділу автоматики, потім увімкніть автомат, засвітиться індикатор «Мережа». Щаблі потужності котла регулюються автоматами управління, які подають живлення на модульні контактори, вони також виведені у передній частині відділу автоматики. Увімкніть необхідну кількість автоматів керування, потім поверніть ручку капілярного термостата на потрібну температуру, модульні контактори спрацюють, загориться індикатор «Нагрів». Якщо не ввімкнений включили жоден з автоматів керування, але повернули ручку термостата, модульні контактори спрацюють, індикатор «Нагрів» засвітиться, але процес нагрівання не відбуватиметься, оскільки відсутнє живлення на блоках ТЕН [28].

Монтажну схему наведено в додатку Б.

Висновки до третього розділу

В даному розділі було обрано керуючі механізми та виконуючі механізми згідно з технічними вимогами проекту реконструкції та автоматизації теплового пункту вводу навчальних корпусів А та Ф.

В якості контролера системи опалення було обрано вільно конфігурований контролер WATERHEAT-UM2-24 plus. Оскільки він значно дешевший аналогів (спеціалізованих контролерів для систем опалення) та не потребує складного програмування яке необхідного для контролерів широкого спектру використання.

В якості регулятора витрат теплоти було обрано регулюючий двоходовий клапан VB2 DN 50 з електроприводом AMV20 виробництва фірми Danfoss. Дані елементи призначені для застосування в теплових пунктах будівель, системах опалення та гарячого водопостачання.

Циркуляцію теплоносія в системі опалення забезпечується двома циркуляційними насосами Grundfoss UPS 80-120F 3x400B PN06. Які керуються контролером WATERHEAT-UM2-24 plus через проміжні реле, які в свою чергу керують контакторами.

Нагрівання води в системі відбувається за допомогою підлогового електричного котла Tenko 120 кВт серії НКЕ. Потрібна температура задається і підтримується за допомогою капілярного термостата, розташованого на панелі управління. Від ідеї керуванням ступенів потужності котла було вирішено відмовитися оскільки будівля має велику теплову інерцію.

Електричну принципову схему автоматизації системи опалення представлено в додатку В.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

Економічні показники проекту залежать від температур зовнішнього повітря і тривалості їх стояння в холодний період року. В таблиці 4.1 подані усереднені за останні роки величини витрат теплоти на потреби опалення навчальних корпусів і температура зовнішнього повітря за умови забезпечення комфортних параметрів мікроклімату.

Таблиця 4.1 – Витрати теплоти на потреби опалення

Показники по корпусам	Од. вим.		Будівлі			
	Гкал	МВт год	Ц	Л	П	А та Ф
Витрати теплоти на опалення у базовому варіанті:	Гкал					
Жовтень (20.10 – 19.11)			22	22	32	40
Листопад (20.11 – 15.12)			77	47	65	86
Грудень (16.12 – 15.01)			127	79	97	150
Січень (16.01 – 13.02)			85	38	38	53
Лютий (14.02 – 13.03)			107	47	56	108
Березень(14.03 – 12.04)			79	43	54	92
Разом			497	276	342	529
Усього Л+П+А+Ф	Гкал		1147			
Середня фактична температура зовнішнього повітря:	Град °С					
Жовтень (20.10- 19.11)						
Листопад(20.11-15.12)						
Грудень(16.12- 15.01)			+ 7,1			
Січень(16.01-13.02)			+1			
Лютий (14.02-13.03)			-6			
Березень(14.03 -12.04)			-2			
			-1,5			
			+2			
Очікуваний тариф на теплову енергію	3900 грн за 1 Гкал	3,5 грн за 1 кВт год енергії	-	-	-	

Продовження таблиці 4.1

Очікуваний тариф на електричну енергію	-	6 грн за кВт год енергії				
Вартість теплової енергії на корпуси Ц+Л+П+А+Ф за опалювальний період (базовий варіант)	грн	$1644 \cdot 3,900 = 6411$ тис. грн				
Вартість теплової енергії на корпуси Л+П+А+Ф за опалювальний період (базовий варіант без корпусу Ц)	грн	$1147 \cdot 3,900 = 4473$ тис. грн				
Кількість енергії, що буде витрачена за опалювальний період у запропонованому варіанті за умови підтримання температури у приміщеннях не менше +10 °С	401 Гкал	466 МВт год	-	97	119	185
Кількість енергії, що буде витрачена за опалювальний період у запропонованому варіанті для запобігання замерзання води	254 Гкал	218 МВт год	-	62	68	124
Вартість енергії, що буде витрачена за опалювальний період у запропонованому варіанті за умови підтримання температури у приміщеннях не менше +10 °С	грн	$466\ 000 \cdot 6 = 2800$ тис. грн				
Вартість енергії, що буде витрачена за опалювальний період у запропонованому варіанті для запобігання замерзання води	грн	$218000 \cdot 6 = 1300$ тис. грн				
Річне скорочення видатків на потреби опалення корпусів А+Ф+Л+П,	грн	$4473 - 2800 = 1673$ тис. грн. $4473 - 1300 = 3173$ тис. грн				

Вартість лише насосу для корпусу П або Л з подачею 10 т води за год. становить 25 тис. грн., а для корпусу А та Ф з подачею 25 т води за годину – близько 39 тис. грн.

Загальна інвестиційна вартість обладнання і вартість виконання робіт з реконструкції теплових вузлів вводу навчальних корпусів наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Техніко-економічні показники проекту для корпусів Л, П, А і Ф

Назва показників	Варіанти реалізації проекту	
	Проект №1. Унеможливлення замерзання	Проект №2. Забезпечення температури внутрішнього повітря не менше +10 °С
Вартість обладнання і його інсталяції станом на 20.06.2022, тис. грн	425	560
Скорочення експлуатаційних витрат (економія витратків на енергоносії у порівнянні з базовим варіантом), тис. грн. за рік	3173	1673
Термін окупності проекту	2 місяці	4 місяці

Висновки до четвертого розділу

В даному розділі було проаналізовано техніко-економічні показники реконструкції теплового вводу навчальних корпусів А та Ф. Визначені загальні витрати на реконструкцію та строк окупності витрат на її проведення.

ВИСНОВКИ

У першому розділі дипломної роботи було проведено аналіз сучасних систем теплопостачання та напрямів розвитку їх автоматизації. Вирішення завдань енергозбереження та забезпечення раціонального використання енергоресурсів можливе шляхом обладнання теплових вузлів будівель системами автоматичного регулювання та обліку теплової енергії із застосуванням сучасного енергоефективного обладнання.

У другому розділі було обрано схему реконструкції (рис. 2.3) з використанням теплоти з теплової мережі, а в разі якщо цієї кількості теплоти буде недостатньо додаткова кількість теплоти буде отримуватися з теплових мереж. Даний варіант реконструкції був обраний через високі економічні показники.

У третьому розділі було обрано керуючі механізми та виконуючі механізми згідно з технічними вимогами проекту реконструкції та автоматизації теплового пункту вводу навчальних корпусів А та Ф. В якості контролера системи опалення було обрано вільно конфігурований контролер WATERHEAT-UM2-24 plus. Він значно дешевший аналогів та не потребує складного програмування яке необхідного для контролерів широкого спектру використання. Для регулювання витрат теплоти обрано двоходовий клапан VB2 DN 50 з електроприводом AMV20. Циркуляцію теплоносія в системі опалення забезпечується двома циркуляційними насосами Grundfoss UPS 80-120F 3x400B PN06. Які керуються контролером WATERHEAT-UM2-24 plus через проміжні реле, які в свою чергу керують контакторами. Нагрівання води в системі виконується за допомогою підлогового електричного котла Tenko 120 кВт серії НКЕ. Потрібна температура задається і підтримується за допомогою капілярного термостата, розташованого на панелі управління. Від ідеї керуванням ступенів потужності котла було вирішено відмовитися оскільки будівля має велику теплову інерцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сканава А. Н., Махов Л. М. Отопление: Учебник для вузов. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 576 с.: ил.
2. Системы отопления. Проектирование и эксплуатация/ А. Я. Ткачук, Е. С. Зайченко, В. А. Потапов, А. П. Цепелев. – К.: Будівельник, 1985. – 136 с.
3. Глушко Ю. Ю. Опалення. Навчальний посібник, 2019. – 133 с.
4. Пырков В. В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – К.: П ДП «Такі справи», 2007.– 252 с.: ил. ISBN 966-7208-35-4
5. Нубарян С.М. Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: Краткий курс лекций. - Харьков: ХНАГХ, 2007 – 147 с.
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.
10. ASHRAE. Fundamentals of heating systems.– Atlanta, 1988.
11. VDI 3808: 1993. Energiewirtschaftliche Beurteilungskriterien fur heiztechnische Anlagen.
12. VDI 2067-2:1982. Berechnung der Kosten von Wärme-versorgungsanlagen. Raumheizung
13. Danfoss ECL Comfort 210 Электронный регулятор температуры | 230 В (087Н3020) – Режим доступа: <https://profimann.com.ua/kotly/elektronnye-regulyatory-temperature/elektronnyy-regulyator-temperature-danfoss-ecl-comfort-210-230-b/>
14. Технічний опис. Електронні регулятори ECL Comfort 210. – Данфосс, 2015.

