МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Кваліфікаційна робота

перший бакалаврський
(рівень вищої освіти)

на тему «Аналіз ефективності системи теплопостачання комплексу теплових споживачів»

Виконав: студент V курсу,
групи 6.1449-з
спеціальності 144 «Теплоенергетика»
освітньої програми
Теплоенергетика
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
С.А.Грей
(ініціали та прізвище)
Керівник к.т.н, доц. Є.С.Єфанов
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент Таратута В.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра__електричної інженерії та кіберфізичних систем_____
Рівень вищої освіти перший бакалаврський_____
Спеціальність 144 Теплоенергетика_____
(код та назва)
Освітня програма ___144 Теплоенергетика_____
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

д.т.н., доцент В.Л. Коваленко

«_____»_____20__року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Грея Сергія Анатолійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) «Аналіз ефективності системи теплопостачання комплексу теплових споживачів»

керівник роботи к.т.н. Єфанов Володимир Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «26» грудня 2023 року №2212-с
2 Строк подання студентом роботи 16.05.2024 р.

3 Вихідні дані до роботи: температурна зона- II, розрахункові температури для проєктування огороджувальних конструкцій, внутрішня розрахункова температура 16-25 ºС, відносна вологість повітря - 83% ; тривалість опалювального періоду -175 діб, середня температура зовнішнього повітря опалювального періоду +1ºС, схеми розміщень опалювальних приладів.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Характеристики об'єкта проєктування. 2. Тепловий та гідравлічний розрахунок системи теплопостачання. 3. Вибір обладнання системи опалення.

5 Перелік графічного матеріалу: 1) Проєкт будівлі. 2) Прокладка трубопроводів опалення в підвалі будівлі. 3) Аксонометрична схема системи

опалення. 4) Радіатор KERMI FKO 11. 5) Порядок підключення радіатора KERMI до стояка. 6) Технічні характеристики твердопаливного пелетного котла. 7) Схема твердопаливного стального котла. 8) Технічні характеристики циркуляційного насоса. 9) Висновки.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	к.т.н., доцент Єфанов В.С.		
2	к.т.н., доцент Єфанов В.С.		
3	к.т.н., доцент Єфанов В.С.		

7 Дата видачі завдання 12.02.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Приміка
1	ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ	18 березня 2024	
2	ТЕПЛОВИЙ ТА ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	22 квітня 2022	
3	ВИБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ	13 травня 2024	

Студент С.А.Грей
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) В.С.Єфанов
(ініціали прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер С.В.Башлій

РЕФЕРАТ

Звіт пояснювальної записки дипломної роботи складається з: 68 сторінок, 15 рисунків, 7 таблиць, 26 джерела посилання.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка і проєктування ефективної системи теплоостачання теплових споживачів.

Об'єкт дослідження - система теплопостачання будівлі.

У дипломній роботі проведено розрахунок тепловтрат через огороджувальні конструкції та гідравлічний розрахунок системи теплопостачання теплових споживачів.

Проведено підбір основного та допоміжного обладнання системи опалення.

ТЕПЛОВИЙ СПОЖИВАЧ, ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, КЛІМАТИЧНІ ХАРАТЕРИСТИКИ, ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ПОКАЗНИКИ, КОТЕЛЬНИЙ АГРЕГАТ, ЗАПІРНО-РЕГУЛЮЮЧА АРМАТУРА.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ 8

1.1 Кліматичні характеристики району 8
1.2 Опис об'єкта проєктування 9
1.3 Основні рішення по опаленню будинку 9
1.3.1 Обґрунтування розстановки опалювальних приладів 9
1.3.2 Обґрунтування розстановки стояків 10
1.3.3 Складання схеми системи опалення 12
1.3.4 Обґрунтування розстановки запірно-регулюючої арматури 14
1.3.5 Розробка параметрів випуску повітря з системи опалення . 15

2 ТЕПЛОВИЙ ТА ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ 19

2.1 Визначення теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій 19
2.1.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни 19
2.1.2 Теплотехнічний розрахунок перекриття 22
2.1.3 Теплотехнічний розрахунок перекриття неопалювального підвалу 23
2.1.4 Розрахунок теплозахисних властивостей віконних отворів 25
2.1.5 Розрахунок теплозахисних властивостей дверних отворів . 26
2.1.6 Перевірка на інерційність (масивність) стіни 27
2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі 29
2.3 Гідравлічний розрахунок системи опалення 36
2.4 Підбір опалювальних приладів 45

3 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ 52

3.1 Вибір і опис котельного агрегату 52

3.2 Вибір допоміжного обладнання 57
ВИСНОВКИ 65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ 66

ВСТУП

У світовій енергетичній структурі частка споживання природного газу, як основного енергоносія для муніципальної енергетики, безупинно зростає й досягає в паливно- енергетичному балансі Україні 50 %. У той же час робота паливно-енергетичного комплексу як єдиної системи, що забезпечує розвиток усього народного господарства країни, визначається в першу чергу ефективністю енергоспоживання, що поставило проблему розробки, дослідження й впровадження енергозберігаючих технологій у ряд стратегічних завдань держави.

Сучасний стан паливно-енергетичних ресурсів, подорожчання їхнього видобутку вимагає ефективного використання одержуваної енергії. Однак теплоенергетичне устаткування встановлене з розрахунку максимальних навантажень, з невеликим запасом варіювання вироблення теплової енергії, не забезпечує ефективного використання палива. Ефективність використання енергоносіїв визначається не тільки ефективністю вироблення тепла й електричної енергії, але й збалансованістю режимів вироблення й споживання цієї енергії.

У зв'язку з швидкими темпами розвитку і розширення теплоенергетичного обладнання і способів його монтажу, перед сучасними фахівцями, а також проектувальниками виникають великі перспективи і можливості щодо впровадження їх в нашій країні.

Розробка систем опалення та вентиляції є однією із складових частин, що визначають ефективне і раціональне використання ресурсів.

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ’ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ

1.1 Кліматичні характеристики району

Район будівництва відповідно до ДСТУ Н.Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» характеризується наступними умовами, наведеними в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Кліматологічні характеристики місця будівництва

Найменування	Показники
Температурна зона	II
Розрахункова тмпература для проектування огороджувальних конструкцій, ºС: 1) розрахункова температура зовнішнього повітря 2) абсолютно мінімальна 3) середня найбільш холодної доби 4) середня найхолоднішої п’ятиденки	 -15 -32 -23 -18
Зона вологості	
Внутрішня розрахункова температура, ºС	16-25
Відносна вологість повітря, %	83
Тривалість опалювального періоду, діб	175
Середня температура зовнішнього повітря опалювального періоду, ºС	+1
Кількість опадів на рік, мм	1000
Швидкість та напрям вітру для холодного періоду року, м/с	2,2 (ПдСх)

1.2 Опис об’єкта проєктування

Об’єкт проєктування – туристичний комплекс.

Основні конструктивні рішення будівлі:

Стіни:

- внутрішнє облицювання (листи гіпсокартоні);
- стіна з повнотілої силікатної цегли на цементно-піщаному розчині;
- утеплювач Rockwool (FRONTROCK MAX E);
- зовнішнє лицювання (сайдінг).

Стеля – суміщене перекриття:

- внутрішнє лицювання (підвісна стеля ПВХ);
- теплоізоляція – мінераловатні плити « Технолайт Екстра»;
- піноскло;
- обрешітка суцільна з дерева (дуб);
- металочерепиця.

Перекриття неопалювального підвалу:

- дощата підлога (сосна);
- 3 шари ізолу І-БД ТУ 2549-466-0501 1868-2000 на гарячій бітумній мастиці МГК-Г-55;
- цементно-піщаний розчин М 150 по ухилу арматурної сітки;
- керамзит, пролитий цементно-піщаним розчином на 20мм;
- утеплювач мінераловатні плити ППЖ, обернуті поліетиленовою плівкою;
- пароізоляція;
- залізобетонна плита.

1.3 Основні рішення по опаленню будинку

1.3.1 Обґрунтування розстановки опалювальних приладів

Опалювальні прилади, один з основних елементів систем опалення,

призначені для теплопередачі від теплоносія до обігрівальних приміщень.

Спосіб установки нагрівальних приладів повинен відповідати архітектурному оформленню приміщення, відповідати характеру будівлі і класу його обробки [25].

Нагрівальні прилади розміщуємо під вікнами у зовнішніх стін. У цьому випадку вони створюють рівномірний обігрів повітря в приміщенні і перешкоджають появі струмів холодного повітря над підлогою і біля вікон. Нагрівальні прилади встановлюємо, відкрито без огороджень.

Прилади в приміщеннях розміщуємо симетрично з найменшою кількістю опалювальних стояків і підводками до приладів не більше (1…1,25) м.

У відсіку тамбура з зовнішнім входом прилади не встановлюємо .

Циркуляція води в приладах здійснюється зверху вниз.

Витрата теплоти на опалення кожного приміщення визначаються по тепловому балансу для підтримки в ньому необхідної температури при розрахункових зимових умовах. У цих умовах теплонеобхідність приміщення Qn повинна компенсуватися тепловіддачею опалювального приладу Qnp. Ця тепловіддача в приміщенні, необхідна для підтримки заданої температури, в системі опалення називається тепловим навантаженням опалювального приладу.

1.3.2 Обґрунтування розстановки стояків

Стояки системи опалення прокладаємо приховано, закладаючи повністю в будівельні конструкції.

До стояків, які живлять сходову клітину, не приєднуємо нагрівальні прилади інших приміщень. У кутових кімнатах розміщення стояків повинно забезпечити прогрів кутів зовнішніх стін. Кількість стояків повинна бути мінімальною.

Підводки до нагрівальних приладів при довжині підводки до 500 мм прокладаємо горизонтально [25].

Довжина підводок не повинна перевищувати 1,25 м.

Розміщення опалювальних приладів зображено на рисунках 1.1 та 1.2.

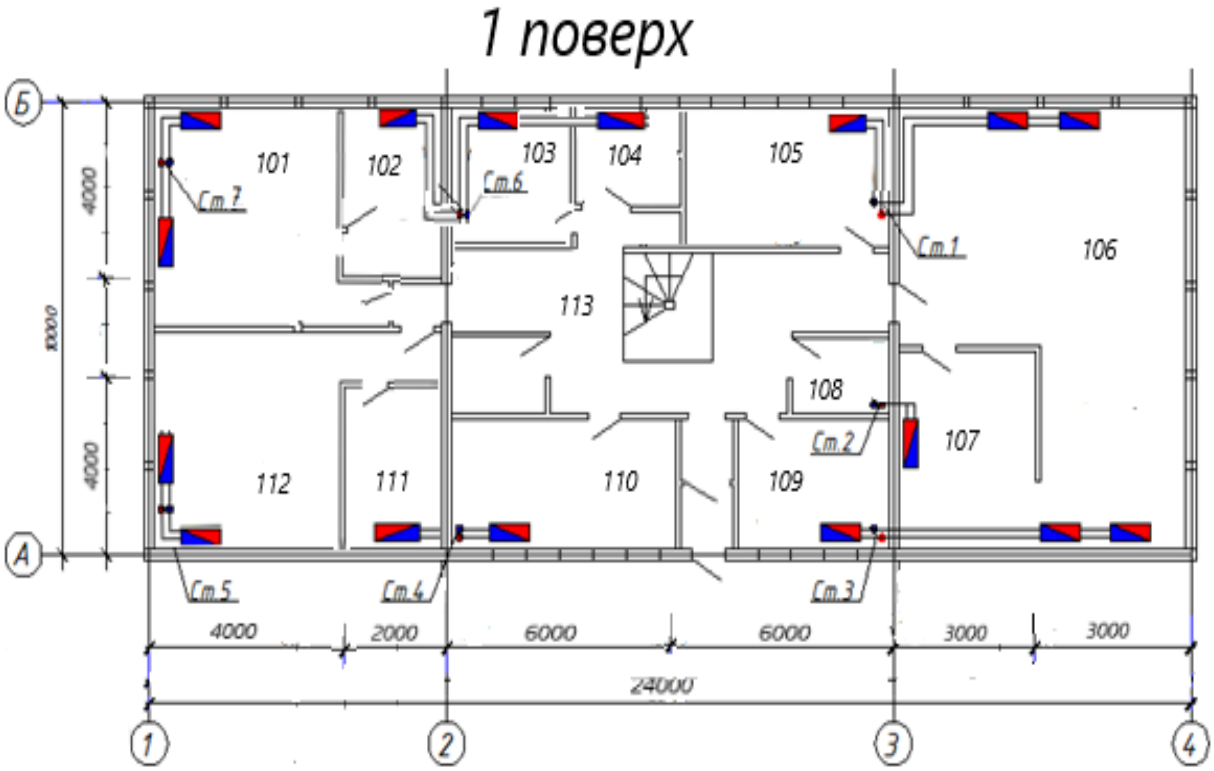


Рисунок 1.1 – Розміщення стояків на першому поверсі

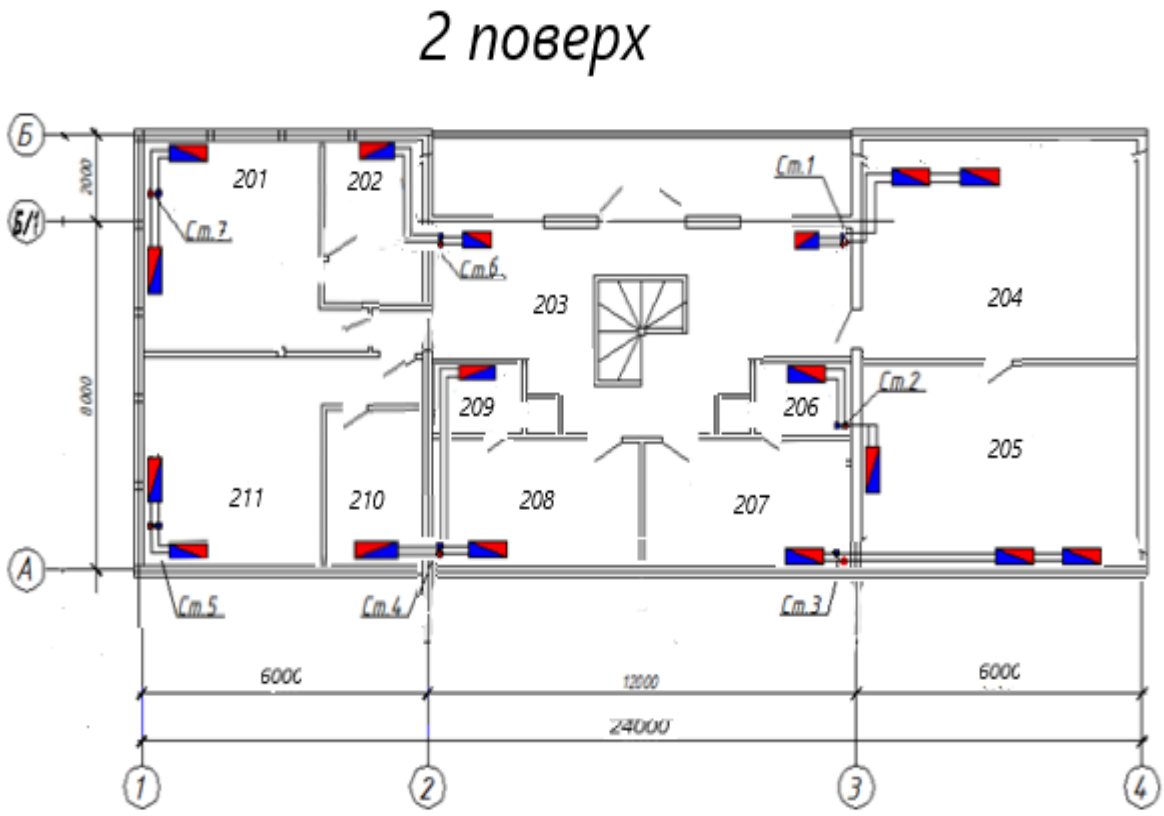


Рисунок 1.2 – Розміщення стояків на другому поверсі

1.3.3 Складання схеми системи опалення

Розглядаємо водяну систему опалення з використанням поліпропіленових трубопроводів.

