

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота
другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему «Аналіз ефективності регулюючого обладнання HERZ в двотрубних системах опалення будівлі»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1449
спеціальності 144 Теплоенергетика

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Теплоенергетика

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Сердюк Д. В.

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к. т. н.,

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Бердишев М. Ю.

Рецензент професор, д. т. н.,

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Чейлитко А. О.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра _____ теплоенергетики та гідроенергетик

Рівень вищої освіти _____ другий магістерський

Спеціальність _____ 144 Теплоенергетик

Освітня програма _____ Теплоенергетик
(код та назва)

Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Чейлитко А. О.

« 14 » грудня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Сердюку Данилу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) «Аналіз ефективності регулюючого обладнання HERZ в двотрубних системах опалення будівлі»

керівник роботи Бердишев Миколай Юрійович, доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «25» 05 2020 року № 601-с




2 Строк подання студентом роботи 08.12.2020 р.

3 Вихідні дані до роботи м. Запоріжжя, система опалення будівлі, загальною площею 201,6 м²; розрахункова температура опалення – 21 °С, двотрубне розведення системи опалення.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Опис систем опалення. Сучасні тенденції регулювання опалення в будівлях. Розрахунок тепловтрат будівлі. Гідравлічний розрахунок. Розрахунок регулюючого обладнання. Проведення експериментів на стенді HERZ.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація із 10 – 15 слайдів, що представляють основні результати роботи.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
загальний	Бердишев М. Ю. доц.	01.06.2020	
спеціальний	Бердишев М. Ю. доц.	01.06.2020	
еспериментальний	Бердишев М. Ю. доц.	01.06.2020	


7 Дата видачі завдання 01.06.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Опис систем опалення.	1.06.-1.08.2020	
2	Розрахунок тепловтрат будівлі.	1.06- 1.08.2020	
3	Гідравлічний розрахунок.	1.06- 1.08.2020	
4	Розрахунок регулюючого обладнання.	1.08.-1.10.2020	
5	Проведення експериментів регулюючого обладнання на стенді HERZ.	1.10 -1.11.2020	
6	Оформлення пояснювальної записки	1.11-8.12.2020	

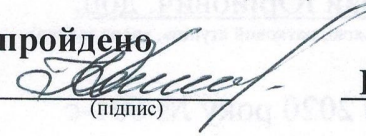
Студент 
(підпис)

Д. В. Сердюк
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) 
(підпис)

М. Ю. Бердишев
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер 
(підпис)

Ю. М. Каюков
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Сердюк Д. В. Аналіз ефективності регулюючого обладнання HERZ в двотрубних системах опалення будівлі.

Класифікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник доцент Бердишев М.Ю. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2020.

В роботі розрахована двотрубна система опалення приватного будинку в місті Запоріжжя з регулюючим обладнанням, проведено експерименти на стенді HERZ на якому наглядно показали як працює регулююче обладнання в двотрубній системі опалення.

Ключові слова: система опалення, автоматичний регулятор перепаду тиску, тепловтрати, насос, трубопровід, котел.

ABSTRACT

Serdyuk D. V.

Analysis of the effectiveness of HERZ control equipment in two-pipe heating systems of a building.

Final work for obtaining a master's degree in specialty 144 - Heat power engineering.

Scientific supervisor docent Berdyshev M.Yu.

Zaporizhzhya National University, Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Heat Power and Hydropower, 2020.

The two-pipe heating system of a private house in the city of Zaporizhia with the regulating equipment is calculated in the work, experiments were carried out on the HERZ stand on which the regulating equipment in the two-pipe heating system clearly showed how it works.

Keywords: heating system, automatic differential pressure regulator, heat loss, pump, pipeline, boiler.

ABSTRAKT

Serdyuk D. V.

Analyse der Effizienz von HERZ-Steuergeräten in Zweirohrheizungssystemen des Gebäudes.

Masterabschlussarbeit im Fach 144 - Hitzeenergiewirtschaft.

Wissenschaftlicher Berater Dozent Berdyshev M.Yu.

Zaporizhzhya National University

Institut für Ingenieurwissenschaften und Wissenschaft, Lehrstuhl für Hitzeenergiewirtschaft und Wasserkrafttechnik, 2020.

In der Arbeit wurde ein Zweirohrheizsystem eines Privathauses in der Stadt Zaporozhye mit Regelgeräten berechnet, am HERZ-Stand wurden Versuche durchgeführt, die deutlich zeigten, wie das Regelgerät in einem Zweirohrheizsystem funktioniert.

Schlüsselwörter: Heizsystem, automatischer Differenzdruckregler, Wärmeverlust, Pumpe, Rohrleitung, Kessel.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ І ЗАСОБІВ РЕГУЛЮВАННЯ..	7
1.1 Опалення	7
1.2 Класифікація систем опалення	9
1.3 Централізоване опалення: різновиди	12
1.4 Регулювання тепловіддачі нагрівальних приладів.....	16
1.5 Радіаторний терморегулятор	16
1.7 Обмежувач витрати.....	22
1.8 Тепловий пункт	24
1.9 Насос з частотним регулюванням	26
2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	28
2.1 Характеристика котеджу у м. Запоріжжя.....	28
2.1.1 Кліматологічні дані району забудови	28
2.1.2 Характеристика огорожувальних конструкцій та приміщень будівлі	28
2.2 Система опалення котеджу	35
2.2.1 Опалювальні прилади котеджу	35
2.3 Система ГВП котеджу	36
2.4 Теплотехнічний розрахунок для огорожувальних конструкцій	36
2.5 Перевірка на вірогідність конденсації водяної пари.....	38
2.5.1 Перевірка на вірогідність конденсації водяної пари в товщі зовнішньої стіни.....	38
2.5.2 Перевірка на вірогідність конденсації водяної пари в товщі перекриття під неопалюваним горищем.....	40
2.6 Розрахунок тепловтрат будівлі	40
2.7 Витрата теплоти на гаряче водопостачання.....	44
2.8 Гідравлічний розрахунок системи опалення.....	45
2.9 Підбір котла	60
2.10 Встановлення та налаштування автоматичного регулятора перепаду тиску	62
3 ЕКСПЕРИМЕНТИ НА СТЕНДІ HERZ	66

3.1	Опис установки та експерименту.....	66
3.2	Проведення експерименту без балансуєчого обладнання.....	68
3.3	Проведення експерименту з використанням автоматичного регулятора перепаду тиску з насосом з частотним регулюванням.	70
	ВИСНОВКИ.....	73
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	74

ВСТУП

Актуальність роботи. Сучасний стан паливно-енергетичних ресурсів, а саме подорожчання вимагає ефективного використання теплової та інших видів енергії. Але наші системи опалення застаріли і не мають можливості кількісного регулювання, що впливає не тільки на витрати палива а ще і на кліматичні умови в приміщенні які не задовольняють споживача.

Об'єкт дослідження – регулююче обладнання для двотрубних систем опалення.

Предмет дослідження – вплив регулюючого обладнання на систему опалення.

Мета роботи - розрахувати двотрубну систему опалення і перевірити досліди на стенді HERZ.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

- аналіз літературних джерел за тематикою дослідження;
- розрахунки в сучасних програмах KAN;
- наглядно перевірити як працює регулююче обладнання на лабораторному стенді HERZ.

Методи та засоби дослідження. Поставлені задачі вирішувались шляхом розрахунку в сучасних програмах KAN і проведенні експериментів на лабораторному стенді HERZ.

Практична цінність роботи полягає в наступному – розраховано індивідуальну двотрубну систему опалення з регулюючим обладнання для приватного двоповерхового будинку в м. Запоріжжя.

Особистий внесок здобувача. Теоретичні дослідження, виконані безпосередньо автором спільно із співробітниками Запорізького наукового університету. Автору належить основні ідеї роботи, постановка завдання,

обґрунтування основних припущень, теоретичні викладки та аналіз отриманих результатів і формування висновків за результатами проведених досліджень.

Апробація роботи. Результати роботи представлені на загальноуніверситетській конференції «Молода наука» 2020 та на 25 науково-технічній конференції аспірантів, магістрів, студентів, викладачів ІННІ ЗНУ.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, три розділи, висновки та перелік джерел посилань з 40 позицій. Загальний обсяг складає 80 сторінок, у тому числі 30 ілюстрацій та 10 таблиць.

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ І ЗАСОБІВ РЕГУЛЮВАННЯ

1.1 Опалення

Системи опалення призначені для обігріву приміщень будинків з відшкодуванням тепловтрат для підтримки в них температури на нормованому рівні, обумовленому умовами теплового комфорту для людей, і вимогами технологічних процесів, що протікають.

Опалення - це штучний нагрів приміщення в опалювальний період року для компенсації тепловтрат та підтримання нормованої температури.

Робота опалення характеризується певною періодичністю протягом року і змінним характером споживаної потужності джерела тепла. Це залежить, перш за все, від метеорологічних умов та клімату місцевості, в якій розташована опалювана будівля.

Різноманітність видів і систем опалення на сьогоднішній день очевидна. Дуже бурхливо розвиваються технології та обладнання систем опалення, і це викликано, в першу чергу, економічними чинниками.

Опалення слід проектувати з урахуванням теплового балансу між тепловтратами та теплонадходженнями, а саме:

- а) втратою теплоти через огороджувальні конструкції;
- б) витратою теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що потрапляє у приміщення за рахунок інфільтрації або шляхом організованого припливу для вентиляції приміщень;
- в) витратою теплоти на нагрівання матеріалів, обладнання та транспортних засобів;
- г) надходженням теплоти, що регулярно поступають у приміщення від електричних приладів, приладів освітлення, технологічного обладнання, трубопроводів, людей та інших джерел.

Утрату теплоти через внутрішні огорожувальні конструкції приміщень допускається не враховувати, якщо різниця температури повітря в цих приміщеннях не більше ніж 3 °С.

У радянські часи централізовані системи були, мабуть, єдиним і безальтернативним рішенням для опалення багатоквартирних житлових будинків у великих, середніх і малих містах, навіть у невеликих селищах і окремих селах. Низька вартість енергоресурсів і відносна простота технічних рішень подібних систем робили їх більш пріоритетними в порівнянні з індивідуальними системами опалення. Останні застосовувалися лише у виняткових випадках, зазвичай при відсутності централізованих джерел теплової енергії, або значній відстані від них. Використовувалися в основному вбудовано-прибудовані котельні для опалення багатоквартирних будинків, або автономні котли для індивідуального житла. У сільській місцевості майже в усіх індивідуальних будинках використовувалося пічне опалення. В цілому по Україні близько 80 % житла опалювалося за рахунок централізованих систем, а в найбільших і великих містах цей показник наближався до 100 %.

Ситуація почала змінюватися, коли в Україні стала відчуватися гостра нестача власних енергоресурсів, а їх вартість стала регулюватися ринковими принципами. Застарілі системи централізованого опалення, що дісталися нам у спадок, не могли адекватно реагувати на нові реалії без відповідної модернізації, впровадження нових енергоефективних технологій і, звичайно ж, величезних фінансових ресурсів, яких в той момент просто не було. Це зумовило пошук нових альтернативних рішень і як наслідок – розвиток індивідуальних систем опалення. Широке застосування в новому будівництві багатоквартирних будинків отримують так звані дахові котельні. Для опалення індивідуального житла і квартир в багатоповерхових будинках ринок пропонує величезний вибір автономних багатопаливних котлів з високим ККД, і населення починає їх активно застосовувати. Багато міст, особливо малі й навіть середні, відмовляються від централізованого опалення і переходять на індивідуальне.

Таке ставлення до централізованого опалення не могло не позначитися на його сьогоденному стані. Застаріле теплогенеруюче обладнання, зношені тепломагістралі, розвідні тепломережі і головне – низькі теплотехнічні характеристики внутрішньобудинкових систем опалення та зовнішніх огорожувальних конструкцій існуючих житлових будинків призвели до величезних тепловтрат, які в (2...3) рази перевищують необхідну кількість теплової енергії на опалення житла. Не дивлячись на такий стан, в останні роки намітилася тенденція до зростання кількості житлових будинків, підключених до систем централізованого опалення.

1.2 Класифікація систем опалення

Класифікацію систем опалення проводять по ряду ознак.

За конструктивним розташуванням основних елементів системи опалення поділяють на центральні і місцеві.

Центральними називають системи, в яких теплота виробляється за межами опалювальних приміщень, а потім за допомогою теплоносія по трубопроводах транспортується в окремі приміщення будівель.

Теплота при цьому через опалювальні прилади передається повітрю опалювальних приміщень, а теплоносій повертається в пункт нагріву (котельню, ТЕЦ).

Місцевими називають системи, в яких тепло виробляється в самих опалювальних приміщеннях (до них відносять - пічне опалення, газові і електричні прилади, повітряно-опалювальні агрегати).

За способом організації циркуляції теплоносія системи опалення підрозділяються на системи з природною циркуляцією та примусовою циркуляцією.

В системах з природною циркуляцією - вода переміщається за рахунок різниці щільності холодного і гарячого теплоносіїв, під дією гравітаційного тиску, який витрачається на подолання опорів в мережі трубопроводів (такі

системи зазвичай застосовують для опалення однієї або декількох квартир). Центральні парові системи мають природну циркуляцію за рахунок тиску пари.

Системи з природною циркуляцією в наш час застосовуються порівняно рідко. Однак це прекрасне рішення для невеликих будинків, що дозволяє зробити опалення незалежним від електрики.

В основі принципу роботи так званих гравітаційних систем лежить той факт, що при нагріванні щільність води падає. У замкнутому обсязі більш холодна вода витісняє нагріті водянні маси у верхню частину контура циркуляції.

Системи з штучною циркуляцією працюють за рахунок роботи насоса або елеватора, в результаті значно збільшується радіус дії цих систем, і скорочуються діаметри трубопроводів.

У насосних системах опалення в наслідок охолодження води в приладах і трубах виникає також додатковий природний тиск. В разі припинення подачі електроенергії і зупинки насосів, завдяки природному тиску вода продовжує повільно циркулювати в системі.

Це запобігає швидкому підвищенню температури води в котлі, а також тимчасово забезпечує деяке прогрівання приладів і оберігає магістралі від замороження.

За місцем розташування магістральних трубопроводів розрізняють:

- з верхнім розгалуженням магістралей - при прокладці подаючих магістралей по горищу або під стелею верхнього поверху;

- з нижнім розгалуженням магістралей - при прокладці труб по підвалу, в підпільних каналах або під підлогою першого поверху.

За схемою живлення приладів розрізняють системи опалення двотрубні (вода поступає в прилади по одних стояках, а відводиться по інших) і однотрубні.

За геометричним розташуванням приладових ділянок (стояків) розрізняють горизонтальні (системи з по поверховою розводкою) і вертикальні системи.

По руху теплоносія системи опалення підрозділяються на попутні і тупикові.

В попутних системах опалення теплоносій в прямих і зворотних магістралях рухається в одному напрямі.

В тупикових системах опалення теплоносій в прямих і зворотних магістралях рухається в протилежному напрямі, зустрічному русі.

Від схеми підключення розрізняють залежні і незалежні системи опалення.

У залежній системі теплоносій ззовні (як правило, з теплотраси) надходить безпосередньо в систему опалення. Він може використовуватися виключно для обігріву. Саме за такою схемою працює опалення в абсолютній більшості міських будинків.

Тепловий вузол незалежної системи включає теплообмінник, за допомогою якого вода теплотраси віддає теплову енергію теплоносія в замкнутому контурі. Схема може бути застосована в тому випадку, якщо в приватному будинку в якості теплоносія використовується антифриз. При наявності теплових лічильників таке підключення дозволить відключити обігрів на час тривалого від'їзду, не ризикуючи розморожуванням системи.

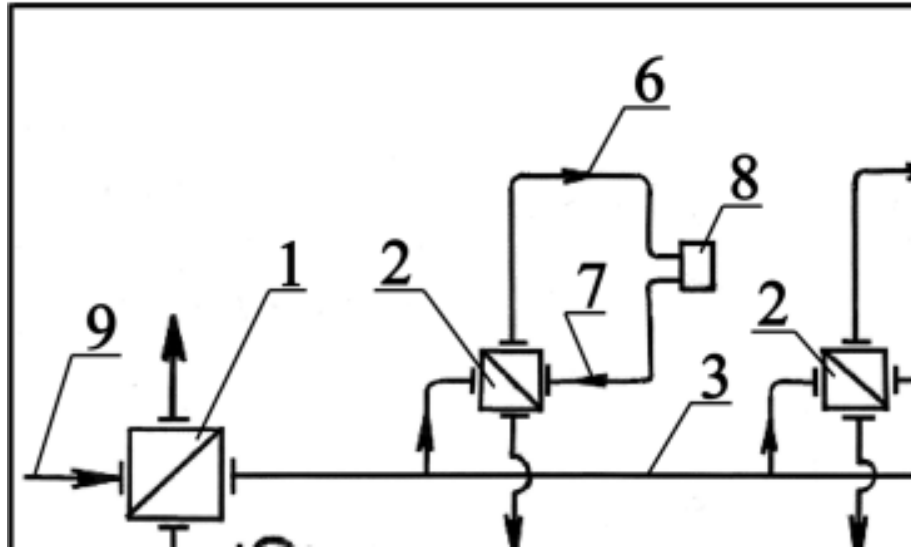
В сучасних системах тепlopостачання і опалення використовують два теплоносії (див. рис. 1.1):

- первинний – високотемпературний, отримавши тепло в центральнім теплообміннику на тепловій станції, рухається в зовнішніх теплопроводах і віддає тепло в місцеві теплообмінники (залежна система);

- вторинний – низькотемпературний, отримавши тепло в місцевих теплообмінниках кожної будівлі, переносить його по внутрішньому теплопроводу до окремих опалювальних приладів і повертається до теплообмінника по зворотній трубі (незалежна система).

Первинним теплоносителем може бути вода або пара. Якщо первинна високотемпературна вода нагріває вторинну воду то така система опалення називається водо-водяна. Також може існувати водоповітряна, пароводяна, пароповітряна та інші.

По виду теплоносія системи опалення підрозділяють на водяні, парові, повітряні та комбіновані.