15. Danfoss ECL Comfort 310 Электронный регулятор температуры | 4 контура | 230 В~ (087H3040) – Режим доступа: <https://profimann.com.ua/kotly/elektronnye-regulatory-temperature/elektronnyy-regulyator-temperature-danfoss-ecl-comfort-310-230-b/>

16. Логические модули LOGO!8 - оборудования SIEMENS – Режим доступа: <https://www.siemens-pro.ru/components/logo8.htm>

17. LOGO8.3 230RCEO: LOGO!8.3 230RCEO logic module without display at reichelt elektronik – Режим доступа: <https://www.reichelt.com/de/en/logo-8-3-230rceo-logic-module-without-display-logo8-3-230rceo-p293406.html?r=1>

18. 6ED1052-2FB08-0BA1 Логический модуль LOGO! 8.3 Pure 230RCEO нового поколения – Режим доступа: <https://samsnab.com.ua/ru/avtomatika/simatic-siemens/siemens-logo/logo-pure/10220-6ed1052-2fb08-0ba1>

19. Waterheat-UM2-24 plus – Режим доступа: <http://www.raut-automatic.kiev.ua/kontroll-ru/engine-ru/system-otoplen-ru/wth-um2-24p-ru.html>

20. КОНТРОЛЛЕР WATERHEAT-UM2-24 – Режим доступа: <http://www.ukrgazavt.com.ua/products/kontroller-waterheat-um2-24/>

21. WATERHEAT-UM2-24 plus регулирующий контроллер для систем теплоснабжения. Руководство по эксплуатации V3.5 – Киев.

22. Danfoss VB2 Клапан регулирующий двухходовой DN50 | Kvs 40 (065B2061) – Режим доступа: <https://profimann.com.ua/zaporno-reguliruyuschaya-armatura/sedelnye-klapany-s-elektroprivodami/klapan-2-hodovoy-sedelnyy-danfoss-vb2-dn50-flanec-kvs40-pn25-no/>

23. Технічний опис. Сідельні регулювальні клапани VM2 та VB2 – Данфосс, 2015.

24. Danfoss AMV 20 Редукторный электропривод (082G3007) – Режим доступа: <https://profimann.com.ua/zaporno-reguliruyuschaya-armatura/elektroprivody/reduktorny-yelektroprivod-danfoss-amv20-230v-450n-impulsnyy/>

25. Технічний опис. Редукторні електроприводи AMV10, AMV20, AMV30 та AMV13, AMV23, AMV23SU, AMV33 – Данфосс, 2015.

26. Grundfos UPS 80-120 F 3x400B PN06 – Режим доступу: <https://nasospro.kiev.ua/product/grundfos-ups-80-120-f-3kh4-00v-pn06/>

27. Каталог GRUNDFOS. MAGNA1, MAGNA1 D, UPS, UPSD хх-100 серия 100, UPS, UPSD серия 200. – GRUNDFOS.

28. Котел електрический водонагревательный напольный «TENKO». Руководство по монтажу и эксплуатации. – Tenko.

29. Котел електрический Tenko напольный 120 кВт 380В (HKE 120_380) – Режим доступу: https://totmarket.com.ua/p1638891910-kotel-elektricheskij-tenko.html?source=merchant_center&gclid=Cj0KCQiA37KbBhDgARIsAlzce17qJZzTbosHNDK94KgKF_iYTnQYHYSSdCM1kp-Cn7EZviMYqWKmTNQaAt8fEALw_wcB

Додаток А

SECTION 1. GENERAL INFORMATION ABOUT HEATING SYSTEMS AND THEIR AUTOMATION

1.1 Heating systems

Depending on the method of heat transfer, room heating can be convective or radiant [1].

Convective includes heating in which the temperature of the indoor air t_n is maintained at a higher level than the radiation temperature of the room $I_R (t_n > t_R)$, meaning the radiation average temperature of the surfaces returned to the room, calculated relative to the person who is in the middle of this room [1].

Radiant heating is called heating in which the radiant temperature of the room exceeds the air temperature ($t_R > t_n$). Radiant heating with a slight decrease in air temperature (compared to convective heating) has a more favorable effect on the well-being of a person in the room [1].

Convective or radiant heating of premises is carried out using a special technical installation called a heating system. The heating system is a set of structural elements with connections between them, designed to receive, transfer and transfer heat to the heated room [2].

The main structural elements of the heating system (Fig. 1.1) are:

- heat source (heat generator for local heating or heat exchanger for centralized heating) – an element for obtaining heat;
- heat pipe – an element for transferring heat from the source to heating devices;
- heating devices – an element for transferring heat into the room.

Heat transfer through heat pipes can be carried out using a liquid or gaseous working medium. A liquid (water or special non-freezing liquids – antifreeze) or gaseous (steam, air,

fuel combustion products) medium that moves in the heating system is called a heat carrier [2].

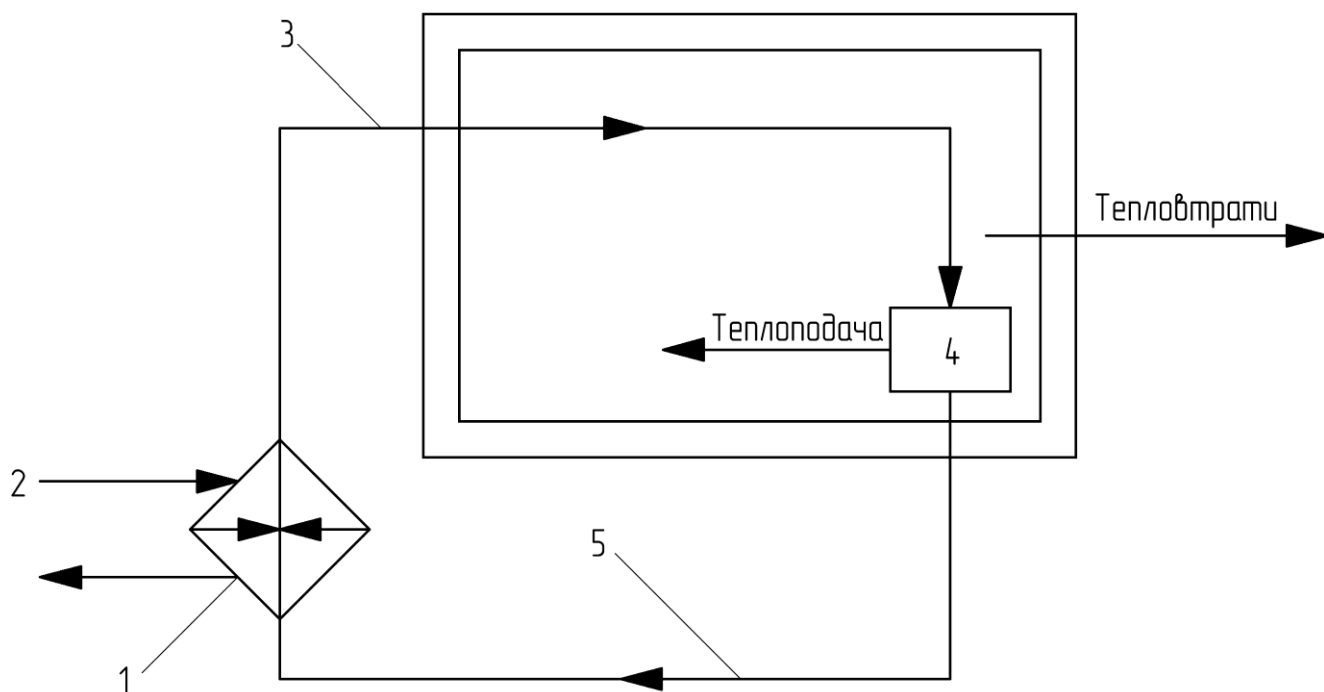


Figure 1.1 - Scheme of the heating system: 1 - heat generator or heat exchanger; 2 – fuel supply or supply of the primary coolant; 3 – supply heat pipe; 4 – heating device; 5 – return heat pipe

The heating system must have a certain thermal capacity to perform the tasks assigned to it. The calculated thermal capacity of the system is found as a result of drawing up the thermal balance in the heating room at the temperature of the outside air [2].

Current heat losses for heating occur throughout the entire heating season, so heat transfer to heating devices should vary widely. This can be achieved by changing the temperature and the amount of heat carrier moved by the heating system [2].

1.2 Classification of heating systems

According to the location of the main elements, heating systems are divided into local and central.

In local heating systems, as a rule, all three basic elements of one room are structurally combined into one installation, directly in which heat is received, transferred and transferred to the room. The heat-carrying working environment is heated by hot water, steam, electricity or by burning some kind of fuel [2].

An example of a local heating system is a gas-air heating device used for heating large rooms. The thermal energy obtained from the burning of gaseous fuel in the burner is transferred to the surface heat exchangers of the heat carrier - the air that is pumped in by the fan. Hot air enters the room through heat pipes after cleaning in the filter. Fuel combustion products are removed through the chimney into the atmosphere [1].

In local heating systems using electric energy, heat transfer can be carried out with the help of a liquid or gaseous coolant or without it directly from a heated solid element.

Systems intended for heating groups of rooms from a single thermal center are called central. In the thermal center there are heat generators (boilers) or heat exchangers. They can be located directly in the heated building (boiler room or local heating station) or outside it - in the central heating station (CTP), at a heating station (a separate building from the heated one) or CHP [1].

Heat pipes of central heating systems are divided into mains (supply, along which the heat carrier is supplied and return, along which the cooled heat carrier is removed), risers (vertical pipes or channels) and branches (horizontal pipes or channels), connecting main lines with supply to heating devices (with a branch to the premises when air is used as a heat carrier) [2].

An example of a central heating system is the heating system of a building with its own heating point or boiler room.

A central heating system is called a district heating system, when a group of buildings is heated from a separately located central heating station. Heat generators, heat exchangers and heating devices of the system are also separated: the coolant is heated at the heating station, moves through external (with temperature t_3) and internal (in the building with temperature $t_b \leq t_3$) heat pipes to separate rooms of each building to the heating devices and, after cooling, returns to the heat station (Fig. 1.2) [1].

