

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Інженерних систем у будівництві

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему :
СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТИЛОВОГО БУДИНКУ

Виконав: здобувач 4 курсу, групи СМ-216
Спеціальності: 192 Будівництво та цивільна
інженерія [підпис] Сметанський В.Л.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент кафедри ІСБ
[підпис] Панкевич О.Д.
(прізвище та ініціали)

« 16 » 06 2025р

Рецензент: к.т.н., доцент кафедри БМГА
[підпис] Христюк О.В. (прізвище та ініціали)
« 16 » 06 2025р

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ІСБ
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.
(прізвище та ініціали, підпис)
[підпис]
« 12 » 06 2025 р.

Вінниця – 2025

Вінницький національний технічний університет
Факультет _____ будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра _____ Інженерних систем у будівництві _____
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань _____ 19 – Архітектура та будівництво _____
Спеціальність _____ 192 – Будівництво та цивільна інженерія _____
Освітньо-професійна програма _____ «Енергоефективні системи створення мікроклімату будівель»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІСБ
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.
(підпис)
« 21 » березня 2025 р

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Сметанського Вадима Леонідовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Система опалення багатоповерхового житлового будинку».

Керівник роботи _____ Панкевич О.Д., к.т.н., доцент

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

затверджена наказом вищого навчального закладу від «20» березня 2025 року № 97

2. Термін подання студентом проекту роботи 14 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи архітектурно-будівельні креслення - плани поверхів будівлі, розрізи, містобудівні обмеження, місце розташування - кліматичні характеристик району будівництва; джерело енергії та вимоги до підключення мереж, нормативна та технічна документація.

4. Зміст текстової частини:

Вступ (актуальність, мета і задачі, об'єкт та предмет дослідження). Аналітичний огляд теми та обґрунтування системи опалення багатоповерхового будинку. Теоретичне обґрунтування проектних рішень системи опалення. Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень. Охорона праці. Висновки, додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
плани розташування приладів системи опалення на типовому поверсі, гідравлічна схема системи опалення, аксонометрична схема трубопроводів системи опалення, календарний план виконання монтажних робіт.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз сучасних рішень у сфері централізованого та автономного опалення багатоповерхових будинків	Панкевич О.Д., к.т.н., доцент	21.03.2025	20.05.2025
Теплотехнічні розрахунки, вибір обладнання, розробка проєктного рішення системи водяного опалення	Панкевич О.Д., к.т.н., доцент	25.03.2025	23.05.2025
Організаційно-технологічне забезпечення монтажу системи опалення	Панкевич О.Д., к.т.н., доцент	28.03.2025	30.05.2025
Охорона праці	Кобилянська І.М., к.пед.н., доцент	19.05.2025	09.06.2025

7. Дата видачі завдання _____ березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Аналітичний огляд теми та обґрунтування системи опалення багатоповерхового будинку	21.03.25	25.05.25	визн
2	Теоретичне обґрунтування проєктних рішень системи опалення.	25.03.25	27.05.25	визн
3	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень.	28.03.25	30.05.25	визн
4	Охорона праці	19.05.25	03.06.25	визн
5	Оформлення графічної частини	19.05.25	09.06.25	визн
6	Підготовка графічних матеріалів: креслення, схеми, пояснення	01.06.25	12.06.25	визн
7	Попередній захист	05.06.25	06.06.25	визн
8	Виправлення зауважень та остаточне оформлення БКР		10.06.25	визн
9	Захист БДР	-	13.06.25	визн

Здобувач _____ Сметанський В.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Панкевич О.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 628.8

Сметанський В.Л. Система опалення багатоповерхового житлового будинку. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма Енергоефективні системи створення мікроклімату будівель. Вінниця: ВНТУ, 2025. 85 с.

На укр. Мові Бібліогр : 39 назв; рис.:4; табл.14.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розглянуто проектування системи опалення багатоповерхового житлового будинку в умовах клімату м. Житомир. Об'єктом дослідження є автономна система водяного опалення, що базується на сучасних енергоефективних рішеннях з урахуванням чинних будівельних норм та стандарті.

Виконано теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій, визначено теплові навантаження на приміщення, здійснено підбір радіаторного обладнання та трубопроводів, а також розроблено схеми прокладання системи опалення. Особливу увагу приділено організаційно-технологічній частині, охороні праці, техніці безпеки.

Ключові слова: опалення, багатоповерховий житловий будинок, теплове навантаження, енергоефективність, радіатори, трубопроводи, охорона праці, нормативи, Житомир, проектування системи опалення.

ANNOTATION

Smetanskyi V.L. Heating System of a Multi-Storey Residential Building. Bachelor's Qualification Work in specialty 192 – Construction and Civil Engineering, educational and professional program Energy-Efficient Systems for Building Microclimate Control. Vinnytsia: VNTU, 2025. 85 p.

In Ukrainian. Bibliography: 39 sources; illustrations: 4; tables: 14.

The bachelor's qualification work presents the design of a heating system for a multi-storey residential building located in the climate conditions of Zhytomyr. The object of the study is an autonomous water-based heating system developed in accordance with current construction standards and based on modern energy-efficient solutions.

Thermal engineering calculations of building envelopes were performed, heat loads for premises were determined, and selection of radiators and pipelines was carried out. Heating layout schemes were developed. Special attention is given to organizational and technological aspects, occupational safety, and health and safety requirements.

Keywords: heating, multi-storey residential building, heat load, energy efficiency, radiators, pipelines, occupational safety, regulations, Zhytomyr, heating system design.

Вступ.....	8
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	10
1.1 Нормативна база та сучасні вимоги до енергоефективності житлових будівель.....	10
1.2 Технічні чинники, що впливають на енергоефективність системи опалення	11
1.3 Загальні відомості про об'єкт	12
1.3.1 Вибір системи теплопостачання та обґрунтування	13
1.3.2 Технічне обґрунтування вибору трубопроводів та опалювальних приладів.....	14
1.3.3 Обґрунтування технічних параметрів системи опалення	17
1.3.4 Екологічна й економічна доцільність рішень	18
1.3.5 Організаційно-технічні рішення монтажу системи опалення.....	21
1.3.6 Перспективи впровадження енергоефективних рішень	22
1.3.7 Порівняння газових та електричних котлів	23
Висновок до розділу 1.....	27
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ	29
2.1 Вихідні дані.....	29
2.2 Обґрунтування енергоефективних огорожувальних конструкцій ...	31
2.3 Оцінка теплозахисних властивостей конструкцій покрівлі.....	38
2.4 Опалювальні прилади.....	40
2.5 Моделювання гідравлічної системи опалення	43
2.6 Вибір котлоагрегату	44
Висновок до розділу 2.....	45
3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ.....	46
3.1 Аналіз конструктивних особливостей об'єкту	46

3.2 Отримання об'єкту для виконання монтажних робіт	47
3.3 Вимоги та технологія монтажу системи опалення	48
3.4 Визначення складу та обсягів монтажних робіт системи опалення ...	49
3.5 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань для монтажу	52
3.6 Витрата матеріалів	55
3.7 Планування монтажних процесів із визначенням трудомісткості ...	56
3.8 Кваліфікаційний склад бригад монтажників	59
3.9 Витрата електроенергії та пального	60
3.10 Розрахункові техніко-економічні дані до графіку робіт	61
3.11 Підготовка до експлуатації та випробування системи опалення	62
Висновок до розділу 3.....	63
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	64
4.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи.....	65
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	67
4.2.1 Мікроклімат.....	67
4.2.2 Склад повітря робочої зони.....	68
4.2.3 Виробниче освітлення.....	69
4.2.4 Виробничий шум.	70
4.2.5 Виробничі вібрації.....	71
4.2.6 Технічні рішення з пожежної безпеки.....	72
Висновок до розділу 4	73
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
Додаток А (обов'язковий) Технічне завдання	80
Додаток Б (обов'язковий) Протокол перевірки БКР.....	84
Додаток Г (довідниковий) Специфікація системи оплення.....	85
Додаток Д - (обов'язковий) Графічна частина (креслення, плакати).....	87

ВСТУП

Проектування інженерних систем, зокрема систем опалення, є важливою складовою створення комфортного і безпечного середовища в житлових будівлях. Ефективна теплова система забезпечує належні умови для проживання мешканців, відповідає нормам енергоефективності та сприяє раціональному використанню енергетичних ресурсів.