- 1 – центральний теплообмінник;
- 2 – місцеві теплообмінники;
- 3 – теплопровід системи тепlopостачання, по якому подають теплоносій;
- 4 – зворотній теплопровід системи тепlopостачання;
- 5 – циркуляційний насос;
- 6 – теплопровід, по якому подають теплоносій системи опалення;
- 7 – зворотній теплопровід системи опалення;
- 8 – опалювальний прилад;
- 9 – підведення палива (тепла).

Рисунок 1.1 - Принципова схема систем тепlopостачання та опалення

1.3 Централізоване опалення: різновиди

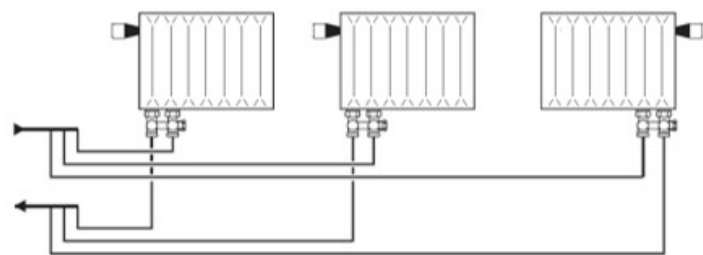
Найпоширенішими в опаленні багатоквартирних житлових будинків в нашій країні є централізовані водяні системи. Вони прості, нескладні в монтажі і легкі в експлуатації. Їхня класифікація здійснюється на загальнобудинковому рівні, переважно за конструкційними характеристиками:

- кількість стояків – однотрубні і двотрубні (див. рис. 1.2);

- розміщення розвідних трубопроводів – з верхнім і нижнім розведенням;
- спосіб переміщення теплоносія – з використанням гідроелеваторів або насосної циркуляції.

Система з горизонтальним розведенням з поквартирними тепловими входами заслуговує особливої уваги. Зазвичай це двотрубна система з подавальним і вивідним трубопроводом і насосною циркуляцією. В її умовах всі опалювальні прилади певної квартири приєднуються до поквартирних теплових входів. Така схема опалення – найпрогресивніша, адже дає можливість організувати поквартирний облік і регулювання. Такими системами згідно з чинними ДБН обладнують всі нові, реконструйовані і капітально відремонтовані житлові будинки.

Двотрубна горизонтальна система опалення



Однотрубна горизонтальна система опалення

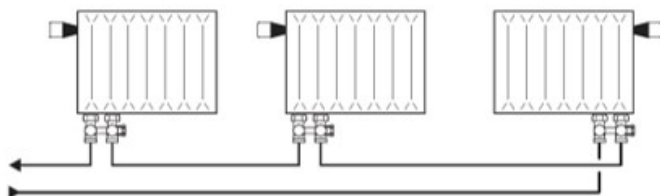


Рисунок 1.2 – Двотрубна та однотрубна система опалення

В будівлях житлового фонду, збудованих до 2010 року і раніше, переважно застосовувались однотрубні (рідше двотрубні) види опалення, з верхнім (рідше нижнім) розведенням теплоносія, циркуляція якого забезпечувалась гідроелеваторами. В однотрубних системах до вертикального стояка на кожному поверсі приєднується на вхід і вихід один пристрій опалення. Притому, незалежно від виду розведення (верхнього чи нижнього), опалювальні прилади,

що стоять першими на шляху теплоносія, отримують більше теплоенергії, тоді як наступні – все менше і менше, оскільки теплоносій, що надходить, постійно розбавляється відпрацьованим, який проходить послідовно через всі радіатори, розміщені на стояку. Звідси і вада таких систем – перегріву у квартирах, розташованих ближче до розвідних теплопроводів, і недогріву у більш віддалених квартирах. Двотрубні системи дещо нівелюють цю ваду, оскільки опалювальні прилади в них на вхід приєднуються до подавального стояка, а на вихід – до вивідного, притому теплоносій на всі радіатори надходить приблизно з однаковими параметрами.

Але, мабуть, найсерйознішою вадю наявних систем опалення є тепловий пункт з використанням гідроелеваторів для підготовки і забезпечення циркуляції теплоносія в системі. Параметри теплоносія для безпечного використання у внутрішньобудинкових мережах повинні мати такі значення: температура (80...90) °С і тиск не більше за 8 атмосфер. Первинний теплоносій, який надходить від централізованих джерел зазвичай має параметри набагато вищі. Наприклад, ТЕЦ постачають його під тиском (20...25) атмосфер і температурою (110...150) °С. Щоб понизити ці параметри в кожній будівлі обладнано тепловий пункт. Ще в недавньому минулому для цього у нас повсюдно використовували тепловий пункт елеваторного типу (див. рис. 1.3). Елеватор – це по суті водострумний насос, який працює за рахунок перепаду тиску теплоносія, що надходить від централізованого джерела і використовується у внутрішніх мережах будинку. Водночас він працює змішувачем первинного перегрітого теплоносія, який надходить з теплоцентралі, і охололої води зі зворотного внутрішньобудинкового трубопроводу, тож підготовлений теплоносій належних параметрів надходить внутрішньобудинкову мережу.



Рисунок 1.3 – Теплопункт елеваторного типу

Гідроелеватор для того чи іншого будинку підбирали з огляду на об'єми теплоспоживання будівлі і гідравлічного опору внутрішньобудинкових мереж, і його стабільна робота залежала від постійності цих значень. Будь-які зміни призводили до збоїв в роботі гідроелеватора і його несправності. Через це регулювання теплоспоживання будівлі на загальнобудинковому рівні і тим паче поквартирний облік і регулювання стають просто неможливими, оскільки вони пов'язані зі зміною об'єму теплоспоживання і гідравлічного опору – воно стають змінними і гідроелеватор не може реагувати на ці зміни. І, як наслідок, мешканці будинків з теплопунктами елеваторного типу позбавлені яких-небудь можливостей для економії теплової енергії, вживаної для обігріву своїх квартири, і зниження цін в платіжках. Зараз гідроелеватори нормативно заборонені (ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі», п. 16.7.2, ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», п. 6.1.8).

1.4 Регулювання тепловіддачі нагрівальних приладів

Протягом опалювального періоду змінюються тепловтрати, побутові та технологічні тепловиділення, тому для підтримки необхідного температурного режиму приміщення необхідно регулювати тепловіддачу нагрівальних приладів.

Це досягається центральним і місцевим регулюванням.

Центральне (якісне) регулювання полягає в зміні температури теплоносія, що подається в систему опалення, в залежності від температури зовнішнього повітря. Регулювання здійснюється централізовано на ТЕЦ або в районних котельнях.

Місьцеве (кількісне) регулювання полягає в зміні в приладі кількості теплоносія за допомогою спеціальних кранів, що встановлюються на підводках:

- радіаторний терморегулятор;
- автоматичні балансувальні клапани;
- комбі-клапан, обмежувач витрати;
- індивідуальний тепловий пункт;
- насос з частотним регулюванням.

1.5 Радіаторний терморегулятор

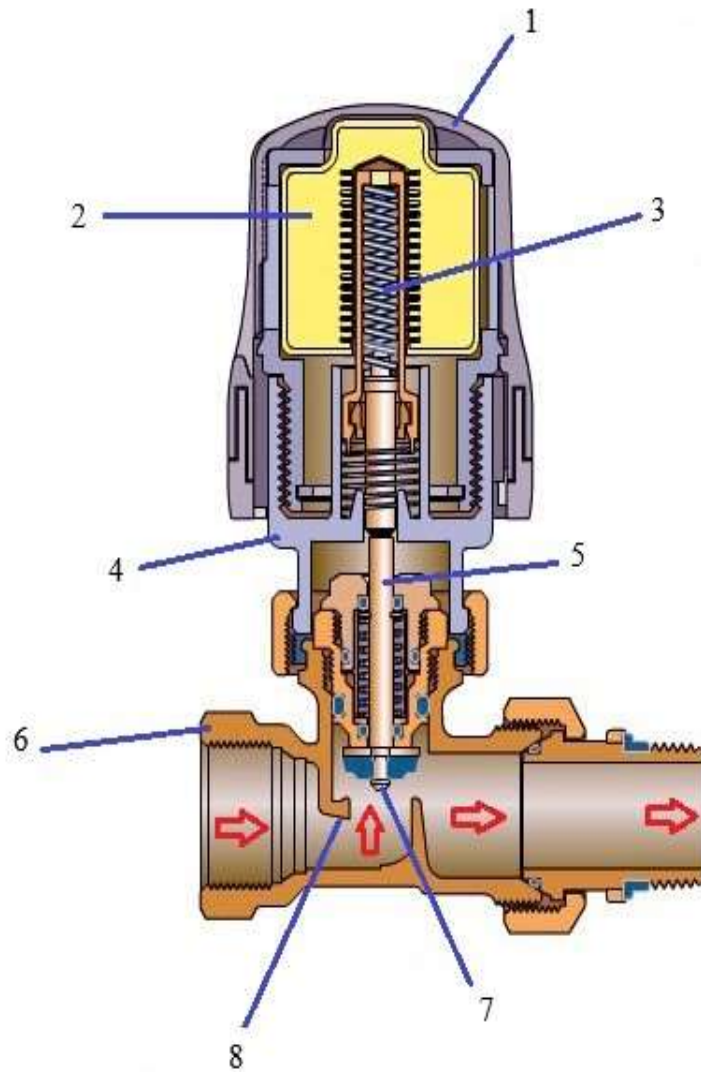
Радіаторний терморегулятор (див. рис. 1.4) - це автоматичний прилад, призначений для підтримки заданої температури повітря в приміщенні. Він може встановлюватися як в квартирах з центральним опаленням, так і в котеджах з індивідуальною системою обігріву, а також у будь-яких інших приміщеннях незалежно від року спорудження будівлі.

Призначення цього пристрою - підтримувати в приміщенні комфортну температуру, задану господарем, позбавивши його від зайвого клопоту. Терморегулятор встановлюють на трубу, що подає теплоносій у радіатор. Реагуючи на зміни температури повітря в приміщенні, він регулює потік гарячої

води, що проходить через радіатор. Тим самим зменшується чи збільшується кількість тепла, що віддається опалювальним приладом.

Принцип роботи заснований на властивості речовин збільшувати свій об'єм при нагріванні і зменшувати його при охолодженні. Усередині сучасного терморегулятора, а точніше - у маленькій запаяній колбі з гофрованими стінками, яку називають сильфоном, знаходиться чутлива до температури речовина (це може бути парафін, рідина або газ). Вона реагує на будь-які зміни температури повітря в кімнаті. Якщо температура стає нижче тієї, що встановлена на шкалі, обсяг речовини зменшується, а сам сильфон, схожий на гармошку, стискається і переміщує шток клапана, збільшуючи кількість гарячої води, яка проходить крізь радіатор. При цьому температура повітря в приміщенні підвищується. І навпаки, коли температура повітря в приміщенні стає вище заданої, речовина в сильфоні збільшується в об'ємі, переміщаючи шток клапана в іншу сторону. У радіатор починає надходити менше води і температура в кімнаті знижується.

Радіаторний терморегулятор легко встановлюється на опалювальний прилад будь-якого типу, і вручну можна вибирати оптимальний температурний режим не тільки для всієї квартири, а й для кожної кімнати окремо.



1 – рукоятка налаштування температури; 2 – сильфон; 3 – пружина; 4 – корпус терморегулятора; 5 – шток; 6 – корпус вентиля; 7 – робочий конус; 8 – сідло клапану.

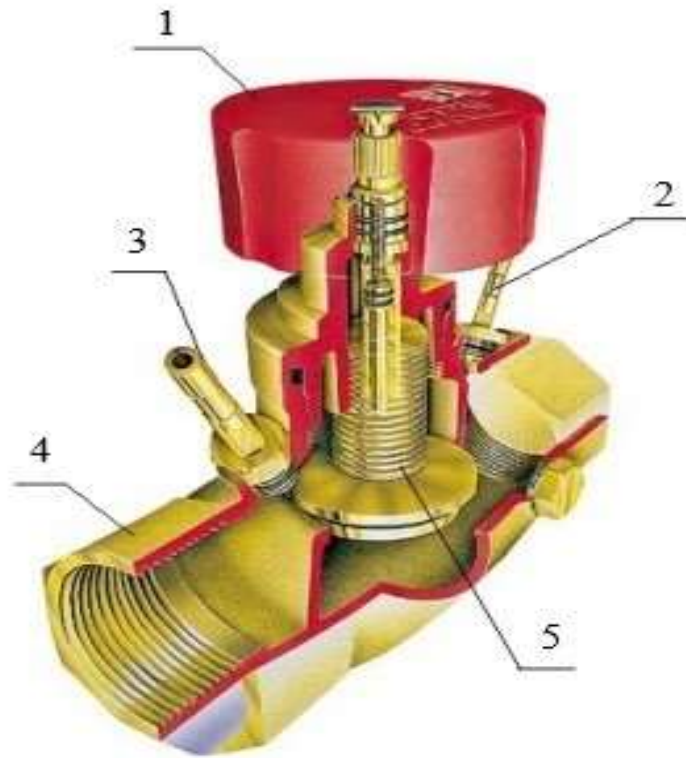
Рисунок 1.4 – Радіаторний терморегулятор в розрізі

1.6 Автоматичний регулятор перепаду тиску

Користувачі терморегуляторів змінюють гідравлічний баланс системи опалення ті самим роблячи зони перегріву и недогріву в будинку. Для вирішення цієї проблеми використовують автоматичний регулятор перепаду тиску. Будь яка опалювальна схема потребує гідравлічного налаштування. Цілю такої операції є привести витрату теплоносія в кожній гілці схеми до розрахункового значення, щоб разом з тим до кожного радіатора потрапляло необхідна кількість тепла. Витрата теплоносії до кожної ділянки попередньо розрахований.

В самих легких схемах необхідна витрата забезпечується вірно підібраними діаметрами труб. В більш складних системах регулювання здійснюється спеціальними шайбами. Але перераховані методи вважаються застарілими. Зараз застосовуються більш сучасні методи – установка балансуєчого обладнання.

Регулятор перепаду тиску застосовується для регулювання і автоматичного підтримання перепаду тиску і обмеження витрати у межах заданого оптимального діапазону. Регулятор перепаду тиску є пропорційним регулятором прямої дії і працює без додаткової енергії. Бажаний перепад тиску може безступенево налаштуватись у діапазоні від 50 до 300 мбар. Також є можливість в будь-який час зчитувати встановлене значення, блокувати його, а також опломбувати. На заводі перепад тиску налаштовується на мінімум, і блокувальне кільце фіксується у верхньому положенні. Потрібне значення ступеня налаштування встановлюється шляхом обертання маховика. В комплекті поставки входить імпульсна трубка, яку необхідно підключити від регулятора до балансувального (див. рис. 1.5) чи запірною вентиля, який встановлюється на подаючому трубопроводі.



1 – регулювальна рукоятка; 2,3 – вимірювальний штуцер; 4 – латунний корпус; 5 – механізм регулювання витрати.

Рисунок 1.5 – Балансуючий вентиль (клапан)

Автоматичний регулятор перепаду тиску встановлюється на трубопроводі зворотного потоку вниз маховиком або горизонтально. Напрямок руху потоку повинен співпадати с напрямком стрілки, зображеного на корпусі. Рекомендується встановлення фільтра перед регулятором перепаду тиску та запорних клапанів до та після регулятора. Правильне встановлення обладнання зображено на рисунку 1.6.

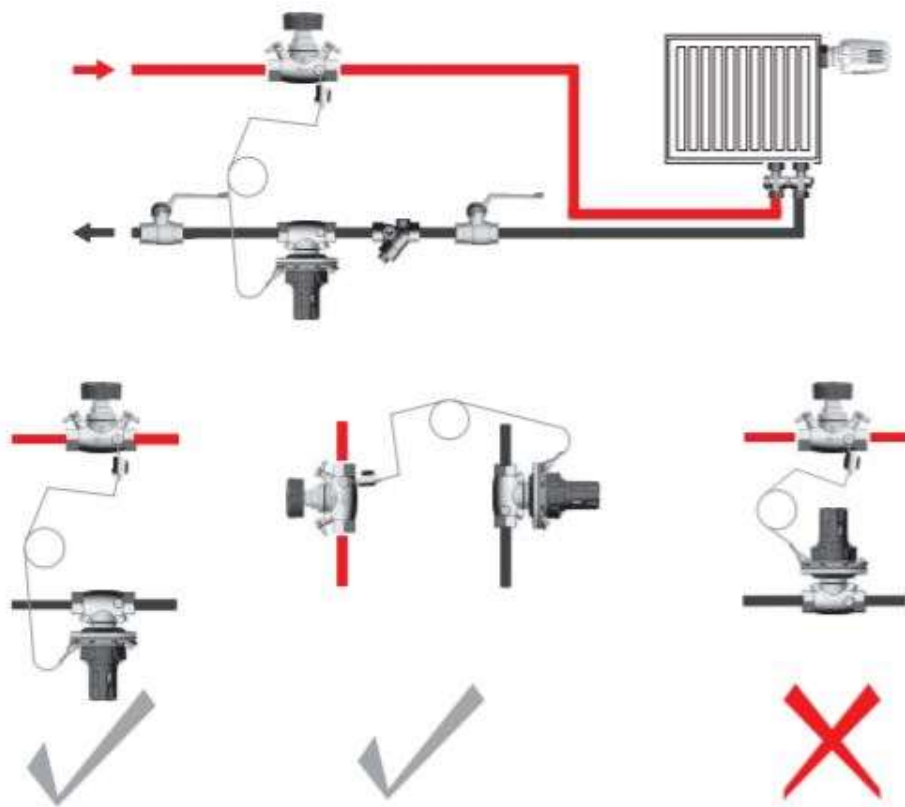


Рисунок 1.6 – Встановлення автоматичного регулятора перепаду тиску

Принцип дії тут наступний. Виконується настройка балансуєчого вентиля на максимальну розрахункову витрату теплоносія. В процесі роботи, коли термостат будь-якого радіатора стане зменшувати споживання гарячої води, то тиск на ділянці почне рости. Встановлення обладнання на двотрубній системі зображено на рисунку 1.7.