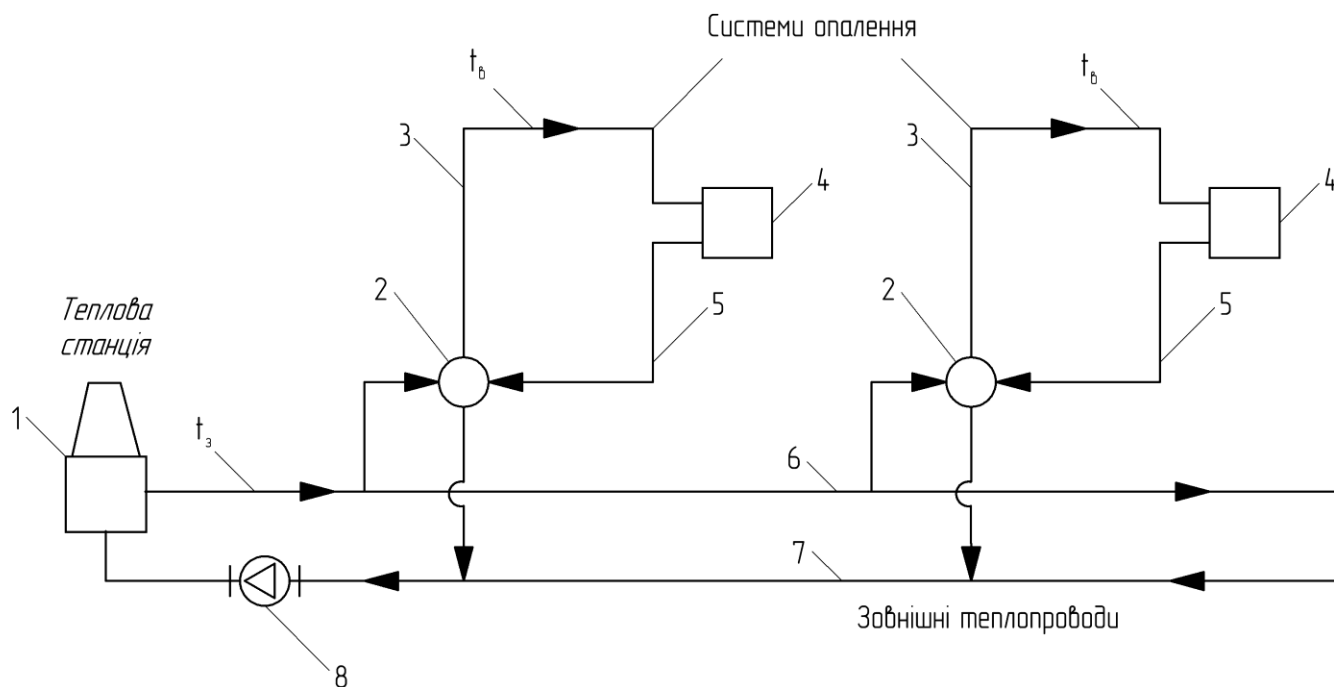


Figure 1.2 – Scheme of district heating system: 1 – heat carrier source; 2 – local thermal point; 3 and 5 – internal supply and return heat pipes; 4 – heating devices; 6 and 7 – external supply and return heat pipes; 8 – circulation pump

In modern systems of heat supply from CHP or powerful thermal stations, two heat carriers are used. The primary high-temperature coolant moves from the CHP or thermal station through city distribution networks to the CTP or directly to the local heating points of buildings and back. The secondary heat carrier is heated in heat exchangers (or mixed with the primary one), flows through external and internal heat pipes to the heating devices

that heat the premises of the buildings, and then returns to the CTP or the local heat point [1].

Water is most often used as the primary heat carrier, steam or gaseous products of fuel combustion are less common [1].

1.3 Heat carriers in heating systems

The driving medium in the heating system is a coolant that accumulates heat and then transfers it to the heated room. The heat carrier for heating systems can be a moving, liquid or gaseous medium that meets the requirements for the heating system [3].

Currently, water or atmospheric air, less often water vapor or heated gases are used for heating buildings [2].

Gases formed during the burning of solid, liquid or gaseous organic fuel have a relatively high temperature and are used when it is possible to limit the temperature of heat transfer surfaces in accordance with sanitary and hygienic standards. During the transportation of combustible gases, there are significant accompanying heat losses [2].

High-temperature combustion products can be released directly into the room, but this worsens the air condition, which is unacceptable in most cases. The removal of combustion products from the outside through the channels complicates the design and worsens the efficiency. At the same time, there is a need to solve environmental problems related to the possible pollution of atmospheric air by combustion products near the heated object [2].

The field of application of hot gases is limited to heating furnaces, gas heaters and other similar local heating installations [1].

Unlike hot gases, water, air and steam are used repeatedly in circulation mode and without environmental pollution [1].

Water is a liquid medium that is practically incompressible with significant density and heat capacity. Water changes its density, volume, and viscosity depending on

temperature, and its boiling point depends on pressure, and it can absorb or release gases into its solution when the temperature and pressure change [3].

Steam is an easily moving medium with a relatively low density. The temperature and density of steam depends on the pressure. Steam significantly changes its volume and enthalpy during phase transformation [2].

Air is also an easily moving medium with relatively low viscosity, density, and heat capacity, the density and volume change depending on the temperature [1].

When using heated air - a heat carrier with low thermal inertia, it is possible to constantly maintain a uniform temperature of each individual room, quickly change the temperature of the supplied air, i.e. carry out regulation. At the same time, it is possible to provide ventilation of the room at the same time as heating [1].

The use of hot water in heating systems also allows you to maintain a uniform temperature of the premises, which is achieved by adjusting the temperature of the water supplied to the heating devices. With such regulation, the room temperature may still deviate from the set (by 1 – 2 °C) due to the thermal inertia of water masses, pipes and devices [1].

When using steam, the room temperature is uneven. Temperature unevenness occurs due to the mismatch of the heat transfer of devices at a constant temperature to the steam-changing heat losses of the room during the heating season. In this regard, it is necessary to reduce the amount of steam supplied to heating devices and even periodically turn it off in order to prevent overheating of the room with reduced heat loss [1].

In conditions where there is a possibility of the coolant freezing, it is recommended to use a special non-freezing coolant in heating systems - antifreeze. Antifreezes are aqueous solutions of ethylene glycol, propylene glycol, and other glycols, as well as solutions of some inorganic salts. Any antifreeze is a fairly toxic substance that requires caution when working with it. Its use in heating systems can lead to some negative consequences (accelerated corrosion processes, reduction of heat exchange, variable hydraulic characteristics, aeration, etc.). In this regard, the use of antifreeze as a coolant in each specific case should be sufficiently justified [1].

Let's list the main advantages and disadvantages of the main coolants used in heating systems.

When using water, a sufficiently uniform temperature of the room is ensured, it is possible to limit the temperature of the surfaces of heating devices, the cross-sectional area of the pipes is reduced compared to other heat carriers, and noiselessness during the movement of heat networks. The disadvantages of using water are significant metal consumption and high hydrostatic pressure in the systems. Thermal inertia of water slows down regulation of heat transfer of heating devices [2].

When using steam, the consumption of metal is relatively reduced due to the reduction of the area of devices and the cross-section of condensate pipes, rapid heating of devices and heated premises is achieved. The hydrostatic pressure of steam in vertical pipes compared to water is minimal. The temperature of the steam is high and constant at constant pressure, which makes it difficult to regulate the heat transfer of devices, its movement along the pipes is accompanied by noise [2].

When using air, it is possible to ensure a quick change or uniformity of the temperature of the room, avoid installing heating devices, combine heating with ventilation of the room, achieve silence when it moves through air ducts and ducts. The disadvantages are its low heat-accumulating capacity, significant cross-sectional area and consumption of metal for air ducts, a significant decrease in temperature along their length [2].

1.4 Main types of heating systems

Currently, the most widely used central systems are mainly water and much less often steam heating, local and central air heating systems [2].

With water heating, the circulating hot water cools in the heating devices and returns to the heat source for reheating.

According to the method of water circulation, water heating systems are divided into systems with natural circulation (gravitational) and systems with a mechanical generator of

water circulation using a pump. Gravity systems (Fig. 1.3, a) use the property of water to change its density when the temperature changes. In closed vertical systems with an uneven distribution of density under the action of the Earth's gravitational field, natural movement of water occurs [3].

In the heating system with mechanical excitation of water circulation (Fig. 1.3, b), a pump with an electric drive is used, which creates a pressure difference that causes circulation and forced movement of water in the system [1].

According to the temperature of the coolant, there are low-temperature systems with a limit temperature of $t_r < 70\text{ }^\circ\text{C}$., medium-temperature systems with t_r from $70\text{ }^\circ\text{C}$ to $100\text{ }^\circ\text{C}$, and high-temperature systems with $t_r > 100\text{ }^\circ\text{C}$.. The maximum water temperature value is $150\text{ }^\circ\text{C}$ [2].

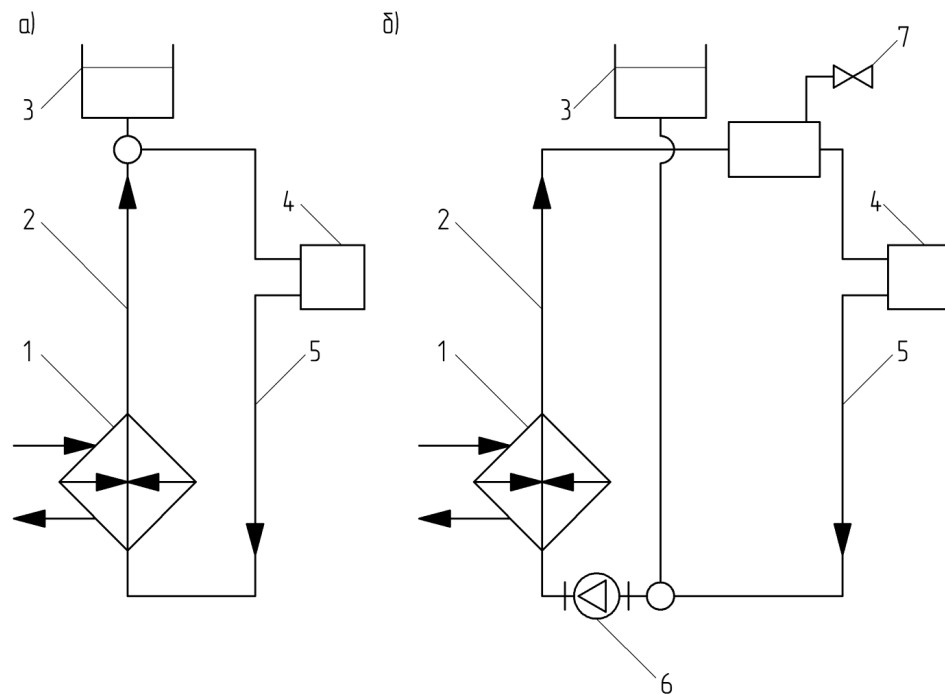


Figure 1.3 - Schemes of water heating systems: a - with natural circulation; b – with circulation using a pump; 1 – heat exchanger; 2 – supply heat pipe; 3 – expansion tank; 4 – heating device; 5 – return heat pipe; 6 – circulation pump; 7 – a device for releasing air from the system

According to the position of the pipes connecting the heating devices vertically or horizontally, the systems are divided into vertical and horizontal systems [1].