Системи опалення значною мірою впливають на архітектурно-планувальні рішення будинку, матеріаломісткість, а також експлуатаційні витрати протягом усього життєвого циклу будівлі. Сучасне проектування вимагає врахування кліматичних особливостей регіону, теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій, типології будинку та чинних нормативів. Щоб прийняти оптимальне рішення, необхідно виконати детальне техніко-економічне обґрунтування і відповідні теплотехнічні розрахунки.

Мета роботи - створення проекту системи опалення багатоквартирного житлового будинку з урахуванням сучасних енергоефективних технологій.

Задачі дослідження.

- провести огляд актуальних підходів до підвищення енергоефективності житлових будівель;
- виконати техніко-економічний аналіз можливих варіантів систем опалення;
- проаналізувати теплозахисні властивості зовнішніх огорожень;
- здійснити теплотехнічне моделювання й гідравлічний розрахунок системи опалення;
- обґрунтувати вибір обладнання та джерела тепла. розробити.

Об'єкт дослідження – запроектувати до вимог організації внутрішньої системи опалення у багатоквартирному будинку.

Предмет дослідження - енергоефективні рішення при проектуванні системи опалення.

Методи дослідження. У процесі виконання роботи застосовано системний підхід до проектування інженерних систем, який включає в себе аналіз, нормативно-методичну оцінку рішень, а також розрахунково-аналітичні методи.

Апробація роботи. Основні положення кваліфікаційної роботи розглядались та обговорювались на науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2025).

Панкевич О.Д, Сметанський В.Л. Підвищення енергоефективності житлових будівель за рахунок використання інноваційних утеплювачів. Основні положення кваліфікаційної роботи розглядались та обговорювались доповідалися на науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2025р.) та науковому гуртку "Організаційно технологічне забезпечення енергоефективності будівель та безпеки навколишнього середовища" (керівники гуртка Панкевич О.Д., Слободян Н.М.)

URL:<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/24192>

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

1.1. Нормативна база та сучасні вимоги до енергоефективності житлових будівель

Проектування багатоповерхових житлових будинків у сучасних умовах ґрунтується на концепції енергоефективності та сталого розвитку. Законодавчою основою для цього є Закон України “Про енергетичну ефективність будівель [1,2].” Вимоги до теплозахисту та опору теплопередачі конструкцій визначені у ДБН В.2.6-31:2021 [2], регламентує основні параметри житлових будинків ДБН В.2.2-15:2019 [3], визначає вимоги до систем опалення, вентиляції та кондиціонування ДБН В.2.5-67:2013 [4], регулює загальні вимоги до енергоефективності будівель ДБН В.1.2-11:2021 [5], встановлює підходи до автоматизації та управління інженерними системами для досягнення енергоощадності ДСТУ EN15232-1[6] Енергозбереження та енергоефективність.

Відповідно до нормативів, будинки мають проектуватись не нижче класу “С”, із можливістю підвищення до класу “В” або “А” при впровадженні сучасних теплоізоляційних рішень, високоефективного обладнання та систем автоматизації.

Таким чином, нормативна база формує рамки, в межах яких має проектуватись система опалення. Її функціонування повинно бути ефективним за будь-яких температурних умов, відповідати принципам сталого розвитку, бути безпечною для мешканців і навколишнього середовища

1.2. Технічні чинники, що впливають на енергоефективність систем опалення

Енергоефективність опалення залежить від технічних рішень, прийнятих на стадії проєктування. Вони визначають рівень теплових втрат, енергоспоживання, комфорт мешканців та відповідність будівельним нормам.

1. Тип джерела теплопостачання. У житлових багатоповерхових будинках застосовуються централізовані, автономні та індивідуальні системи. Найбільш доцільним для нового будівництва є автономне джерело тепла у вигляді будинкової котельні або індивідуального котла, яке забезпечує контрольовану подачу тепла з мінімальними втратами.

2. Температурний режим теплоносія. Використання води як теплоносія є найпоширенішим рішенням у житловому секторі. Проте для підвищення енергоефективності доцільно впроваджувати низькотемпературні режими (наприклад, 70/50 °C замість традиційних 90/70 °C), що дає змогу зменшити теплові втрати через огорожувальні конструкції та підвищити ККД котлів.

3. Схеми системи опалення. До сучасних ефективних схем належить горизонтальна двотрубна система з нижнім розведенням. Вона забезпечує:

- рівномірний розподіл теплоносія,
- можливість регулювання температури в кожному приміщенні,
- зменшення гідравлічних втрат.

4. Матеріал трубопроводів. Вибір матеріалу труб визначає як теплові втрати, так і довговічність системи. У сучасному будівництві перевага надається зшитому поліетилену (PEX) та металопластиковим трубам. Вони мають низьку теплопровідність, легко монтуються та витримують температури до 95 °C і тиск до 10 бар. Ідеально підходять для розведення внутрішніх мереж у житлових приміщеннях.

5. Тип та матеріал опалювальних приладів. Ключовими елементами системи опалення є опалювальні прилади. До найпоширеніших матеріалів, що

використовуються для виробництва радіаторів, належать сталь, алюміній, чавун і біметал. Кожен з них має свої експлуатаційні характеристики, які впливають на теплову інерційність, стійкість до корозії, гідравлічний опір і тривалість служби.

6. Інтеграція систем автоматичного регулювання є ключовою умовою підвищення енергоефективності опалювальних установок. Зокрема, оснащення системи термостатичними регулюючими елементами, приладами погодозалежного керування та вузлами комерційного обліку дозволяє адаптувати подачу тепла відповідно до зовнішніх умов і фактичних потреб користувачів. Відповідно до положень, застосування автоматизованих систем керування (Building Automation and Control Systems) забезпечує потенціал скорочення витрат теплової енергії на рівні 15–25 %.

7. Якість монтажу та налаштування системи. Результативність функціонування системи опалення значною мірою визначається якістю виконання монтажних і пусконаладжувальних робіт. Умови використання енергоефективного обладнання, недоліки під час встановлення можуть спричинити зниження загальної ефективності, підвищення тепловтрат та порушення гідравлічного балансу. До типових помилок монтажу належать: неправильне прокладання трубопроводів, наявність повітря у системі, відсутність балансувальних пристроїв.

1.3 Загальні відомості про об'єкт

Проектування системи опалення виконується для нового багатоквартирного житлового будинку, розташованого в місті Житомир за адресою: вул. Домбровського. Об'єкт має дев'ять надземних і один технічний поверх, загальна висота становить 25,08 м. Будівля віднесена до II ступеня вогнестійкості та має клас наслідків СС2, що визначає підвищені вимоги до інженерних рішень.

Кліматичні умови району: температурна зона – І; зона вологості: нормальна.

Технічні умови. Під час будівництва не спостерігаються несприятливі геологічні процеси, це зсуви ерозія чи підтоплення.

Газопостачання здійснюється саме від мережі середнього тиску з пониженням до низького через шафний газорегуляторний пункт, розміщений на фасаді будівлі. Централізованої системи тепlopостачання не передбачено.