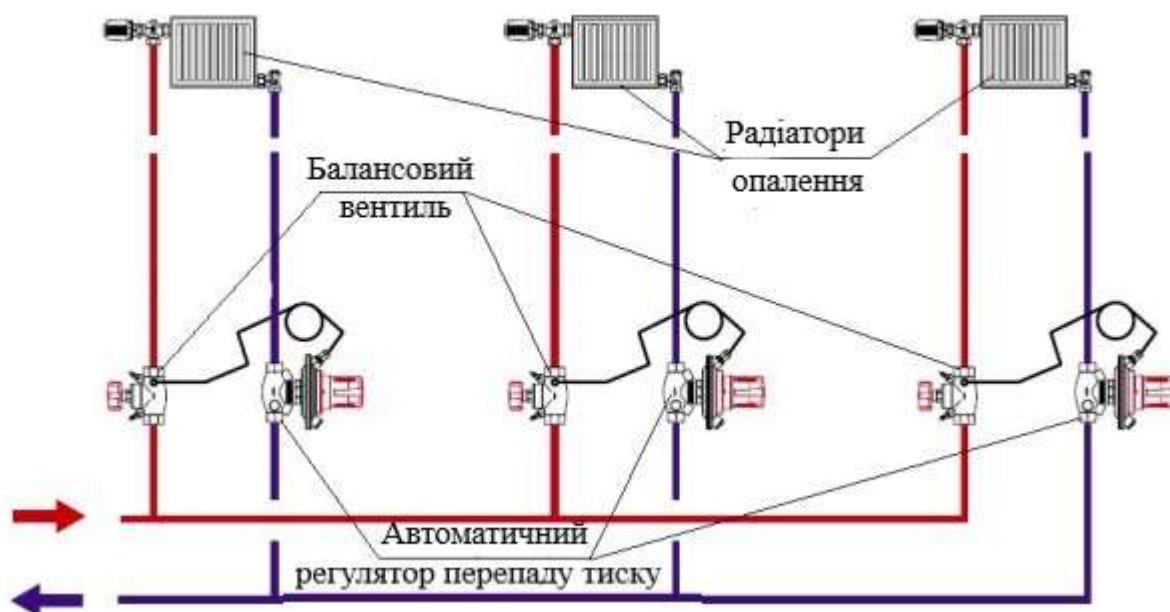


Рисунок 1.7 – Двотрубна система з балансуєчим обладнанням.

За допомогою капілярної трубки про це «дізнається» автоматичний регулятор перепаду тиску. Він швидко скоректує витрату теплоносія, і тоді інші термостати не встигнуть спрацювати на перекривання, система залишиться гідравлічно збалансованою.

Балансувальний кран - дуже корисний і необхідний пристрій. Тільки впроваджувати його в схему треба з розумом. Наприклад, на діючі гілки, налаштовані за допомогою шайб, такий клапан ставити немає сенсу. Інша справа - реконструкція, коли до гілок додаються нові опалювальні прилади, або якщо ведеться нове будівництво. Тут для налаштування варто скористатися балансовими пристроями.

1.7 Обмежувач витрати

Призначення регулятора витрати води - в підтримці витрати води в межах заданих значень, незалежно від зміни тиску. Завдяки багатошаровій конструкції здійснюється насичення водяного потоку повітрям. Крім того, струмінь в насадці розділяється на кілька потоків, що потрапляють між кільцем ущільнювача і

«зірочкою». Чим сильніше потік, тим сильніше деформується кільце ущільнювача (див. рис. 1.8), зменшуючи вихідний отвір. Ці заходи спрямовані на збереження рівномірності потоку, незалежно від тиску в системі.

Розрахункова величина економії в такому регуляторі витрати - до 50 % для обсягу води з одного крана в порівнянні з кранами без насадки або зі стандартними простими аератори.

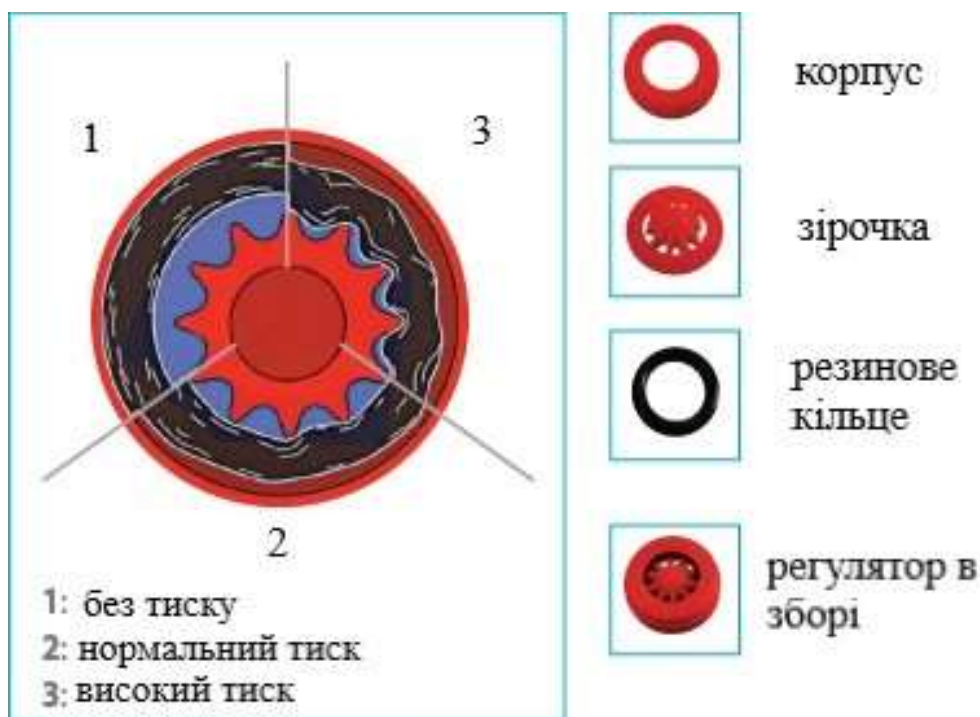


Рисунок 1.8 – Робота обмежувача витрати при різних тисках

Принцип дії заснований на поєднанні функцій балансувального клапана регулятора витрати води, і калібрувальника перепаду тиску, який змінює положення при збільшенні або зниженні заданого значення тиску.

Більшість регуляторів витрати води класифікуються як арматура прямої дії. Регулятор витрати води непрямої дії конструктивно складніше і дорожче, тому їх використовують дуже рідко. В конструкції - контролер (програмований), який регулює клапан і датчик.

У каталогах деяких виробників представлені комбіновані моделі з додатковою можливістю установки електроприводу, який дозволяє досягти оптимального режиму з обмеженням витрати води.

При покупці пристроїв на сайтах постачальників часто надається калькулятор з наступними полями для заповнення - важливими обліковими даними:

- необхідна витрата води ($\text{м}^3/\text{год}$);
- надмірний перепад (потенційні втрати на регуляторі);
- тиск перед приладом;
- максимальна температура;
- алгоритм розрахунку полегшує вибір і дозволяє перевірити пристрій на виникнення кавітації.

1.8 Тепловий пункт

Усунути таке становище можна тільки якщо замінити тепловий пункт елеваторного типу на сучасний індивідуальний тепловий пункт (ІТП) (див. рис. 1.9). ІТП являє собою комплекс обладнання і засобів автоматизації, які забезпечують насосну циркуляцію теплоносія і дозволяють:

- перетворення параметрів теплоносія і його підготовку для використання у внутрішньобудинковій мережі, а також контроль цих параметрів;
- регулювання витрат теплоносія і розподіл його у внутрішньобудинковій мережі;
- регулювання температури теплоносія у зв'язку зі зміною погодних умов;
- облік теплових навантажень і витрат теплоносія;
- захист внутрішньобудинкових мереж від аварійного підвищення параметрів теплоносія;
- доочищення теплоносія;

- заповнення і підживлення внутрішньобудинкових мереж теплопостачання;
- збір, охолодження, повернення конденсату і контроль його якості;
- водопідготовка для системи гарячого водопостачання;
- комбіноване теплозабезпечення з використанням теплової енергії від альтернативних джерел;
- акумулювання теплової енергії.

Всі ці функції виконуються в автоматичному режимі з можливістю дистанційного контролю і корекції роботи теплових пункту.



Рисунок 1.9 – Індивідуальний тепловий пункт

1.9 Насос з частотним регулюванням

Принцип дії частотного регулятора (див. рис. 1.10) заснований на тому, що навантаження двигуна (за рахунок постійної зміни напруги та частоти електричного току) регулюється в залежності від потреби у витраті теплоносія або тиску. Відбувається це плавно, на відміну від традиційного регулювання шляхом «включення/вимикання». Як висновок, це краще для стану техніки. Адже не відбувається високих механічних напружень і стрибків тиску в мережі, так званих гідроударів, немає піків споживання електроенергії при пусках двигуна. Виходячи з цього, насоси та пов'язане з ними обладнання пропрацюють істотно довше: ресурс роботи підвищується мінімум у 1,5 рази. Ще однією перевагою є менша шумність при роботі.



Рисунок 1.10 – Насос з частотним регулюванням

Застосування частотних перетворювачів дозволяє забезпечити високий рівень автоматизації всіх процесів у системах тепло-і водопостачання. Їх обрання зменшує ризик неправильного підбору насосу вже на стадії проектування, адже вони працюють за більш широкого діапазону робочих характеристик. Насосне

обладнання з перетворювачами частоти, в цілому, дає конкурентні переваги компанії, що його експлуатує. В першу чергу, через те, що знижується собівартість виробництва продукції. У комунальному господарстві, крім енергозбереження, ще й підвищується якість послуг з водо- і тепlopостачання. Не так часто відбуваються, наприклад, прориви в трубопроводах, оскільки автоматизовані насоси дозволяють уникнути стрибків тиску в мережі. Зменшується відсоток витоків. Тому, в цілому, знижується споживання води чи теплоносія. Одним з головних ефектів застосування обладнання з частотними регуляторами є і зменшення витрат на ліквідацію наслідків аварій. Все це, разом з мінімальними витратами на електроенергію, дозволяє виставляти оптимальні тарифи. У складі рішень з водо- і тепlopостачання Romstal пропонує, зокрема, схеми на базі насосів з частотними перетворювачами від європейських виробників, зокрема компанії Grundfos (Данія) та DAB (Італія). Це обладнання характеризується надійністю, якістю і, як показує практика, капітальні вкладення окупаються вже в перші роки експлуатації. Фахівці компанії Romstal завжди готові підібрати необхідне клієнтові енергоефективне насосне обладнання. Особливо вигідні умови співпраці ми пропонуємо професійним монтажникам та постачальникам.

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1 Характеристика котеджу у м. Запоріжжя

2.1.1 Кліматологічні дані району забудови

Кліматологічні дані м. Запоріжжя.

Розрахункові дані приймаємо згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010
«Будівельна кліматологія»:

- площа об'єкту теплопостачання 201,6 м²;
- об'єм об'єкту теплопостачання 544,32 м³;
- температура в теплий період 26 °С;
- температура в холодний період -21°С;
- тривалість опалювального періоду 166 діб;
- середня температура найбільш холодного періоду -3,5 °С;
- середня відносна вологість повітря, %:
 - 1) в теплий період 65;
 - 2) в холодній період 85.

Вітер західний, швидкість 2,7 м/с [3].

2.1.2 Характеристика огорожувальних конструкцій та приміщень будівлі

Будівля представляє собою двоповерховий котедж. Загальна площа – 201,6 м².

Приміщення будівлі представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Приміщення будівлі

№ приміщення	Найменування	Площа, м ²
101	Гараж	23,9
102	Кімната в гаражі	8,9
103	Кухня	14,7
104	Вітальня	39,8
105	Кімната для відпочинку	7,2
106	Технічна кімната	7,55
107	Коридор	5
108	Сан. вузол	2,9
109	Гардеробна	4,6
201	Кімната для відпочинку	13,7
202	Кімната для відпочинку	14,5
203	Вітальня	38,6
204	Кімната для відпочинку	14,05
205	Сан. вузол	6,2
Разом:		201,6

Зовнішні стіни будівлі виконана із блоків газобетону товщиною 0,3 м на клейовому розчині поверх якої шар штукатурки цементно-перлітової товщиною 0,01 м. Зовні декоративна кладка керамічної пустотілої цегли товщиною 0,12 м на цементно-піщаному розчині (див. рис. 2.1).

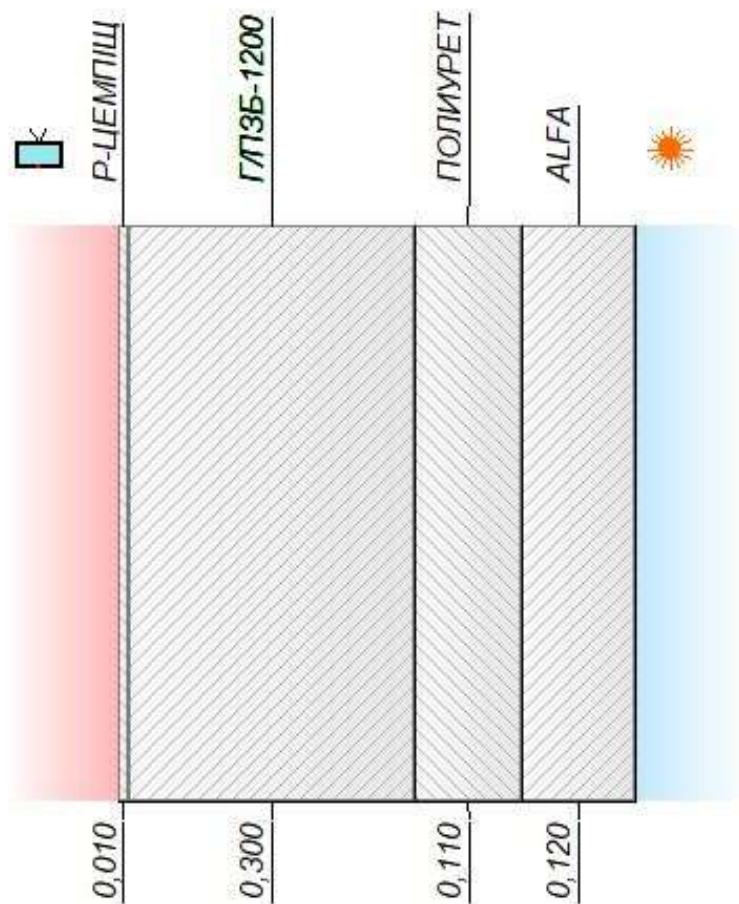


Рисунок 2.1 – Матеріали зовнішньої стіни та їх товщини

Теплоізоляційний шар з пінополіуретану. Основні характеристики теплоізоляційного матеріалу:

- коефіцієнт теплопровідності (0,02...0,04) Вт/(м²·К);
- щільність (40...60) кг/м³;
- діапазон робочих температур від -60 °С до +150 °С;
- коефіцієнт паропроникності 0,05 мг/(м·год·Па);
- біологічно нейтральний (стійкий до мікроорганізмів, гниття, цвітіння);
- пожежобезпечний;
- можливість ізоляції конструкцій будь-якої конфігурації і розмірів;
- термін експлуатації (30...50) років [1].

Внутрішні несучі стіни виконані з цегли товщиною 0,2 м і з обох сторін штукатурена.

Підлога по ґрунту для кімнат виконана с асфальтобетону товщиною 0,25 м, утеплювача пінополіуретану товщиною 0,15 м, стяжки з цементно-піщаного розчину товщиною 0,04 м та ламінат товщиною 0,01 м (див. рис. 2.2).

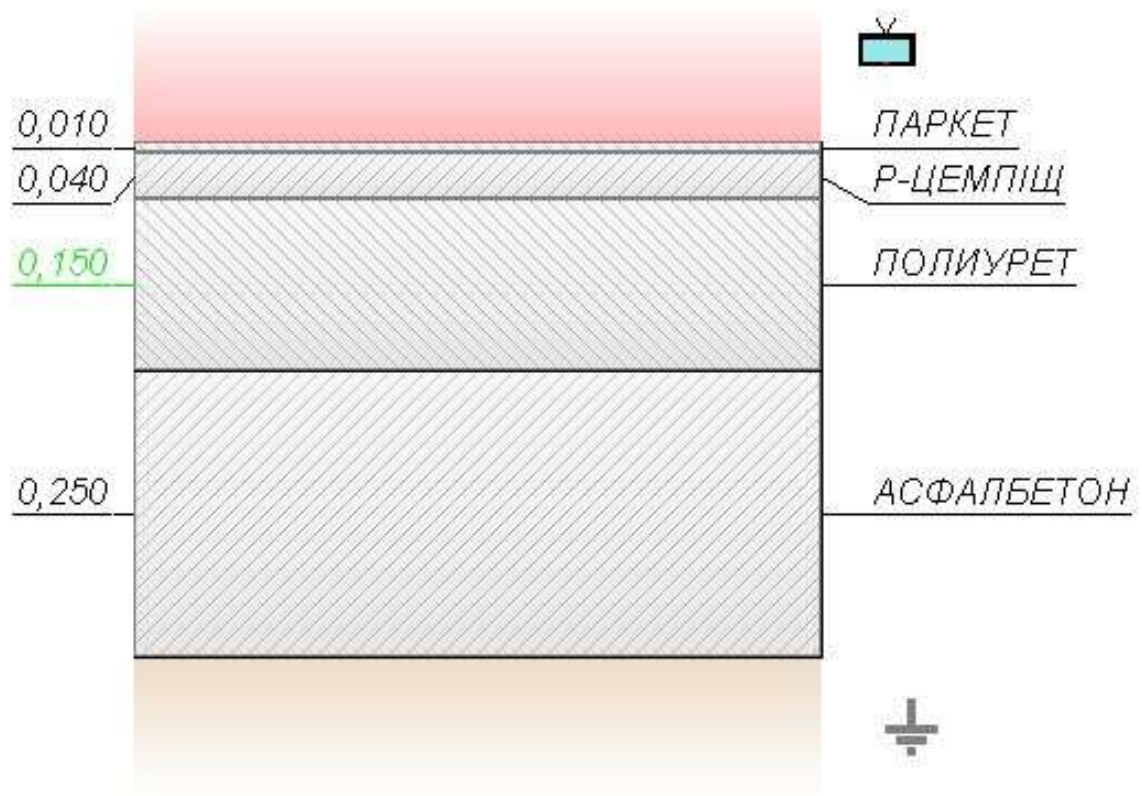


Рисунок 2.2 – Матеріали підлоги по ґрунту для кімнат та їх товщини

Підлога по ґрунту для гаража виконана с асфальтобетону товщиною 0,25 м, утеплювача пінополіуретану товщиною 0,15 м, стяжки з цементно-піщаного розчину товщиною 0,1 м (див. рис. 2.3).