Depending on the scheme of connection of pipes with heating devices, there are one-pipe and two-pipe systems [1].

In each riser or branch of a one-pipe heating system, devices are connected by one pipe and water flows sequentially through all devices. If each device is conditionally divided into two parts ("a" and "b"), in which water moves in opposite directions and the heat carrier successively passes first through all parts of "a" and then through all parts of "b", then such a one-pipe system is called bifilar [1].

In two-pipe systems, each heating device is connected separately to two pipes - supply and return, and water flows through each device independently of other devices [1].

1.5 Automation of water heating systems

Modernization of heating points is carried out to improve the heating system of buildings in accordance with modern requirements. The main tasks of modernization are the organization of accounting for heat consumption by the subscriber and the reduction of heat energy consumption while improving the level of thermal comfort in the serviced premises. To do this, at least a meter and an automatic heat flow regulator are installed at the subscriber input, adjusting the heat output according to weather conditions. This use of equipment is called local or subscriber automatic regulation. At the same time, they do not make structural changes in the heating system, but foresee this possibility in the future. This especially applies to decisions on the use of a hydraulic elevator with an adjustable nozzle. At first glance, it solves the task, but with further modernization of the heating system by installing thermostats on heating devices in accordance with the program of the Cabinet of Ukraine, it will be necessary to abandon it [4].

Modernization of subscriber inputs allows:

- optimize the heat load distribution in the heat network;

- adequately manage the hydraulic and thermal regimes of the building's internal heat consumption system;
- reduce heat carrier costs in the heat network;
- save energy resources;
- reduce the negative impact on the environment [4].

During the modernization of the thermal unit, many tasks are considered - automation of the management process, control, accounting and etc. Management tasks:

- regulation of the temperature of the coolant supplied to the heating system, depending on the temperature of the outside air;
- regulation of the temperature of the coolant returning to the heating network, in accordance with the temperature of the outside air according to the specified temperature schedule;
- accelerated heating of the building after the energy-saving mode (reduced heat consumption);
- correction of the heat consumption regime according to the air temperature in the room;
- limiting the temperature of the coolant in the downpipe of the heating system;
- heat load regulation in the hot water supply system;
- regulating the heat load of supply ventilation units with the function of protection against freezing;
- regulation of the amount of reduction of heat consumption in given periods according to the temperature of the outside air;
- regulation of the heat consumption regime taking into account the accumulative features of the building and its orientation according to the sides of the light [4].

In the heat supply systems of buildings, the main technological processes are the processes of return, transportation, distribution and consumption of thermal energy. These

processes are carried out by appropriate equipment and units, mainly by links of the heat supply system [5].

The main tasks solved by building heat supply systems are: continuous supply of thermal energy of a certain quality and quantity to consumers, ensuring high reliability and cost-effectiveness of heat supply [5].

Solving these problems is ensured by automatically changing or maintaining the parameters of technological processes of the heat supply system within the necessary limits [5].

The main parameters characterizing the processes in the heat supply systems of buildings are:

- temperature (supply and return water, air in heated rooms);
 - pressure, pressure drop in units and installations of the heat supply system;
 - water level in containers;
 - consumption and amount of coolant (water);
 - consumption and amount of heat (the amount of heat received by consumers)
- [5].

The change and stabilization of the specified parameters is provided with the help of devices and automation tools that allow solving the following tasks:

- regulation of technological processes;
- management of equipment and units;
- control and measurement of parameters;
- protection of heating networks and consumers;
- blocking of units and equipment;
- heat energy and coolant accounting [5].

Rational equipment with devices and means of automation of equipment and units of heat supply systems will ensure the saving of fuel and energy resources due to the maintenance of more economical modes of operation and accounting of heat consumption,

as well as to the reduction of labor costs for maintenance and adjustment of equipment and units due to the use of remote and telemechanical control and management [5].

Blocking means ensure reliable operation of heat supply system links, prevent destruction of heat network elements [5].

The lack of appropriate automation means in certain areas of heat supply systems usually leads to a significant increase in energy consumption, a decrease in the quality of heating, disruption of the normal operation of consumers and networks (absence of coolant in the system, destruction of heating devices due to increased pressure and temperature). The absence or incompleteness of measurement and control means leads to an increase in maintenance costs for equipment and units, as well as to a decrease in the quality of debugging work [5].

Heating systems are the main consumers of heat, so a complex approach to the issue of automation of heating systems is necessary, taking into account the functioning of other heat supply systems. In practice, different approaches to the automation of heating systems are distinguished, which are related to the type of heat source (central or individual heating), the number of degrees of regulation of thermal comfort, the type of equipment used, etc. [5].

There are two main methods of managing the thermal regime of buildings: passive - improving the construction characteristics of buildings, and active - influencing the engineering equipment of buildings. Passive methods of reducing heat consumption include: optimization of thermal protection of fences, reduction of infiltration and heat loss through transparent fences, rational planning of residential and public buildings in terms of height, etc. Acts on the automation of thermal regimes of buildings must be considered, both in relation to new buildings and those that are subject to reconstruction. In the latter case, actions may be forced but not profitable. Therefore, when developing automation projects, it is necessary to take into account the complexity of the infrastructure of the automation object. All this once again confirms the need to solve the issues of optimal heat supply systemically, paying great attention to the physical characteristics of objects, since their

diversity, the complexity of heat and mass exchange processes, the purpose, the saturation of engineering equipment systems largely determine the effect of automation [5].

Any methods, methods and principles of management should be aimed at ensuring the necessary microclimate in the premises. However, implementation of this main task is carried out differently by different automation systems.

Automation of thermal regimes is based on the principles of control: by disturbance; by deviation; combined and software with the use of two-position, P-, PI- and PID-control algorithms, which are used both in local means of regulation and in control systems built on the basis of microprocessor technology [5].

Modern means of automation are quite cost-effective as they allow to save up to 40% of heat in general: up to 15% due to regulation of the air temperature in the room; use of household heat generation - up to 8%; use of regular heating modes (lowering the room temperature at night) up to 12%; due to the optimization of heat transfer modes - up to 5% [5].

Automation of centralized heating systems should be considered in relation to MTP, as they are a mandatory element in the general structure of the heating system [5].

In order to obtain the optimal quality of MTP management, it is necessary to measure all disturbances or to know exactly the law according to which they change, or to measure temperature deviations in all rooms. Both of these options are technically complex [5].

The experience of operating and researching automated heating systems revealed the main control methods with the corresponding formation of the initial signal about the behavior of the control object:

- adjustment based on the temperature deviation in the presented (base, control) rooms, the signal about the thermal state of which with a known error corresponds to the standard temperature in any of them;
- disturbance control, from which the external temperature, temperature (or temperature difference) of the heat carrier, wind speed and its direction and other indicators

are selected, for example, the temperature of the direct and reverse heat carrier with correction for the air temperature measured in three rooms;

- combined control with measurement of external temperature and total temperature in all rooms, as well as additional correction for the temperature of the supplied heat carrier and for external factors;
- control using a physical model of a building with artificial heating in which a certain temperature specified by the model is maintained;
- control of programmed heat release – automatic shutdown of heating at night, holidays, periodic heating;
- optimal heat return based on a multifunctional regulator, using a computer or microprocessor;
- management based on weather service data using the dispatcher [5].

Control influences can be applied to throttling regulatory bodies (valves, valves, rotary valves), as well as controlled pumps and elevators [5].

The elevator is a device that lowers the pressure and temperature of the coolant supplied by mixing cooled water coming from the heating system [6].

In addition to lowering the pressure and temperature, the elevator performs another function - ensuring the circulation of water in the circuit of the heating system. That is why this element is of particular interest, despite its external simplicity, it combines the functions of three devices: a pressure regulator, a mixing unit and a water jet circulation pump [6].

The traditional principles of control applied at MTP, disturbance control, when using a heat carrier flow regulator, which is supplied depending on the ratio of the temperature of hot water and outside air, their diagrams are shown in fig. 1.4. These schemes make it possible to increase the mixing ratio of the elevator as water consumption decreases [5].

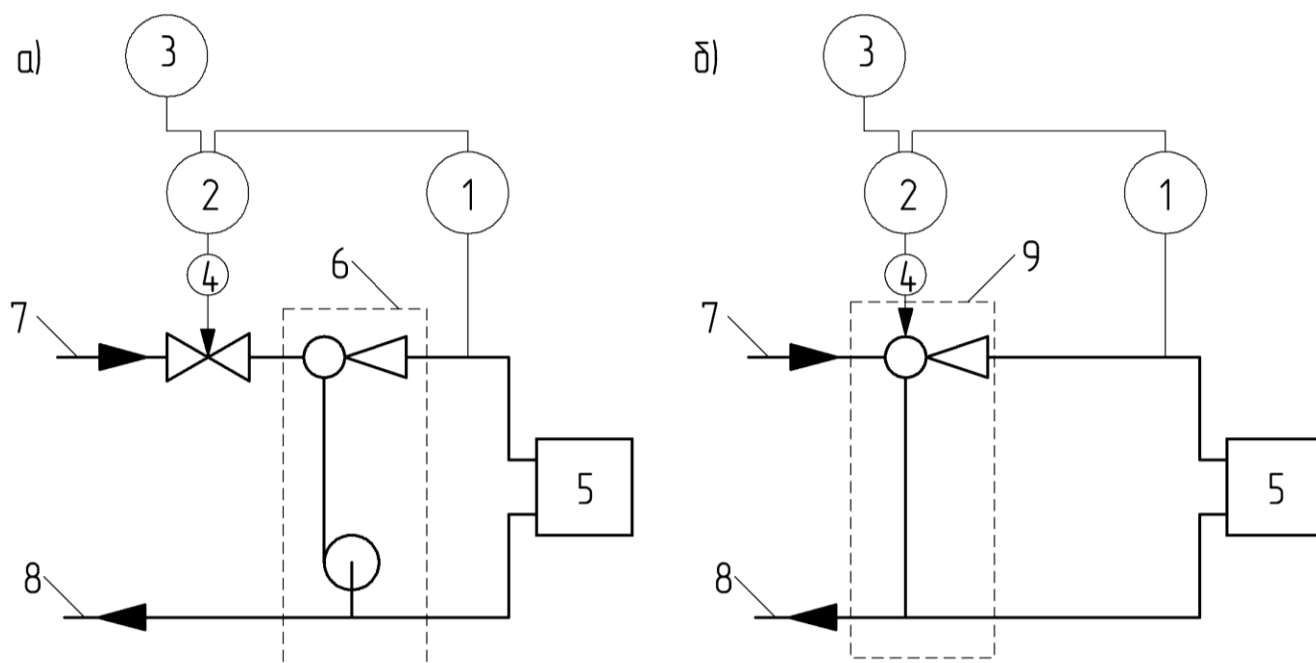


Figure 1.4 - Scheme of automation of the thermal station: a - joint operation of the elevator and pump; b – an elevator with an adjustable nozzle; 1 – hot water temperature sensor; 2 – temperature regulator; 3 – outdoor air temperature sensor; 4 – executive mechanism; 5 – heating devices; 6 – elevator and pump; 7, 8 – supply and return heat pipes, respectively; 9 – an elevator with an adjustable nozzle

In addition to the use of disturbance control principles at the MTP, it is possible to use the principle of air temperature deviation in the control rooms of the building [5]. The functional scheme of automation corresponding to this principle is presented in fig. 1.5.