Задача проєктування: розробка енергоефективної системи, тобто яка забезпечить нормативні параметри мікроклімату згідно з ДБН В.2.2-15:2019[4].

1.3.1 Вибір системи тепlopостачання та обґрунтування

При проєкту системи опалення для житлового будинку запропоновано до розгляду декілька варіантів тепlopостачання. Зокрема: це централізоване, автономне та поквартирне опалення. Кожен із них має свої плюси і мінуси, але не всі підходять до умов саме цього об'єкта.

Централізоване опалення передбачає подачу тепла через центральний котел до споживачів.

До переваг можна віднести :

- безпечність;
- централізоване обслуговування;
- економія на масштабі.

До недоліків можна віднести :

- тепловтрати;
- обмежене регулювання;
- залежність від центральних служб.

Тобто, централізоване опалення може обігрівати цілий район, але має великі втрати тепла по трубопроводах.

До переваг можна віднести :

- самостійне регулювання;
- економія;
- незалежність;

До недоліків можна віднести :

- вимоги до безпеки;
- індивідуальне обслуговування;
- складність організації.

По-перше, кожен користувач несе індивідуальну відповідальність за технічний стан обладнання, що вимагає регулярного сервісного обслуговування. По-друге, в умовах багатоповерхового житла встановлення великої кількості автономних джерел тепла ускладнює організацію вентиляції та димовідведення, особливо при відсутності централізованих шахт. Також у разі аварійної ситуації в газопостачанні припиняється подача ресурсу до всіх приладів, що знижує загальну надійність системи. Поквартирне опалення потребує детального технічного обґрунтування.

Було проаналізовано та вирішено обрати автономну систему опалення з розміщення газових котлів для кожної квартири. Цей варіант дозволяє знизити залежність від зовнішніх джерел тепла, забезпечити надійність та економність системи.

1.3.2 Технічне обґрунтування вибору трубопроводів та опалювальних приладів

У процесі проектування системи опалення важливим етапом є вибір трубопроводів і радіаторів, оскільки саме від них залежить ефективність роботи, довговічність, вартість монтажу та подальша експлуатація системи.

На сьогодні існує декілька типів труб, які застосовуються в системах водяного опалення: сталеві, поліпропіленові, металопластикові, труби зі зшитого поліетилену тощо. Кожен варіант має свої переваги та недоліки.

Таблиця 1.1. Порівняльна характеристика трубопроводів

Тип трубопроводів	Переваги	Недоліки
Сталеві	Міцні, витримують високу температуру та тиск	Схильні до корозії, важкі, складний монтаж
Поліпропіленові (PPR)	Довговічні, не кородують, недорогі	Велике теплове розширення, потребують зварювання
Металопластикові	Гнучкі, легкі у монтажі, корозійностійкі	Можливі витoki при поганому монтажі
Зшитий поліетилен (PEX)	Термостійкі, гнучкі, стійкі до гідрударів	Вища вартість, потребують спеціальної фурнітури

Економічне обґрунтування у вигляді графіку або статистики між виборами з порівняннi з металопластиком чому економічно вигодно.

Наприклад, сталеві труби добре витримують високий тиск, але важкі, схильні до корозії та вимагають складного монтажу. Поліпропілен дешевший і не боїться корозії, однак має високий коефіцієнт теплового розширення див. табл.1.1

У цьому проєкті для системи опалення вибрано труби RENAУ RAUTITAN, які належать до класу PEX-труб зі зшитого поліетилену. Вони мають сертифіковану систему з'єднань RENAУ RX+, яка забезпечує герметичність навіть без гумових ущільнень. Така система не боїться перепадів тиску, не кородує, легко монтується та має розрахунковий термін служби понад 50 років. Крім того, внутрішня поверхня труб гладка, що знижує гідравлічний опір і запобігає накопиченню осаду.

Вибір опалювальних приладів. Підбираються за такими критеріями:

- тепловіддача: радіатори повинні забезпечувати необхідну потужність для компенсації тепловтрат приміщення.
- термін служби: прилади обираються з урахуванням довговічності не менше 20–25 років без втрати функціональності
- інерційність: низька тепловтратність і мала інерційність забезпечують швидку реакцію на зміну температури.

- сумісність із тиском і температурою в системі: опалювальні прилади мають витримувати робочі параметри системи, тиск до 10 бар і температуру до 110 °С.
- зовнішній вигляд: дизайн радіаторів повинен відповідати інтер'єру приміщення та вимогам архітектури.
- легкість монтажу: простота встановлення і підключення дозволяє скоротити час монтажних робіт та зменшити витрати.

Але вони також мають свої певні переваги та недоліки див. табл.1.2.

Таблиця 1.2. Порівняльна характеристика опалювальних приладів

Тип радіаторів	Переваги	Недоліки
Чавунні	Довговічні, стійкі до корозії, висока теплоємність	Великі, повільно нагріваються, важкі
Сталеві панельні	Швидко нагріваються, компактні, сучасний вигляд	Чутливі до корозії при поганій якості води
Алюмінієві секційні	Висока тепловіддача, легкі, простий монтаж	Не витримують гідроудари, чутливі до складу теплоносія
Біметалеві	Поєднують міцність та ефективність, підходять для нестабільних систем	Дорожчі за інші типи, складніші в ремонті

Провівши аналіз було обрано сталеві радіатори KERMI Therm X2. Вони мають панельну конструкцію з конвекційними елементами та використовують інноваційну технологію X2, яка дозволяє направляти тепло в першу чергу на передню панель. Завдяки цьому кімната нагрівається швидше, а витрата енергії зменшується. Основні переваги KERMI Therm X2:

- висока тепловіддача навіть при низькотемпературному режимі;
- невелика маса, спрощує монтаж;
- захист від корозії;
- довгий термін експлуатації (до 25 років);
- безпечна поверхнева температура;
- стильний вигляд, що підходить до сучасного інтер'єру.

1.3.3 Обґрунтування технічних параметрів системи опалення

Як джерело теплоти обрано настінний газовий котел Vaillant ecoTEC pro VUW 24 CS/1-5 з закритою камерою згоряння. Потужність котла становить 24 кВт, чого цілком достатньо для обігріву квартири площею до 120 м². Котел працює в автоматичному режимі, має вбудований насос, розширювальний бак, систему захисту від замерзання і автоматичну діагностику, що спрощує експлуатацію. ККД котла перевищує 93 %, що свідчить про високий рівень енергоефективності. Монтаж у кухонному приміщенні дозволений за умови дотримання вимог до газифікованих об'єктів згідно з діючими ДБН.

Крім того, застосування двотрубною розподіленою схеми з нижнім розведенням та примусової циркуляції дозволяє досягти рівномірного прогріву всіх приміщень будівлі, незалежно від їх розташування. Температурний графік теплоносія обрано в межах 70–85 °С, що відповідає нормам і забезпечує комфортний мікроклімат у холодну пору року. Такий підхід гарантує адаптивність системи до змін зовнішнього середовища та високий рівень енергозбереження.

Система розрахована за температурним графіком, що дозволяє при правильному балансуванні забезпечити комфорт у всіх приміщеннях, одночасно зменшуючи температурне навантаження на конструкції та покращуючи довговічність системи.

Циркуляція теплоносія в системі є примусовою. Це дозволяє забезпечити рівномірний розподіл тепла по всіх гілках незалежно від протяжності трубопроводів. Теплоносієм є вода, яка нагрівається до температури 70–85 °С.

Тип розводки – горизонтальна двотрубна система. Вона забезпечує:

- рівномірну подачу теплоносія до кожного приладу;
- можливість індивідуального регулювання температури в окремих приміщеннях;
- приховане прокладання труб у підлозі, що не псує інтер'єр;
- легке обслуговування.