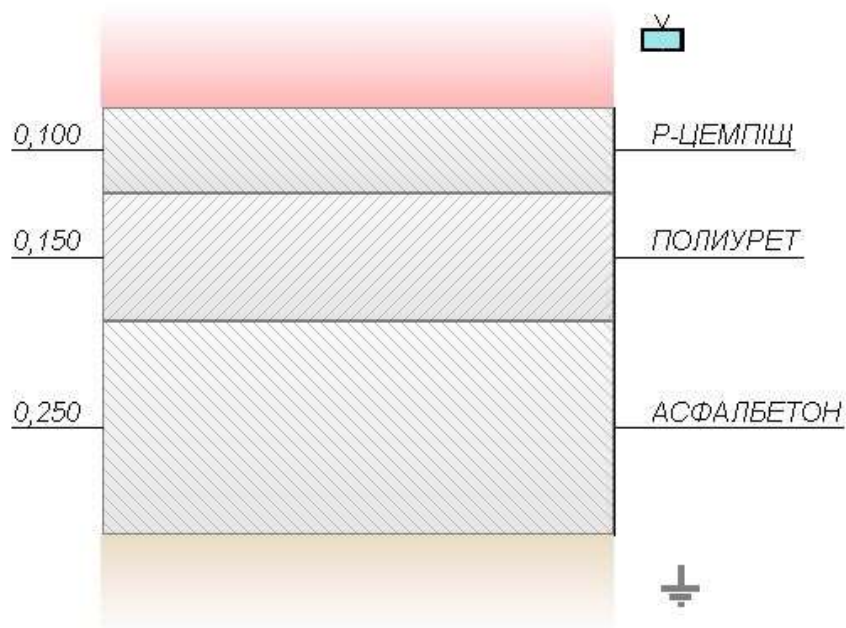


Рисунок 2.3 – Матеріали підлоги по ґрунту для гаража та їх товщини

Підлога по ґрунту для кухні та сан.вузла виконана с асфальтобетону товщиною 0,25 м, утеплювача пінополіуретану товщиною 0,15 м, стяжки з цементно-піщаного розчину товщиною 0,04 м та плитки товщиною 0,01 м (див. рис. 2.4).

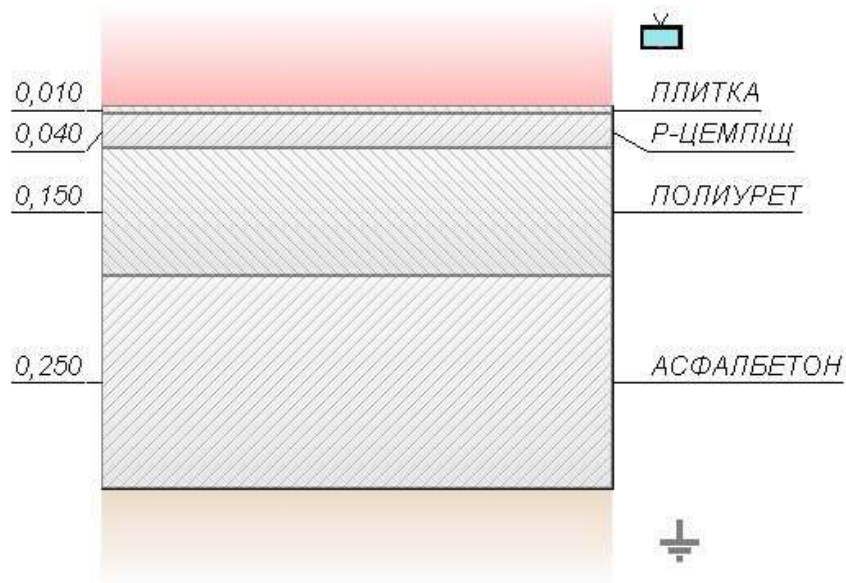


Рисунок 2.4 – Матеріали підлоги по ґрунту для кухні і сан.вузла та їх товщини

Перекриття між першим та другим поверхами виконано з тих самих матеріалів що і підлога по ґрунту але без використання утеплювача.

Перекриття під неопалюваним горищем виконано з асфальтобетону товщиною 0,25 м, утеплювача пінополіуретану товщиною 0,2 м та стяжки з цементно-піщаного розчину товщиною 0,04 м (див. рис. 2.5).

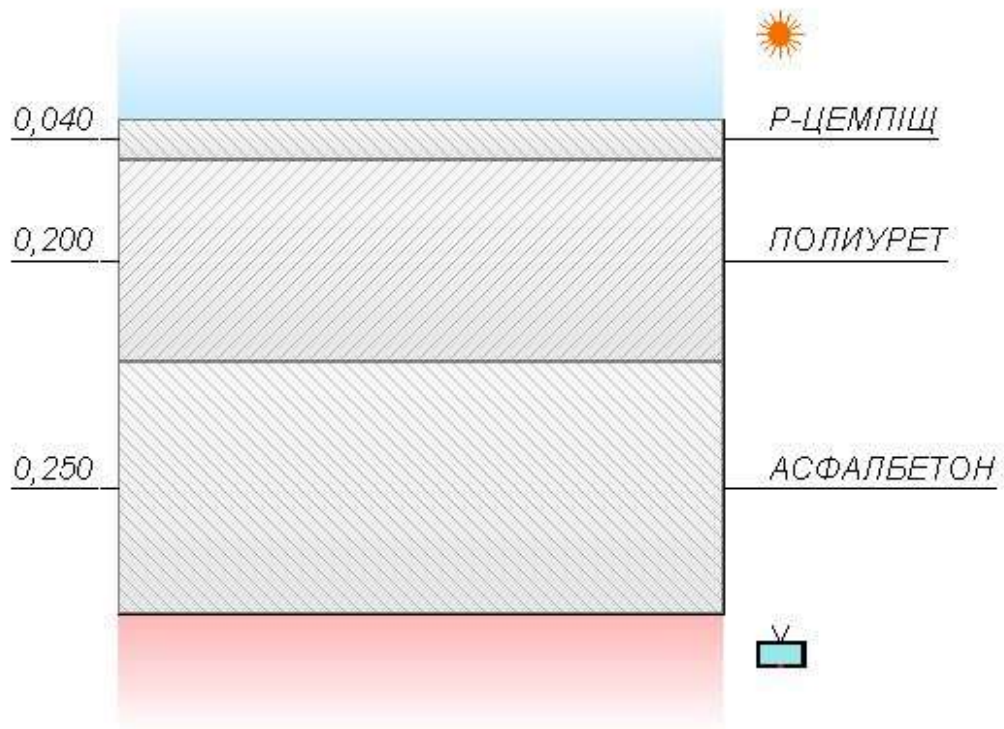


Рисунок 2.5 – Матеріали перекриття над неопалюваним горищем та їх товщини

Усі теплофізичні характеристики будівельних матеріалів які використовувались в конструкціях будівлі зведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахункові теплофізичні характеристики будівельних матеріалів

Назва матеріалу	Коефіцієнт теплопровідності λ_p , Вт/(м·К)	Густина ρ_0 , кг/м ³	Питома теплоємність c_0 , кДж/(кг·К)	Коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)
Газо- та пінозобетон	0,52	1200	0,84	0,075
Розчин цементно-піщаний	0,76	1800	0,84	0,11
Кладка з пустотілих блоків ALFA	0,53	1200	0,84	0,16
Пінополіуретан	0,035	40	1,46	0,05
Кладка з цегли штукатурена з обох сторін	0,52	1150	0,88	0,15
Асфальтобетон	1,05	2100	1,68	0,008
Плитка керамічна для підлоги	0,96	2000	0,88	0,06
Паркет	0,2	700	2,3	0,3

2.2 Система опалення котеджу

Система опалення – це комплекс конструкційних елементів, які призначені для отримання, перенесення і передавання необхідної кількості тепла у всі приміщення, які необхідно нагрівати.

Системи опалення поділяються на місцеві та центральні.

Місцеві системи – для опалення приміщень всі 3 елементи конструктивно об'єднані в одній установці, в якій відбувається отримання, перенесення і передавання тепла в приміщення.

Центральні системи – призначені для опалення від єдиного теплового центру. Теплообмінник і прилади таких систем опалення відділені один від одного. Теплоносій нагрівається в теплообміннику, який знаходиться в тепловому центрі, переміщається в теплопроводах в окремі приміщення і передавши тепло через опалювальні прилади повертається в тепловий центр.

Опалення котеджу буде здійснено за допомогою місцевої системи.

2.2.1 Опалювальні прилади котеджу

Для опалення котеджу були обрані панельні радіатори - PURMO Ventil Compact.

Панельні радіатори з конвекційними елементами і вмонтованим термостатичним клапаном, бічні поверхні оснащені захисними елементами, верхня поверхня прикрита планкою типу гриль. Вбудований приєднувальний комплект дозволяє підключити радіатор як знизу, так і збоку. Два нижні приєднувальні отвори для підключення з підлоги і чотири бокові приєднувальні отвори в кожному куті радіатора. Підключення з підлоги у радіаторах CV11 стандартно розміщене з правої сторони. У радіаторах CV22 і CV33 може бути також з лівої сторони після обернення радіатора. Живильна труба радіатора повинна бути приєднана завжди даліше від грані радіатора, а зворотна труба —

ближче до грані радіатора. Радіатор оснащений клапанною вкладкою Heimeier або Oventrop з попереднім регулюванням [15].

2.3 Система ГВП котеджу

Гаряче водопостачання буде організоване за допомогою двоконтурного газового котла.

2.4 Теплотехнічний розрахунок для огорожувальних конструкцій

Термічний опір, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2},$$

де $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – товщина шару матеріалів, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу відповідного шару конструкції, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

α_1, α_2 – коефіцієнти тепловіддачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Знайдене значення R_0 порівнюємо з мінімальним значенням опору теплопередачі R_{qmin} (таблиця 2.3) [3].

Коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$K_{\text{з.с.}} = \frac{1}{R_0}.$$

Таблиця 2.3 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків ($R_{q \min}$)

Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, ($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)/Вт, для температурної зони	
	I	II
Зовнішні стіни	3,3	2,8
Суміщені покриття	6,0	5,5
Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
Горищні перекриття неопалювальних горищ ⁵⁰	4,95	4,5
Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
Зовнішні двері	0,6	0,5

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій було проведено за допомогою програми KAN Auditor OZC 6.11 Pro.

Результати розрахунків програми зведено в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Термічний опір (R) та коефіцієнт теплопередачі (K) огорожувальних конструкцій.

Назва конструкції	Термічний опір $R_0, (m^2 \cdot K)/W$	Коефіцієнт теплопередачі $K, W/(m^2 \cdot K)$
Зовнішня стінка	4,129	0,142
Підлога по ґрунту для кімнати	5,644	0,177
Підлога по ґрунту для гаража	5,673	0,176
Підлога по ґрунту для кухні та сан. вузла	5,604	0,178
Перекриття під неопалюваним горищем	6,205	0,161
Вікна STEKO	0,73	1,37
Вхідні двері металеві з утепленням	0,8	1,25

2.5 Перевірка на вірогідність конденсації водяної пари

2.5.1 Перевірка на вірогідність конденсації водяної пари в товщі зовнішньої стіни.

Окрім перевірки відсутності конденсації на внутрішніх поверхнях конструкцій, виконують розрахунок можливості конденсації в товщі огорожі. У товщі огорож допустима лише короткочасна конденсація.

Одна з основних вимог полягає в недопустимості регулярного накопичення вологи в матеріалі.

Через конструкцію відбувається дифузія водяної пари, пара дифундує з

приміщення назовні, де пружність водяної пари (e) в повітрі взимку значно менше, ніж в повітрі приміщення. Якщо в окремих шарах або перетинах огорож пружність e опиниться вище за пружність повного насичення повітря E при відповідних температурах t , то станеться випадіння конденсату.

Зона конденсації визначається за характером розподілу парціального тиску водяної пари $e(x)$ і насиченої водяної пари $E(x)$ у товщі шарів огорожувальної конструкції.

За допомогою програми KAN Audytor OZC 6.11 Pro було побудовано графік розподілу тиску в зовнішній стіні (див. рис. 2.6). На якому можемо побачити що конденсація пари в товщі зовнішньої стіни відсутня.

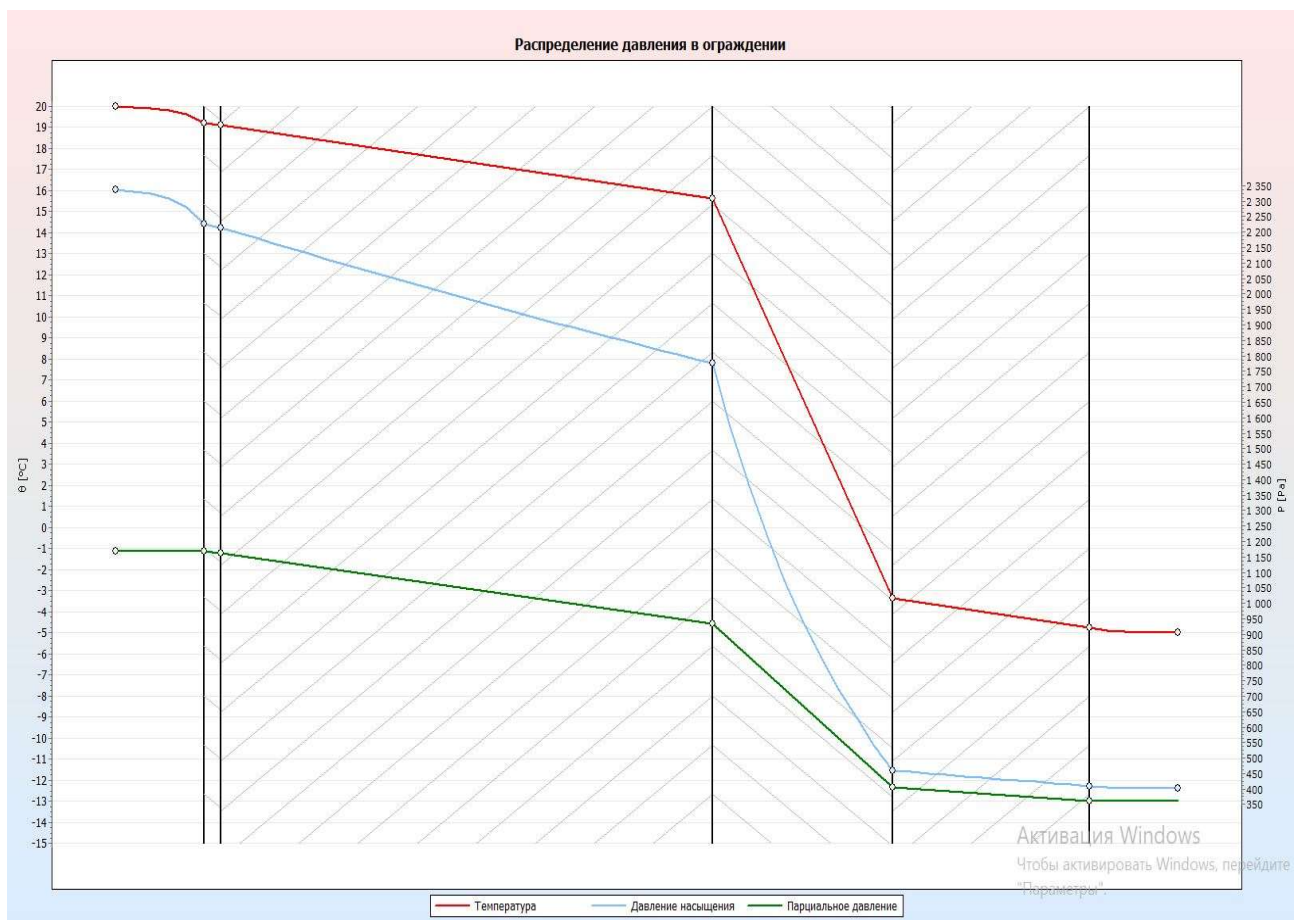


Рисунок 2.6 – Графік розподілу тиску в зовнішній стіні

2.5.2 Перевірка на вірогідність конденсації водяної пари в товщі перекриття під неопалюваним горищем.

На рисунку 2.7 зображений графік розподілу тиску в товщі перекриття.