At present, regulated thermal elevators are widely used in MTP automation. Using an elevator makes it possible to save about 10% of annual heating costs. Elevators are produced with a nozzle diameter from 6 to 18 mm (with a step of 2 mm) and heat output from 0.2 to 1.07 MW with a power consumption of 12 W and a weight of 26 to 50 kg [5].

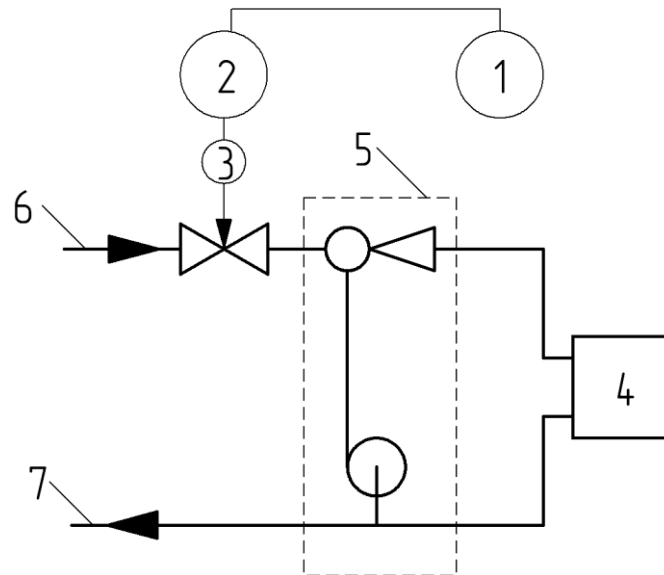


Figure 1.5 – MTP automation scheme based on the principle of temperature deviation in the building: 1 – temperature sensor located in the building; 2 – temperature regulator; 3 – executive mechanism; 4 – heating devices; 5 – elevator and pump; 6,7 - supply and return heat pipes, respectively

The desire to bring the control influence closer to each individual consumer led to the appearance of zone heating and, as a result, a variety of local - zone control [5].

Modern regulators that can be used in the best way for MTP automation have multifunctionality and are equipped with economic mode optimizers. Structurally, they are performed on the basis of microprocessor technology [5].

In centralized heating systems, individual regulation is the last step in the formation of the microclimate in the room.

Individual regulation of the microclimate in the room usually affects the amount of heat supplied to the heating devices (change in the power of the heating devices) and the output - ventilation, humidification and cooling, which is carried out by the air conditioning system [5].

Individual automatic regulation (IAR) allows you to take into account disturbing influences that are not taken into account during centralized, group and local management,

and to ensure the proper thermal regime of the premises, only in the direction of decreasing temperature, due to the use of free heat inputs. However, it is also possible to increase the temperature, but if there is a reserve of thermal power of the heating system or with the help of SCP closers [5].

In IAR, manometric thermoregulators of direct and indirect effect - electric (less often pneumatic) - have become widespread [4].

A specific model of a direct-acting thermoregulator (thermostat) was developed, which, with minor modifications, is produced by many foreign companies such as "Danfoss" (Denmark), "TA" (Sweden), "MNG" (Germany) and a number of others. These thermostats, as a rule, control the heat output of individual heating devices, although there are group regulation schemes [5].

1.6 Economic efficiency of automation of thermal points

The economic efficiency of the automation of heat points is determined by a technical and economic comparison of various project solutions [7; 8; 9; 10]. At the same time, they compare capital and operating costs, terms of installation and operation of systems. They also calculate the payback period of capital investments due to the reduction of operating costs and correlate it with the normative value. Usually, incentives for energy-saving measures set a payback period of no higher than 12...12.5 years [4].

Factors that affect energy savings when using automated systems are multifaceted. To date, there are no full-fledged domestic methods of their comprehensive accounting, and the existing ones are disconnected. The reason is the fact that the owner of the building (premises) is primarily interested in tangible income from the use of energy-saving measures, while these measures have national and global planetary significance. In any case, the main factor is the saving of fuel and energy resources while ensuring thermal comfort in the room [4].

VDI 3808 [11] presents one of the methods for determining energy savings by building heating systems with different degrees of automation of the heat point. It provides an assessment of energy-saving measures to save heat consumption as a result of manual or automatic temporary reduction (night, weekend) of room temperature, prevention of excess heat inflows, maintenance of temperature conditions in the room. The total effect of the control and technical equipment of the heating system and the heat point is reflected by the coefficient of heat consumption reduction due to maintaining the necessary temperature conditions in the room

$$r_R = \frac{tf_{r2} - t_Z}{tf_{r1} - t_Z}, \quad (1.1)$$

where t is the set temperature of the building, which is equal to the normalized temperature of the main premises from 17 to 23 °C; ; t_Z – average outdoor air temperature during the heating period, °C; tf_{r1} та tf_{r2} – the quality factor of the regulatory and technical equipment of the system, respectively, for the basic and applied version of the design solutions (Table 1.1).

Table 1.1 – Approximate values of the quality factor f_R according to VDI 2067 Blatt [12]

Regulatory and technical equipment	Coefficient f_R
Manual adjustment with little user intervention	1,13
Manual adjustment with frequent user intervention	1,10
Manual adjustment and thermostatic valves	1,08
Regulation according to weather conditions without the use of thermostats	1,06
Room thermostat controlling the pump and thermostats	1,06

Continuation of table 1.1

Regulation of the temperature of the supplied heat carrier with adaptation of the heating curve according to weather conditions and/or room conditions	1,05
Regulation of the temperature of the supplied coolant and thermostats	1,03
Regulation of the temperature of the supplied heat carrier with adaptation of the heating curve according to weather conditions and/or room conditions and thermostats	1,02
Central continuous indoor temperature control and thermostats (single-family house)	1,02
Two or more levels of regulation according to external conditions <ul style="list-style-type: none"> • without adaptation of the heating curve • with adaptation of the heating curve and control section on the sides of the light (applies depending on the location of the sun), with thermostats or with zonal regulation of individual rooms	1,015 1,010

When calculating the coefficient of reduction of heat consumption according to equation (1.1), manual adjustment with minor user intervention is adopted as the basic option for comparing design solutions [4].

The additional effect of increasing the levels of automatic regulation is determined by comparing design solutions with different degrees of automation [4].

A similar approach, adapted to local conditions, is presented in "Methodical calculation of specific energy consumption for heating the building during the heating period". Reduction of the necessary heat is achieved due to the perception of heat inputs (domestic, from solar radiation) by sensors of automatic equipment and adequate influence of regulating valves on the thermal power of the heating system. The degree of perception

of heat input is estimated by the coefficient of efficiency of self-regulation of heat supply to the heating system ζ (Table 1.2). The higher the perception of external and internal heat input by the heating system, the greater the value of this coefficient, and, therefore, the greater the energy-saving effect [4].

Table 1.2 – Autoregulation efficiency factor [4]

Regulatory and technical equipment	Coefficient ζ
One-pipe system with thermostats and with facade-by-facade autoregulation at the input or apartment-by-apartment horizontal distribution	1,00
Two-pipe heating system with thermostats and with central auto-regulation at the input	0,95
One-pipe system with thermostats and with central auto-regulation at the input or one-pipe system without thermostats and with facade auto-regulation at the input	0,90
One-pipe system with thermostats and without auto-adjustment at the input	0,85
System without thermostats and with central auto-regulation at the input	0,70
A system without thermostats and without auto-regulation at the input, but with central regulation in the CTP or boiler room	0,50

The methods presented above for determining the energy efficiency of the application of automation of subscriber inputs are non-complex, as they are based on consideration of the heating system, which is separated from other engineering systems of the building and their energy interaction. In addition, for example [4], the transformation of energy efficiency indicators of two-pipe heating systems into one-pipe systems is insufficiently substantiated. The modern approach, which is implemented in the countries of the European community,

is based on a joint consideration of heating, ventilation, hot water supply and power supply systems, taking into account their design features, interconnection, as well as the specific heat loss of the building and its useful heating area [7; 8; 9]. Moreover, this approach assesses all links of the energy transformation chain: from the energy source to the consumer. This approach determines the energy-saving and environmental effects of the adopted technical decisions at the energy-generating company and at the consumer both at the design stage and during the audit of existing buildings [4].

The most accurate data on energy saving are obtained from the monitoring of cities, neighborhoods, and facilities. This effect is especially pronounced during the modernization of buildings. Then the basic indicators appear, with which the achieved results are compared [4].

Due to the measures taken (installation of thermostats on heating devices; installation of valves on risers, which automated the balancing of building heating systems; installation of heat meters in apartments; installation of thermostats on circulation pipelines of hot water supply systems; insulation of external walls of buildings and roofs; replacement of double-glazed windows) the energy saving effect was : for heating buildings – 58.6%; for hot water supply – 52.1%. for hot water supply increased by 16%. Thus, thermal modernization of the building with complex automation of its engineering systems brings a tangible economic effect, consisting in a 50% reduction in heat energy consumption. The estimated investment return period is 3.8 years [4].