Прокладання трубопроводів виконується із використанням труб RENAУ RAUTITAN, виготовлених зі зшитого поліетилену. Вони витримують високий тиск (до 6 бар), не бояться корозії та мають термін служби понад 50 років. Гільзове з'єднання гарантує надійність без додаткового обслуговування.

У якості опалювальних приладів застосовуються сталеві панельні радіатори KERMI Therm X2. Вони мають високий коефіцієнт тепловіддачі, сучасну технологію внутрішнього розподілу теплоносія та низьку інерційність, що дозволяє ефективно контролювати температуру в приміщеннях.

1.3.4 Екологічна й економічна доцільність рішень

Екологічна доцільність. Забезпечення комфортного мікроклімату в житлових приміщеннях є важливою умовою для підтримки нормального самопочуття мешканців. Це досягається шляхом належної організації систем вентиляції та опалення, які мають працювати злагоджено, стабільно та безпечно.

Використання індивідуальних газових котлів Vaillant ecoTEC pro забезпечує високий коефіцієнт корисної дії (понад 93 %), що дозволяє зменшити обсяг споживаного газу та, відповідно, знизити обсяги викидів в атмосферу.

Закрита камера згоряння і система примусового димовидалення зменшують вплив на внутрішній мікроклімат житлових приміщень і виключають потрапляння продуктів згоряння в кімнати.

Обрана система відповідає сучасним вимогам щодо зниження впливу на довкілля, забезпечує захист повітряного середовища, не створює надлишкових шумів і не передбачає використання шкідливих речовин або матеріалів.

Економічна доцільність. Покавартирним опаленням дозволить мешканцям самостійно контролювати витрати теплової енергії, вмикати чи

вимикати опалення за потреби, встановлювати оптимальний температурний режим.

Основні економічні переваги:

- скорочення витрат на обслуговування, оскільки система не залежить від централізованих тепломереж;
- економія на оплаті тепла, споживач платить лише за фактичне використання;
- довгий термін служби труб RENAУ (понад 50 років) і радіаторів KERMI (до 25 років);
- відсутність необхідності регулярного ремонту чи заміни обладнання протягом перших років експлуатації;
- швидкий монтаж і мінімальні витрати на підключення.

Для оцінки доцільності впровадження індивідуальної системи опалення виконаємо розрахунок річних витрат на опалення в одній квартирі площею 65 м².

Формула для річних витрат на опалення:

$$Q = q_{\text{пит}} \cdot S \quad (1.1)$$

Q - річне теплове навантаження (Вт);

$q_{\text{пит}}$ – питомі тепловтрати Вт/м²;

S – площа квартири, м².

$$Q = 90 \cdot 65 = 5850 \text{ Вт} = 5,85 \text{ кВт}$$

Річне споживання газу:

$$E_{\text{газ}} = Q \cdot t \quad (1.2)$$

t - кількість годин опалювального сезону ($\sim 6 \text{ год/доба} \times 180 \text{ днів}$)

$$E_{\text{газ}} = 5,85 \cdot 1080 = 6318 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Оскільки 1 м³ газу $\approx 9,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$, отримаємо:

$$V_{\text{газ}} = \frac{6318}{11,5} \approx 672 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}$$

Річні витрати на газ (тариф $\sim 11,5 \text{ грн/м}^3$)

$$\text{Оплата} = 672 \cdot 11,5 \approx 7728 \text{ грн}$$

Порівняння з централізованим опаленням:

Централізоване ($65 \text{ м}^2 \times 45 \text{ грн/м}^2/\text{місяць} \times 6 \text{ міс}$) $\approx 17\,550 \text{ грн/рік}$;

Індивідуальне (газ) $\approx 7\,728 \text{ грн/рік}$;

Економія: $\approx 9\,822 \text{ грн/рік}$ на одну квартиру.

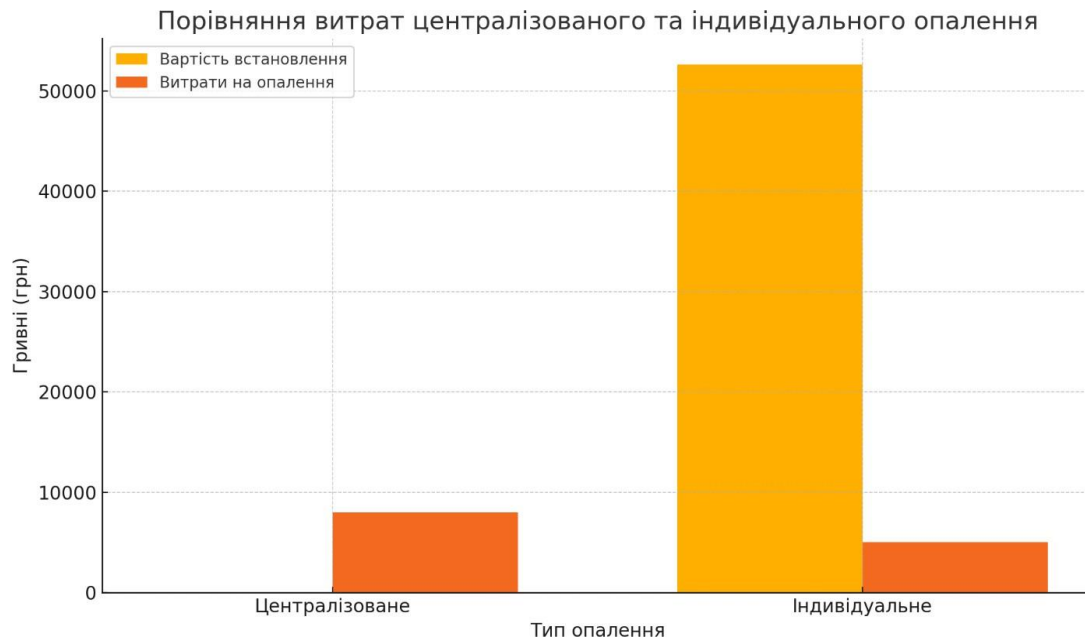


Рисунок 1.1 - порівняння витрат централізованого та індивідуального опалення

На графіку представлено аналіз вартості встановлення та щорічних експлуатаційних витрат для двох варіантів опалення. Як видно, індивідуальна система вимагає одноразових капіталовкладень, однак забезпечує економію на оплаті тепла вже з першого року експлуатації. Це дозволяє окупити витрати в середньому за 17–18 років, при збереженні високого рівня теплового комфорту.

Отже, котли які використовуються у проєкті, окрім високого ККД, також оснащені системами безпеки: захист від перегріву, контроль наявності тяги, автоматичне відключення при несправності та захист від замерзання теплоносія.

Це дозволяє не тільки знизити витрати палива, а й мінімізувати ризики для мешканців та довкілля.

1.3.5 Організаційно-технічні рішення монтажу системи опалення

Підготовка та встановлення системи опалення починається з отримання відповідних дозволів та узгоджень із наглядовими органами.

Лише після цього можна переходити до безпосередніх монтажних робіт. Для реалізації таких робіт залучаються спеціалізовані компанії, що мають ліцензію на монтаж інженерних систем і відповідний досвід.

Усі роботи виконуються згідно з проєктною документацією, складеною на основі технічного завдання та чинних норм. У процесі організації монтажу застосовують різні підходи:

- поетапне виконання (роботи виконуються послідовно за зонами);
- паралельне виконання (кілька бригад працюють одночасно);
- поточний метод, коли окремі частини системи монтуються безперервно в кілька змін.

Отже фірма, що проводить будівельно-монтажні роботи, бере на себе відповідальність за дотримання строків, зазначених у договорі, якість і повноту виконаних робіт, підготовку об'єкта до введення в експлуатацію.