Труби систем опалення призначені для подачі в прилади й відводу з них необхідної кількості теплоносія; тому їх називають теплопроводами.

У роботі розглядаються теплопроводи вертикальної двотрубної системи опалення, які поділяються на магістралі, стояки і підводки. Рух теплоносія в подавальній і зворотній магістралях зустрічний. Тому таку систему називають тупиковою [30]. На рисунку 1.3 показано тупиковий рух теплоносія.

Теплоносій в подавальному трубопроводі тече в одному, а в зворотному - в протилежному напрямку.

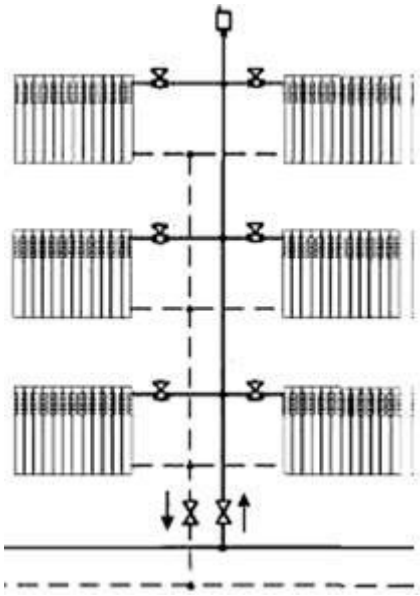


Рисунок 1.3 – Вертикальна система опалення з нижнім розведенням

Прокладання трубопроводів системи передбачаємо прихованим. Стояки і підводки до приладів закладають повністю в будівельні конструкції. Подавальний трубопровід розміщуємо праворуч від зворотного. Стояки системи опалення розміщуємо в кутах, утворених зовнішніми огороджувальними конструкціями.

Трубопроводи в місцях перетинання перекриттів, внутрішніх стін і перегородок слід прокладати в гільзах з негорючих матеріалів; кінці гільз повинні бути на одному рівні з поверхнями стін, перегородок і стель, але на 30 мм вище поверхні чистої підлоги [29]. Розведення трубопроводів у підвальному приміщення зображено на рисунку 1.4.

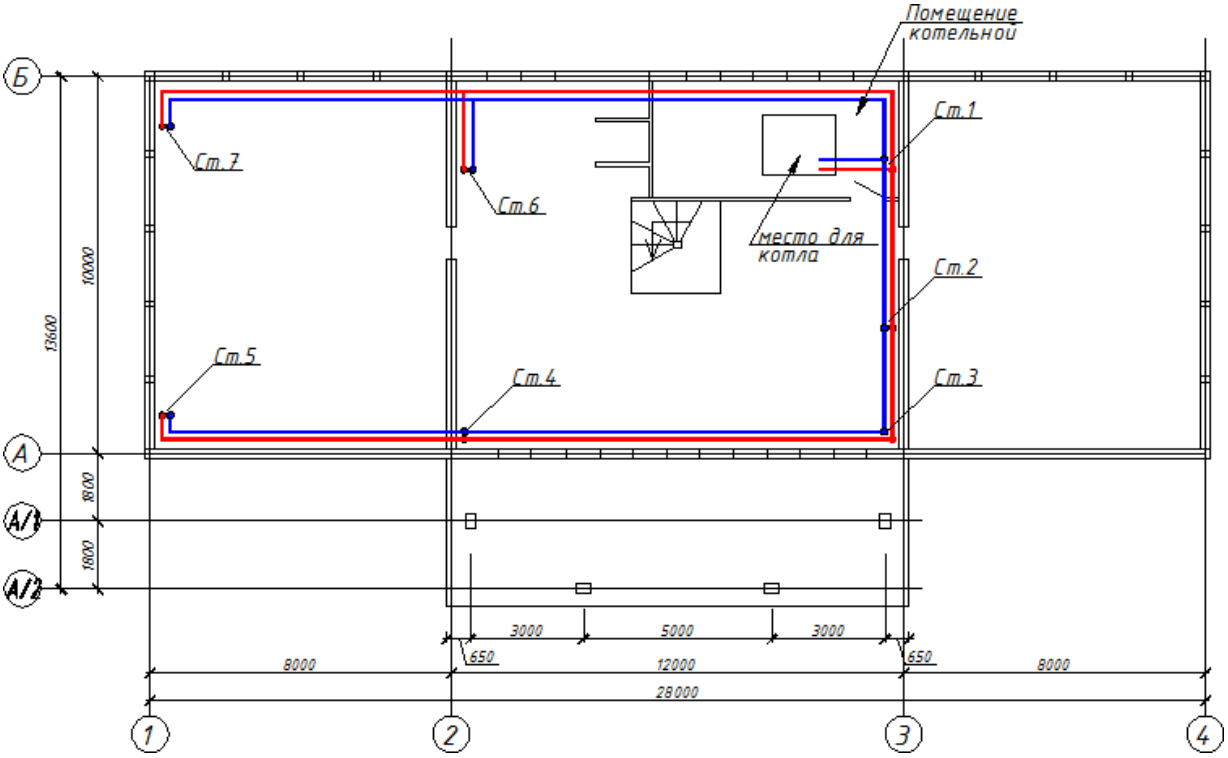


Рисунок 1.4 – Прокладка трубопроводів опалення в підвалі будівлі

1.3.4 Обґрунтування розстановки запірно-регулюючої арматури

На магістральних лініях, стояках та підводках встановлюється запірно-регулююча арматура для відключення або регулювання системи або її частин.

Передбачається три ступені регулювання.

На ІТП регулюється температура і витрата теплоносія необхідні для погодної компенсації. Для чого встановлюємо регулювальні клапани на подавальному і зворотному трубопроводі.

Для нормальної роботи системи опалення стояки повинні бути оснащені необхідною запірно-регулюючою арматурою, що забезпечує розрахункові витрати теплоносія по стояках і спуск води з них при необхідності. Для цих цілей використовуємо запірні вентилі марки FAR і балансувальні клапани Danfoss.

Балансувальні клапани необхідні для гідравлічного балансування (ув'язки) окремих кіл системи опалення та стабілізації динамічних режимів її

роботи.

Балансувальні клапани поділяються на ручні (MSV -C, MSV-F, USV-I і MSV-I), які використовуються замість регулювальних діафрагм, і автоматичні, які підтримують постійний перепад тиску в стояках двотрубних систем опалення (ASVP / ASV-M, ASVP-V (PV Plus) / ASV-M) або постійну витрату в стояках однотрубних систем (AB-QM).

Встановлюються на стояках або горизонтальних гілках двотрубних систем опалення з метою стабілізації в них перепаду тисків на рівні, який вимагається для оптимальної роботи автоматичних радіаторних терморегуляторів.

Клапан ASV-P являє собою регулятор сталості перепаду тисків, до регулюючої мембрани якого підводиться позитивний імпульс через імпульсну трубку завдовжки 1,5 м від подавального стояка системи і негативний імпульс - від зворотного стояка через внутрішні канали клапана. Імпульсна трубка до подавального стояка приєднується через запірний клапан ASV-M.

Для регулювання параметрів мікроклімату в кожному приміщенні використовуються автоматичні радіаторні терморегулятори RTD фірми «Danfoss».

Клапани радіаторних терморегуляторів серії RTD підрозділяються на два типи: RTD-N (для двотрубних насосних систем опалення) і RTD-G (для однотрубних насосних і двотрубних гравітаційних систем).

Приймаємо щодо встановлення терморегулятори з клапанами RTD-N.

1.3.5 Розробка параметрів випуску повітря з системи опалення

В системах опалення скупчення газів (точніше повітря) порушують циркуляцію теплоносія і викликають шум і корозію труб.

Повітря в систему опалення потрапляє різними шляхами: частково залишається у вільному стані при заповненні їх теплоносієм; підсмоктується в процесі експлуатації неправильно сконструйованої системи; вноситься водою

при заповненні та експлуатації в розчиненому (точніше, поглиненому, абсорбованому) вигляді.

В системі з деаерованою водою з'являється водень з домішкою інших газів.

Кількість вільного повітря, що залишилося в трубах і приладах при їх заповненні, не піддається обліку, але це повітря в правильно сконструйованих системах видаляється протягом декількох днів експлуатації.

Підсосу повітря можна уникнути шляхом створення надлишкового тиску в несприятливих точках системи.

Кількість розчиненого повітря, що вводиться в систему при періодичних добавках води в процесі експлуатації, визначається в залежності від вмісту кисню в підживлюючій воді.

Холодна водопровідна вода може містити понад 30 г повітря в 1 т води, Деаерована вода з теплофікаційної мережі - менше 1 г. Тому вибираємо джерело заповнення та підживлення системи опалення з деаерованною водою.

Кількість розчиненого повітря, що переходить у вільний стан, залежить від температури і тиску в системі опалення.

Залежність розчинності (насиченої концентрації) кисню повітря від температури чистої води при атмосферному тиску (98,1 кПа):

- температура води - (60…80) °С
- розчинність кисню повітря - 13,8 г / т.

Підвищення температури води супроводжується значним зниженням вмісту в ній розчиненого кисню, і в тих місцях систем водяного опалення, де гаряча вода знаходиться під тиском, близьким до атмосферного, з розчиненого у вільний стан переходить найбільшу кількість газів.

Підвищення тиску затримує перехід абсорбованого газу у вільний стан. Тому розчинене повітря, внесене з підживлючою водою, не може перейти у вільний стан в нижній частині системи опалення будівлі. Це станеться лише при достатньому зниженні гідростатичного тиску у верхній частині системи [29].

Повітря у вільному стані займає в системах опалення значний обсяг і може утворити пробку, що порушить циркуляцію теплоносія. Що підтверджує нагальну необхідність видалення вільного повітря з системи опалення.

Форма газових скупчень введенні в вільному стані різна. Лише бульбашки з діаметром перетину не більше 1 мм мають форму кулі. Зі збільшенням обсягу бульбашки сплющуються, приймаючи еліпсоїдну і грибовидную форму.

У вертикальних трубах бульбашки газу можуть спливати, перебувати в підвішеному стані і нарешті захоплюватися потоком води вниз.

У горизонтальних і похилих трубах бульбашки газу займають верхнє положення. Найдрібніші бульбашки затримуються в нішах шорсткої поверхні труб.

Більші бульбашки (об'ємом 0,1 см і більше) в залежності від ухилу труб і швидкості руху води як би котяться уздовж «стельової» поверхні труб у вигляді переривчастої стрічки. При нижній розводці в окремих стояках з гарячою водою. Вільні бульбашки і скупчення газів рухаються за течією або проти неї в залежності від швидкості потоку води і ухилу труб. Гази збираються в вищих точках системи, а при високій швидкості руху захоплюються потоком і в міру зниження температури і підвищення гідростатичного тиску в нижніх частинах системи знову абсорбуються водою.

Особливо важливі заходи по збору і видаленню повітряних скупчень при «підживленні» системи водопровідною водою [32].

В системах з нижнім розведенням обох магістралей гази, що концентруються в нагрівальних трубах конвекторів, встановлених на верхньому поверсі, видаляють в атмосферу періодично за допомогою ручних повітряних кранів. Відвідники повітря встановлюються на верхній трубі конвекторів. Відвідники повітря забезпечені полімерними трубками для відводу газоповітряної суміші в нижню частину опалювального приладу [30,32].

В системі передбачається установка нагрівальних приладів-радіаторів фірми KERMI, які в базовій комплектації забезпечені повітроспускними

клапанами. Повітроспускні крани відкриваються і закриваються спеціальним ключем, що входить в комплект поставки, через щілини для відведення повітря решітки, а також полімерної трубкою для відведення повітряно-парової суміші в нижню частину міжреберного простору. Наявність повітроспускного клапану в кожному конвекторі дозволяє забезпечити будь-яку підводку до цього приладу без пред'явлення особливих вимог до установки повітровідвідних пристроїв.

2 ТЕПЛОВИЙ ТА ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1 Визначення теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій

2.1.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Отже, приймаємо мінімально допустимі значення опору теплопередачі огороджуючих конструкцій будівлі для II температурної зони згідно [додатку Б, 1] та проводимо розрахунок відповідно до розділу 5 [2].