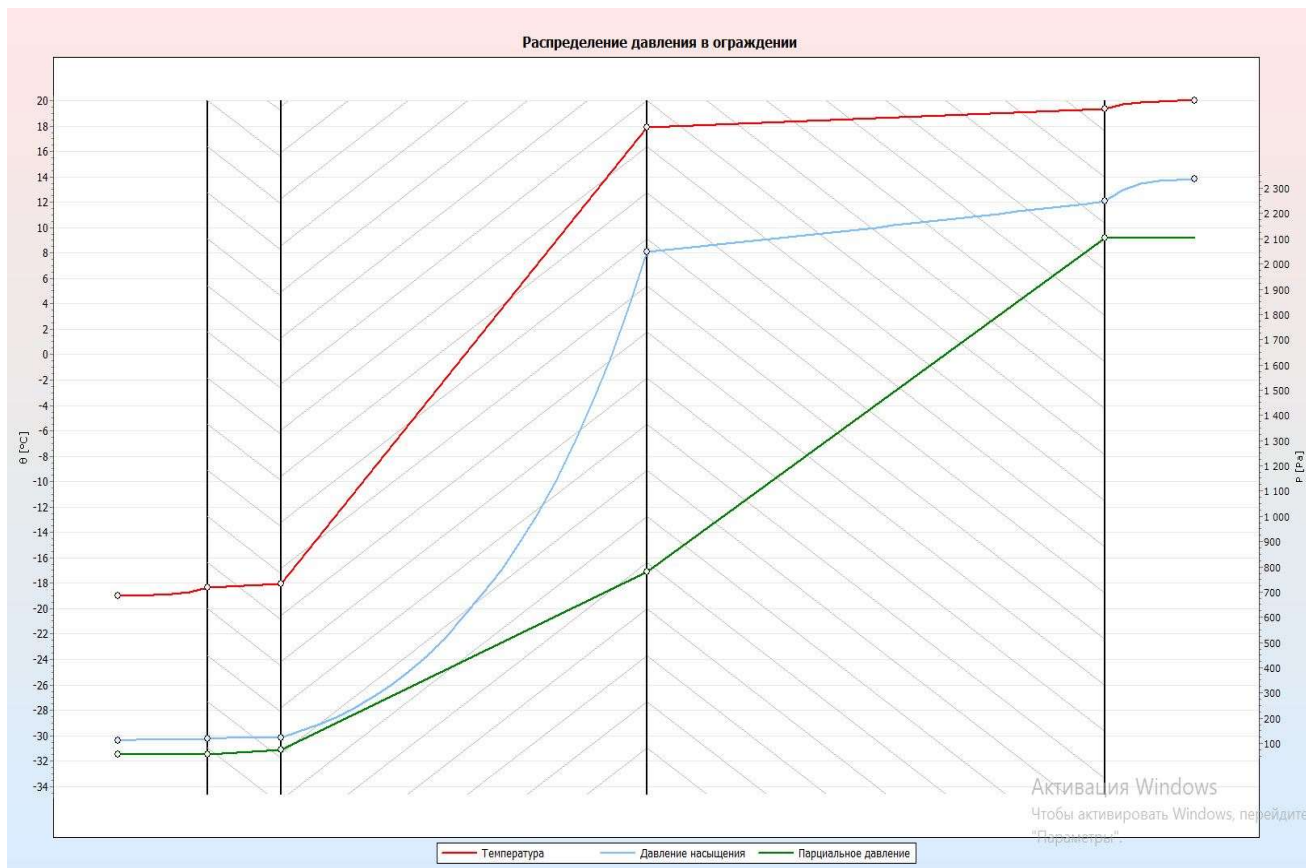


Рисунок 2.7 – Графік розподілу тиску в перекритті під неопалюваним горищем

2.6 Розрахунок тепловтрат будівлі

Основні формули для розрахунку тепловтрат.

Основні тепловтрати приміщень складаються з втрат теплоти через окремі зовнішні конструкції, Вт

$$Q_{\text{осн}} = F \cdot k \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о.р.}}) \cdot n,$$

де F - площа конструкції огорожі, через яку відбувається втрата теплоти, m^2 ;

$t_{вн}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря, $^{\circ}C$;

n - поправочний коефіцієнт, таблиця 2.5;

k - коефіцієнт теплопередачі конструкцій огорож, $Вт/(m^2 \cdot K)$.

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт n розміщення зовнішньої поверхні

Огороджувальні конструкції	Коефіцієнт n
Суміщені покриття (в тому числі ті, які вентилюються зовнішнім повітрям) и перекриття горищні (з покрівлею із штучних матеріалів)	1,0
Перекриття над холодними підвалами, які сполучаються з зовнішнім повітрям і перекриття горищні з покрівлею із рулонних матеріалів	0,9
Перекриття над неопалювальними підвалами із світовими прорізами в стінах	0,75
Перекриття над неопалювальними підвалами без світових прорізів в стінах, розміщених вище рівня землі	0,6
Перекриття над неопалювальними технічними підвалами без світових прорізів в стінах, розміщених нижче рівня землі	0,4

Повні тепловтрати, Вт

$$Q_{\Pi} = Q_{\text{осн}} \cdot P,$$

де P – множник, що враховує додаткові втрат, %.

$$P = 1 + 0,01 \cdot \beta,$$

де β - додаткові втрати, %.

Побутові тепловиділення (тепловий потік що регулярно поступає від освітлення, устаткування і людей), Вт

$$Q_{\text{Т}} = 10 \cdot F,$$

де F - площа підлоги приміщень.

Розрахунок втрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря, що поступає в житлові приміщення шляхом інфільтрації, виконувати не потрібно.

Втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, Вт

$$Q_{\text{В}} = 0,337 \cdot F \cdot h \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о.р}}),$$

де h – висота приміщення від підлоги до стелі, м (але не більше 3,5 м)

Втрати теплоти $Q_{\text{в}}$, на нагрівання зовнішнього повітря, проникаючого через входні зовнішні двері, що короткочасно відкриваються, в сходових клітках, Вт

$$Q_{\text{В}} = 0,7 \cdot V \cdot (H + 0,8 \cdot P) \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о.р}}),$$

де H – висота будівлі, м;

P - кількість людей, що знаходяться в будівлі, осіб;

B - коефіцієнт, що враховує кількість вхідних тамбурів. (При одному тамбурі двоє дверей $B = 1$, при двох тамбурах $B = 0,6$).

Загальні втрати тепла підраховуються для всього приміщення, Вт

$$Q_{\text{заг}} = \Sigma Q_{\text{п}} + Q_{\text{в}} - Q_{\text{т}}$$

Розрахунок з використанням цих формул було проведено в програмі KAN Auditor OZC 6.11 Pro.

Для розрахунку довелося в програмі ввести усі матеріали огорожувальних конструкцій, побудувати 3D модель будинку з використанням вже побудованих огорожувальних конструкцій, вказати зони кімнат, проставити нумерацію кімнат та вказати яка температура повинна бути в певній кімнаті. Після перевірки програми на правильність побудування 3D моделі, він видав результат з тепловтратами кожної кімнати.

Результати розрахунку тепловтрат для кожної кімнати зображено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Тепловтрати в кожній кімнаті

№ кімнати	Внутрішня температура, °C	Втрати тепла, Вт
1	2	3
101	16	2274
102	18	554
103	20	1047
104	20	1944
105	20	449
106	16	186
107	20	457

Продовження таблиці 2.6

1	2	3
108	25	292
109	18	51
201	20	607
202	20	647
203	20	1830
204	20	771
205	25	594

2.7 Витрата теплоти на гаряче водопостачання

Середньотижнева витрата теплоти на гаряче водопостачання житлових і суспільних будівель підраховується за рівнянням, кДж/с

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср.н}} = \frac{m \cdot a \cdot c \cdot (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}})}{n_c \cdot 3600},$$

де m – кількість споживачів, осіб;

a – норма витрати гарячої води на одного споживача л/доб.;

c – теплоємність води, $c=4,19$ кДж/(кг·К) [11];

n_c – розрахункова тривалість подачі гарячої води на добу, год.

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср.н}} = \frac{5 \cdot 130 \cdot 4,19 \cdot (65 - 15)}{24 \cdot 3600} = 1,6.$$

Розрахункова (максимальна) витрата теплоти на побутове гаряче водопостачання для індивідуальних споживачів розраховується за формулою, кДж/с

$$Q_{ГВ} = \chi_{н} \cdot \chi_{с} \cdot Q_{ГВ}^{ср.н},$$

де $\chi_{н}$, $\chi_{с}$ – коефіцієнти тижневої та добової нерівномірності споживання гарячої води (теплоти). $\chi_{н}=1 \dots 1,2$, $\chi_{с}=1,7 \dots 2$.

$$Q_{ГВ} = 1,2 \cdot 2 \cdot 1,6 = 3,8.$$

2.8 Гідравлічний розрахунок системи опалення

Гідравлічний розрахунок системи опалення приватного будинку був проведений за допомогою програми Кан С.О. 3.8 [38].

Для розрахунку у програмі було занесено основні данні:

- розташування приватного будинку (м. Запоріжжя);
- розташування відносно сторін світу;
- тип та параметри теплоносія;
- типи трубопроводів;
- основне регулююче обладнання;
- нумерація приміщень і їх тепловтрати.

Після внесення основних даних було побудовано розгорнутий рисунок за правилами програми, на якому було повністю зображено систему опалення і усі приміщення будівлі (див. рис. 2.8 - 2.9).

В кінці програма перевіряє правильність заповнення усіх пунктів і проводить розрахунок.

Результати розрахунків заведено в таблиці 2.7 - 2.10.

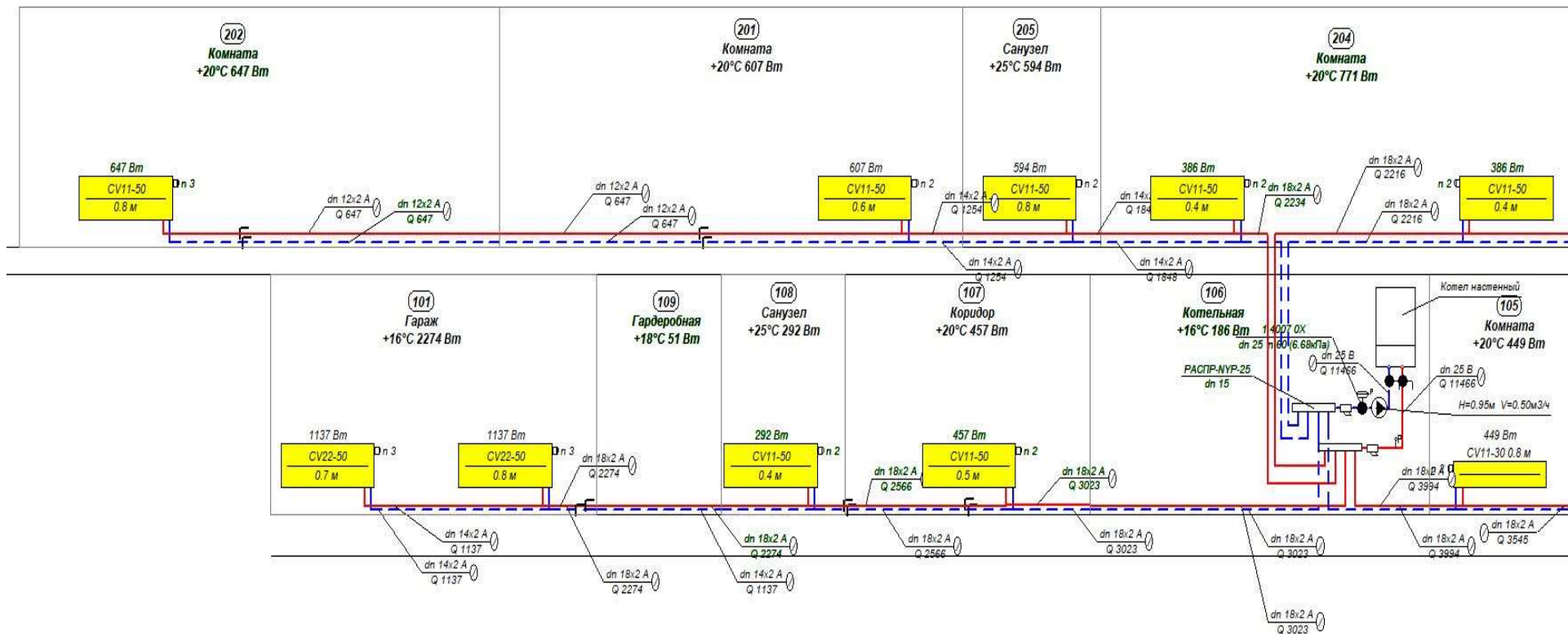


Рисунок 2.8 – Перша частина рисунка в програмі KAN C.O. 3.8

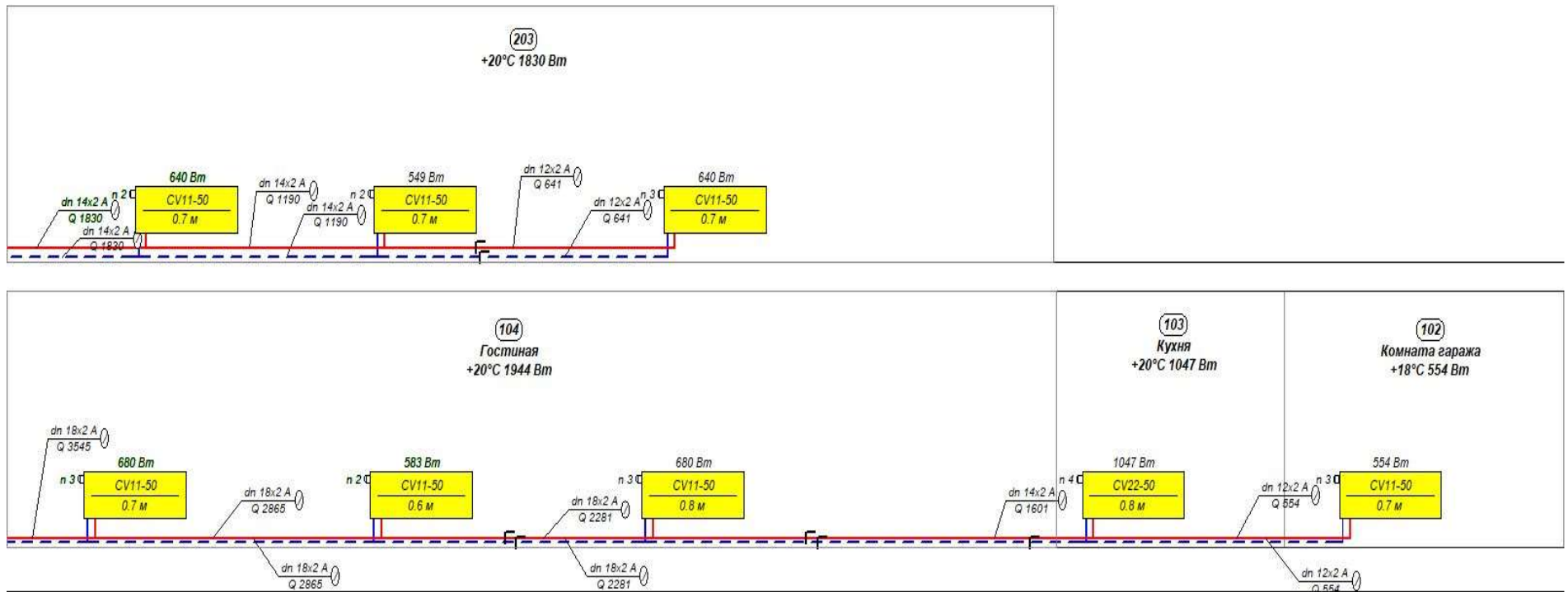


Рисунок 2.9 – Друга частина рисунка в програмі KAN C.O. 3.8

Таблиця 2.7 – Приміщення з опалюваними приладами

№ приміщення	$t_{вн}, ^\circ\text{C}$	$Q_o, \text{Вт}$	$Q_{\text{дод}}, \text{Вт}$	$Q_{\text{деф}}, \text{Вт}$	$Q_{\text{оп}}, \text{Вт}$
1	2	3	4	5	6
101	16	2274	51	-96	2319
CV22-50 n=7 ел., l=0,7 м.					1096
CV22-50 n=8 ел., l=0,8 м.					1224
102	18	554	2	-31	583
CV11-50 n=7 ел., l=0,7 м.					583
103	20	1047	31	-75	1091
CV22-50 n=8 ел., l=0,8 м.					1091
104	20	1944	191	17	1736
CV11-50 n=7 ел., l=0,7 м.					611
CV11-50 n=6 ел., l=0,6 м.					521
CV11-50 n=7 ел., l=0,7 м.					604
105	20	449	44	-28	433
CV11-30 n=8 ел., l=0,8 м.					433
106	16	186	233	-47	0
107	20	457	62	-35	430
CV11-50 n=5 ел., l=0,5 м.					430
108	25	292	18	-16	290
CV11-50 n=4 ел., l=0,4 м.					290
109	18	51	28	23	0
201	20	607	106	-21	522
CV11-50 n=6 ел., l=0,6 м.					522
202	20	647	1	16	630
CV11-50 n=8 ел., l=0,8 м.					630
203	20	1830	126	-41	1745
CV11-50 n=7 ел., l=0,7 м.					580

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6
	CV11-50	n=7 ел., l=0,7 м.			569
	CV11-50	n=7 ел., l=0,7 м.			596
204	20	771	82	-6	695
	CV11-50	n=4 ел., l=0,4 м.			348
	CV11-50	n=4 ел., l=0,4 м.			347
205	25	594	27	-17	584
	CV11-50	n=8 ел., l=0,8 м.			584

В системі опалення було використано 2 типи трубопроводів:

- труби поліетиленові (тип А) РЕ-Хс системи KAN-therm [38]. Труба виконується з поліетилену високої щільності якій підлягає процесу молекулярного зшивання потоком електронів. Таке зшивання структури поліетилену дозволяє отримати високу стійкість к термічному та хімічному навантаженню. Труби мають захисне покриття (EVOH) який не дає проникати кисню в теплоносій через стінку труби. Параметри роботи в системах опалення $T_{роб} = 90 \text{ }^\circ\text{C.}$, $P_{роб} = 0,8 \text{ МПа}$;
- труби сталеві (тип В) по ГОСТ 10704-91 $T_{макс} = 300 \text{ }^\circ\text{C.}$, $P = 2,5 \text{ МПа}$. Цей тип трубопроводів використовувався на виході і вході в котел і на ділянці де встановлено насос з частотним регулюванням для жорсткості конструкції.