Також вона має право:

- координувати розміщення та використання монтажного майданчика;
- обирати субпідрядників для окремих етапів робіт;
- отримувати від замовника проєктну та технічну документацію;
- здійснювати поточний технічний контроль за виконанням завдань;
- брати участь у підсумковому прийманні системи.

Взаємодія між клієнтом та підрядником оформлюється на основі договору, де вказано порядок оплати, обсяг робіт, графік та відповідальність сторін.

Усі етапи постачання устаткування (трубопроводів, радіаторів, котлів, фурнітури) організовуються підрядною стороною.

По завершенні монтажу складається акт приймання-передавання робіт, а також фінансові документи (довідка про ціну виконаних робіт). У них

враховується фактична вартість витрачених матеріалів, зміни цін, котрі могли виникнути під час виконання проекту.

Фінансові розрахунки між замовником та підрядником здійснюються в безготівковій формі, як це передбачено умовами договору. Після повного виконання монтажних робіт система готується до пуско-налагоджувального етапу та введення в експлуатацію.

1.3.6 Перспективи впровадження енергоефективних рішень

У процесі проєктування системи опалення були враховані сучасні вимоги щодо раціонального споживання енергоресурсів. Зокрема, було обрано енергоефективні конструкції огорожень, сталеві радіатори з високим коефіцієнтом тепловіддачі, а також газовий котел із модуляцією потужності. Усі ці рішення спрямовані на зниження втрат тепла та оптимізацію роботи системи в реальних умовах експлуатації.

Найбільш доцільними можуть бути такі рішення:

- впровадження погодозалежного регулювання в котельному обладнанні;
- використання програмованих терморегуляторів для кожної кімнати;
- встановлення індивідуальних лічильників тепла в квартирах;
- підключення системи до інтелектуальних систем керування (BMS, “розумний дім”).

Насамперед, встановлення погодозалежної автоматики дозволяє автоматично знижувати температуру теплоносія у міжсезоння, що призводить до суттєвої економії газу.

Терморегулятори на радіаторах дають змогу мешканцям самостійно керувати тепловим режимом у кожному приміщенні, підлаштовуючи його під індивідуальні потреби.

Також перспективним є перехід до системи обліку спожитого тепла, де кожна квартира матиме власний прилад обліку. Це стимулює економію і дає

змогу оплачувати лише фактично спожите тепло.

Зокрема, підключення системи опалення до централізованої платформи диспетчеризації, що дозволяє в режимі реального часу слідкувати за температурними параметрами, тиском і витратами теплоносія.

Тобто, можливо оновлення окремих елементів системи, наприклад:

- заміна регуляторів на автоматизовані;
- модернізація насосного обладнання з використанням частотного регулювання;
- інтеграція з альтернативними джерелами тепла (теплові насоси, сонячні колектори тощо).

1.3.7 Порівняння газових та електричних котлів

В даному пункті розглянуто найбільш поширені варіанти джерел тепла для житлових будівель газові та електричні котли. Обидва типи мають як позитивні риси, так і деякі обмеження в експлуатації.

До переваг газових котлів відносять :

- не потребують запасів пального, адже підключаються до магістрального газу, який подається безперервно;
- демонструють високий рівень ефективності - коефіцієнт корисної дії часто перевищує 90 %;
- підходять для обігріву приміщень великої площі, зокрема у багатокімнатних квартирах або котеджах.

Газові котли недоліки:

- перед встановленням потрібно пройти узгодження з відповідними інстанціями та оформити дозвільну документацію;
- існує ризик витоку газу, тому важливо дотримуватись норм безпеки;
- обладнання вимагає наявності димаря та гарно вентильованого приміщення з доступом до свіжого повітря. Котел не повинен бути притулений до стіни;
- необхідно передбачити систему автоматики, яка зупинить подачу

газу у випадку несправності.

Таблиця порівняння газових та електричних котлів 1.3.

Критерій	Газовий котел	Електричний котел
Переваги	- Постійна подача палива з газової мережі - Високий ККД (понад 90%) - Підходить для великих площ	- Безпека (немає відкритого вогню) - Простота монтажу - Компактність - Мінімум обслуговування - Тиха робота - Екологічність
Недоліки	- Необхідні дозволи та документація - Підвищені вимоги до безпеки - Потрібен димар та вентиляція - Обов'язкова автоматика	- Потрібна трифазна мережа для потужних моделей - Обмежена потужність - Високе електроспоживання - Залежність від електропостачання

Електричні котли переваги :

- таке обладнання вважається одним із найбезпечніших, оскільки не має відкритого вогню;
- компактні розміри дозволяють розміщувати котел у приміщеннях з обмеженим простором;
- практично не вимагають технічного обслуговування - немає продуктів згоряння, які потрібно регулярно очищувати;
- працюють безшумно, не створюючи зайвого дискомфорту;
- не утворюють шкідливих викидів і не мають запахів.

Електричні котли недоліки :

- при потужності понад 6 кВт потрібна трифазна електромережа (380 В);
- для великих будинків одного електродотла може бути недостатньо, доведеться ставити декілька;
- споживають велику кількість електроенергії, що впливає на витрати;
- у разі відключення світла робота котла припиняється - це

критично, якщо відсутність електропостачання триває довго.

Таблиця порівняння газових та електричних котлів 1.4.

Критерій	Газовий котел	Електричний котел
Потужність	24 кВт	24 кВт
ККД	93 %	99 %
Вартість котла	22 000 грн	14 000 грн
Вартість енергії (1 кВт·год)	1,30 грн (газ)	4,20 грн (електроенергія)
Витрати на опалення (сезон)	≈ 5000 грн	≈ 9500 грн
Окупність	4–5 сезонів	1–2 сезони (тільки обладнання)
Простота встановлення	Середня (дозвіл + димар)	Висока (розетка + автоматика)
Безпека	Потребує контролю	Висока (без відкритого полум'я)
Вплив на довкілля	Помірний (викиди CO ₂)	Мінімальний
Залежність від енергопостачання	Низька	Висока

Таблиця 1.4. демонструє порівняння основних характеристик газового та електричного котлів, що можуть бути використані для системи опалення житлових приміщень. Зіставлено такі параметри, як теплова потужність, ефективність (ККД), вартість обладнання, експлуатаційні витрати, вимоги до підключення та безпеки.

Можна зробити висновок, що газові котли підходять для об'єктів з надійним газопостачанням і високими тепловими навантаженнями, в той час як електричні - зручні в умовах компактного житла та стабільної подачі електроенергії. Видно, що газові котли є економічно вигіднішими при довгостроковій експлуатації за умов наявності газопостачання, тоді як електричні системи підходять для малих приміщень або об'єктів без підведеного газу.