Нормативний показник теплопередачі зовнішніх стін R_{qmin} = 2,8 (м^2·К)/Вт. Фактичний термічний опір теплопередачі визначаємо за формулою, $\frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}$

$$R_{\text{зст}}^{\text{ф}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \qquad (2.1)$$

де $\alpha_{\text{в}} = 8{,}7\,\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$ - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до поверхні;

$\alpha_{\text{з}} = 23\,\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$ - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні до навколишнього повітря;

δ1…δn - товщина відповідних шарів захищення, м;

λ1…λn - коефіцієнт теплопровідності матеріалу *i*-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К), що приймають згідно з ДБН, в залежності від вологісного режиму приміщень; для будівельних матеріалів, що не зазначені в таблиці ДБН, розрахункові значення теплофізичних характеристик визначають на підставі експериментальних випробувань [1];

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі внутрішньої

конструкції (R_{min} > 0,5 $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$, що розмежовує приміщення з розрахунковими температурами повітря, які відрізняються більше ніж на 4 °С (теплі горища, стіни, перекриття, вікна, тощо), $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$

$$R^{потр} = \frac{t_в - t_з}{\Delta t^н \cdot \alpha_в}, \quad (2.2)$$

де $t_в$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, $t_в$ = +20° С згідно [1];

$t_з$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $t_з$ = -15°С (з розділу 1.1);

$\Delta t^н$ – нормований температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні зовнішнього захищення, приймається з таблиці 5 [1], $\Delta t^н$ = 4,0 °С;

Визначаємо температуру на внутрішній поверхні зовнішньої стіни, ℃

$$\tau_в = t_в - \frac{t_в - t_з}{R \cdot \alpha_в}. \quad (2.3)$$

Температурний теплоперепад порівнюють з нормативним значенням $\Delta T_{сг}$, , ℃ [2]

$$\Delta T = t_{вн} - \tau_в. \quad (2.4)$$

Якщо значення ΔТ менше нормативного $\Delta T_{с.г}$, то конденсація водяної пари на поверхні зовнішньої стіни відсутня.

Зовнішня стіна виконана з повнотілої силікатної цегли та облаштована теплоізоляційними матеріалами, які підібрані у відповідності до нормативних документів [6, 7, 11, 13, 14, 19].

Конструкцію стіни зображено на рисунку 2.1.

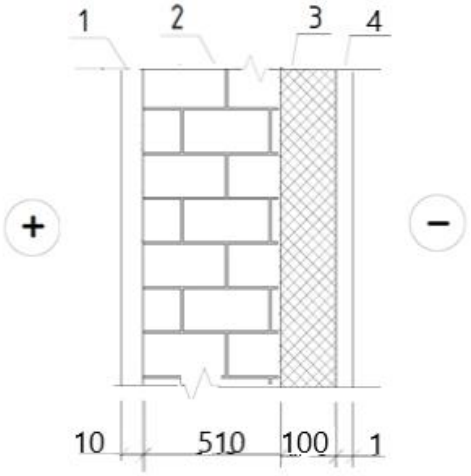


Рисунок 2.1 - Конструкція стін

На рисунку 2.1 прийняті наступні позначення:

а) позиція 1 – внутрішнє лицювання (листи гіпсокартону): γ_0=800 кг/м^3; λ_1 = 0,21 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$; δ_1 = 0,01 м [18];

б) позиція 2 – стіна з повнотілої силікатної цегли на цементно-піщаному розчині: γ_0=1800 кг/м^3; λ_2 = 0,87 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$; δ_2 = 0,51 м [18];

в) позиція 3 – утеплювач Rockwool (FRONTROCK MAX E): γ_0=150 кг/м^3; λ_3 = 0,036 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$; δ_3= 0,10 м;

г) позиція 4 – зовнішнє лицювання (сайдінг): γ_0=0,00143 кг/м^3; λ_4 = 0,19 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$; δ_4= 0,001 м.

Мінімально-допустиме значення опору теплопередачі внутрішньої конструкції, $\frac{\text{м}^2\text{·К}}{\text{Вт}}$

$$R^{\text{потр}} = \frac{20-(-15)}{4 \cdot 8{,}7} = 1{,}006.$$

Фактичний термічний опір теплопередачі зовнішніх стін, $\frac{\text{м}^2\text{·К}}{\text{Вт}}$

$$R_{\text{зст}}^{\text{ф}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,21} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{0,1}{0,036} + \frac{0,001}{0,19} + \frac{1}{23} = 3,575,$$

$$R_{\text{зст}}^{\text{ф}} > \text{R}q \text{ min}.$$

Коефіцієнт теплопередачі через зовнішні стіни визначаємо за формулою, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

$$\text{К}_{\text{зс}} = \frac{1}{R_{\text{зст}}^{\text{ф}}} = \frac{1}{3,575} = 0,28. \qquad (2.5)$$

Визначаємо температуру на внутрішній поверхні зовнішньої стіни, ℃

$$\tau_{\text{в}} = 20 - \frac{20 - (-15)}{3,575 \cdot 8,7} = 18,87.$$

Температурний телоперепад $\Delta T = 20 - 18,87 = 1,13$, що менше нормативного $\Delta T_{\text{с.г}} = 4\ ^0C$, [15].

2.1.2 Теплотехнічний розрахунок перекриття

З умов проектування будівлі приймаємо наступну конструкцію суміщеного перекриття рисунок 2.2, утеплюючі матеріали підібрані у відповідності до нормативних документів [16, 17, 19, 22].

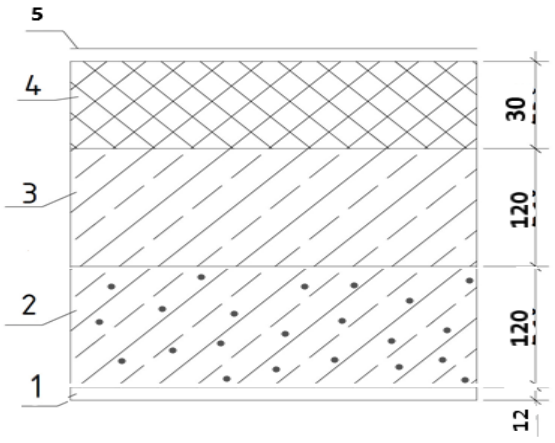


Рисунок 2.2 - Конструкція горищного перекриття

На рисунку 2.2 прийняті наступні позначення:

а) позиція 1 – внутрішнє лицювання (підвісна стеля ПВХ): γ_0=1400 кг/м^3; λ_1 = 0,19 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$; δ_1 = 0,012 м;

б) позиція 2 – теплоізоляція мінераловатні плити «Технолайт Екстра»: γ_0=38 кг/м^3; λ_1 = 0,039 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$; δ_1 = 0,12 м;

в) позиція 3 – піноскло: γ_0=145 кг/м^3; λ_1 = 0,052 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$; δ_1 = 0,12 м;

г) позиція 4 – обрешітка суцільна з дерева (дуб): γ_0=700 кг/м^3; λ_1 = 0,23 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$; δ_1 = 0,03 м;

д) позиція 5 – покриття з металочерепиці в розрахунку не враховуємо зважаючи на малу товщину шару.

Нормативний показник теплопередачі суміщеного перекриття R_{qmin}=5,5(м^2·К)/Вт.

Фактичний термічний опір теплопередачі перекриття, $\frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}$

$$R_{\text{пр}}^{\text{ф}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,19} + \frac{0,12}{0,039} + \frac{0,12}{0,052} + \frac{0,03}{0,23} + \frac{1}{23} = 5,736,$$

$$R_{\text{зст}}^{\text{ф}} > \text{R}q \text{ min}.$$

Коефіцієнт теплопередачі через зовнішні стіни визначаємо за формулою, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$

$$\text{К}_{\text{зс}} = \frac{1}{R_{\text{зст}}^{\text{ф}}} = \frac{1}{5,736} = 0,174. \qquad (2.6)$$

2.1.3 Теплотехнічний розрахунок перекриття неопалювального підвалу

З умов проектування будівлі приймаємо наступну конструкцію перекриття над неопалюваними підвалами, утеплюючі матеріали підібрані у

відповідності до нормативних документів [8, 16, 20] конструкцію перекриття зображено на рисунку 2.3.

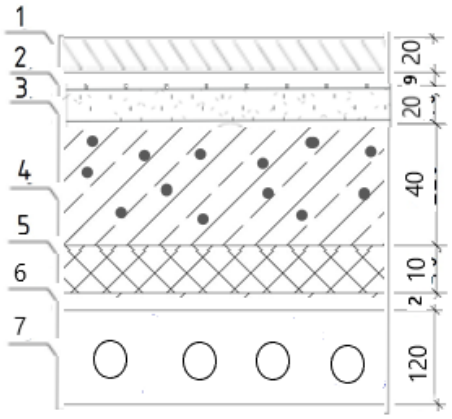


Рисунок 2.3 – Конструкція перекриття неопалювального підвалу

На рисунку 2.3 прийняті наступні позначення:

а) позиція 1 – дощата підлога (сосна): γ_0=500 кг/м^3; λ_1 = 0,35 $\frac{Вт}{м \cdot К}$; δ_1 = 0,02 м;

б) позиція 2 – 3 шари ізолу І-БД ТУ 2549-466-0501 1868-2000 на гарячій бітумній мастиці МГК-Г-55: γ_0=38 кг/м^3; λ_1 = 0,24 $\frac{Вт}{м \cdot К}$; δ_1 = 0,009 м;

в) позиція 3 – цементно-піщаний розчин М 150 по ухилу арматурної сітки: γ_0 = 1800 кг/м^3; λ_1 = 0,93 $\frac{Вт}{м \cdot К}$; ; δ_1 = 0,02 м;

г) позиція 4 – керамзит, пролитий цементно-піщаним розчином на 20мм: γ_0 = 300 кг/м^3; λ_1 = 0,099 $\frac{Вт}{м \cdot К}$; δ_1 = 0,04 м;

д) позиція 5 – утеплювач мінераловатні плити ППЖ, обернуті поліетиленовою плівкою: γ_0=300 кг/м^3; λ_1 = 0,041 $\frac{Вт}{м \cdot К}$; δ_1 = 0,1 м;

е) позиція 6 – пароізоляція 1 шар пергаміну: γ_0=1000 кг/м^3; λ_1 = 0,17 $\frac{Вт}{м \cdot К}$; δ_1 = 0,002 м;

є) позиція 7 – залізобетонна плита: γ_0=2500 кг/м^3; λ_1 = 2,04 $\frac{Вт}{м \cdot К}$; δ_1 = 0,12м.

Нормативний показник теплопередачі перекриття над неопалювальним підвалом R_{qmin}=3,3(м^2·К)/Вт.

Фактичний термічний опір теплопередачі перекриття, $\frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}$

$$R_{\text{пр}}^{\text{ф}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,35} + \frac{0,009}{0,24} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,04}{0,099} + \frac{0,1}{0,041} + \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,12}{2,04} + \frac{1}{6} = \\ = 3,31,$$

$$R_{\text{зст}}^{\text{ф}} > \text{R}q \text{ min}.$$

Коефіцієнт теплопередачі через перекриття визначаємо за формулою, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$

$$\text{К}_{\text{пр}} = \frac{1}{R_{\text{пр}}^{\text{ф}}} = \frac{1}{3,31} = 0,302. \qquad (2.7)$$

2.1.4 Розрахунок теплозахисних властивостей віконних отворів

Нормативний показник теплопередачі світлопрозорих огороджувальних конструкції для II кліматичної зони R_{qmin}=0,6 (м^2·К)/Вт.

Вибираємо конструкцію вікна з опором теплопередачі більшим або рівним нормативного.

Світлопрозорі конструкції (вікна) виконані з ПВХ-профілів із заповненням двокамерними склопакетами з енергозберігаючим покриттям на внутрішньому склі та заповненні аргоном (типу 4 М1Ar – 12 – 4М1 – 4i)

$$R_{\text{в}}^{\text{ф}} = 0,71 \ \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}, \qquad (2.8)$$

$$R_{\text{зст}}^{\text{ф}} > \text{R}q \text{ min}.$$

Коефіцієнт теплопередачі через світопрозорі отвори визначаємо за формулою, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$

$$К_{зв} = \frac{1}{R_в^ф} - К_{зс} = \frac{1}{0,71} - 0,28 = 1,128. \quad (2.9)$$

2.1.5 Розрахунок теплозахисних властивостей дверних отворів

Фактичний опір теплопередачі $R_{дв}^ф$, (м^2·К)/Вт, вхідних дверей і дверей (без тамбура) будівель на перших поверхах і воріт, а також дверей квартир з неопалювальними сходовими клітками повинно бути не менше добутку $0,6 \cdot R^{потр}$, де $R^{потр}$ - мінімально-допустиме значення опору теплопередачі внутрішньої конструкції та дорівнює 1,12 (м^2·К)/Вт.

Фактичний опір теплопередачі вхідних дверей складає, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$

$$R_{дв}^ф = 0,6 \cdot 1,12 = 0,672.$$

Нормативний показник теплопередачі зовнішніх дверей для II кліматичної зони R_{qmin} = 0,5 (м^2·К)/Вт.