Таблиця 2.8 – Циркуляційні кільця

Тип ділянки	Тип трубпр.	L, м	d _n , мм	Q, Вт	G, кг/с	w, м/с	dP, Па
1	2	3	4	5	6	7	8
Циркуляційне кільце в приміщенні 102							
dP _{цк} = 7284 Па		L _{цк} = 48,5 м					
П	В	0,9	25	11466	0,137	0,229	55
П	В	0,6	25	11466	0,137	0,229	223
П	А	0,65	18	3994	0,048	0,319	194
П	А	1,6	18	3994	0,048	0,319	187
П	А	2,9	18	3545	0,042	0,283	272
П	А	3,9	18	2865	0,034	0,229	246
П	А	3,7	18	2281	0,027	0,182	190
П	А	6,6	14	1601	0,019	0,25	868
П		2,9	12	554	0,007	0,135	113
П	А	0,2	12	554	0,007	0,135	10
Опалюваний прилад CV11-50 n = 7 ел., l = 0,7 м.							2103
З	А	0,25	12	554	0,007	0,134	11
З	А	2,9	12	554	0,007	0,134	109
З	А	6,6	14	1601	0,019	0,247	933
З	А	3,7	18	2281	0,027	0,18	200
З	А	3,9	18	2865	0,034	0,226	261
З	А	2,9	18	3545	0,042	0,28	287
З	А	1,9	18	3994	0,048	0,315	231
З	А	1,15	18	3994	0,048	0,315	253
З	В	0,8	25	11466	0,137	0,226	506
З	В	0,45	25	11466	0,137	0,226	34

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8
Циркуляційне кільце в приміщенні 103							
$dP_{цк} = 7284 \text{ Па}$ $L_{цк} = 42,7 \text{ м}$							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							2234
П	А	0,2	14	1047	0,013	0,164	30
Опалюваний прилад CV22-50 $n = 8 \text{ ел.},$ $l = 0,8 \text{ м.}$							2290
З	А	0,25	14	1047	0,013	0,162	25
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							2705
Циркуляційне кільце в приміщенні 104							
$dP_{цк} = 7279 \text{ Па}$ $L_{цк} = 29,5 \text{ м}$							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							1366
П	А	0,2	12	680	0,008	0,166	34
Опалюваний прилад CV11-50 $n = 7 \text{ ел.},$ $l = 0,7 \text{ м.}$							4080
З	А	0,25	12	680	0,008	0,165	26
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							1772
Циркуляційне кільце в приміщенні 104							
$dP_{цк} = 7279 \text{ Па}$ $L_{цк} = 22,1 \text{ м}$							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							1176
П	А	0,2	12	583	0,007	0,143	24
Опалюваний прилад CV11-50 $n = 6 \text{ ел.},$ $l = 0,6 \text{ м.}$							4489
З	А	0,25	12	583	0,007	0,141	18
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							1572

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8
Циркуляційне кільце в приміщенні 104							
$dP_{цк} = 7279 \text{ Па}$ $L_{цк} = 14,3 \text{ м}$							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							930
П	А	0,2	12	680	0,008	0,166	35
Опалюваний прилад CV11-50 $n = 7 \text{ ел.},$ $l = 0,7 \text{ м.}$							4977
З	А	0,25	12	680	0,008	0,165	26
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							1311
Циркуляційне кільце в приміщенні 105							
$dP_{цк} = 7273 \text{ Па}$ $L_{цк} = 8,5 \text{ м}$							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							659
П	А	0,2	12	449	0,005	0,11	13
Опалюваний прилад CV11-30 $n = 8 \text{ ел.},$ $l = 0,8 \text{ м.}$							5566
З	А	0,25	12	449	0,005	0,109	12
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							1024
Циркуляційне кільце в приміщенні 101							
$dP_{цк} = 7278 \text{ Па}$ $L_{цк} = 33,7 \text{ м}$							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							278
П	А	0,65	18	3023	0,036	0,241	114
П	А	3,8	18	3023	0,036	0,241	258
П	А	1,25	18	3023	0,036	0,241	82
П	А	2,95	18	2566	0,031	0,205	239
П	А	1,3	18	2274	0,027	0,181	60
П	А	1,85	18	2274	0,027	0,181	74

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8		
П	А	0,8	18	2274	0,027	0,181	65		
П	А	2,65	14	1137	0,014	0,178	173		
П	А	0,2	14	1137	0,014	0,178	17		
Опалюваний прилад CV22-50							n = 7 ел.,	l = 0,7 м.	4236
З	А	0,25	14	1137	0,014	0,176	20		
З	А	2,65	14	1137	0,014	0,176	187		
З	А	0,7	18	2274	0,027	0,179	62		
З	А	1,85	18	2274	0,027	0,179	79		
З	А	1,4	18	2274	0,027	0,179	68		
З	А	2,95	18	2566	0,031	0,202	248		
З	А	1,15	18	3023	0,036	0,238	81		
З	А	3,4	18	3023	0,036	0,238	247		
З	А	0,8	18	3023	0,036	0,238	56		
З	А	0,35	18	3023	0,036	0,238	94		
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок								540	
Циркуляційне кільце в приміщенні 101									
dP _{цк} = 7282 Па L _{цк} = 28,4 м									
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							1170		
П	А	0,2	14	1137	0,014	0,178	36		
Опалюваний прилад CV22-50							n = 8 ел.,	l = 0,8 м.	4572
З	А	0,25	14	1137	0,014	0,176	31		
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							1475		

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8
Циркуляційне кільце в приміщенні 108							
$dP_{цк} = 7279 \text{ Па}$ $L_{цк} = 20,5 \text{ м}$							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							971
П	А	0,2	12	292	0,003	0,071	6
Опалюваний прилад CV11-50 $n = 4 \text{ ел.},$ $l = 0,4 \text{ м.}$							5030
З	А	0,25	12	292	0,003	0,071	7
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							1265
Циркуляційне кільце в приміщенні 107							
$dP_{цк} = 7277 \text{ Па}$ $L_{цк} = 14,6 \text{ м}$							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							732
П	А	0,19	12	457	0,005	0,112	13
Опалюваний прилад CV11-50 $n = 5 \text{ ел.},$ $l = 0,5 \text{ м.}$							5502
З	А	0,25	12	457	0,005	0,111	12
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							1018
Циркуляційне кільце в приміщенні 203							
$dP_{цк} = 7534 \text{ Па}$ $L_{цк} = 36,0 \text{ м}$							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							278
П	А	0,95	18	2216	0,026	0,177	75
П	А	2,6	18	2216	0,026	0,177	104
П	А	2,9	18	2216	0,026	0,177	115
П	А	3,5	14	1830	0,022	0,286	518
П	А	3,25	14	1190	0,014	0,186	217
П	А	3,95	12	641	0,008	0,156	267

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8
П	А	0,15	12	641	0,008	0,156	12
Опалюваний прилад CV11-50 n = 7 ел., l = 0,7 м.							4143
3	А	0,25	12	641	0,008	0,155	14
3	А	3,95	12	641	0,008	0,155	203
3	А	3,25	14	1190	0,014	0,184	230
3	А	3,5	14	1830	0,022	0,283	568
3	А	2,6	18	2216	0,026	0,175	110
3	А	2,05	18	2216	0,026	0,175	88
3	А	0,35	18	2216	0,026	0,175	52
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							540
Циркуляційне кільце в приміщенні 203							
dP _{цк} = 7538 Па L _{цк} = 28,1 м							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							1306
П	А	0,15	12	549	0,007	0,134	19
Опалюваний прилад CV11-50 n = 7 ел., l = 0,7 м.							4608
3	А	0,25	12	549	0,007	0,133	17
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							1588
Циркуляційне кільце в приміщенні 203							
dP _{цк} = 7534 Па L _{цк} = 21,6 м							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							1089
П	А	0,15	12	641	0,008	0,157	27
Опалюваний прилад CV11-50 n = 7 ел., l = 0,7 м.							5038

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8
З	А	0,25	12	641	0,008	0,155	22
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							1358
Циркуляційне кільце в приміщенні 204							
dP _{цк} = 7533 Па L _{цк} = 14,6 м							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							571
П	А	0,15	12	386	0,005	0,094	9
Опалюваний прилад CV11-50 n = 4 ел., l = 0,4 м.							6153
З	А	0,25	12	386	0,005	0,093	10
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							790
Циркуляційне кільце в приміщенні 202							
dP _{цк} = 7535 Па L _{цк} = 43,3 м							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							278
П	А	0,4	18	2234	0,027	0,178	54
П	А	1,0	18	2234	0,027	0,178	43
П	А	2,8	18	2234	0,027	0,178	113
П	А	0,49	18	2234	0,027	0,178	24
П	А	2,5	14	1848	0,022	0,289	388
П	А	2,45	14	1254	0,015	0,196	182
П	А	11,0	12	647	0,008	0,158	725
П	А	0,15	12	647	0,008	0,158	13
Опалюваний прилад CV11-50 n = 8 ел., l = 0,8 м.							3819
З	А	0,25	12	647	0,008	0,156	14
З	А	11,0	12	647	0,008	0,156	519

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8
3	A	2,45	14	1254	0,015	0,194	194
3	A	2,5	14	1848	0,022	0,286	430
3	A	0,6	18	2234	0,027	0,176	29
3	A	2,2	18	2234	0,027	0,176	95
3	A	0,4	18	2234	0,027	0,176	21
3	A	0,35	18	2234	0,027	0,176	53
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							540
Циркуляційне кільце в приміщенні 201							
dP _{цк} = 7530 Па L _{цк} = 21,3 м							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							1082
П	A	0,15	12	607	0,007	0,148	24
Опалюваний прилад CV11-50 n = 6 ел., l = 0,6 м.							5041
З	A	0,25	12	607	0,007	0,147	20
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							1363
Циркуляційне кільце в приміщенні 205							
dP _{цк} = 7535 Па L _{цк} = 16,4 м							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							900
П	A	0,15	12	594	0,007	0,145	23
Опалюваний прилад CV11-50 n = 8 ел., l = 0,8 м.							5424
З	A	0,25	12	594	0,007	0,144	19
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							1169

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8
Циркуляційне кільце в приміщенні 204							
dP _{цк} = 7532 Па L _{цк} = 11,4 м							
Гідравлічний опір спільних подаючих ділянок							512
П	А	0,15	12	386	0,005	0,094	9
Опалюваний прилад CV11-50 n = 4 ел., l = 0,4 м.							
							6262
З	А	0,25	12	386	0,005	0,093	10
Гідравлічний опір спільних зворотних ділянок							739

Таблиця 2.9 – Налаштування регулюючого обладнання

Тип трубпр.	№ прим.	Символ	Налаштування	d _н , мм	G, кг/с	K _v , м ³ /ГОД	dP, Па
1	2	3	4	5	6	7	8
З	106	1 4007 0X	60	25	0,137	9,5	278
П	101	165 11 62-66	3	15	0,014	0,243	4236
П	101	165 11 62-66	3	15	0,014	0,234	4572
П	108	165 11 62-66	2	15	0,003	0,057	5030
П	107	165 11 62-66	2	15	0,005	0,086	5502
П	105	165 11 62-66	2	15	0,005	0,084	5566
П	104	165 11 62-66	3	15	0,008	0,134	4977
П	104	165 11 62-66	2	15	0,007	0,121	4489
П	104	165 11 62-66	3	15	0,008	0,148	4080
П	103	165 11 62-66	4	15	0,013	0,304	2290
П	102	165 11 62-66	3	15	0,007	0,168	2103
П	204	165 11 62-66	2	15	0,005	0,068	6262
П	202	165 11 62-66	3	15	0,008	0,145	3819
П	201	165 11 62-66	2	15	0,007	0,119	5041

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8
П	205	165 11 62-66	2	15	0,007	0,112	5424
П	203	165 11 62-66	3	15	0,008	0,138	4143
П	203	165 11 62-66	2	15	0,007	0,112	4608
П	203	165 11 62-66	2	15	0,008	0,125	5038
П	204	165 11 62-66	2	15	0,005	0,068	6153

Таблиця 2.10 – Опалювальні пристрої

№ прим.	Опал. пристрій	n, ел.	L, м	Q _{роз} , Вт	Q _{гр} , Вт	t _п , °C	dt, °C
1	2	3	4	5	6	7	8
105	CV11-30	8	0,8	449	405	79,79	19,28
102	CV11-50	7	0,7	554	552	77,6	21,03
104	CV11-50	7	0,7	680	614	79,03	17,75
104	CV11-50	6	0,6	583	526	79,35	17,87
104	CV11-50	7	0,7	680	614	79,64	17,97
107	CV11-50	5	0,5	457	395	79,51	18,81
108	CV11-50	4	0,4	292	274	79,26	19,89
201	CV11-50	6	0,6	607	501	79,02	17,19
202	CV11-50	8	0,8	647	646	76,76	19,48
203	CV11-50	7	0,7	641	596	79,06	18,61
203	CV11-50	7	0,7	549	511	78,6	20,74
203	CV11-50	7	0,7	641	596	77,72	18,1
204	CV11-50	4	0,4	386	345	79,36	17,99
204	CV11-50	4	0,4	386	345	79,53	18,05
205	CV11-50	8	0,8	594	567	79,32	19,67
101	CV22-50	8	0,8	1137	1112	78,94	21,53
101	CV22-50	7	0,7	1137	1112	78,53	19,27

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8
103	CV22-50	8	0,8	1047	1016	78,37	20,84

2.9 Підбір котла

Загальні тепловтрати будинку з урахуванням втрат на гаряче водопостачання складають 15,5 кВт. По-перше котел потрібно брати з запасом 20%. По-друге оскільки котел повинен забезпечити і опалення і гаряче водопостачання, то він повинен бути двоконтурним.

Був підібран котел BOSCH WBN 6000-24C RN.

Характеристики котла:

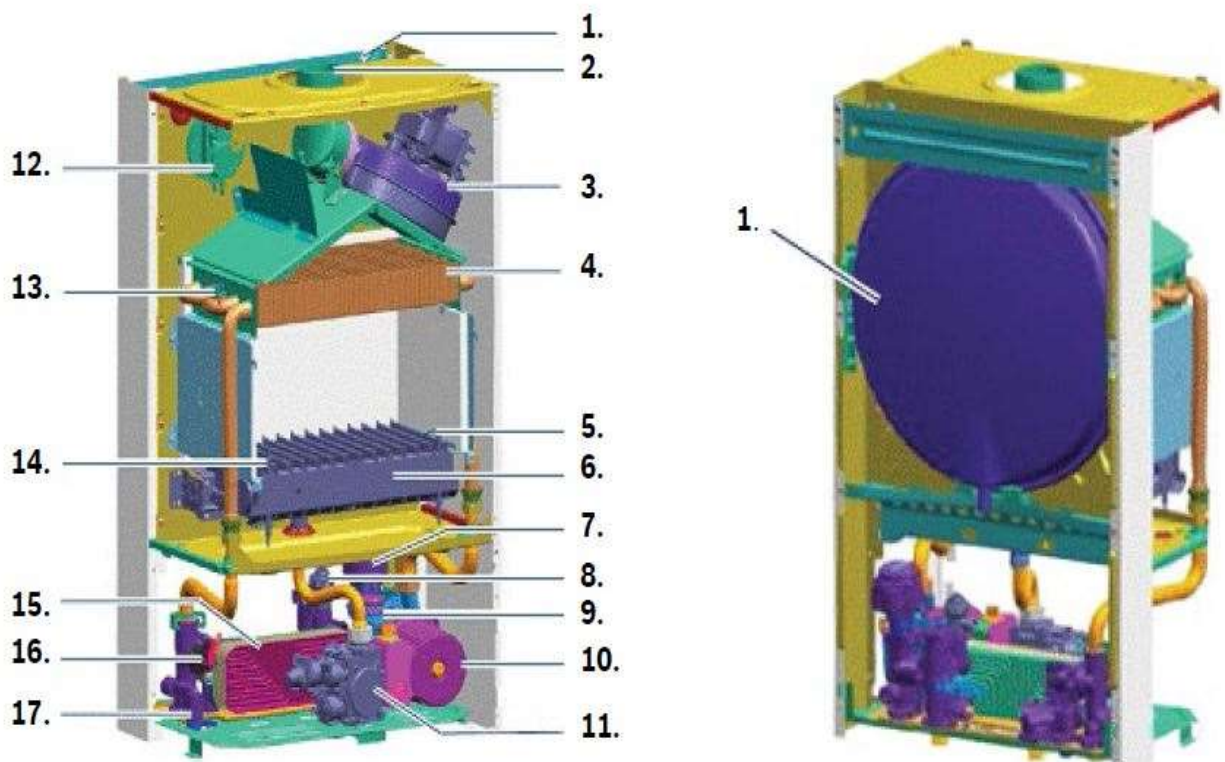
- тип - конвекційний (опалювальний);
- спосіб установки - настінний;
- тип димоходу - турбінний;
- теплова потужність - 24 кВт;
- кількість контурів - двоконтурний (опалення + ГВП);
- тип підпалювання - електронний (автоматичний);
- тип камери згоряння - закрыта;
- матеріал теплообмінника - мідь (не містить сплавів олова/олива з терміном експлуатації 15 років);

Особливості:

- номінальне теплове навантаження щодо гарячої води/опалення - (8...26,7) кВт;
- витрата природного газу за максимальної потужності - 2,8 м³/год;
- витрата зрідженого газу під час максимальної потужності - 2 кг/год;
- допустимий тиск природного газу – (10,5...16) Мбар;
- допустимий тиск зрідженого газу (пропан/бутан) – (25...35) Мбар;
- загальний об'єм розширювального бака - 8 л;
- діапазон температур у системі опалення – (40...85) °С;

- максимально допустимий тиск - 3 бар;
- діапазон температур під час приготування гарячої витратної води – (40...60) °С;
- максимальний тиск води - 10 бар;
- максимальна продуктивність - 11,4 л/хв;
- мінімальний робочий тиск води - 0,3 бар;
- масовий потік димових газів у разі максимальної потужності - 59,8 кг/год;
- температура на виході з котла - 142 °С;
- рівень шуму - до 38 дБ;
- діаметр димової труби - 60/100,8/80 мм
- призначений для опалення приміщення і приготування гарячої води для котеджів та інших будівель площею до 250 м²;
- безступеневе автоматичне регулювання потужності в режимі опалення і режимі приготування гарячої води;
- РК-дисплей з індикацією робочих параметрів, зі стандартними кодами помилок полегшує налаштування та сервісне обслуговування;
- можливість переходу на роботу на зрідженому газі;
- керування роботою за допомогою кімнатних регуляторів;
- стабільна робота котла до -30 °С;
- вбудований триступеневий циркуляційний насос з відведенням повітря;
- безступеневий модульований вентилятор з датчиком контролю швидкості обертання;
- пристрій контролю тяги з автоматичним вимкненням;
- обмежувач температури захищає теплообмінник від перегрівання;
- датчик температури подавальної лінії системи опалення;
- датчик тиску, який захищає котел від експлуатації без теплоносія;
- захист від замерзання [14].