Технічна характеристика витрат опалення

Вихідні дані для розрахунку

Потужність котла: 24 кВт (див. розділ 1.3.);

Тривалість опалення: 185 діб

Середня тривалість роботи на добу: 12 год

ККД газового котла: 0,93

ККД електричного котла: 0,95

Витрата газу котлом: 3,0 м³/год

Вартість газу: $C_g = 7,96$ грн/м³ (станом на 01.05.25)

Вартість електроенергії $C_e = 4,32$ грн/кВт (станом на 01.05.25)

Розрахунок витрат на електроенергію розраховується за формулою:

$$S_e = E_p \cdot C \quad (1.3)$$

де C_e – тариф за 1кВт·год. електроенергії, грн;

E_p – спожита енергія за рік, кВт·год;

S_e – річні витрати на електроенергію, грн.

$$E_p = N \cdot n \cdot t \cdot \eta \quad (1.4)$$

де N – теплова потужність одного котла, кВт;

n – кількість котлів, шт;

t – кількість годин роботи на добу;

η – коефіцієнт корисної дії котла.

$$E_p = 24 \cdot 80 \cdot 24 \cdot 12 \cdot 185 \cdot 0,98 = 4\,745\,250 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$S_e = 8120383 \cdot 4,32 = 20\,499\,480 \text{ (грн)}$$

Розрахунок витрат на газ розраховується за формулою:

$$S_u = V_p \cdot C_g, \quad (1.5)$$

де C_g – тариф за 1м³ на витрату природнього газу, грн.;

V_p – витрати природнього газу за рік, м³.

$$V_p = V \cdot n \cdot t \cdot \eta \quad (1.6)$$

де N – потужність одного котлоагрегату, кВт;

V — витрата газу одним котлом за годину, м³/год;

n – кількість котлів, шт;

t – кількість годин роботи на добу;

η – коефіцієнт корисної дії котла .

$$V_p = 3,0 \cdot 80 \cdot 12 \cdot 185 \cdot 0,93 = 557\,442 \text{ (м}^3\text{)}$$

$$S_g = 495504,2 \cdot 7,96 = 4\,437\,238,32 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект при цьому складає:

$$E = S_e - S_g = 20\,499\,480 - 4\,437\,238,32 = 16\,062\,241,68 \text{ грн/рік}$$

Отже, експлуатація електричних котлів супроводжується значно вищими витратами на оплату енергоносія, ніж у випадку з газовими котлами. Використання газових котлів є доцільнішим рішенням для системи опалення багатоповерхового житлового будинку, особливо з урахуванням масштабів споживання.

Висновок до 1 розділу

У першому розділі було проведено аналіз сучасних підходів до проєктування системи опалення для багатоповерхових житлових будівель. Основну увагу приділено вимогам нормативної бази.

З технічної точки зору, розглянуто різні варіанти джерел тепла та типів систем опалення, включаючи централізоване та автономне (індивідуальне) теплопостачання.

Проведене порівняння різних варіантів теплопостачання дозволило зробити висновок про оптимальність застосування індивідуальної системи з газовими настінними котлами. Такий вибір зумовлено сполученням високої енергоефективності, гнучкості в використанні, фінансової вигоди та зменшеного впливу на довкілля.

Під час розгляду технічних рішень враховано особливості будівлі, кліматичні умови та енергоощадні тенденції.

Було підібрано оптимальні матеріали: труби REHAU RAUTITAN, радіатори KERMI Therm X2 і сучасні газові котли Vaillant.

Внаслідок огляду та зіставлення різних варіантів систем опалення було визначено, що газовий котел є найоптимальнішим рішенням для умов цього об'єкта. Головними причинами такого вибору стали доступність природного газу, висока ефективність сучасних газових котлів, помірна ціна експлуатації та можливість забезпечення автономного керування температурою в кожній квартирі.

2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

2.1. Вихідні дані

Проектування системи опалення базується на таких вихідних даних, як:

- технічне завдання, графічна частина з архітектурно-будівельними кресленнями (плани, розрізи);
- генеральний план забудови та геодезичні умови майданчика;
- конструктивні рішення щодо огорожувальних конструкцій;
- технічна інформація та технологічне обладнання;
- кліматологічні умови регіону проектування (м. Житомир);
- будівельні норми ДБН і стандарти ДСТУ, нормативно-технічна література та діючі правила [4-8].

Тип будівлі: житловий будинок (з технічним поверхом).

Кількість поверхів: 9 поверхів.

Висота поверхів: 1-9 поверхи – 2,8 м.

Географічний пункт будівництва: м. Житомир. Розрахункові параметри зовнішнього повітря для проектування системи опалення (для холодного періоду року) [11].

1. середня температура:

найбільш холодної п'ятиденки - 22°C ;

найбільш холодної доби - 25°C ;

2. середня швидкість вітру $v_{\text{ср}} = 4,6 \text{ м/с}$.

Тривалість опалювального періоду – 184 діб.

Вологісний режим приміщень нормальний [4].

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій вологісні умови експлуатації матеріалів - нормальні.

Конструкція зовнішніх стін: кладка з цегли глиняної звичайної з утеплювачем – мінеральною ватою і штукатуркою.

Схема системи опалення: двотрубна з горизонтальною двотрубною розводкою, теплоносій – вода.

Джерело теплозабезпечення: індивідуальний котел.

Розрахункові внутрішні параметри визначаються залежно від призначення приміщень згідно ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення» [4].

Таблиця 2.1 - Розрахункові внутрішні параметри приміщень

Приміщення	Розрахункова результуюча температура приміщення, °С, у житлі для		Вимоги до повітрообміну			
			Мінімальна кратність повітрообміну для розрахунку тепловтрат, год		Мінімальна витрата повітря та кратність повітрообміну для підбору обладнання, повітроводів у житлі для	
			системи вентиляції		здорових людей	осіб з інвалідністю та людей літнього віку
	здорових людей	осіб з інвалід- ністю та людей літнього віку	меха- нічна	при- родна		
Загальна кімната, спальня, дитяча, кабінет	22 ± 2	22 ± 1	0,5	0,5	0,6	0,7
Кухня, кухня-їдальня	19,5 ± 3	19,5 ± 1,5		1,5	72 м ³ /год або 60 м ³ /год ¹⁾	100,8 м ³ /год або 60 м ³ /год ¹⁾
об'ємом не більше 20 м ³			1,0			
об'ємом більше 20 м ³			0,5			
Ванна	25 ± 1,5 ²⁾	25 ± 0,5	0,5	1,5	54 м ³ /год	72 м ³ /год
Туалет	22 ± 2	22 ± 1	0,5	1,5	36 м ³ /год	50,4 м ³ /год
Суміщений санвузол	25 ± 1,5 ²⁾	25 ± 0,5	0,5	1,5	90 м ³ /год	122,4 м ³ /год
Вестибюль, загальний коридор, сходові клітки, передпокії квартири	19,5 ± 4	19,5 ± 3	–		–	

Відносна вологість приміщень 55%.

Сейсмічність району – менше 6 балів. Нормативна глибина промерзання ґрунту 0,90 м.

Проектом передбачається підключення будинку до газорозподільчої мережі середнього тиску, з подальшим зниженням тиску до необхідного рівня за допомогою шафного газорегуляторного пункту, розміщеного безпосередньо на фасадній частині будівлі.

З урахуванням технічних обмежень, під'єднання системи опалення до централізованих теплових мереж не передбачено. У зв'язку з цим, як оптимальне рішення, розглядається використання індивідуальних газових

котлів для кожної квартири. Водопровідні мережі приєднуються до міських водопровідних мережі.

Підключення системи господарсько-питного водопостачання планується здійснити від існуючих міських мереж водопроводу.

2.2 Обґрунтування енергоефективних огорожувальних конструкцій

Район будівництва відноситься до І кліматичного району [5], тому згідно ДБН .2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [7] для огорожувальних конструкцій (зовнішніх стін, вікон, зовнішніх дверей, перекриття) визначені нормативні приведені опори теплопередачі R_o , що наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Опори теплопередач захисних конструкцій $m^2 \cdot K/W$ [4]

Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, $m^2 \cdot K/W$
Зовнішня стіна	4,0
Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,0
Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалюваними підвалами	5
Вікна (світлопрозорі огорожувальні конструкції)	0,9
Зовнішні двері	0,7

Енергоефективність огорожувальних конструкцій, що відповідно складають теплоізоляційну оболонку визначається виконанням умови:

$$R_{\Sigma np} \geq R_{q \min} \quad (2.1)$$

де $R_{\Sigma np}$ - приведений термічний опір непрозорої частини огорожувальної конструкції та світлопрозорої огорожувальної конструкції, чим вищий цей показник, тим краще утеплена конструкція $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

$R_{q \min}$ - мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, згідно ДБН [4].