Коефіцієнт теплопередачі через вхідних дверей визначаємо за формулою, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

$$К_{вд} = \frac{1}{R_{дв}^ф} = \frac{1}{0,672} = 1,488. \quad (2.10)$$

Всі дані за розрахунком теплозахисних властивостей зовнішніх обгороджувань зведемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Теплозахисні властивості огороджувальних конструкцій

Вид огороджувальної конструкції	R_{qmin},м²К/Вт	К, Вт/м2К
Зовнішні стіни	3,575	0,28
Суміщене перекриття	5,736	0,174
Перекриття неопалювального підвалу	3,31	0,302
Світлопрозорі конструкції	0,71	1,128
Вхідні двері	0,672	1,488

2.1.6 Перевірка на інерційність (масивність) стіни

Термічні опори шарів покриття визначаються за характеристиками згідно з ДБН В.2.6-31:2021 [2], починаючи з боку приміщення, які зведено до таблиці 2.2, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0{,}01}{0{,}21} = 0{,}0476;$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0{,}51}{0{,}87} = 0{,}586;$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0{,}1}{0{,}036} = 2{,}778;$$

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0{,}001}{0{,}19} = 0{,}191.$$

Таблиця 2.2 – Теплофізичні характеристики матеріалів шарів зовнішньої стіни

№ шару	Матеріал	Товщина шару δ, м	Густина матеріалу в сухому стані γ_0, кг/м^3	Розрахункові характеристики	
				теплопровідність λ, $\frac{Вт}{м \cdot К}$	коефіцієнт теплозасвоєння S, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$
1	Гіпсокартон	0,01	800	0,21	3,66
2	Повнотіла силікатна цегла на цементно-піщаному розчині	0,51	1800	0,857	10,9
3	Утеплювач Rockwool (Fronrook MAX E)	0,1	150	0,036	0,8
4	Сайдінг	0,001	0,00143	0,19	0

Теплова інерція шарів стінової огороджувальної конструкції, починаючи з боку приміщення згідно ДБН В.2.6-31:2021 [2], визначається:

$$D1 = R1 \cdot S1 = 0{,}0476 \cdot 3{,}66 = 0{,}174;$$
$$D2 = R2 \cdot S2 = 0{,}586 \cdot 10{,}9 = 6{,}387;$$
$$D3 = R3 \cdot S3 = 2{,}778 \cdot 0{,}8 = 2{,}222;$$
$$D4 = R4 \cdot S4 = 0{,}191 \cdot 0 = 0;$$

де $R_1 \ldots R_4$ – термічні опори шарів покриття;

$S_1 \ldots S_4$ – розрахункові коефіцієнти теплозасвоєння матеріалу окремих шарів огороджуючої конструкції, Вт/м² К, приймаються за додатком А [18] для умов експлуатації Б.

Якщо $D < 4$ - огорожа легкої масивності, $4 < D < 7$ - середньої масивності,

$D > 7$ – масивна (інерційна).

D = D1 + D2+ D3+ D4 = 0,174+6,387+2,222+0= 8,784.

2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі

Основні тепловтрати приміщень складаються з втрат теплоти через окремі зовнішні конструкції [4], Вт

$$Q_{осн}=F\cdot k\cdot(t_{вн}-t_{н.о.р.})\cdot n, \quad (2.11)$$

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

$t_{вн}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря, ^{o}С, [5] ;

n - поправочний коефіцієнт, таблиця 3.1;

k - коефіцієнт теплопередачі конструкцій огорож, Вт/(м^2·К) .

Повні тепловтрати, Вт

$$Q_п = Q_{осн} \cdot P, \quad (2.12)$$

де P – множник, що враховує додаткові втрат

$$P=1+0,01 \cdot \beta, \quad (2.13)$$

де β - додаткові втрати, %.

Побутові тепловиділення (тепловий потік що регулярно поступає від освітлення, устаткування і людей), [4], Вт

$$Q_т = 10\cdot F, \quad (2.14)$$

де F - площа підлоги приміщень, м^2.

Розрахунок втрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря, що поступає в житлові приміщення шляхом інфільтрації, виконувати не потрібно [4].

Втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря [4], Вт

$$Q_в = 0{,}337 \cdot F \cdot h \cdot (t_{вн} - t_{н.о.р.}), \qquad (2.15)$$

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

Втрати теплоти $Q_в$, на нагрівання зовнішнього повітря, проникаючого через вхідні зовнішні двері, що короткочасно відкриваються, в сходових клітках, Вт

$$Q_в = 0{,}7 \cdot B \cdot (H + 0{,}8 \cdot P) \cdot (t_{вн} - t_{н.о.р.}), \qquad (2.16)$$

де H – висота будівлі, м;

P- кількість людей, що знаходяться в будівлі;

B - коефіцієнт, що враховує кількість вхідних тамбурів. (При одному тамбурі – двоє дверей B =1, при двох тамбурах B = 0,6), [4].

Загальні втрати тепла підраховуються для всього приміщення, Вт

$$Q_{заг} = \Sigma Q_п + Q_в - Q_т. \qquad (2.17)$$

Результати розрахунків тепловтрат для всіх приміщень будівлі зводяться в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок тепловтрат будівлі

N приміщення	Назва огорожі	Внутрішня температура ,$t_{вн}$ оС	Орієнтація по сторонах світа	Розміри, м·м		Площа, F, $м^2$	Різниця температур, (tвн – tнор), оС	Поправочний коефіцієнт, n	Коефіцієнт теплопередачі, К, Вт/($м^2$·К)	Основні тепловтрати $Q_{осн}$, Вт	Додаткові втрати на орієнтацію, %	Додаткові втрати на вітер, %	Додаткові втрати інші, %	Сума додаткових втрат, %.	Повні тепловтрати $Q_п$, Вт	Втрати на нагрівання вентиляційного повітря $Q_в$, Вт	Тепловиділення $Q_т$, Вт	Загальна втрата тепла приміщення Qзаг,Вт
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 ПОВЕРХ																		
101	ЗС	20	Пн	4,31	3,31	14,3	35	1	0,28	139,8	10			10	153,789			
кімната	ЗС	20	Зх	5,00	3,31	16,6	35	1	0,28	162,2	5			5	170,3			
	В	20	Пн	2,06	1,42	2,9	35	1	1,128	115,5	10			10	127,036			
	В	20	Зх	2,06	1,42	2,9	35	1	1,128	115,5	5			5	121,261			
	П	20		5,00	4,00	21,0	35	0,4	0,302	88,8				0	88,788			
															∑ 661,173	743,085	210	1194,3
102	ЗС	25	Пн	2,00	3,31	6,6	40	1	0,28	74,1	10			10	81,5584			
санвузол	В	25	Пн	0,90	1,40	1,3	40	1	1,128	56,9	10			10	62,5363			
	П	25		2,00	4,00	8,0	40	0,4	0,302	38,7				0	38,656			
															∑ 182,751	323,52	80	426,3
103	ЗС	25	Пн	3,00	3,31	9,9	40	1	0,28	111,2	10			10	122,338			
санвузол	В	25	Пн	0,90	1,40	1,3	40	1	1,128	56,9	10			10	62,5363			
	П	25		3,00	3,00	9,0	40	0,4	0,302	43,5				0	43,488			
															∑ 228,362	363,96	90	502,3

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
104	ЗС	18	Пн	3,00	3,31	9,9	33	1	0,28	91,8	10			10	100,929			
кімната	В	18	Пн	1,47	1,42	2,1	33	1	1,128	77,7	10			10	85,4715			
	П	18		3,00	2,00	6,0	33	0,4	0,302	23,9				0	23,9184			
														∑	210,318	200,178	60	350,5
105	ЗС	18	Пн	6,00	3,31	19,9	33	1	0,28	183,5	10			10	201,857			
кімната	В	18	Пн	2,06	1,42	5,9	33	1	1,128	217,8	10			10	239,553			
	П	18		6,00	3,00	18,0	33	0,4	0,302	71,8				0	71,7552			
														∑	513,165	600,534	180	933,7
106	ЗС	18	Пн	6,31	3,31	20,9	33	1	0,28	193,0	10			10	212,286			
Їдальня	ЗС	18	Сх	10,00	3,31	33,1	33	1	0,28	305,8	10	5		15	351,721			
	ЗС	18	Пд	3,31	3,31	11,0	33	1	0,28	101,2		5		5	106,296			
	В	18	Пн	2,06	1,42	5,9	33	1	1,128	217,8	10			10	239,553			
	В	18	Пд	2,06	1,42	2,9	33	1	1,128	108,9		5		5	114,332			
	П	18		6,00	10,00	47,4	33	0,4	0,302	189,0				0	188,955			
														∑	1213,14	1581,41	474	2320,5
107	ЗС	18	Пд	3,00	3,31	9,9	33	1	0,28	91,8		5		5	96,3409			
кухня	В	18	Пд	2,06	1,42	2,9	33	1	1,128	108,9		5		5	114,332			
	П	18		3,00	4,20	12,6	33	0,4	0,302	50,2				0	50,2286			
														∑	260,902	420,37	126	555,3
108 туалет	П	16		2,00	1,50	3,0	31	0,4	0,302	11,2				0	11,2344			
														∑	11,2344	94,02	30	75,3
109	ЗС	18	Пд	3,90	3,31	12,9	33	1	0,28	119,3				0	119,279			
кімната	В	18	Пд	1,47	1,42	2,1	33	1	1,128	77,7				0	77,7014			
	П	18		3,90	3,00	11,7	33	0,4	0,302	46,6				0	46,6409			
														∑	243,621	390,347	117	517,0

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
110	ЗС	18	Пд	5,90	3,31	19,5	33	1	0,28	180,4				0	180,448			
кімната	В	18	Пд	2,06	1,42	5,9	33	1	1,128	217,8				0	217,775			
	П	18		5,90	3,00	17,7	33	0,4	0,302	70,6				0	70,5593			
														∑	468,783	590,525	177	882,3
111	ЗС	25	Пд	2,00	3,31	6,6	40	1	0,28	74,1				0	74,144			
санвузол	В	25	Пд	0,90	1,40	1,3	40	1	1,128	56,9				0	56,8512			
	П	25		2,00	4,00	8,0	40	0,4	0,302	38,7				0	38,656			
														∑	169,651	323,52	80	413,2
112	ЗС	20	Пд	4,31	3,31	14,3	35	1	0,28	139,8				0	139,808			
кімната	ЗС	20	Зх	5,00	3,31	16,6	35	1	0,28	162,2	5			5	170,3			
	В	20	Пд	2,06	1,42	2,9	35	1	1,128	115,5				0	115,487			
	В	20	Зх	2,06	1,42	2,9	35	1	1,128	115,5	5			5	121,261			
	П	20		6,00	5,00	30,0	35	0,4	0,302	126,8				0	126,84			
														∑	673,695	1061,55	300	1435,2
113	Вх. дв.	16	Пд	1,80	2,40	4,3	31	1	1,488	199,3			170,37	170,37	538,774			
коридор	ЗС	16	Пд	2,20	3,31	3,0	31	1	0,28	25,7				0	25,7102			
хол	П			4,00	12,00	52,6	15	0,4	0,302	95,3				0	95,3112			
														∑	659,796	672,7	526	806,5
																	Всього по 1-му поверху	10412,3
2 ПОВЕРХ																		
201	ЗС	20	Пн	4,31	1,50	6,5	35	1	0,28	63,4	10			10	69,6927			
кімната	ЗС	20	Зх	5,00	1,50	11,3	35	1	0,28	110,3	5			5	115,763			
	В	20	Пн	0,78	0,98	2,3	35	1	1,128	90,5	10			10	99,5891			
	Ст	20		4,31	5,00	22,6	35	1	0,174	137,3				0	137,33			
														∑	422,374	797,932	225,5	994,8

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
202	ЗС	25	Пн	2,00	1,50	3,0	40	1	0,28	33,6	10			10	36,96			
санвузол	ЗС	25	Сх	2,00	1,50	3,0	40	1	0,28	33,6	10			10	36,96			
	В	25	Пн	0,55	0,78	0,4	40	1	1,234	21,2	10			10	23,293			
	Ст	25		2,00	4,00	8,0	40	1	0,174	55,7				0	55,68			
															∑ 152,893	323,52	80	396,4
203	Бл.дв.	16	Пн	1,70	2,10	3,6	31	1	1,488	164,7	10			10	181,145			
коридор	ЗС	16	Пн	12,00	3,31	36,1	31	1	0,28	313,5	10			10	344,874			
хол	В	16	Пн	1,32	2,06	5,4	31	1	1,234	208,0	10			10	228,845			
	Ст	16		12,00	5,00	47,0	31	1	0,174	253,5				0	253,518			
															∑ 1008,38	1473,03	470	2011,4
204	ЗС	18	Пн	6,31	1,50	9,5	33	1	0,28	87,5	10			10	96,2023			
Їдальня	ЗС	18	Сх	5,00	1,50	7,5	33	1	0,28	69,3	10	5		15	79,695			
	В	18	Пн	0,78	0,98	3,1	33	1	1,234	124,5	10			10	136,963			
	Ст	18		6,00	5,00	30,0	33	1	0,174	172,3				0	172,26			
															∑ 485,12	1000,89	300	1186,0
205	ЗС	18	Пд	6,31	1,50	9,5	33	1	0,28	87,5		5		5	91,8294			
Їдальня	ЗС	18	Сх	5,00	1,50	7,5	33	1	0,28	69,3	10	5		15	79,695			
	В	18	Пд	0,78	0,98	3,1	33	1	1,234	124,5		5		5	130,737			
	Ст	18		6,00	5,00	30,0	33	1	0,174	172,3		5		5	180,873			
															∑ 483,135	1000,89	300	1184,0
206	Ст	16	-	1,00	1,00	1,0	31	1	0,174	5,4				0	5,394			
санвузол	Ст	25	-	3,00	2,00	6,0	40	1	0,174	41,8				0	41,76	31,341	10	
															∑ 47,154	242,64	60	251,1
207	ЗС	18	Пд	6,00	3,31	19,9	33	1	0,28	183,5				0	183,506			
кімната	В	18	Пд	2,06	1,42	5,9	33	1	1,234	238,2				0	238,24			
	Ст	18		6,00	3,00	18,0	33	1	0,174	103,4				0	103,356			
															∑ 525,102	600,534	180	945,6

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
208	ЗС	18	Пд	6,00	3,31	19,9	33	1	0,28	183,5				0	183,506			
кімната	В	18	Пд	2,06	1,42	5,9	33	1	1,234	238,2				0	238,24			
	Ст	18		6,00	3,00	18,0	33	1	0,174	103,4				0	103,356			
														∑	525,102	600,534	180	945,6
209	Ст	16		1,00	1,00	1,0	31	1	0,174	5,4				0	5,394			
санвузол	Ст	25		3,00	2,00	6,0	40	1	0,174	41,8				0	41,76	31,341	10	
														∑	47,154	242,64	60	251,1
210	ЗС	25	Пд	2,00	1,50	3,0	40	1	0,28	33,6				0	33,6			
санвузол	В	25	Пд	0,55	0,78	0,4	40	1	1,234	21,2				0	21,1754			
	Ст	25	-	2,00	4,00	8,0	40	1	0,174	55,7				0	55,68			
														∑	110,455	323,52	80	354,0
211	ЗС	20	Пд	4,31	1,50	6,5	35	1	0,28	63,4				0	63,357			
кімната	ЗС	20	Зх	5,00	1,50	11,3	35	1	0,28	110,3	5			5	115,763			
	В	20	Пд	0,78	0,98	2,3	35	1	1,234	99,0				0	99,0433			
	Ст	20	-	4,31	5,00	23,6	35	1	0,174	143,4				0	143,42			
														∑	421,582	833,317	235,5	1019,4
															Всього по 2-му поверху			9539,6
															Всього по будівлі			19951,9

2.3 Гідравлічний розрахунок системи опалення

Мета гідравлічного розрахунку системи опалення полягає в підборі діаметрів її ділянок таким чином, щоб наявного тиску було достатньо для подолання всіх сил опору по ходу руху теплоносія.