Конструкція котла представлена на рисунку 2.10.



1 - розширювальний бак; 2 – підключення димохода; 3 – вентилятор з автоматичним регулюванням числа обертів; 4 – теплообмінник; 5 – електрод іонізації; 6 – горілка; 7 – триходовий клапан; 8 – запобіжний клапан (3 бар); 9 – відведення повітря; 10 – триступеневий насос; 11 – газова арматура; 12 – диференційне реле тиску; 13 – обмежувач температури; 14 – електрод розпалу; 15 – пластинчатий теплообмінник ГВП; 16 – запобіжний клапан ГВП; 17 – пристрій для заповнення.

Рисунок 2.10 – Конструкція котла BOSCH WBN 6000-24C RN

2.10 Встановлення та налаштування автоматичного регулятора перепаду тиску

Встановлення виконується на трубопроводах зворотного потоку вниз маховиком або горизонтально, крім встановлення маховиком до гори

(див. рис. 2.11). Напрямок руху потоку повинен співпадати з стрілкою вказаною на корпусі. Імпульсна трубка підключається к встановленому на подаючому трубопроводі до клапану. Рекомендується встановлення фільтра грязевика перед регулятором перепаду тиску та запірним клапанів до та після регулятора.

Регулятор перепаду тиску може бути перекрит за допомогою шестигранного ключа SW 4. Рекомендується встановлення стопорного кільця для запобігання зміни заданого регулювання в ході перекриття.

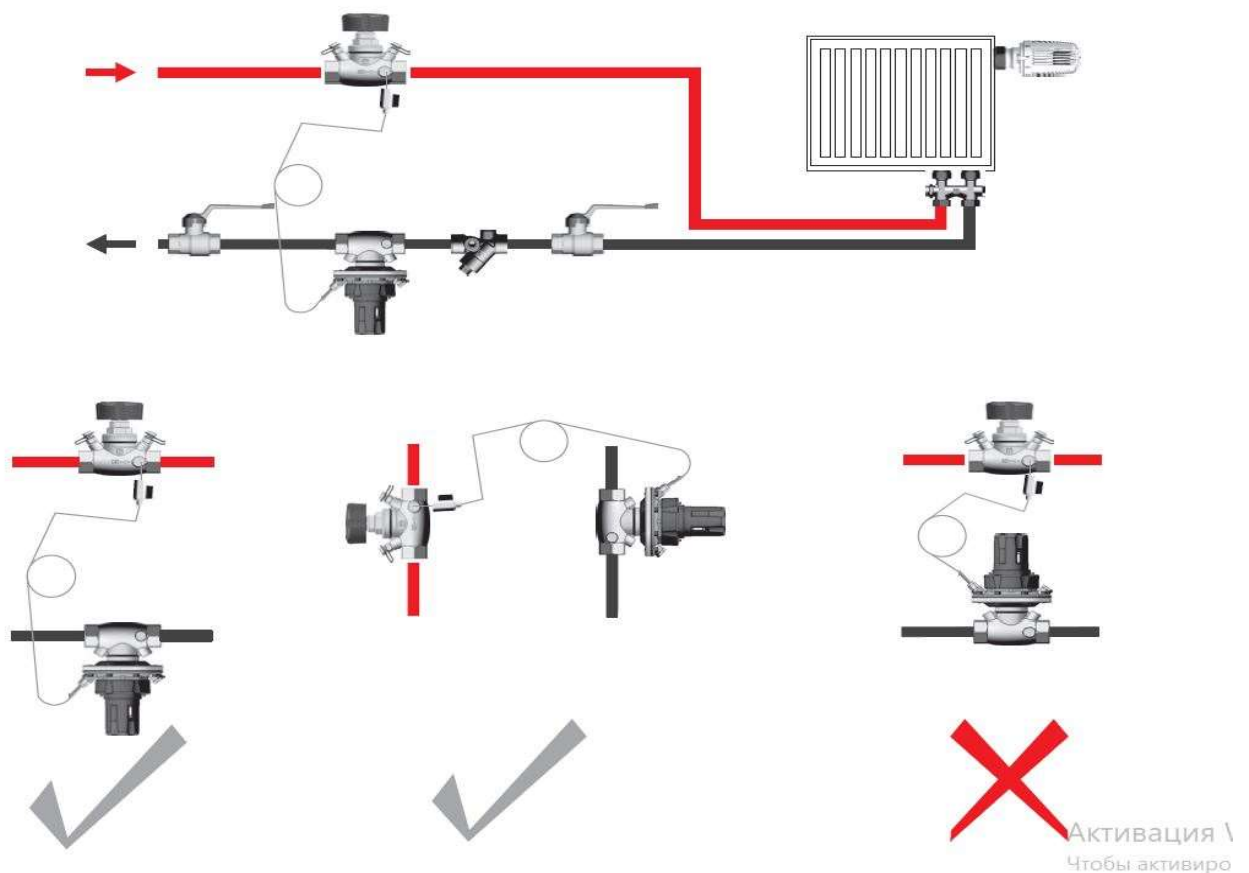


Рисунок 2.11 – Правильне встановлення автоматичного регулятора перепаду тиску.

В системах опалення для регулювання та автоматичної підтримки заданого перепаду тиску в межах діапазону регулювання, з встановленням в системах після ГЕРЦ-ШТРЕМАКС балансувальних клапанів.

Для отримання точних результатів замірів необхідно закладати прямі ділянки труби для «заспокоєння» потоку, перед регулятором пряма ділянка яка дорівнює 10 діаметрам труби, а після регулятора 5 діаметрам (див. рис. 2.12).

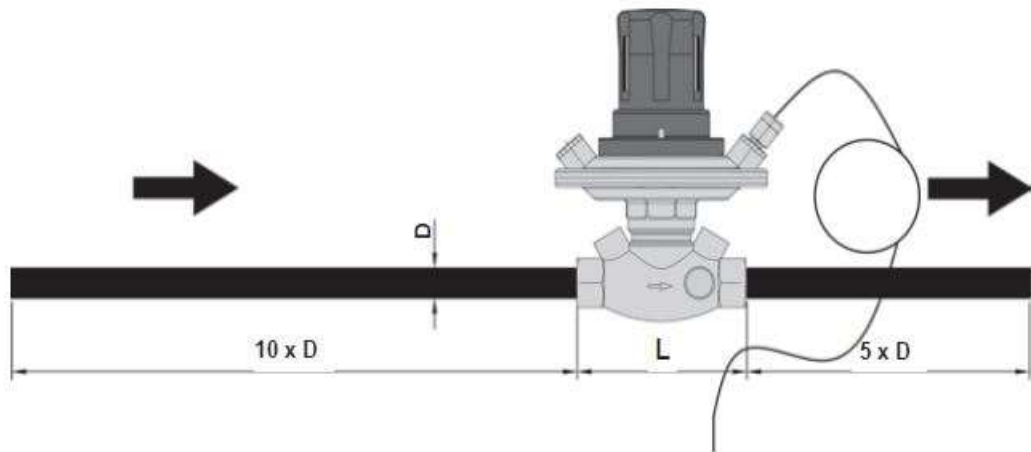


Рисунок 2.12 – Правильність встановлення автоматичного регулятора перепаду тиску для отримання точних результатів замірів.

Налаштування регулятора ГЕРЦ 4007 полягає в встановленні на регуляторі проектного значення n гідравлічного налаштування.

Визначаємо значення n гідравлічного налаштування регулятора ГЕРЦ 4007 за допомогою номограми яка зображена на рисунку 2.13.

При заданому перепаді тиску $\Delta P_{\text{зад}} = 7,3$ кПа та розрахованій витраті $G = 493$ л/год необхідно встановити маховик регулятора на величину гідравлічного налаштування $n = 60$.

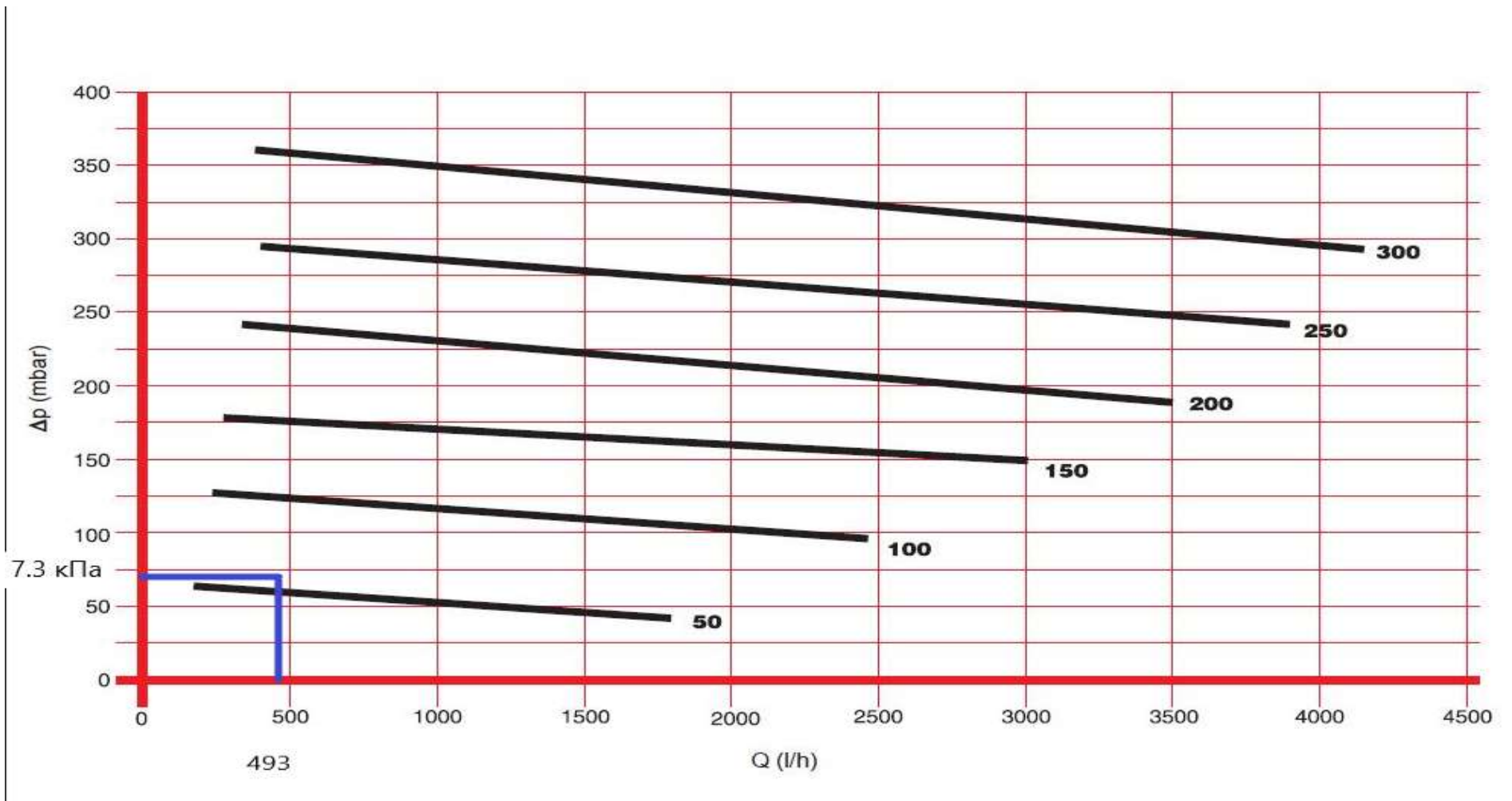


Рисунок 2.13 – Приклад визначення значення *n* гідравлічного налаштування по номограмі

3 ЕКСПЕРИМЕНТИ НА СТЕНДІ HERZ

3.1 Опис установки та експерименту

Установка для експериментів зображена на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Установка для експериментів HERZ

Установка складається з:

1. Шарового крану для насосів. Корпус з кованої латуні, нікельований з тефлоновим ущільнювачем, два ущільнюючих кільця O-Ring. Робоча температура від 0 °C до +110 °C;

2. Циркуляційного насоса. Насос EAS 25/2 - 130 230 В / 50 Гц. Циркуляційний насос з водоміром та з ручним 3-ступеневим перемикачем кількості обертів насоса. Мотор з вбудованим тепловим реле. Корпус насоса з сірого чавуна, ходове кільце з скловолокнистого пластика, сталевий вал з металізованими кутовими підшипниками ковзання;

3. Шарового крану для насосів з зворотним клапаном. Корпус з кованої латуні, нікельований з тефлоновим ущільнювачем, два ущільнюючих кільця O-Ring. Робоча температура від 0 °С до +110 °С;

4. Циркуляційного насоса з частотним регулюванням. Високоєфективний циркуляційний насос з мокрим ротором, різьбове підключення Rp 1/2 , максимальна продуктивність 2,6 м³/год, максимальний натиск 4м, монтована довжина 130 мм. Також є світлодіодний індикатор для налаштування заданого значення з кроком 0,1 м і для індикації поточного споживання потужності. Електропідключення з Wilo-Connector, не потребує використання спеціального інструмента. Унікальна функція відведення повітря з насоса. Високий пусковий обертовий момент для безпечного запуску. Індекс енергоефективності (IEE) ≤ 0,20. Номінальний тиск PN6. Клас захисту IP X2D. Допустимий діапазон температур теплоносія (-10...+95) °С;

5. Витратомір;

6. Манометр;

7. Опалювальний прилад;

8. Балансуєчий клапан.

Схема установки зображена на рисунку 3.2

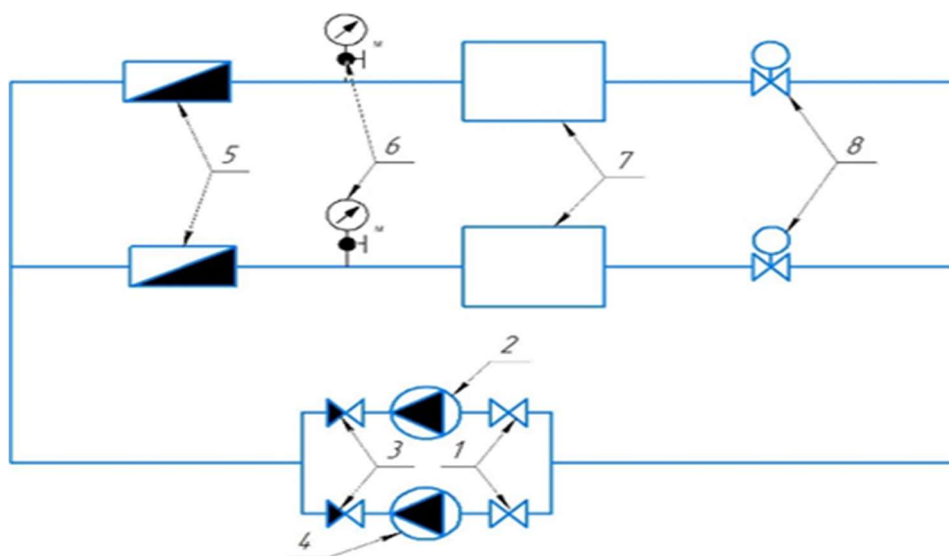


Рисунок 3.2 – Схема установки

На установці для експериментів HERZ можна налаштувати як однострубну, так і двотрубну систему, з можливістю використовувати різноманітне балансує обладнання, а саме автоматичний регулятор перепаду тиску, витратомір, термостатичні головки на опальовальних пристроях, насос з частотним регулюванням, ручний регулятор перепаду тиску.

Для виконання експерименту була налаштована двотрубна система, і було проведено ряд опитів.

Перша частина експерименту проведена без використання регулюючого обладнання, для того щоб показати проблему застарілих систем опалення в яких відсутнє регулює обладнання

В другій частині експерименту вже було використано регулює обладнання (автоматичний регулятор перепаду тиску та насос з частотним регулюванням) в якому наглядно побачимо ефект від регулювання.

3.2 Проведення експерименту без балансує обладнання

Перша серія експериментів була проведена з використанням звичайного насоса та без використання автоматичного регулятора перепаду тиску.

Під час проведення експерименту ми підключали споживачів за допомогою ручки термостатичної головки до максимуму. Після зниження витрати теплоносія на першому стояку з кроком 1 л/хв, стежимо, як це впливає на інших споживачів. Результати зображені на рисунках 3.3 та 3.4.