Згідно з положеннями розділу 6 ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» та нормативу ДБН В.1.2-11, допускається використання огорожувальних конструкцій, у яких значення приведенного опору теплопередачі може бути зменшене до 80 % від нормативного значення $R_{q \min}$, за умови, що буде забезпечено допустиму різницю між температурою повітря в приміщенні та температурою внутрішньої поверхні конструкції, що контактує з повітрям, згідно з вимогами санітарно-гігієнічних норм.

Розрахунок зовнішніх стін

Конструкція зовнішніх стін:

1 шар - зовнішня штукатурка (Ceresit + ґрунтівка) $\lambda_{\text{ш}} = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$;

$\delta_{\text{ш}} = 0,01 \text{ м}$;

2 шар - цегла глиняна $\lambda_{\text{цк}} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$; $\delta_{\text{цк}} = 0,51 \text{ м}$;

3 шар - утеплювач (Технофас, мінераловата):

$\lambda_{\text{ут}} = 0,046 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$; $\delta_{\text{ут}} = 0,15 \text{ м}$;

4 шар - внутрішня штукатурка (Ceresit): $\lambda_{\text{ш}} = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$;

$\delta_{\text{ш}} = 0,01 \text{ м}$.

Для виконання умови (2.1) необхідно розрахувати товщину шару утеплювача.

Для кожного шару визначається термічний опір за формолою:

$$R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n}, \quad (2.2)$$

де: δ_n - товщина n -го шару;

λ_n - коефіцієнт теплопровідності n -го шару, Вт/м °С.

Загальний опір визначається як сума опорів усіх шарів з урахуванням внутрішнього і зовнішнього повітряних опорів:

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_{ц}}{\lambda_{ц}} + \frac{\delta_y}{\lambda_y} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{1}{\alpha_з}$$

де: $1/\alpha_в$ – термічний опір теплосприйняття внутрішньої поверхні стіни, $R_в$;

$\alpha_в$ – коефіцієнт теплосприйняття внутрішньої поверхні стіни;

$$\frac{1}{\alpha_в} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \text{ м}^2\text{°C/Вт, згідно ДБН [7].}$$

$\delta_{ц}/\lambda_{ц}$ – термічний опір шару цегли, $R_{ц}$;

δ_y/λ_y - термічний опір шару утеплювача, R_y ;

$\delta_{ш}/\lambda_{ш}$ - термічний опір шару штукатурки, $R_{ш}$;

$1/\alpha_з$ - термічний опір тепловіддачі зовнішньої поверхні стіни, $R_з$;

$$\frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{23} = 0,043 \text{ м}^2\text{°C/Вт згідно ДБН [4].}$$

$$R_0^{\phi} = 0,115 + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,15}{0,046} + \frac{0,01}{0,93} + 0,043 = 4,07 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Отже, значення опору теплопередачі перевищує нормативне, тому теплозахист конструкції відповідає ДБН.

Умова (2.1) $R_{\Sigma np} \geq R_{q \min}$ виконується.

Для теплоізоляції зовнішніх стін будівлі використано негорючі мінераловатні плити типу Технофас щільністю 145 кг/м³ та товщиною 150 мм. Теплопровідність матеріалу становить $\lambda = 0,045$ Вт/(м·К).

Утеплювач кріпиться на зовнішній поверхні стіни з використанням клею Ceresit MB СТ-190 Pro та дюбелів з металевим стержнем.

Поверх утеплювача нанесено армуючий шар зі склосіткою Ceresit СТ-325, фінішну штукатурку Ceresit СТ-29 (2 мм), а також ґрунтівку Ceresit СТ17.

В якості несучої частини застосовано цегляну кладку товщиною 380–510 мм, з внутрішнім оздобленням цементно-піщаною штукатуркою.

Утеплення стіни на відмітці $-0,230..+5,920$ вздовж осі 17
(УМВ-150+ЦФК-120)

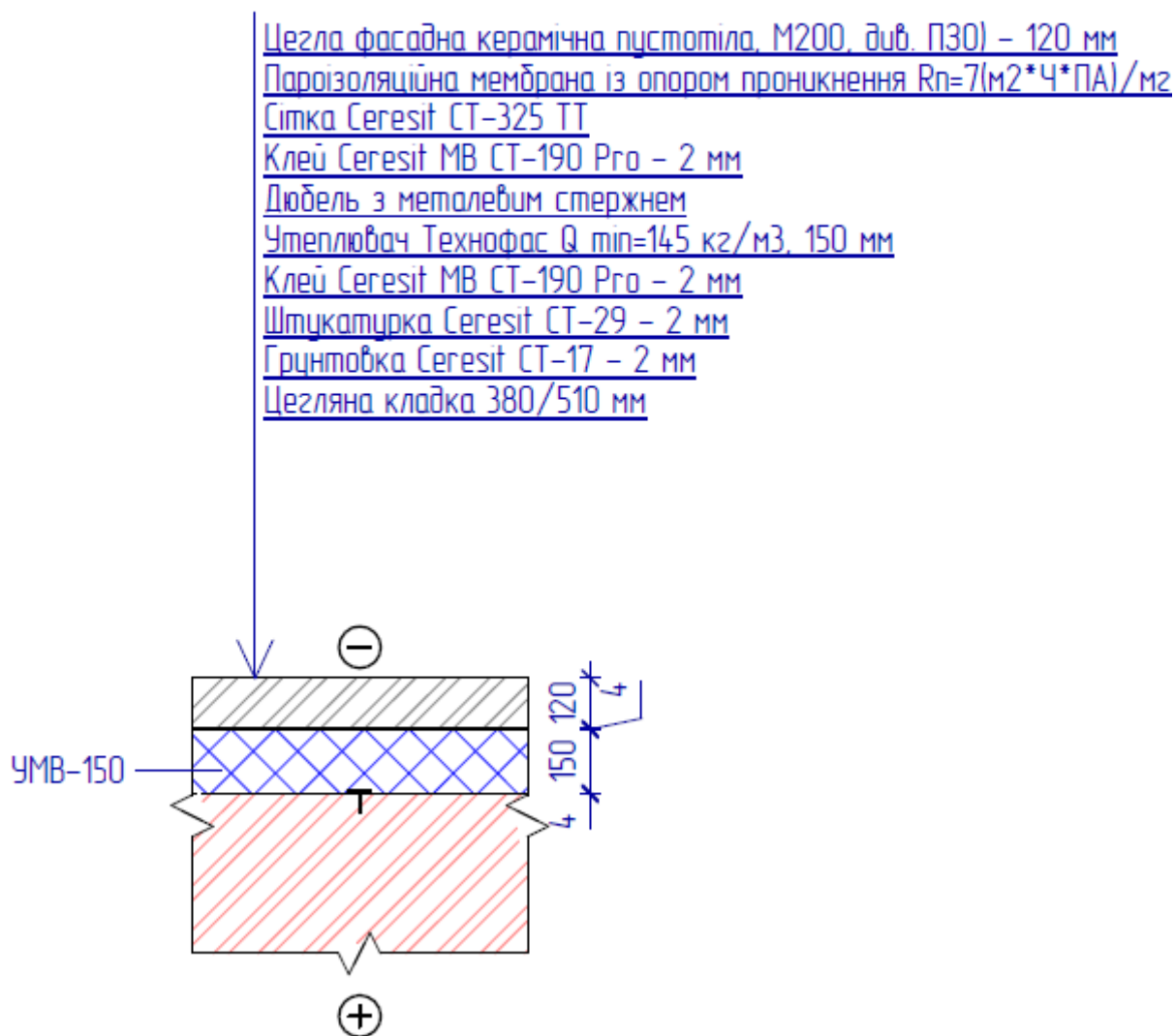


Рисунок 2.1 - утеплення зовнішньої стіни

Для створення енергоефективної оболонки будівлі цоколь будівлі відповідно до будівельних норм утеплюється. Утеплення проводимо екструзійними пінополістирольними плитами, на глибину 0,5 м нижче рівня землі з зовнішньої сторони товщиною 60 мм (щільність 35 кг/м³ $\lambda= 0.037$ Вт/(мК)) .