Розрахунок починають з креслення трубопроводів системи опалення. На аксонометричній схемі системи опалення виділяють основний циркуляційний контур. У тупикових системах — це послідовно з’єднані ділянки, по яких теплоносій переміщається від індивідуального теплового пункту по розподільній магістралі до самого віддаленого стояка і по збірній магістралі — до індивідуального теплового пункту.

Сукупність послідовно з'єднаних ділянок системи опалення, від джерела теплоти до опалювальних приладів і назад, утворюють циркуляційні кільця, по яких здійснюється рух теплоносія.

Основний циркуляційний контур поділяють на ділянки, вузли розгалужень ділянок нумерують [32].

Частину трубопроводу системи, в межах якої витрата теплоносія, а також діаметр залишаються незмінними, називають ділянкою (від стояка до стояка, від відгалуження до відгалуження). На схемі для кожної ділянки вказують теплове навантаження $Q_{діл}$ і довжину $l_{діл}$. Теплове навантаження — це кількість теплоти, що проходять по ділянці відданої теплоносієм (теплове навантаження ділянки дорівнює втратам теплоти приміщеннями, які обслуговує ділянка) [30].

У проєкті виконано гідравлічний розрахунок діаметрів ділянок головного циркуляційного кільця і діаметрів другорядного кільця, а також ув'язка з головним кільцем. Діаметри інших ділянок системи визначаємо за допустимої швидкості і тепловим навантаженням.

Схема системи опалення туристичного комплексу що проектується зображено на рисунку 2.4.

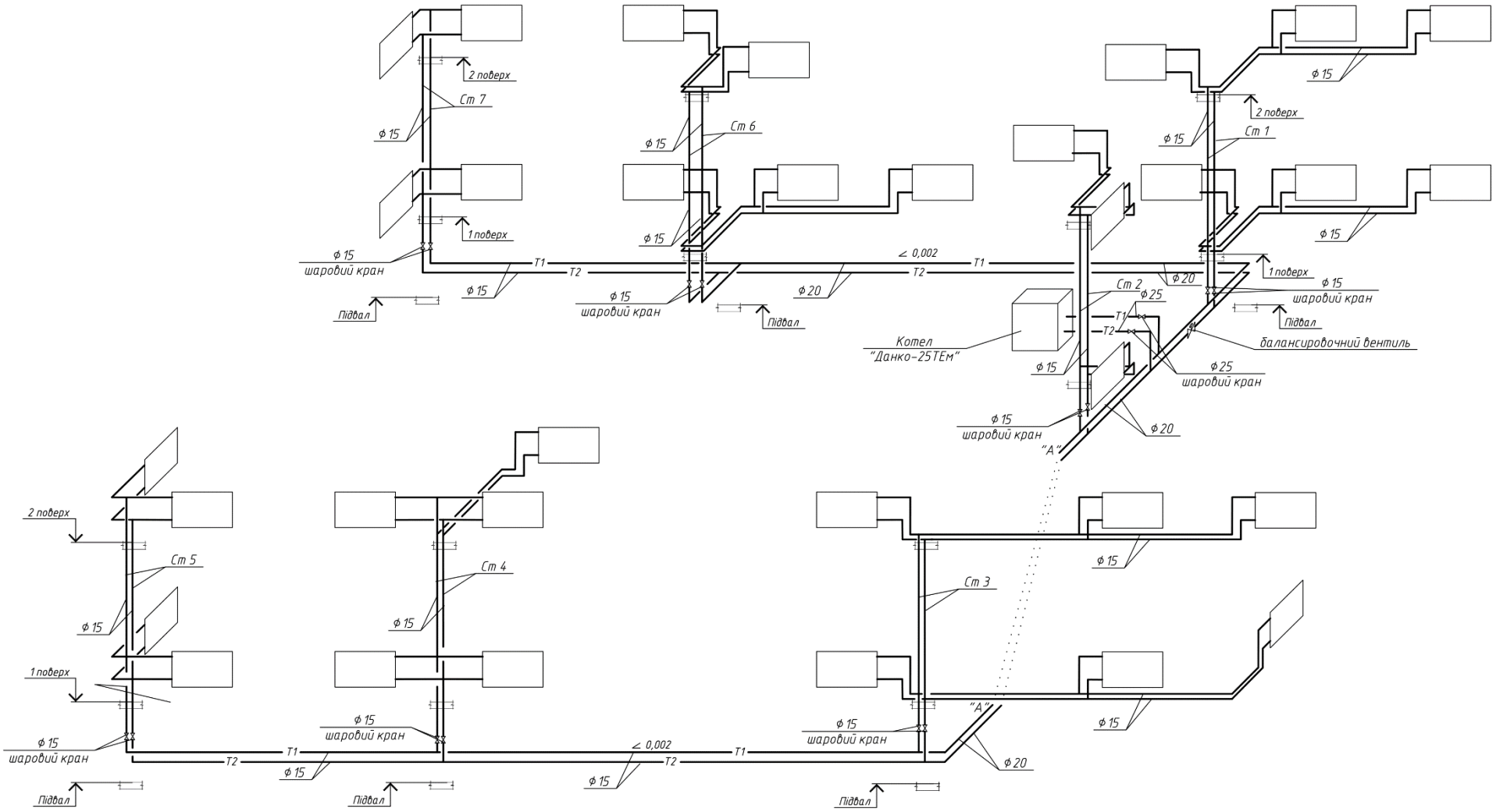


Рисунок 2.4 – Аксонометрична схема системи опалення

У загальному випадку кожен з цих ділянок являє собою трубопровід постійного діаметра, на якому може бути встановлена запірна і регулююча арматура, а також обладнання системи опалення, яке є місцевими гідравлічними опорами.

Цей метод полягає в роздільному визначенні втрат тиску на тертя і на місцеві опори. Мета гідравлічного розрахунку полягає в підборі діаметрів окремих ділянок таким чином, щоб сумарні втрати тиску по кільцю були на (5…10) % менше величини розрахункового тиску.

В якості розрахункового кільця для насосної вертикальної двотрубної системи з тупиковим рухом теплоносія приймаємо кільце, що проходить через самий навантажений та віддалений верхній опалювальний прилад.

До основного циркуляційного кільця приєднуються горизонтальні гілки, для розведення по приміщеннях.

Головне розрахункове кільце проходить через стояки 1, 2, 3, 4, 5.

Витрата теплоносія в системі на ділянках, визначається за формулою, кг/с

$$G_{діл} = 3{,}6 \cdot Q_{діл} / C \cdot (t_2 - t_0), \qquad (2.18)$$

де $Q_{діл}$ – теплове навантаження ділянки, Вт;

С – теплоємність води, С = 4,187 кДж/(кг·К);

t_2 – температура теплоносія на вході в систему опалення, t_2 = 95 ºС;

t_0 - температура теплоносія в зворотному трубопроводі, t_0 = 70 ºС.

Знайдені значення витрат теплоносія зводимо до таблиці 2.4.

Наявний циркуляційний тиск для систем з примусовою циркуляцією визначається за формулою, Па

$$\Delta P_{р.ц.} = \Delta P_{н} + Б(\Delta P_{е} + \Delta P_{е.тр.}), \qquad (2.19)$$

де $\Delta P_{н}$ - тиск створюваний спонукачем циркуляції (насосом або елеватором), виходячи з техніко-економічних розрахунків його рекомендується

приймати при звичайній протяжності кілець системи (близько 120 м) рівним 10000 - 12000 Па, для систем довільної протяжності можна приблизно приймати.

$$\Delta P_н = 80 \cdot \sum l, \qquad (2.20)$$

де $\sum l$ - сума довжин ділянок розрахункового кільця,

Б - коефіцієнт, що визначає долю максимального гравітаційного тиску, рекомендується приймати Б = 0,4 ÷ 0,5 для двотрубних систем, Б =1 для однотрубних систем опалення [28-29].

Для головного розрахункового кільця, Па

$$\Delta P_н = 80 \cdot 86{,}6 = 6928.$$

Для другорядного розрахункового кільця, Па

$$\Delta P_н = 80 \cdot 81 = 6480.$$

Природний циркулярний тиск визначається за формулою, Па

$$\Delta P_e = \frac{\beta \cdot g}{Q_{ст}} \cdot (t_2 - t_o) \cdot \sum_{i=1}^{n} (Q_{прі} \cdot h_i), \qquad (2.21)$$

де β - середній приріст щільності при пониженні температури води (при $(t_2 - t_o) = 95 - 70$ °С, $\beta = 0{,}64$, при $(t_2 - t_o) = 105\text{-}70$ °С, $\beta = 0{,}66$);

$Q_{ст}$ - теплове навантаження останнього стояка розрахункового кільця, Вт;

$Q_{прі}$ - теплове навантаження приладів по поверхах, Вт;

h_i - відстань від центру нагріву до центру нагрівального приладу, м.

Для головного розрахункового кільця, Па

$$\Delta P_e = \frac{0,64 \cdot 9,81}{2454,8} \cdot (95 - 70) \cdot (1435,2 \cdot 2,5 + 1019,6 \cdot 5,811) = 608,25.$$

Для другорядного розрахункового кільця, Па

$$\Delta P_e = \frac{0,64 \cdot 9,81}{2189,1} \cdot (95 - 70) \cdot (1194,3 \cdot 2,5 + 994,8 \cdot 5,811) = 628,57.$$

Тоді наявний циркуляційний тиск для головного розрахункового кільця становить, Па

$$\Delta P_{р.ц} = 6928 + 0,5 \cdot (608,25 + 50) = 7257,12.$$

Для другорядного розрахункового кільця, Па

$$\Delta P_{р.ц} = 6480 + 0,5 \cdot (628,57 + 50) = 6819,28.$$

Крім пониження температури води в нагрівальних приладах спостерігається додаткове охолодження її по довжині трубопроводів системи. Зміна температури в трубопроводах створює додатковий гравітаційний тиск $\Delta p_{е\ тр}$, [28].

Наступний етап гідравлічного розрахунку полягає у визначенні втрат тиску в системі опалення, які визначаються як сума втрат тиску на ділянках, що утворюють головне циркуляційне кільце.

Так, втрати тиску на довільній ділянці системи доцільно представляти як суму двох складових:

- втрати тиску на гідравлічне тертя при транспортуванні теплоносія в трубі;

- втрати тиску в місцевих опорах.

Загальна кількість теплоносія системи опалення розподіляється по циркуляційних кільцях так, що втрати тиску на переміщення відповідних кількостей теплоносія у відповідних кільцях рівні між собою в точках з'єднання кілець.

Таким чином, для розподілу теплоносія у відповідності з тепловими навантаженнями циркуляційних кілець системи опалення необхідно виконати гідравлічну ув'язку за рахунок забезпечення однакових втрат тиску в кільцях для витрат теплоносія, обумовлених поточним тепловим навантаженням кільця.

Для вирівнювання гідравлічних втрат в кільцях системи опалення використовується балансувальна арматура ручного або автоматичного регулювання.

Практичний досвід і результати гідравлічних випробувань, проведені виробниками балансувальної арматури, дозволяють зробити висновки про те, що з метою отримання максимального ефекту гідравлічного регулювання і забезпечення ефективної роботи радіаторних термостатів (радіаторний термостатичний клапан, обладнаний термостатичною головкою), балансувальна арматура повинна розміщуватися найближче до гілок приладу при встановленні на опалювальних приладах.

Орієнтовне значення питомих втрат на тертя, Па/м

$$R_{\text{ор}} = 0{,}9 \cdot \text{к} \cdot \frac{\Delta P_{\text{р.ц}}}{\sum l} = 0{,}9 \cdot 0{,}65 \cdot \frac{7257{,}12}{86{,}6} = 49{,}02, \qquad (2.22)$$

де к - частка втрат тиску на тертя, для систем з природною циркуляцією к = 0,5 для систем з штучною циркуляцією к = 0,65;

$\sum l$ - сума довжин розрахункового кільця (ділянок прямого і зворотного трубопроводів).

Розрахована величина $R_{\text{ор}}$ є наближеною, але досить зручною для орієнтування в табличних даних. При підборі діаметрів труб для конкретних ділянок можуть застосовуватися величини більше або менше $R_{\text{ор}}$.

За знайденим значенням $R_{ор}$ та заданому $G_{діл}$ знаходять діаметр та швидкість, за таблицями або номограмами, [28 - 29]. Ці значення заносимо до таблиці 2.4.

Визначаємо на кожній дільниці суму коефіцієнтів місцевих опорів і розраховуємо втрати тиску в місцевих опорах. Сумарні втрати тиску на всіх ділянках головного циркуляційного кільця Σ (RL + Z) порівнюємо з величиною розрахункового наявного тиску в системі опалення. Розбіжність між ними при тупиковому русі теплоносія не повинна перевищувати 10 %.

В таблиці 2.4: $R \cdot l$ - значення втрат тиску на тертя на ділянці;

$P_д = v^2 \cdot \rho /2$ - динамічний тиск, або знаходять по таблиці, [28];

$Z = P_д \cdot \sum\xi$ - втрати тиску в місцевих опорах на ділянці;

$\sum\xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці.

Коефіцієнти місцевих опорів наводяться в довідковій літературі, [28 - 29].