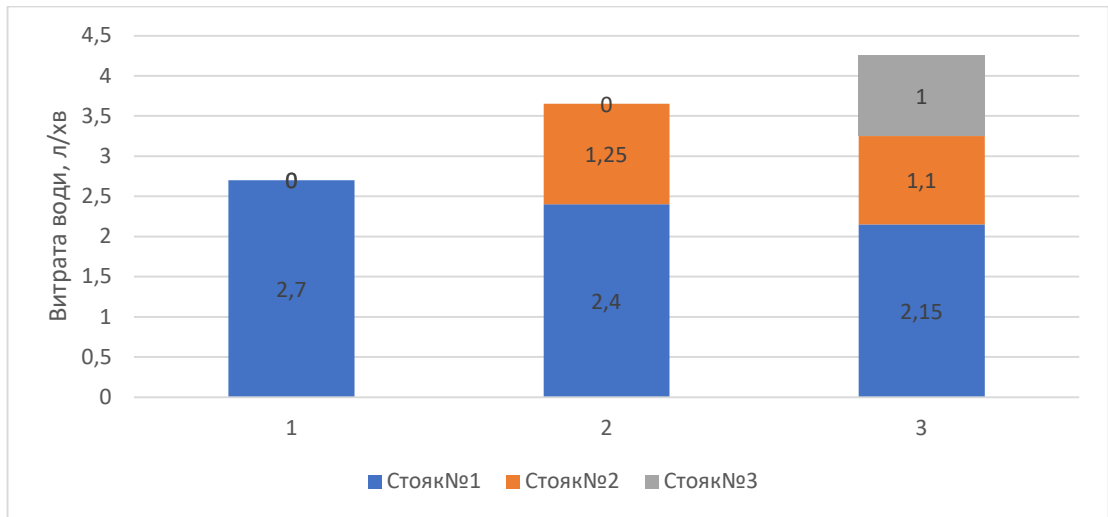


Рисунок 3.3 – Підключення споживачів

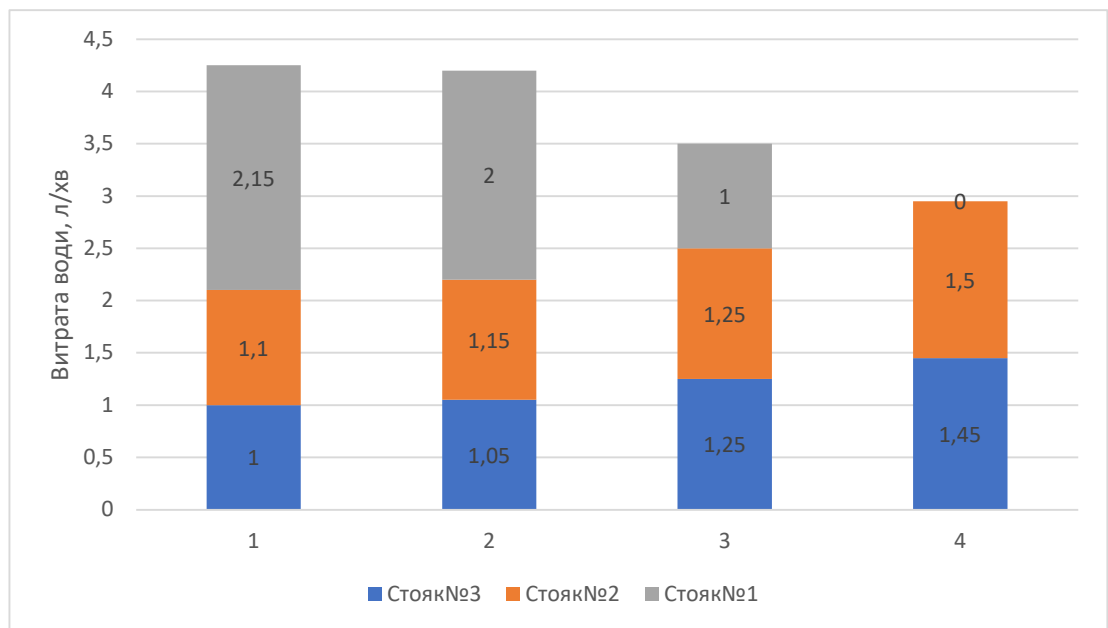


Рисунок 3.4 – Зниження витрати на першому стояку з кроком 1 л/хв

На рисунках 3.3 та 3.4 можемо побачити зниження витрати води у споживачів при підключенні додаткового, а також значне підвищення напору у споживачів № 2 та № 3 при зниженні витрати у споживача №1.

3.3 Проведення експерименту з використанням автоматичного регулятора перепаду тиску з насосом з частотним регулюванням.

Друга серія експериментів була проведена з використанням автоматичного регулятора перепаду тиску та з насосом з частотним регулюванням.

Під час проведення експерименту ми спостерігали, як впливає на споживача № 3 зменшення витрати у споживачів № 1 та № 2 при різних напорах. Результати зображені на рисунках 3.5-3.7.

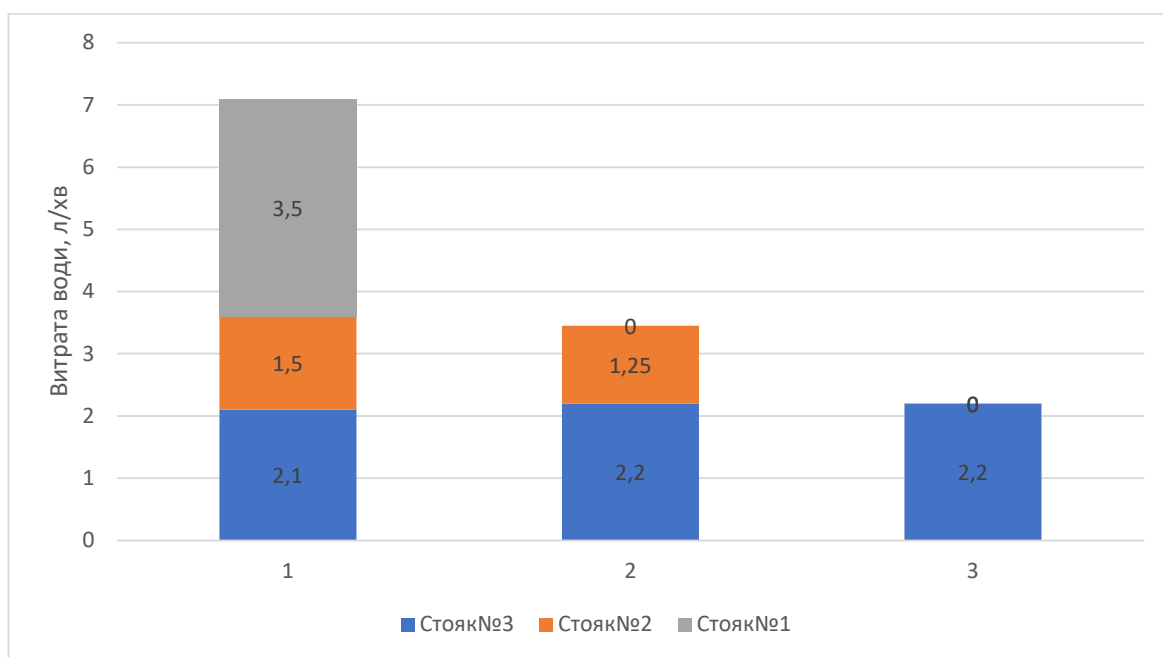


Рисунок 3.5 – Витрати води при використанні автоматичного регулятора перепаду тиску та насоса з частотним регулятором, при напорі 6 м

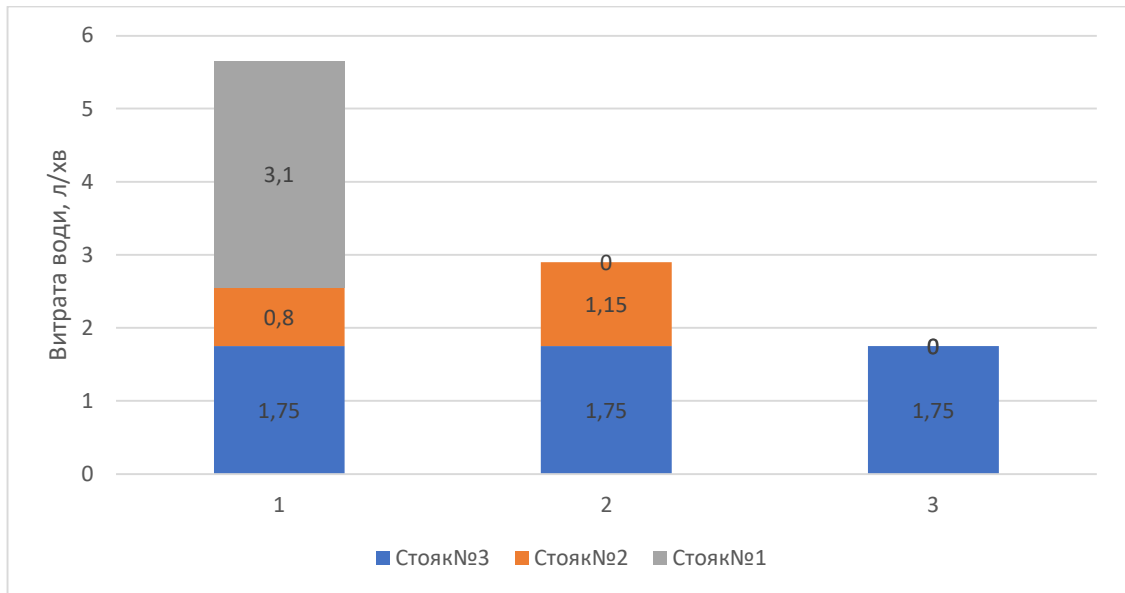


Рисунок 3.6 – Витрати води при використанні автоматичного регулятора перепаду тиску та насоса при напорі 4 м

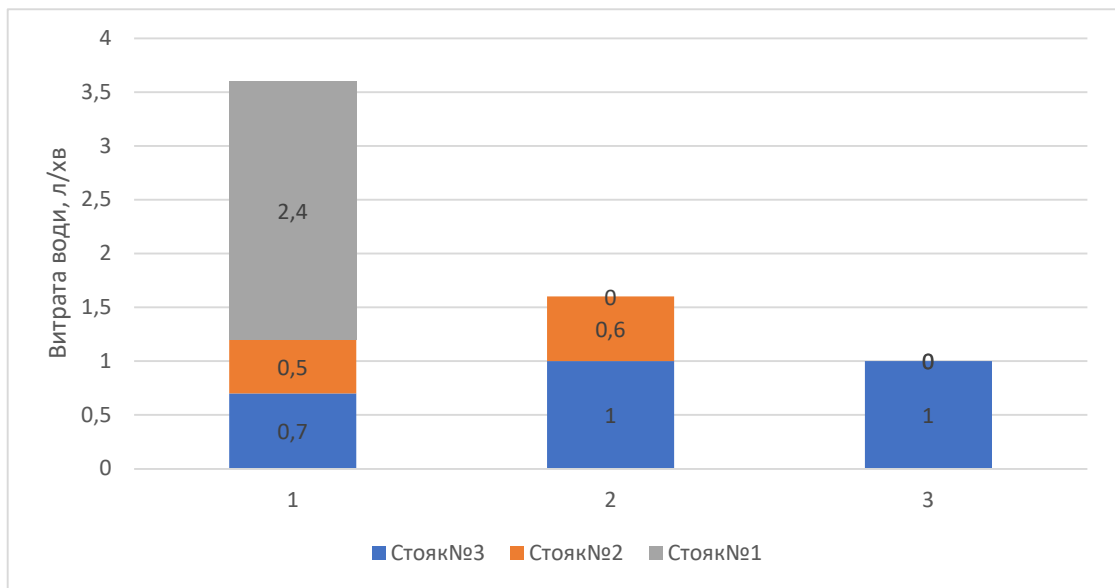


Рисунок 3.7 – Витрати води при використанні автоматичного регулятора перепаду тиску та насоса при напорі 2 м

Висновки по результатам експерименту можна зробити такі:

1. В першій серії експериментів ми чітко побачили проблему при використанні термостатичних регуляторів: а саме, що застаріла система непридатна к кількісному регулюванню, і що при регулюванні у одного споживача інші споживачі отримують підвищену витрату.

2. В другій серії експериментів ми побачили, що при використанні автоматичного регулятора перепаду тиску і насоса з частотним регулюванням ситуація змінюється. Стає можливим використання кожним споживачем термостатичного регулятора і при цьому система залишиться збалансована і інші споживачі не страждають від цього.

ВИСНОВКИ

Розраховано систему тепlopостачання приватного будинку у місті Запоріжжя.

Підібрані будівельні матеріали усіх конструкцій.

Підібрано теплоізоляційний матеріал пінополіуретан з такими основними характеристиками:

- коефіцієнт теплопровідності (0,02...0,04) Вт/(м²·К);
- щільність (40...60) кг/м³;
- діапазон робочих температур від -60 °С до +150 °С;
- коефіцієнт паропроникності 0,05 мг/(м·год·Па);
- біологічно нейтральний (стійкий до мікроорганізмів, гниття, цвітіння);
- пожежобезпечний;
- можливість ізоляції конструкцій будь-якої конфігурації і розмірів;
- термін експлуатації (30...50) років.

Розрахована оптимальна товщина теплоізоляційного матеріалу для кожної конструкції будівлі.

Перевірена вірогідність конденсації водяної пари в товщі стін.

Розраховано тепловтрати в кожній кімнаті будинку, отримали сумарні тепловтрати будинку за допомогою програми KAN Auditor OZC 6.11 Pro.

Розраховано навантаження на гаряче водопостачання.

Проведено гідравлічний розрахунок системи опалення в програмі KAN C.O. 3.8.

Підібрано газовий двоконтурний котел BOSCH WBN 6000-24C RN з максимальною тепловою потужністю 24 кВт.

Встановили та налаштували балансуєчі обладнання, а саме автоматичний регулятор перепаду тиску ГЕРЦ 4007.

Провели експеримент на лабораторному стенді ГЕРЦ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Яушовець Р.В. Гідравліка – серце водяного опалення/ Яушовець Р.В., Вена, 2005. - 201с.
2. Покотилів В.В. Посібник з розрахунку системи опалення/ Покотилів В.В., Вена, 2008. - 161с.
3. Любарець О.П. Проектування систем водяного опалення/ Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О., Київ, 2010. - 201 с.
4. Покотилів В.В. Регулюючі клапани автоматизованих систем тепло- та холодопостачання/ Покотилів В.В., Вена, 2017. – 232 с.
5. Крючков Є.М. Проектування системи тепlopостачання/ Крючков Є.М., Запоріжжя, 2010. – 300с.
6. Яушовець Р.Р. Гідравліка – серце водяного опалення/ Яушовець Р.Р., Вена, 2005. – 201с.
7. Дементьєв К.В. Посібник з монтажу систем HERZ/ Дементьєв К.В., Київ, 2018. - 220с.
8. Крупнов Б.А. Посібник з проектування систем опалення, вентиляції та кондиціонування/ Крупнов Б.А., Шарафадінов М.С., Москва. 2008. – 220с.
9. Любарець В.М. Проектування системи опалення/ Любарець В.М., Зайцев О.М., Вена, 2008. – 168 с.
10. Шперний А.В. Низькопотенційні та альтернативні джерела енергії/ Шперний А.В. Запоріжжя. 2003. 38 с.
11. Буряк М.В. Енергетичний менеджмент/ Буряк М.В., Дзядикевич Ю.В., Розум Р.І., Тернопіль: Економічна думка, 2010. - 123с.
12. Прокопенко В.В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями, навчальний посібник/ Прокопенко В.В., Закладний О.М., Кульбачний П.В., Освіта України, 2009. - 438с.
13. Любарець О.П. Книга проектувальника/ Любарець О.П. Вена. 2008. – 196с.

14. Чучалин М.П. Впровадження енергозберігаючих та енергоефективних технологій у сучасному будівництві/ Чучалин М.П. Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». № 1 (23), 2017. – 38с.
15. Щекин Р.В. Отопление и теплоснабжение/ Щекин Р.В. 4-е изд., перераб. и доп. - Киев: Будівельник, 1976. - 416с.
16. Матказіна Р.Р. Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. Методичні вказівки/ Матказіна Р.Р., Чижов С.Є. Запоріжжя. 2018. – 77с.
17. Богословский В.Н., Сканави А. Н. Отопление: Учеб. для вузов.– М.: Стройиздат, 1991. – 735 с. 2. Отопление: учебник для студентов ВУЗов, обучающихся по направлению “Строительство” / А.Н. Сканави, Л.М. Махов. – М.: АСВ, 2002. – 576 с.
18. Желих В.М. Особливості опалення виробничих приміщень / В.М. Желих, О.Т. Возняк, Ю.С. Юркевич // Теорія і практика будівництва. Національний університет ”Львівська політехніка”. – 2007. – № 602. – с.57–61.
19. Тихомиров К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. - М.: Стройиздат, 1981г.
20. Богословский В.Н. Отопление и вентиляция.-М.: Стройиздат, 1980г
21. Черков А.П. Справочник проектировщика. Часть 1, Отопление М.: Стройиздат, 1990г.
22. Падалка Д.Г. Опалення від А до Я/ Падалка Д.Г., Тимакова Т.М., Данильченко В.Д., Київ. 2010. – 47с.
23. ДБН В.2.5-67:2013. Інформація та документація. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.
24. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Інформація та документація. Будівельна кліматологія. – К.:Мінрегіонбуд України, 2011. – 127с.
25. ДБН В.2.5-74:2013. Інформація та документація. Водопостачання зовнішні мережі та споруди. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 180с.

26. ДБН В.2.5-64:2012. Інформація та документація. Внутрішній водопровід та каналізація. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 113с.

27. ДСТУ Б А.2.4-41:2009. Інформація та документація. Опалення, внтиляція і кондиціонування повітря. Мінрегіонбуд України, 2009. – 32с.

28. ДБН В.2.6–31:2016. Інформація та документація. Тепла ізоляція будівель. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, Київ. 2017.

29. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015. Інформація та документація. Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. Мінрегіонбуд України, Київ. 2015. – 29с.

30. ДСТУ - Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Київ. Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011.

31. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Державний комітет України з будівництва та архітектури, Київ, 2005.

32. ГОСТ 10704-91. Труби сталеві електрозварні прямо шовні. Міністерство металургії СРСР, 1993.

33. ДБН В.2.6 – 31:2006. Конструкції будинків і споруд “Теплова ізоляція будівель” зі зміною № 1 від 1 липня 2013 р.: Мінбуд України, Київ, 2006.

34. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (ІЕН 15251:2007, IDT).

35. Офіційний сайт BOSCH в Україні. URL: <https://www.bosch.ua/> (дата звернення 15.10.2020).

36. Офіційний сайт Purmo в Україні. URL: <http://purmo.com.ua/> (дата звернення 12.09.2020).

37. Офіційний сайт Danfoss в Україні. URL: <http://www.danfoss.ua/> (дата звернення 10.09.2020).
38. Офіційний сайт Prana. URL: <http://www.prana.com.ua/> (дата звернення 24.09.2020).
39. Офіційний сайт KAN. URL: <http://kan-therm.com/> (дата звернення 14.08.2020).
40. Офіційний сайт HERZ в Україні. URL: <https://herz.ua/ukr/> (дата звернення 26.08.2020).