When adapting the European experience in energy saving and the methodology of its evaluation to the conditions of Ukraine, it is necessary to take into account the fact that compared to our houses, European buildings differ in the following way:

- several times better heat protection of enclosing structures and, therefore, less heat input from solar radiation;
- equipped with hot water supply systems with three times less water consumption and, therefore, less heat input from these systems;

- use of household appliances with higher efficiency and, therefore, less heat input from them;
- using the kitchen to a much lesser extent and, therefore, less heat input [4].

Our buildings also have a different ratio between domestic heat input and heat loss, a different method of heat supply, characterized by great inertia. Therefore, the energy-saving effect from the application of automation of engineering systems of buildings is somewhat higher in our country, despite the fact that we are gradually approaching European indicators: in terms of building insulation, automation of engineering systems and equipping with high-quality household equipment [4].

Estimated heat consumption is determined according to approved methods, based on the specific consumption of thermal energy per 1 m^2 of the heated area. Actual - recorded by thermometers. The obtained data show that the payback of costs for the modernization of the heating point does not exceed one heating period, since the costs amounted to approximately UAH 12,000. The expediency of the modernization of the domestic consumer's heat point consists not only in the automation of subscriber input, but also in the actual accounting of heat consumption [4].

Conclusions to the first chapter

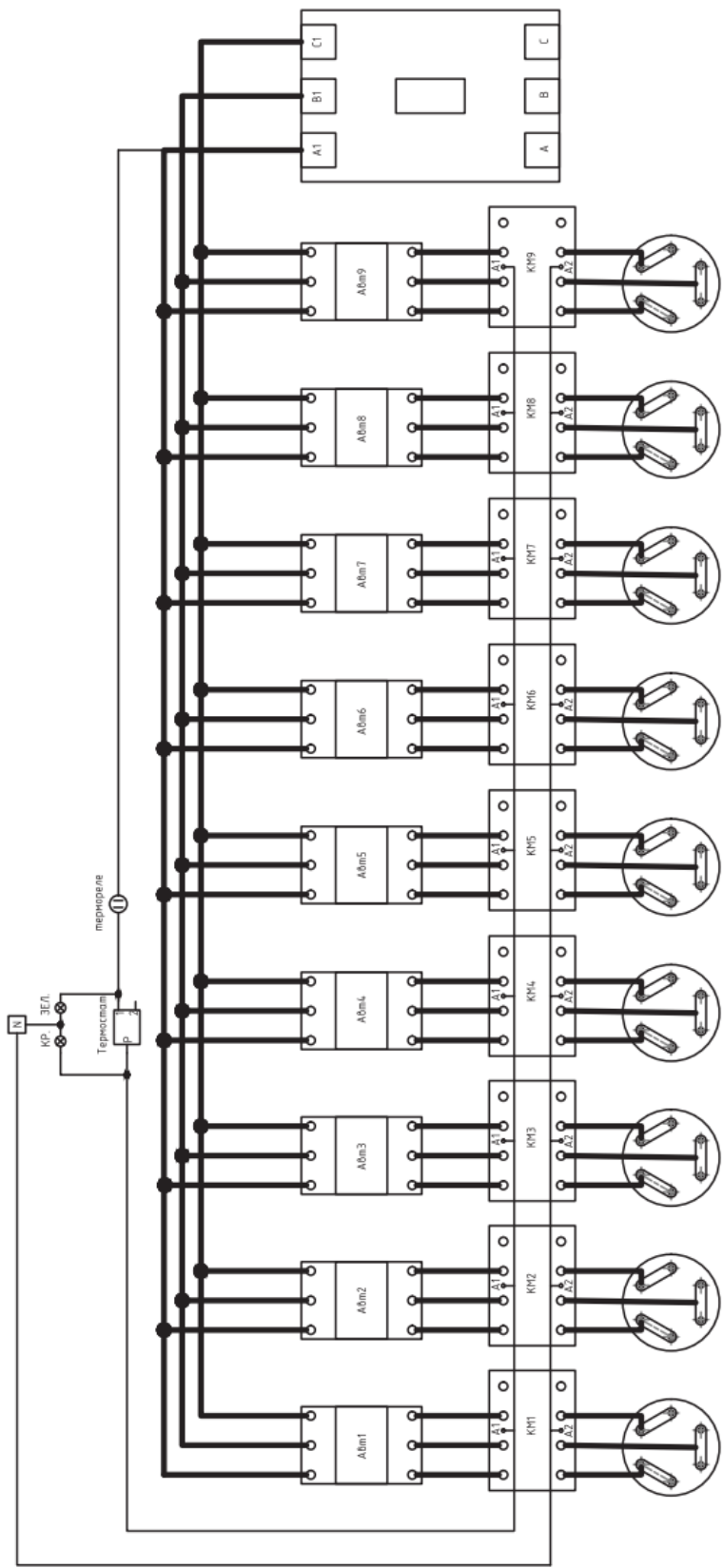
Analysis of modern heat supply systems and areas of automation of building complexes showed the following:

- most often in heat supply systems, central qualitative regulation of the temperature of the supplied heat carrier is used, supplemented by quantitative regulation of consumption in thermal points of buildings; at the same time, automatic control is based on three principles - control by disturbance (depending on climatic conditions), deviation (depending on temperature changes inside the room), and combined control (by disturbance and deviation);

- existing heating systems are made mainly with the use of water jet elevators, mainly due to their simplicity and low cost, but at the same time, the possibilities of temperature regulation are limited; solving energy saving tasks and ensuring the rational use of energy resources is possible by equipping thermal units of buildings with systems of automatic regulation and accounting of thermal energy using modern energy-efficient equipment.

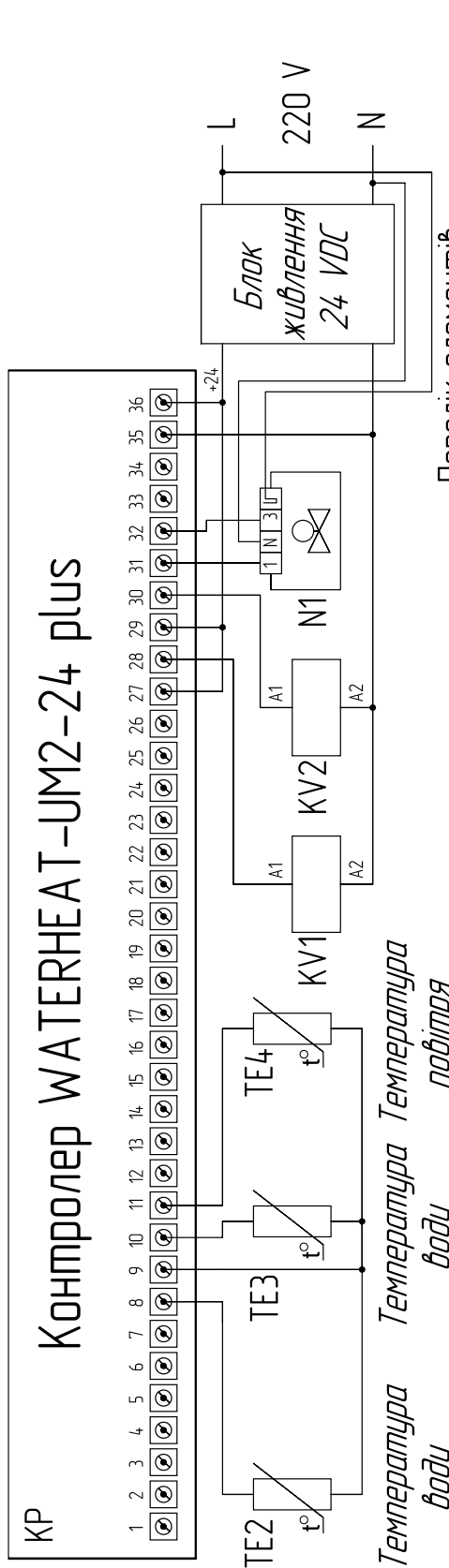
Додаток Б

Монтажна схема електричного котла НКЕ 120-135 кВт



Додаток В

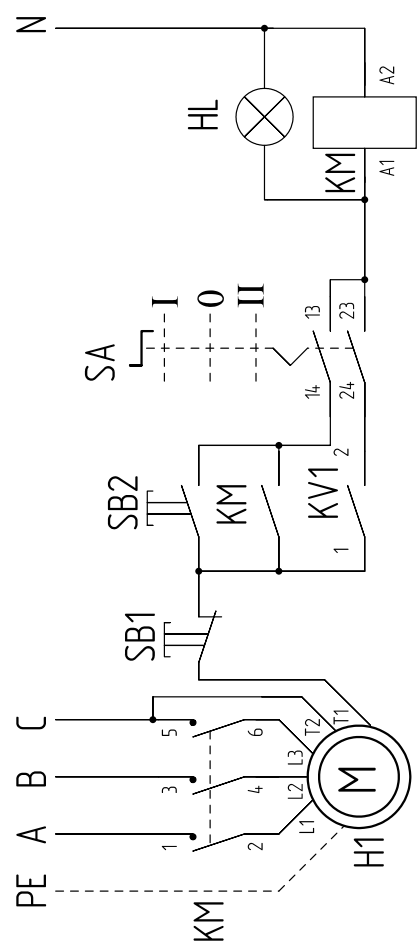
Схема автоматизації системи опалення електрична принципова



Перелік елементів

Поз.	Найменування
KM	Контактор DILM-7
SB1	Кнопка "Стоп" M22-D-R-X0/K01, червона
SB2	Кнопка "Пуск" M22-D-R-X0/K01, зелена
KV1, KV2	Реле проміжне DILA-40 (24 VDC)
HL	Лампа сигнальна M22-LED230-W, біла
SA	Перемикач селекторний 3-позиційний M22-WRK3/K20
N1	Електропривід змішувального клапану AMV 20
TE2, TE3, TE4	Датчик температурний СТв-03
H1	Датчик температурний СТ-01
	Насос циркуляційний Grundfos 80-120 F PNO6