Таблиця 2.4 – Гідравлічний розрахунок системи опалення

№ ділянки	теплове навантаження ділянки, Вт, $Q_{діл.}$	Витрати теплоносія кг/ч, $G_{діл.}$	Довжина ділянки L,	Діаметр /умовний/,мм, d	Швидкість теплоносія, м/с, V	Питома втрата тиску на тертя, Па/м, R	Втрата тиску на тертя, Па, R·l	Сума коефіцієнтів місцевих опорів, Sξ	Динамічний тиск, Па, $Р_д$	Втрати тиску в місцевих опорах, Па, Z	Сума втрат, R·l + Z	Ескіз місцевих опорів
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Головне циркуляційне кільце												
1	19951,9	686	2,2	25	0,35	72	158,4	6,5	61,07	396,93	555,33	трійник, вензель, котел
2	10312,1	355	3,8	20	0,29	79	300,2	1	41,92	41,92	342,12	трійник, раптове звуження
3	9111,1	313	3	20	0,27	60	180	2,5	36,34	90,85	270,85	відвід, трійник
4	5462,2	188	12	15	0,28	110	1320	1	39,08	39,08	1359,08	трійник, раптове звуження
5	2454,8	84	22,3	15	0,14	23	512,9	55	9,77	537,38	1050,28	12 відводів, 2 трійника, 4 прилади опалення, вентиль
5'	2454,8	84	22,3	15	0,14	23	512,9	29	9,77	283,35	796,25	12 відводів, 2 трійника, вентиль
4'	5462,2	188	12	15	0,28	110	1320	1,5	39,08	58,62	1378,62	трійник, раптове розширення
3'	9111,1	313	3	20	0,27	60	180	2,5	36,34	90,85	270,85	відвід, трійник
2'	10312,1	355	3,8	20	0,29	79	300,2	1,5	41,92	62,89	363,09	трійник, раптове розширення
1'	19951,9	686	2,2	25	0,35	72	158,4	6,5	61,07	396,93	555,33	трійник, вентиль, котел
∑			86,6								6941,81	
Нев’язка Н= (7257,12-6941,81)/7257,12*100% = 4,3%												

Продовження таблиця 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Другорядне циркуляційне кільце												
1	19951,9	686	2,2	25	0,35	72	158,4	6,5	61,07	396,93	555,33	трійник, вентиль, котел
6	5192,9	178	16	20	0,16	20	320	5	12,76	63,81	383,81	2 відводи, трійник, раптове звуження
7	2189,1	75	22,3	15	0,12	18	401,4	51,5	7,18	369,69	771,09	10 відводів, 2 трійника, 4 прилади опалення, вентиль, раптове звуження
7'	2189,1	75	22,3	15	0,12	18	401,4	26	7,18	186,64	588,04	10 відводів, 2 трійника, вентиль, раптове розширення
6'	5192,9	178	16	20	0,16	20	320	5,5	12,76	70,19	390,19	2 відводи, трійник, раптове розширення
1'	19951,9	686	2,2	25	0,35	72	158,4	6,5	61,07	396,93	555,33	трійник, вентиль, котел
∑			81								3243,78	
Нев’язка Н= (6819,28-3243,78)/6819,28*100%=52,4%												
На друге кільце встановлюємо балансувальний клапан ASV-P 20 с ASV-M 20												

2.4 Підбір опалювальних приладів

В якості опалювальних приладів приймаємо радіатори KERMI. Зовнішній вигляд радіатора надано на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд радіатора KERMI FKO 11

Сталеві радіатори Kermi виробляються в декількох виконаннях - з боковим і нижнім типом підводки.

Бокове підключення радіаторів Kermi притаманне пристроям серії FKO.

Дані опалювальні прилади відносяться до типу профільних обігрівачів, допущених до використання як в однотрубних, так і в двотрубних системах.

Згідно з даними каталогу виробника, «кожна панель радіатора виготовлена з двох штампованих листів, зварених по периметру роликовим швом, і в місцях з'єднання штампованих елементів точкової зварюванням».

Експлуатаційні характеристики виробів:

- максимальна температура теплоносія: 110 °С;
- допустимий робочий тиск: 10 бар;
- обсяг: 1-28 л;
- потужність: 228-6428 Вт;
- з'єднання: 4 х ½.

Основним матеріалом для виготовлення панельних радіаторів є сталь. Сталь, як високотехнологічний матеріал володіє відмінним набором властивостей: міцність, гнучкість - це надає агрегатам зі сталі масу корисних властивостей, а хороша податливість зварюванню і висока теплопровідність роблять сталь ідеальним матеріалом для радіаторів опалення.

Сталеві панельні радіатори відрізняє дуже велика кількість типорозмірів.

Тип панельного радіатора задається 2 цифрами: перша вказує на загальну кількість панелей, а друга - на кількість опалювальних панелей з ребрами. Наприклад, сталевий панельний радіатор типу 21 означає, що у радіатора є дві панелі, в тому числі одна панель з конвективними ребрами.

Виходячи з офіційного технічного опису, «для підвищення тепловіддачі, радіатори типів «11», «12», «22», «33» доповнені конвекторними гратами, що дозволяють збільшити ефективність приладу на 60 % ».

Корпуси радіаторів Kermi з боковим підведенням мають спеціальне лакофарбове покриття, піддане термічній обробці при 180 °С. Завдяки цьому обігрівачі не піддаються згубному впливу корозійних процесів, менше піддаються зносу.

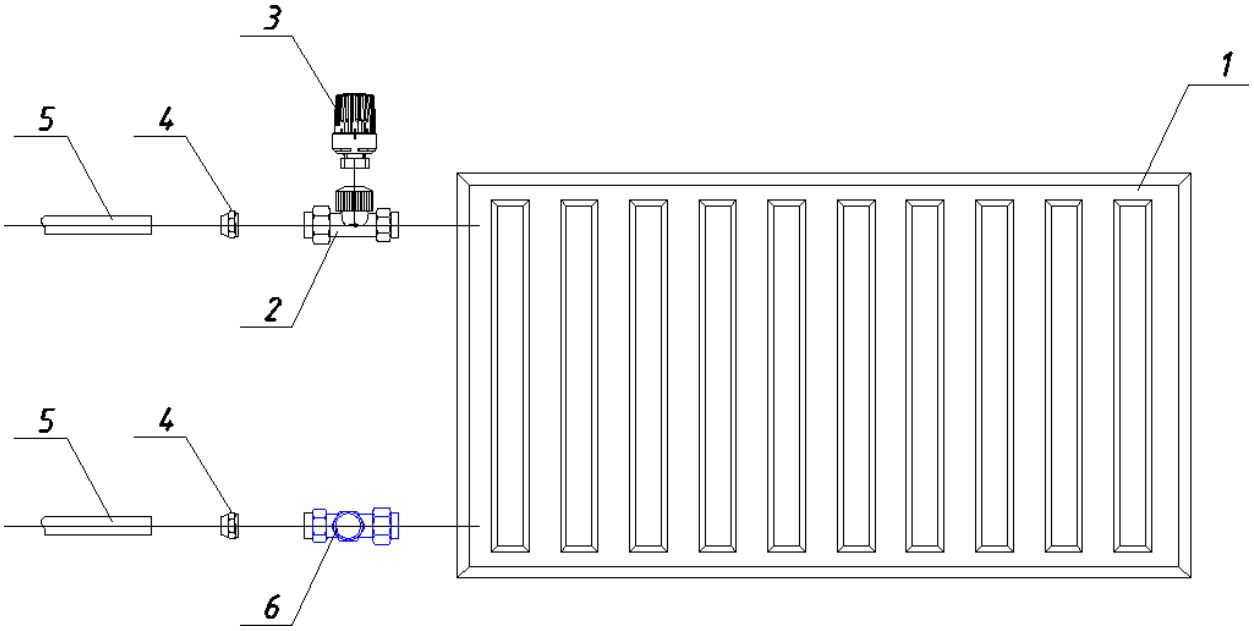
Теплова потужність радіатора, або тепловіддача – це основний параметр для опалювального приладу, який показує скільки теплової енергії віддає радіатор в певну одиницю часу. Теплова потужність виражається у ватах.

Значення теплової потужності залежить як від конструктивних особливостей (крок оребрення конвективними панелями) і типорозміру приладу, так і від теплового режиму експлуатації радіатора.

Панельний радіатор є ефективним опалювальним агрегатом і за рахунок великої нагріваємої площі має підвищену тепловіддачу. Панельні радіатори мають широкий діапазон розмірів, як по вертикалі, від 300 мм до 900 мм, так і по горизонталі, від 400 мм до 3000 мм.

Залежно від розміру і типу панельного радіатора змінюється і його показник тепловіддачі.

Порядок підключення радіатора KERMI представлений на рисунку 2.6.



1 - радіатор

2 - вентиль термостатичний

3 - термостат

4 - приєднувальний набір «Cofit S»

5 - труба, що підводить/відводить теплоносій

6 – вентиль

Рисунок 2.6 – Порядок підключення радіатора KERMI до стояка

В якості опалювальних приладів санвузлів приймаємо рушникосушарки фірми Mario . Рушникосушарка виконує 2 ключові функції - сушка речей і обігрів приміщення. Моделі відрізняються типами, розмірами та формами, функціональними можливостями. Широкий асортимент рушникосушарок ідеально підходять як для центральної, так і для автономної систем опалення.

Для виготовлення радіаторів використовується виключно нержавіюча сталь марки AISI 304. Високий вміст в металі хрому (не менше 18 %) і нікелю (не менше 8 %) гарантує високу безпеку для користувача, так як захищає від виникнення течі в виробі.

За результатами розрахунку тепловтрат будівлі було визначено розрахункову теплову потужність опалювальних приладів, згідно яких був виконаний підбір опалювальних приладів. Результати підбору зведено до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Підбір опалювальних приладів системи опалення

№ опалювального приладу	Розрахункова температура в приміщенні t°C	Площа приміщення, Sпр	Тепловий потік від приладу в розрахункових умовах, Qзаг, Вт	Тип обраного опалювального приладу	Номінальний тепловий потік опалювального приладу, Qпр, Вт	Розміри		Вага з кронштейнами, кг	Тип підключення.	Об'єм води у приладі
						h, мм	L, мм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПЕРШИЙ ПОВЕРХ										
101 № 1	20	21,0	597,1	Kermi FKO 11	721	500	600	9,32	бічне	1,62
101 № 2	20		597,1	Kermi FKO 11	721	500	600	9,32	бічне	1,62
102	25	8,0	426,3	Рушникосушарка Mario Гера	458	1250	500	11,1	нижнє	4,3
103	25	9,0	663,6	Рушникосушарка Mario Гера	661	1500	600	12,9	нижнє	5,1
104	18	6,0	511,8	Kermi FKO 11	500	500	400	6,6	бічне	1,08
105	18	18,0	1095	Kermi FKO 22	1054	500	500	13,03	бічне	2,7
106 № 1	18	47,4	580,1	Kermi FKO 11	625	500	500	7,98	бічне	1,35
106 № 2	18		580,1	Kermi FKO 11	625	500	500	7,98	бічне	1,35
106 № 3	18		580,1	Kermi FKO 11	625	500	500	7,98	бічне	1,35
106 № 4	18		580,2	Kermi FKO 11	625	500	500	7,98	бічне	1,35

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
107	18	12,6	555,3	Kermi FKO 11	500	500	400	6,6	бічне	1,08
109	18	11,7	753,6	Kermi FKO 11	750	500	600	9,32	бічне	1,62
110	18	17,7	1043,5	Kermi FKO 22	1054	500	500	13,03	бічне	2,7
111	25	8,0	413,2	Рушникосушарка Mario Гера	458	1250	500	11,1	нижнє	4,3
112 № 1	20	30,0	717,6	Kermi FKO 11	721	500	600	9,32	бічне	1,62
112 № 2	20		717,6	Kermi FKO 11	721	500	600	9,32	бічне	1,62
ДРУГИЙ ПОВЕРХ										
201 № 1	20	22,60	497,4	Kermi FKO 11	600	500	500	7,98	бічне	1,35
201 № 2	20		497,4	Kermi FKO 11	600	500	500	7,98	бічне	1,35
202	25	8,00	396,4	Рушникосушарка Mario Еліт	396	1230	600	8,6	нижнє	3,1
203 № 1	16	47,00	1005,7	Kermi FKO 22	1054	500	500	13,03	бічне	2,7
203 № 2	16		1005,7	Kermi FKO 22	1054	500	500	13,03	бічне	2,7
204 № 1	18	30,00	593	Kermi FKO 11	625	500	500	7,98	бічне	1,35
204 № 2	18		593	Kermi FKO 11	625	500	500	7,98	бічне	1,35

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
205 № 1	18	30,00	394,7	Kermi FKO 11	500	500	400	6,6	бічне	1,08
205 № 2	18		394,7	Kermi FKO 11	500	500	400	6,6	бічне	1,08
205 № 3	18		394,6	Kermi FKO 11	500	500	400	6,6	бічне	1,08
206	25	6,00	251,1	Рушникосушарка Mario Люкс HP	251	1100	500	5,6	нижнє	2,1
207	18	18,00	945,6	Kermi FKO 11	1000	500	800	12,04	бічне	2,16
208	18	18,00	945,6	Kermi FKO 11	1000	500	800	12,04	бічне	2,16
209	25	6,00	251,1	Рушникосушарка Mario Люкс HP	251	1100	500	5,6	нижнє	2,1
210	25	8,00	354	Рушникосушарка Mario Еліт	396	1230	600	8,6	нижнє	3,1
211 № 1	20	23,60	509,8	Kermi FKO 11	500	500	400	6,6	бічне	1,08
211 № 2	20		509,8	Kermi FKO 11	500	500	400	6,6	бічне	1,08

3 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

3.1 Вибір і опис котельного агрегату

Для теплопостачання будівлі будемо використовувати твердопаливний стальний котел типу «ДАНКО-ТЕм» з механізованою подачею сипучого палива та примусовою подачею повітря в камеру згоряння ретортного пальника, теплопродуктивністю 25 кВт з максимальною температурою нагріву води 95°С і робочим тиском до 0,3 МПа, що призначений для опалення індивідуальних житлових будинків і споруд комунально-побутового призначення, обладнаних системами опалення з гравітаційною або примусовою (насосною) циркуляцією теплоносія. Зовнішній вигляд та технічні характеристики наведені на рисунку 3.1 та таблиці 3.1 відповідно.