Схема управління циркуляційними насосами системи опалення



КР
Контролер WATERHEAT-UM2-24 plus

Температура води
Температура в подаючому в зворотньому трубопроводі
Температура повітря ззовні
Температура в подаючому трубопроводі

Додаток Г

Демонстраційні матеріали

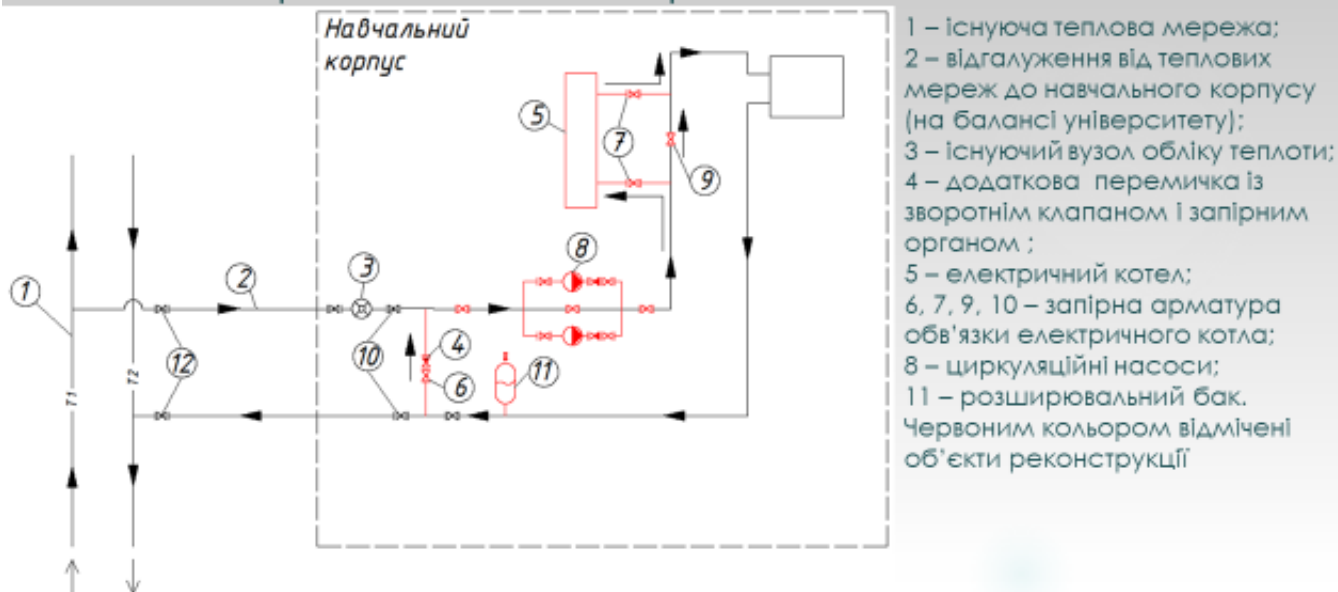
Актуальність

2

- ❖ **Актуальність** даної теми полягає в необхідності енергозбереження та забезпечення раціонального використання енергоресурсів шляхом обладнання теплових вузлів будівель системами автоматичного регулювання та обліку теплової енергії із застосуванням сучасного енергоефективного обладнання.
- ❖ **Метою роботи** убезпечити воду в системі опалення навчальних корпусів від замерзання в період їх економної експлуатації (холодний період року).
- ❖ **Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи** є процес розроблення та дослідження системи управління опаленням.
- ❖ **Предметом розробки кваліфікаційної роботи** є система управління опаленням.

Принципова схема реконструкції теплового вузла вводу навчальних корпусів А та Ф з використанням електричного котла

3



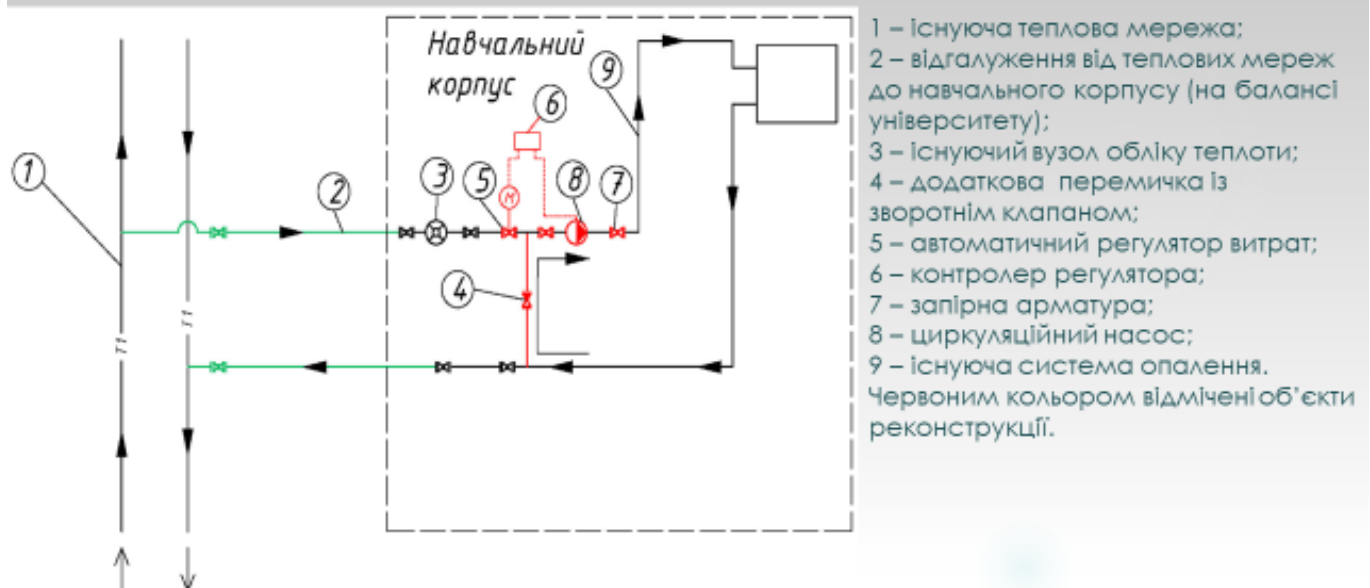
Витрати теплоти у кВт, котрі необхідні для створення певних параметрів мікроклімату

4

Середня добова температура зовнішнього повітря, °С	Тепловий потік на опалення при різних температурах внутрішнього повітря у приміщеннях, кВт						
	+20°С	+17°С	+14°С	+11°С	+8°С	+10°С	+1°С
-20	484	447	411	375	340	300	254
-15	423	390	351	315	280	240	194
-10	363	330	290	254	220	181	133
-5	302	270	230	193	158	120	78
0	242	206	169	133	97	60	12
+5	181	145	109	73	36	0	0

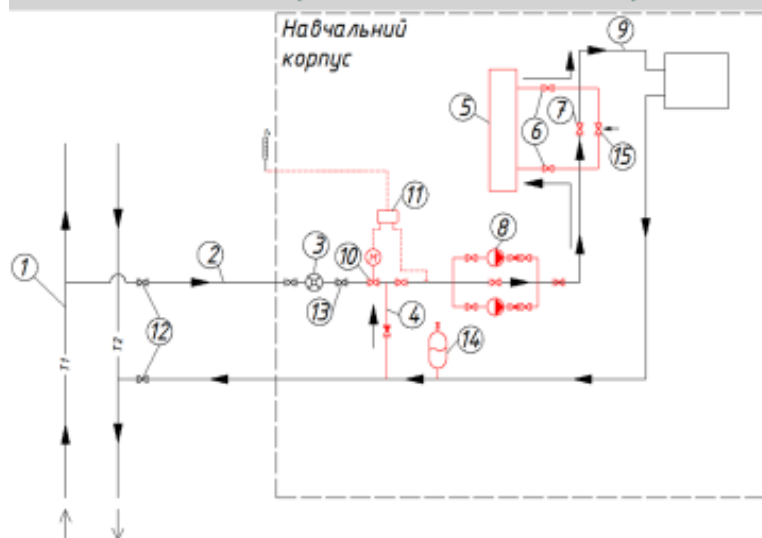
Принципова схема реконструкції теплового вузла вводу навчальних корпусів А та Ф з використанням теплоти із теплової мережі

5



Принципова схема реконструкції теплового вузла вводу навчальних корпусів А та Ф з комбінованим використанням теплоти із теплової мережі і від електричного котла

6



- 1 – існуюча тепла мережа;
 - 2 – відгалуження від теплових мереж до навчального корпусу (на балансі університету);
 - 3 – існуючий вузол обліку теплоти;
 - 4 – перемичка із зворотнім клапаном;
 - 5 – електричний котел;
 - 6, 7, 12, 13 – запірні арматура;
 - 8 – циркуляційні насоси;
 - 9 – існуюча система опалення;
 - 10 – регулятор витрат теплоти;
 - 11 – контролер регулятора витрат теплоти;
 - 14 – розширювальний бак;
 - 15 – байпас з електромагнітним запірним клапаном.
- Червоним кольором відмічені об'єкти реконструкції.