Паливом для даного типу котла є:

- гранули (пелети) з дерева;
- гранули (пелети) з лушпиння соняшника;
- гранули (пелети) з соломи;
- гранули (пелети) з очерету.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд твердопаливного котла типу «ДАНКО-ТЕм»

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики: пелетного котла «ДАНКО-ТЕм»

Номінальна витрата палива: дерев'яні пелети, кг/год	5
Вид палива	Пелети з деревини, соломи, лушпиння соняшнику ДСТУ 7124: 2009
Номінальна теплопродуктивність, кВт, ± 10%	25
Напруга живлення, В / частота Гц	~200/50
Максимальна споживана потужність, не більше, Вт	260
Розрідження за котлом, Па, не більше	25
Підключення до системи опалення, фланець	Dy50
Висота димоходу, не менше, м	6
Коефіцієнт корисної дії,%	90
Об'єм води в котлі, л	80
Приєднувальні розміри: до димоходу, мм	180x180
Робочий тиск води мінімальний, МПа	0,1
Робочий тиск води максимальний, МПа	0,3
Робочий цикл котла, при номінальній потужності, (обсяг бункера 0,5 м3), ч	58
Робочий цикл котла, при номінальній потужності, (обсяг бункера 0,6 м3), ч	36
Max. температура води на виході з котла, ° С	95
Довжина (глибина), мм, не більше	850
Висота , мм, не більше	1515
Ширина, мм, не більше	1465
Вага, кг	360

«Данко-ТЕМ» - твердопаливний сталевий котел призначений для ефективного і раціонального спалювання пелет. Подача палива з бункера відбувається шнеком, що в сукупності з системою управління та вентилятором для подачі повітря, дозволяє повністю автоматизувати робочий процес котла.

Система управління котлів «Данко ТЕМ» проводить постійні вимірювання температури теплоносія. Подачу повітря і палива для досягнення рівня зазначеної температури води в котлі слід міняти з пульта управління. При цьому відбувається повне раціональне спалювання пелет, що забезпечує рівень ККД близько 90 %. Котел оснащений системою пожежогасіння шнека подачі палива.

Подача палива в бункер може здійснюватися на відстані. Для цього потрібно додатково обладнати бункер гвинтовим або пневматичним транспортером. Догляд за котлом займає мінімум часу, потрібно тільки завантажувати бункер паливом і періодично прибирати попіл без зупинки котла. Будова котла «ДАНКО - ТЕм» показана на рисунку 3.2.

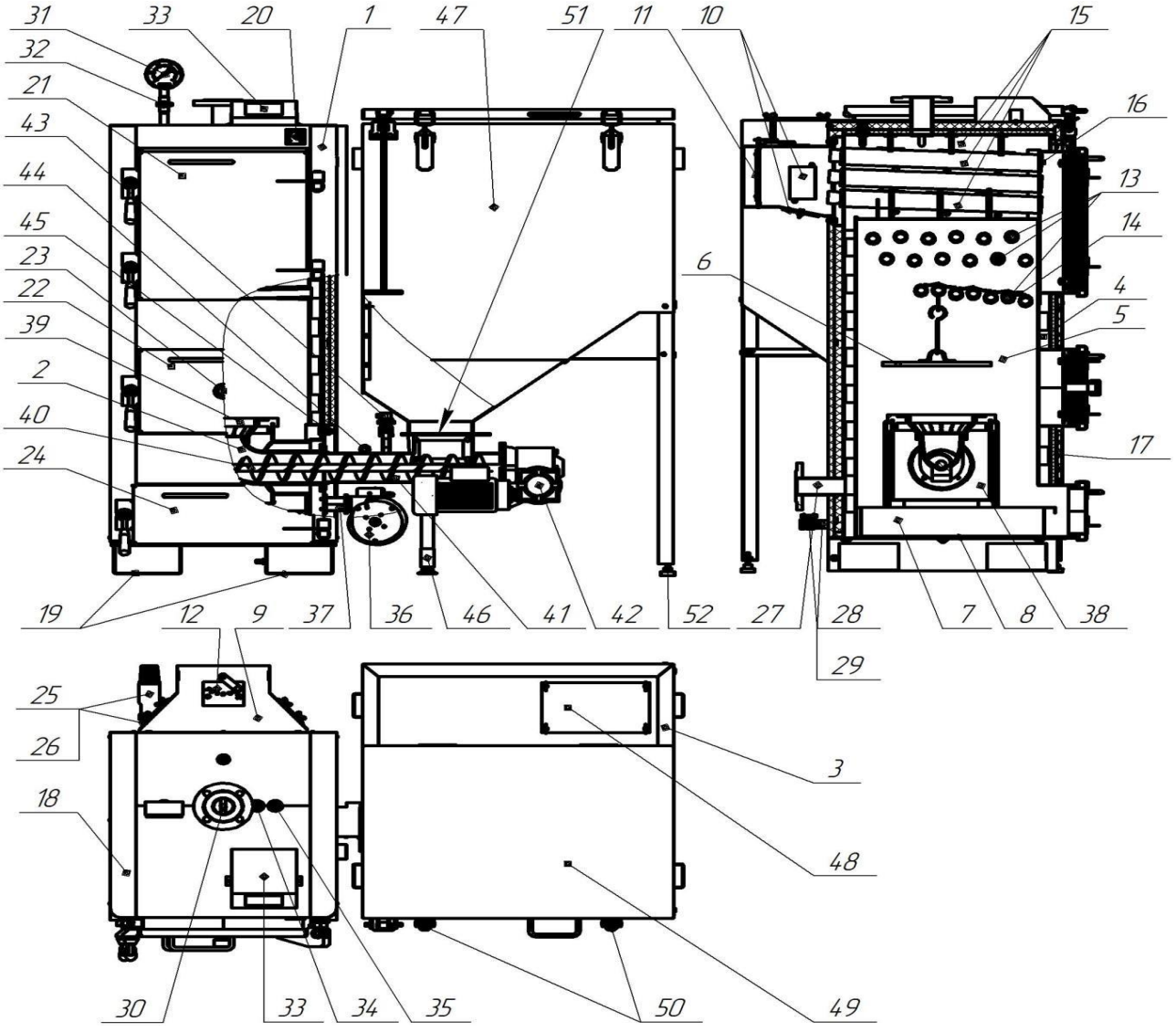


Рисунок 3.2 - Схема твердопаливного стального котла типу «ДАНКО-ТЕм»

Котел складається з таких основних вузлів: теплогенератора 1, пальникаретортного типу 2 та бункеру запасу палива (пелет) 3.

Основним елементом теплогенератора 1 є суцільнозварний теплообмінник 4, що має: топку 5 в якій розміщена реторта пелетного пальника, розсікач полум'я 6 і ящик зольника 7 який лежить на піддоні 8, зйомний димохід 9 з трьома кришками прочистки 10, поворотним шибером 11 і фіксатором положення 12.

Конвективну частину теплообмінника складають виготовлені з безшовних котлових труб три ряди похилих труб 13, причому в нижньому ряду труби з'єднані між собою пластинами тепловідбору 14 і три ряди димогарних труб 15 в які встановлено турбулізатори 16. Усі труби, перегородки та всі внутрішні стінки котла охолоджуються водою.

Розсікач полум'я 6 призначений для:

- утримування полум’я в реторті;
- розбивання полум’я на поверхню теплообмінника.

Розсікач розміщується на висоті 150 мм.

З усіх сторін (крім нижньої) теплообмінник вкритий шаром теплоізолюючого матеріалу 17 і закритий декоративним кожухом 18. Теплообмінник встановлений на дві опори 19.

На передній частині котла знаходиться термометр 20 і змонтовано дверцята: верхні 21 (обслуговування конвективної частини топки), середні 22 (обслуговування реторти пальника) з оглядовим віконцем 23 контролю наявності полум’я в топці, та нижній 24 (обслуговування зольникової камери).

На задній частині котла знаходяться: встановлений на патрубку 25 запобіжний клапан 26, патрубок звороту 27 та встановлений на патрубку 28 кран заповнення-зливу котла водою 29.

На верхній частині котла знаходяться: патрубок подачі 30, пульт керування 33 з датчиками температури 34 та 35, манометр 31 з трьохходовим краном 32 (комплектується по індивідуальному замовленню).

Пальник 2, до якого кріпиться вентилятор 36 встановлений на перехіднику 37, може бути змонтовано на правій або лівій стороні котла.

Пальник складається з розміщеної в корпусі 38 перфорованої чавунної реторти 39, шнекового транспортера 40, який розміщений в трубі 41 і мотор-редуктора 42. На трубі шнекового транспортера встановлено протипожежний термостатичний клапан безпеки 43 і його температурний датчик 44. Корпус пальника кріпиться до корпусу теплогенератора фланцевим з'єднанням 45 і опирається на підлогу регульованою опорою 46.

Привід шнекового транспортера здійснюється від мотор-редуктора 42, який з'єднаний з шнеком за допомогою болта, що грає роль запобіжника (зрізається при перенавантаженні чи заклинюванні шнекового транспортера).

Шнек служить для транспортування палива з бункера в нижню частину реторти.

Бункер запасу палива 3 складається з герметичного зварного корпусу 47 який має отвір для встановлення пристрою автоматизованого завантаження пелет закритий кришкою 48 і люк для ручного завантаження пелет закритий кришкою 49 з замками 50. Обидві кришки герметизовані ущільнювачем. Бункер кріпиться до пальника фланцевим з'єднанням 51 і опирається на підлогу двома регульованими опорами 52.

Принцип роботи котла: в основу роботи котла покладено принцип горіння палива на ретортному пальнику з примусовою подачею первинного і вторинного повітря в зони горіння.

Ретортний пальник, являє собою чавунну чашу, на поверхні якої відбувається горіння. Паливо подається шнеком знизу, через центр реторти. Під безпосередню зону горіння подається первинне повітря, яке продуває шар палаючого палива і не дозволяє поверхні реторти надмірно нагріватися. Вторинне повітря подається через спеціальні повітряні канали в пальнику. Утворювана в процесі горіння зола скидається з поверхні ретортного пальника, свіжим паливом що надходить знизу.

Конструктивно пальник виконаний поворотною ретортою (окрім моделі „Данко-100ТЕм”, в якому реторта не обертається), яка дозволяє ефективно спалювати високозольне і з великим вмістом пилу сипуче паливо.

Теплопродуктивність котла, необхідна для підтримання заданої контролером температури котлової води, визначається кількістю поданого палива в ретортний пальник та інтенсивністю горіння палива, яка, в свою чергу, забезпечується регульованою подачею первинного повітря вентилятором. Повітря від вентилятора проходить через колектори подачі первинного повітря, попередньо підігрівається і надходить через отвори в рухомій реторті безпосередньо в зону горіння палива.

Одночасно повітря подається по повітряних каналах через форсунки в простір над палаючим паливом (зона полум’я). Це є вторинне повітря, яким забезпечується догоряння продуктів неповного окислення палива (особливо оксиду вуглецю CO) та летючих його складових.

В котлі передбачено зольниковий ящик для збору золи. Видалення золи здійснюється вручну у міру наповнення зольникового ящика без необхідності зупинки котла. Для цього необхідно зупинити вентилятор, вийняти зольниковий ящик, видалити з нього золу і встановити назад під ретортний пальник. Періодичність даної операції безпосередньо залежить від якості палива та налаштувань котла.

3.2 Вибір допоміжного обладнання

Підбір насосу.

З гідравлічного розрахунку маємо витрату теплоносія в системі опалення будинку, рівна, $м^3$/год:

$$G = 686{,}19 \text{ кг / год } = 0{,}686.$$

Напір для подолання опору трубопроводів і підйому теплоносія на необхідну висоту приймаємо 7 м.

Для встановлення обираємо циркуляційний насос WILO TOP-S 25/13 3 ~ PN 10.

Насос циркуляційний Wilo-TOP-S 25/13 - це насос який можливо застосовувати для будь-яких систем опалення, систем кондиціонування, закритих контурів охолодження і промислових циркуляційних систем. Не вимагає техобслуговування, циркуляційний насос з мокрим ротором з різьбовим або фланцевим підключенням, можливий вибір ступенів частоти обертання [31].

Серійно оснащуються теплоізоляцією для застосування в системах опалення.

Зовнішній вигляд насоса представлений на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 - Циркуляційний насос WILO TOP-S 25/13 3 ~ PN 10

Комбіновані фланці PN 6 / PN 10.

Двосторонній підвід кабелю до клемної коробки (від P1 ≥ 250 Вт).

Корпус насоса з катафорезним покриттям.

Технічні характеристики насоса:

- номінальна швидкість (об / м) 1800/2380/2680;
- продуктивність (0,7...2,2) м3 / год;
- споживана потужність 0,268 кВт;

- призначення: опалення, охолодження і кондиціонування;
- робоча температура (-20 ... +130) ° С (короткочасно +140 ° С);
- в поєднанні з модулем від - 20 ° С до + 110 ° С;
- макс. робочий тиск (бар) 10 (PN10);
- макс. гідростатичний напір (м) 13;
- діаметр під'єднання труб (дюйм) Rp 1; G 1 1/2;
- електроживлення 1 ~ 230 В, 50 Гц;
- клас енергоефективності F;
- клас захисту (IEC 34-5) IP X4D;
- монтажна довжина (мм) 180;
- вага, кг: 5,2.

Підбір закритого розширювального бака.

Внутрішній простір всіх елементів системи опалення (труб, опалювальних приладів, арматури, обладнання і т.д.) заповнений водою. Обсяг води в процесі експлуатації системи зазнає змін: при підвищенні температури води він збільшується, при зниженні - зменшується. Відповідно змінюється внутрішній гідростатичний тиск. Однак ці зміни не повинні позначатися на працездатності системи опалення і, перш за все, не повинні призводити до перевищення межі міцності будь-яких її елементів. Тому в систему водяного опалення вводиться додатковий елемент - розширювальний бак.

Основне призначення розширювального бака - прийом приросту води в системі, що утворюється при її нагріванні. При цьому в системі підтримується певний гідростатичний тиск. Крім того, бак призначений для поповнення обсягу води в системі при невеликому витоку і при зниженні її температури, для сигналізації про рівень води в системі і управління процесом підживлювальних приладів.

У цьому проєкті передбачаємо установку закритого розширювального бака мембранного типу, який герметичний, сприяє зменшенню корозії труб і приладів, може забезпечити в широкому діапазоні зміну тиску в системі опалення.

Корисний об'єм розширювального бака, л, визначається за формулою

$$V = (VL \times E) / D, \quad (3.1)$$

де VL - обсяг всіх магістральних деталей, включаючи котел і інші опалювальні прилади;

E - коефіцієнт розширення теплоносія (у відсотках);

D - показник ефективності мембранника.

Найпростіший спосіб визначення середнього обсягу опалювальної системи по потужності обігрівального котла з розрахунку 15 л/кВт. Тобто, при потужності котла 25 кВт обсяг всіх магістралей системи буде дорівнює 375 л (15х25).

Коефіцієнт розширення для водяної системи приблизно дорівнює 4 % (при температурі теплоносія 95 °С).

Показник ефективності (D) оснований на початковому і найбільшому тиску в системі, а також стартовому тиску повітря в камері. Запобіжний клапан завжди налаштовується на максимальний тиск [9]. Щоб знайти значення показника ефективності, потрібно провести наступний розрахунок

$$D = (PV - PS) / (PV + 1), \quad (3.2)$$

де PV - максимальна позначка тиску в системі, для показник дорівнює 3 бар;

PS - тиск зарядки мембранника зазвичай становить 0,5 бар.

Тепер залишилося зібрати всі показники в формулу і отримати остаточний розрахунок:

$$VL = 15х25 = 375 \text{ л};$$

$$D = (3 - 0,5) / (3 + 1) = 0,625;$$

$$E = 4\% = 0,04;$$

$$V = (375 \times 0,04) / 0,625 = 24 \text{ л}.$$

Приймаємо до установки вертикальний мембранний розширювальний бак Zilmet CAL-PRO 25, виробництва італійської компанії ZILMET. Ємність об'ємом 25 літрів, з максимальним робочим тиском 4 бари, діапазоном робочої температури від (-10… + 99) ° С.

Розширювальний бак ZILMET Cal-Pro 25 допомагає компенсувати збільшення обсягу води в системі опалення в результаті підвищення температури теплоносія. Встановлений заводський тиск в баку тисне на поверхню гумової діафрагми зсередини. При підвищенні температури зростаючий обсяг води тисне на мембрану і вода надходить в бак, забезпечуючи додатковий простір системі опалення. Зі зниженням температури тиск стисненого повітря повертає воду в систему. Це дозволяє системі опалення підтримувати постійний тиск і допомагає знизити енергоспоживання.

Зовнішній вигляд бака представлений на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 - Розширювальний мембранний бак Zilmet CAL-PRO 25.

Технічні характеристики:

- виконання	вертикальне;
- конструкція	нерозбірна;
- максимальна температура середовища	99 ° С;
- максимальний тиск	4 бари;
- обсяг бака	25 л;
- габаритні розміри DxH	324х415 мм;
- вага	6,3 кг.

Зворотний клапан.

Клапани призначені для пуску рідини тільки в одному напрямку. Є більше 8-ми видів зворотних клапанів . Вони забезпечують герметичне перекриття трубопроводу, мають малі втрати тиску, не створюють гідравлічних ударів і шуму під час роботи, можуть встановлюватися в будь-якому монтажному положенні. Є варіанти для чистих і забруднених рідин (газ, пар, агресивні рідини). Матеріал чавун, латунь, бронза, вуглецева сталь. Приєднання по зовнішній / внутрішній різьбі (від 8 до 50 мм) або на фланцях (від 40 до 500 мм). Є також варіант для установки між фланцями і під зварювання. Ру від 10 до 100 бар для різних типів клапанів. Максимальна температура робочого середовища від п+ 80 до + 350 ° С, зворотні клапани можуть бути оснащені фільтрами при установці на введенні насоса.

Автоматичний повітроспускник.

Призначений для автоматичного видалення повітря з трубопроводів системи опалення при заповненні водою і по мірі накопичення повітря підчас роботи системи опалення. Складається з корпусу і поплавка, що переміщається разом з рівнем води. При підвищенні рівня поплавок піднімається і, діючи через передавальний механізм, перекриває отвори для випуску повітря.

Автоматичний балансувальний клапан.

Автоматичний балансувальний клапан ASV-PV- регулятор перепаду тиску прямої дії.

Автоматичний балансувальний клапан ASV-PV призначений для застосування спільно з налаштованим запірно-вимірювальним клапаном ASV-I в двотрубній системі водяного опалення, де радіаторні регулюючі клапани не мають пристрою попередньої наладки їх пропускної здатності.

Автоматичний балансувальний клапан ASV-PV встановлюється на зворотному стояку, а клапан ASV-I на падаючому стояку системи. Автоматичний балансувальний клапан ASV-PV забезпечує постійну стандартну різницю тисків в падаючому і зворотних стояках системи, включаючи клапан ASV-I, в діапазоні (5…20) кПа. Заводська настройка регулятора 10 кПа.

Налаштований запірно-вимірювальний клапан ASV-I призначений для обмеження максимальної витрати теплоносія через стояк системи опалення, для підключення імпульсної трубки балансування клапана до подаючого стояку. Автоматичний балансувальний клапан ASV-PV і ASV-I також дозволяють відключити стояк від розподільних магістралей і спустити з нього воду через дренажний кран, змонтований на корпусі ASV-PV.

Автоматичний балансувальний клапан ASV-PV підтримує постійний перепад тиску в двотрубному стояку системи опалення, включаючи налаштовуємий запірно-вимірювальний клапан ASV-I, за допомогою діафрагмового елемента. Підвищений тиск «+», переданий від стояка (від вихідного патрубка ASV-I) по імпульсній трубці до штуцера, впливає на діафрагму зверху, а знижений тиск «-», що передається від зворотного стояка (від вхідного патрубка ASV-PV) через канал в шпинделі, впливає на діафрагму знизу. Додане до діафрагми змінюване (налаштоване в залежності від розрахункових умов системи опалення) зусилля регулюючої пружини відповідає підтримуваного перепаду тисків від 5 кПа до 25 кПа.

Фільтр сітчастий.

Фільтр призначений для захисту трубопроводів, арматури і насосів в системі опалення від твердих часток, що переносяться потоком води. Частинки осідають на дрібну сітку, встановлену в корпусі фільтра під нахилом до потоку води і збираються в скидну камеру.

Скидна камера може бути забезпечена кульовим краном для можливості прочищення фільтра під тиском води в трубопроводі. При відкриванні крану вода омиває сітку і виносить накопичений на ній та в збірній камері шлам. Є можливість зняття сітки для очищення без демонтажу фільтра з трубопроводу. Сітка виконана з нержавіючої сталі. Корпус з латуні (з'єднання на різьбі). Максимальна температура плюс 120/110° С, Ру 16 при Ду (8…150) мм; Ру 10 при Ду (200…300) мм. Можливі розміри осередку сітки 0,3; 0,5; 0,8; 1,25; 1,6 мм.

Радіаторний термостат.

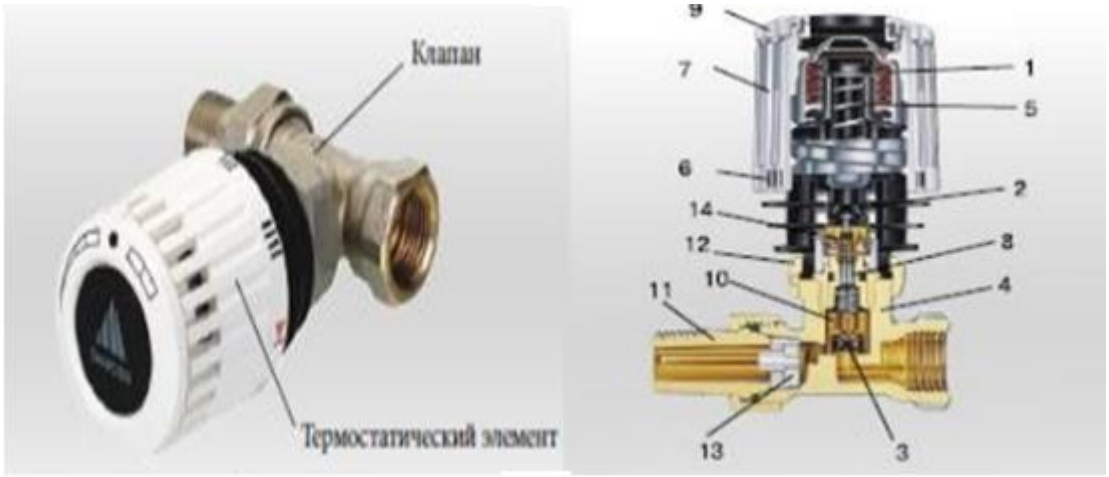
Для регулювання параметрів мікроклімату в кожному приміщенні використовуються автоматичні радіаторні терморегулятори RTD фірми «Danfoss»

Радіаторний терморегулятор - автоматичний регулятор прямої дії, призначений для підтримки на заданому рівні температури повітря в приміщенні шляхом зміни тепловіддачі встановленого в ньому місцевого опалювального приладу системи водяного опалення будівлі.

Терморегулятор типу RTD фірми «Danfoss» являє собою поєднання двох частин: регулюючого клапана і автоматичного термостатичного елемента.

Регулюючий клапан монтується на трубопроводі, що подає воду до опалювального приладу, а на клапані встановлюється термостатичний елемент.

Приймаємо щодо встановлення терморегулятори з клапанами RTD-N. Зовнішня вигляд та будова пристрою зображена на рисунку 3.5.



1 - сильфон
2 - шток термоелемента
3 - золотник клапана
4 - корпус клапана
5 - настроювальна пружина
6 - шкала настройки
7 - настроювальна рукоятка
8 - шток клапана
9 - кільце «пам'яті»
10 - дросселирующий елемент
11 - патрубок клапана з гайкою
12 - сполучна гайка
13 - антікавітаціонной вставка
14 - сальник клапана

Рисунок 3.5 - Пристрій радіаторного терморегулятора RTD

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі виконана розробка та проєктування системи теплопостачання теплових споживачів.

У досягнення визначеної мети в роботі були вирішені наступні завдання:

- виконано трасування системи опалення на плані та розстановку санітарних приладів і запірної арматури, побудовано аксонометричну схему системи опалення. Розглянуто водяну систему опалення з використанням поліпропіленових трубопроводів.

Проведено теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій будівлі; визначено гідравлічний розрахунок системи опалення; зроблено вибір основного обладнання системи опалення.

В якості опалювальних приладів прийнято до використання радіатори KERMI.

Для теплопостачання будівлі обрано до використання твердопаливний пелетний котел типу «ДАНКО-ТЕм» потужністю 25 кВт з механізованою подачею сипучого палива. Також обрано допоміжне обладнання:

- циркуляційний насос WILO TOP-S 25/13 3 ~ PN10.
- автоматичні радіаторні терморегулятори RTD фірми «Danfoss».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К. : Мінрегіонбуд України, 2014. – 51 с.

2. ДБН В.2.6 – 31: 2016 «Теплова ізоляція будівель». Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, Київ. 2017. – 31 с.

3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.

4. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, Київ. 2013. – 147 с.

5. ДБН В.2.2-15-2019 Житлові будинки. Основні положення. Мінрегіон України, 2019. – 42 с.

6. ДБН В.1.2-11: 2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008.- 13с.

7. ДБН В.2.6-33: 2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 24 с.

8. ДБН В.2.6-31: 2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбуд України, 2006. – 71 с

9. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Проектування. Розділ "Енергоефективність" у складі проектної документації об'єктів. – К. : Мінрегіонбуд України, 2014. – 53 с.

10. 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 (IEN 15251:2007, IDT).

11. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огороджувальних конструкцій. - К.: Мінрегіон України, 2014.– 37 с.

12. ДСТУ Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99) Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі

13. ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. - К. : Мінрегіонбуд України, 2009. - 13 с.

14. ДСТУ Б В.2.6-36:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. –25 с.

15. ДСТУ Б В.2.6-100:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення теплостійкості огороджувальних конструкцій. - К. : Мінрегіонбуд України, 2010. - 24 с.

16. ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 83 с.

17. ДСТУ Б В.2.7-56:2010 Будівельні матеріали. Вироби теплоізоляційні зі скляного штапельного волокна. Технічні умови. - К. : Мінрегіонбуд України, 2010. - 35 с.

18. ДСТУ Б В.2.7-150:2008 Будівельні матеріали. Пінополіуретани монтажні (монтажні піни). Загальні технічні умови. - К.: Мінрегіонбуд України, 209. - 14с.

19. ДСТУ Б В.2.7-167:2008 Будівельні матеріали. Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому. Загальні технічні умови (EN 13162:2001, NEQ). - К. : Мінрегіонбуд України, 2009. - 25 с.

20. ДСТУ Б В.2.7-195:2009 Будівельні матеріали. Матеріали і вироби теплоізоляційні. Номенклатура показників. - К.: Мінрегіонбуд України, 2010. - 9 с.

21. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO

13790:2008, IDT). - К.: НДІБК, 2011. – 229 с.

22. ДСТУ Б EN 13163:2012 Матеріали будівельні теплоізоляційні. Вироби зі спіненого полістиролу (EPS). Технічні умови (EN 13163:2008, IDT). - К. : Мінрегіон України, 2013. - 63 с.

23. ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування і улаштування вікон та дверей. - К.: Мінрегіонбуд України, 2010.– 70 с.

24. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 Настанова з розрахункової оцінки теплостійкості та теплозасвоєння огороджувальних конструкцій. - К.: Мінрегіон України, 2014.– 6 с.

25. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огороджувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк – К.: Гама-Принт. – 2009. – 216 с.

26. Любарець, О. П., Зайцев О. М., Любарець В. О. Проектування систем водяного опалення. Відень - Київ – Сімферополь, 2010. 200с.