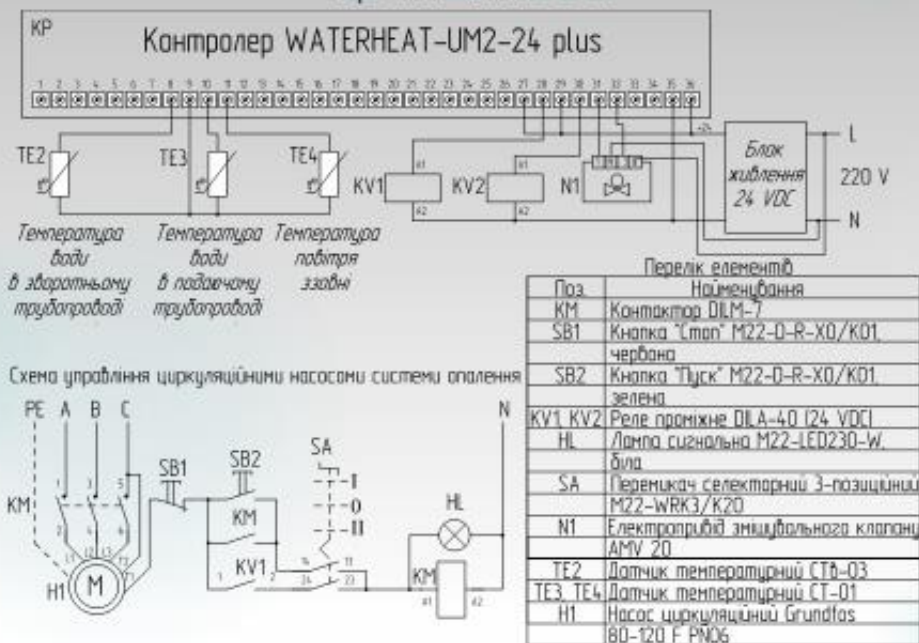
Контролер WATERHEAT-UM2-24 plus

7



Схема автоматизації електрична принципова

8



Техніко-економічні показники проекту

9

Назва показників	Варіанти реалізації проекту	
	Проект №1. Унеможливлення замерзання	Проект №2. Забезпечення температури внутрішнього повітря не менше +10°C
Вартість обладнання і його інсталяції станом на 20.06.2022, тис. грн	425	560
Скорочення експлуатаційних витрат (економія видатків на енергоносії у порівнянні з базовим варіантом), тис. грн. за рік	3173	1673
Термін окупності проекту	2 місяці	4 місяці

Додаток Д
Нпуківі тези опубліковані за темою магістерської роботи

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
за матеріалами VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції
«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:
ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»
04 листопада 2022 року



Полтава 2022

УДК 004.89 + 681.51

Збірник наукових праць за матеріалами VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика», 4 листопада, 2022 р. / Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Редколегія: О.В. Шефер (головний редактор) та ін. – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2022. – 96 с.

У збірнику представлені результати наукових досліджень та розробок в області сучасних електромеханічних систем та автоматизації, електричних машини і апаратів, моделювання та методів оптимізації, енергозбереження в електромеханічних системах, управління складними технічними системами, проблем аварійності та діагностики в електромеханічних системах та електричних машинах, інформаційно-комунікаційних технологіях та засобах управління. Призначений для наукових й інженерно-технічних працівників, аспірантів і магістрів.

Матеріали відтворено з авторських оригіналів та рекомендовано до друку VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика». Редакція не обов'язково поділяє думку автора і не відповідає за фактичні помилки, яких він припустився.

Відповідальний за випуск - д.т.н., професор О.В. Шефер.

Редакційна колегія:

О.В. Шефер – головний редактор, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»;

Н.В. Єрмілова – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»;

С.Г. Кислиця – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Б.Р. Боряк – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

© Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

<i>М.Б. Вітер, Д.В. Коровін, Г.О. Швидков</i> АВТОМАТИЗАЦІЯ РЕКРУТЕРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В ІТ КОМПАНІЯХ....	50
<i>М.К. Бороздін, Р.Р. Кирпота</i> ЗАМІНА СИСТЕМИ ГОЛОВНОГО ПРИВОДА НА ТИРИСТОРНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ НА ПРОКАТНОМУ СТАНІ.....	52
<i>О.І. Безверхий, В.О. Гулевич, В.В. Діхтяренко</i> РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛУ ОБРОБКИ ЗАМОВЛЕНЬ.....	55
<i>О.І. Безверхий, І.В. Сергієнко, О.Ю. Шкабура</i> РОЗРОБКА ДОДАТКУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ.....	56
<i>Є.О. Зайцев, С.А. Закусило, В.О. Березниченко, І.В. Блінов</i> ОРГАНІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ЦІЛІСНОСТІ ЛІНІЙ РОЗПОДІЛЕНИХ МЕРЕЖ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ LORA.....	58
<i>В.М. Галай, В.В. Атамась</i> РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ БАШТОВИМ КРАНОМ НА БАЗІ ПРОГРАМОВАНОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА SIEMENS S7-1200.....	60
<i>О.В. Шефер, О.Є. Прокопенко</i> МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ІНТЕГРАЛЬНИХ ЦИФРОВИХ МЕРЕЖ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ.....	62
<i>С.Г. Кислиця, Н.М. Слєпченко</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ.....	63
<i>О.В. Шефер, О.І. Євдоченко</i> АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ.....	65
<i>Л.П. Лагодіна, Н.А. Зубрецька, В.В. Поляков, О.Г. Попазов</i> ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ.....	68
<i>В.М. Галай, В.В. Ярський</i> РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОПАЛЕННЯМ КОРПУСІВ А ТА Ф НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА».....	70

УДК 62.5

В.М. Галай, к.т.н., доцент,

В.В. Ярський, магістрант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОПАЛЕННЯМ КОРПУСІВ А ТА Ф НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

Постановка проблеми. Для вирішення питання про забезпечення замерзання води в системі опалення в період економної експлуатації навчальних корпусів (холодний період року) необхідно виконати реконструкцію існуючих теплових вузлів вводу в навчальних корпусах.

Мета такої реконструкції – забезпечити постійну циркуляцію теплоносія в системі з частковим нагріванням води електрокотлом, або за умови часткового отримання незначної кількості теплоти з теплових мереж. Такої кількості теплоти і постійна циркуляція забезпечить воду в системі від замерзання.

Основна частина. На відміну від повного зливання води із системи опалення, така реконструкція забезпечує постійну подачу мінімально необхідної кількості теплоти в систему опалення і запобігає виходу системи опалення із ладу внаслідок її корозії.

Електрокотла потужністю 100 кВт для корпусі А та Ф з циркуляційним насосом достатньо у щоб забезпечити від замерзання воду в системі, але далеко недостатньо, щоб тримати більш менш достатню температуру у корпусах.

Для корпусів А та Ф електрокотла потужністю 100 кВт буде достатньо для того щоб унеможливити замерзання води у системі. Але за допомогою такого котла можливо буде підтримувати температуру у приміщеннях не вище +2 °С при температурі зовні –5 °С, температуру у приміщеннях +8 °С при температурі зовні не нижче 0 °С .

Для досягнення більших температур в приміщеннях необхідно інстальовати електрокотел потужністю не менше 200 кВт. Тоді при температурі –15 °С в приміщенні матимемо +1 °С, при температурі зовні –8 °С в приміщенні +8 ... 10 °С, а при температурі –5 °С - температуру у приміщенні +11...13 °С. Але інсталяція споживача електричної енергії потужністю 200 кВт є проблематичною для існуючих електричних мереж.

Підсумовуючи вище наведену інформацію більш прийнятним для корпусів А та Ф є впровадження схеми зображеної на рис. 1. Вона передбачає отримання необхідної кількості теплоти для підтримання прийнятної температури у приміщеннях із теплових мереж та від електрокотла. У такому випадку при температурі зовнішнього повітря –4 ... – 5 °С, буде використовуватись електрокотел, а при подальшому зниженні температури – отримання теплоти з теплової мережі.

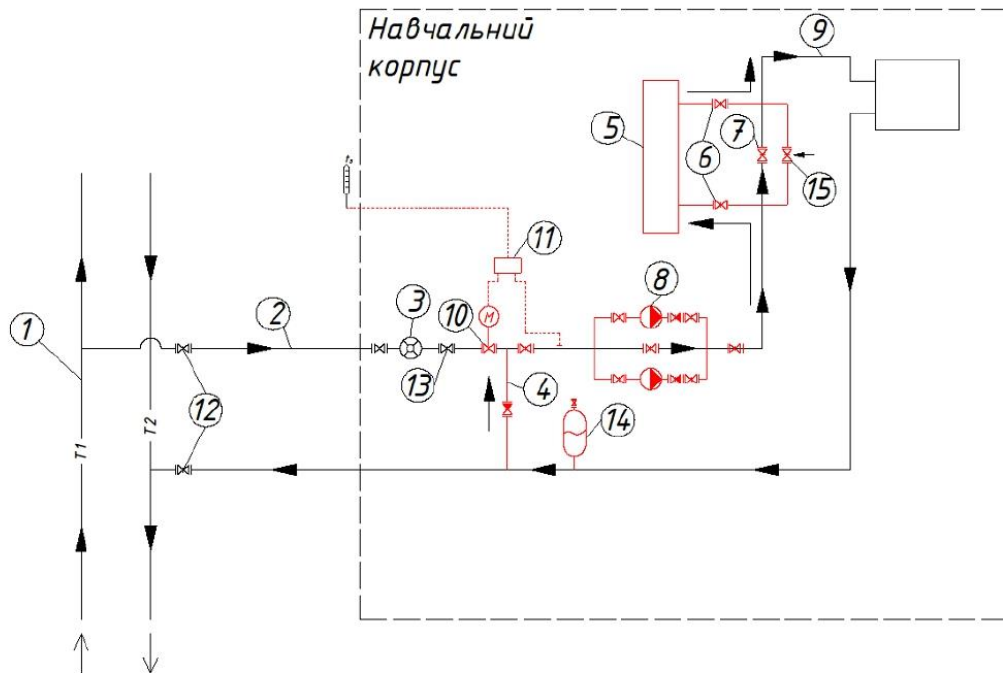


Рис. 1. Принципова схема реконструкції теплового вузла вводу: 1 – існуюча тепла мережа; 2 – відгалуження від теплових мереж до навчального корпусу; 3 – вузол обліку теплоти; 4 – перемичка зі зворотнім клапаном; 5 – електрокотел; 6, 7, 13 – запірні арматури; 8 – циркуляційні насоси; 9 – система опалення; 10 – регулятор витрат теплоти; 11 – контролер регулятора витрат теплоти; 12 – запірні арматури на відгалуженні від магістральних теплових мереж; 14- розширювальний бак; 15 – байпас з електромагнітним запірним клапаном

Висновок. Розроблено принципову схему реконструкції теплового вузла вводу навчальних корпусів А та Ф з комбінованим використанням теплоти із теплової мережі та від електрокотла. Така схема реконструкції забезпечить систему опалення від замерзання та зменшить витрати на теплоту у період економічної експлуатації навчальних корпусів.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE HEATING MANAGEMENT SYSTEM OF BUILDINGS A AND F OF THE NATIONAL UNIVERSITY «YURI KONDRATYUK POLTAVA POLYTECHNIC»

V. Halai, PhD (Engineering), Associate professor,

V. Yarskiy, Master's Student

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»