Вузол 5. Утеплення балкону

М 1 : 20

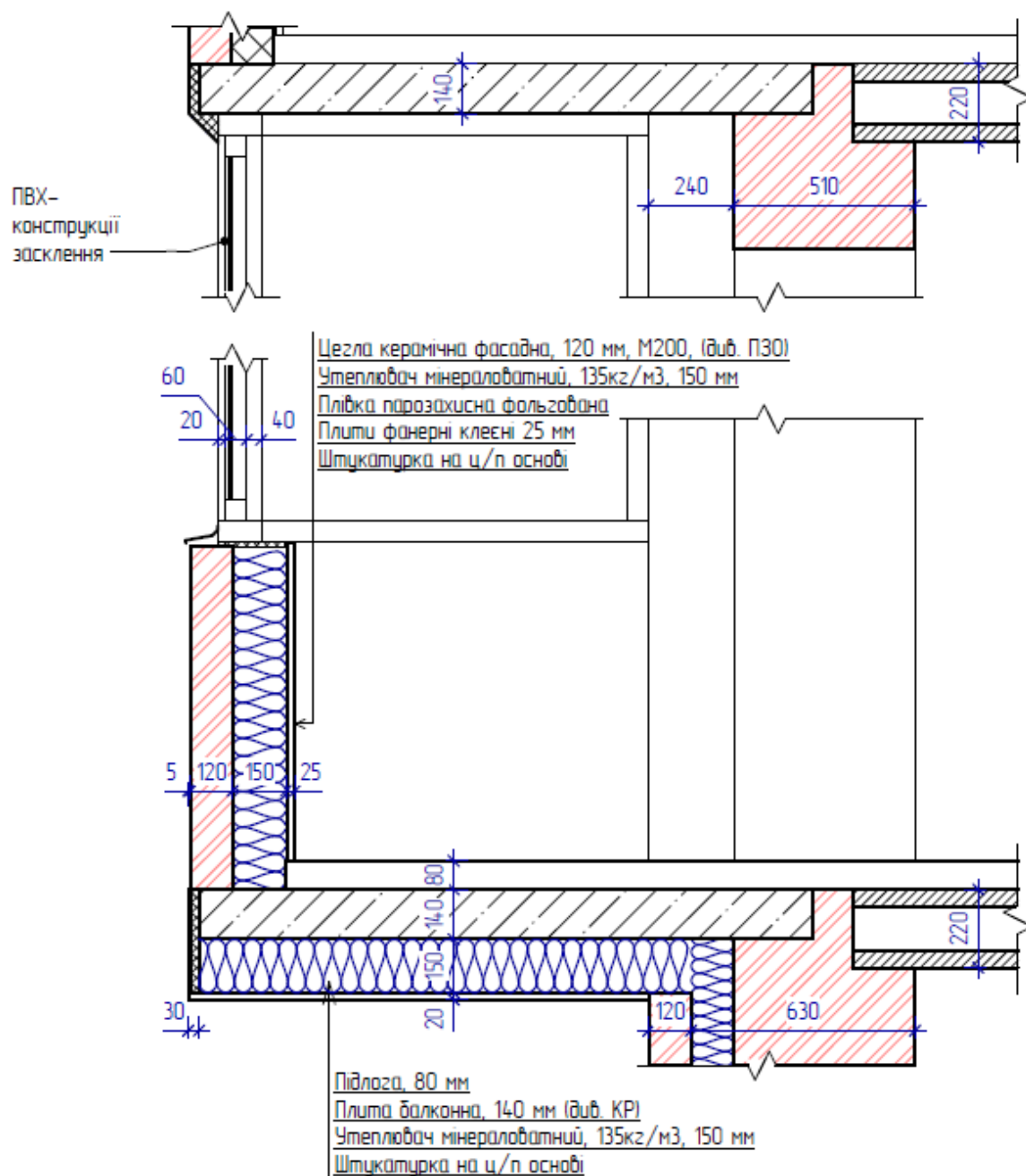


Рисунок 2.2 - Утеплення балкону будівлі

Вузли У зоні балкону передбачено зовнішнє утеплення з використанням мінераловатних плит товщиною 150 мм. Утеплювач укладається по зовнішній стороні залізобетонної плити, що виступає основою балконної конструкції.

Поверх утеплювача виконується штукатурне оздоблення для захисту теплоізоляційного шару від зовнішнього впливу. З боку приміщення додатково застосовано внутрішнє утеплення, яке складається з фанери, пароізоляційної мембрани та шару мінеральної вати. Такий підхід дозволяє зменшити тепловтрати через балконну плиту та забезпечити комфортний мікроклімат у приміщеннях, суміжних із балконом.

Для кріплення конструкції використовуються відповідні монтажні матеріали, що забезпечують надійність і довговічність шару утеплення.

Розрахунок вікон

Згідно з вимогами чинних будівельних норм, термічний опір віконних конструкцій повинен бути не меншим ніж $0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, що відповідає показникам, наведеним у таблиці 2.2 нормативного документа.

Передбачено віконні блоки з полівінілхлориду (ПВХ) з двокамерними склопакетами типу 4М1–14–4і–14–4М1, де :

4М1 - звичайне листове скло;

4і - енергозберігаюче скло з м'яким напиленням;

14 мм - ширина повітряного проміжку між шарами.

Газовий наповнювач камер аргон (Ar).

Для такого складу склопакета, відповідно до довідкових джерел і табличних даних, опір теплопередачі вікна становить приблизно $0,93\text{--}1,00 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, залежно від профілю і коефіцієнтів пропускання.

Це відповідає нормативу згідно табл. 2.2 ДБН В.2.6-31:2021, де мінімально допустиме значення термічного опору вікон — $0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Отже, умова (2.1) виконується

Розрахунок перекриттів міжповерхами

Конструкція перекриття передбачає застосування збірної багатопустотної залізобетонної плити, яка є основним несучим елементом. Поверх плити укладається шар вирівнюючої стяжки, теплоізоляція з

пінополістирольних плит, гідроізоляційна мембрана, цементно-піщана стяжка та фінішне підлогове покриття. З нижньої сторони передбачено шар внутрішньої штукатурки.

Теплофізичні характеристики матеріалів:

1. Ламінат + підкладка: $\delta_1 = 0,01\text{м}$; $\lambda = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;
2. Цементна стяжка $\delta_1 = 0,05 \text{ м}$; $\lambda = 1,10 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;
3. Утеплювач(пінополістирол): $\delta_1=0,17\text{м}$; $\lambda=0,036\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$;
4. Гідроізоляція: $\delta_1 = 0,003 \text{ м}$; $\lambda = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;
5. Залізобетонна плита $\delta_1 = 0,22 \text{ м}$; $\lambda = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;
6. Штукатурка: $\delta_1 = 0,01 \text{ м}$; $\lambda = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;

Застосування пінополістирольного утеплювача з низьким коефіцієнтом теплопровідності дозволило оптимізувати товщину шару без істотного збільшення навантаження на перекриття.

Термічний опір підлоги:

$$R=0,01/0,15+0,05/1,10+0,17/0,036+0,003/0,17+0,22/2,04+0,01/0,93=4,97 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Отримане значення загального термічного опору конструкції підлоги становить $R = 4,97 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, результат округлюється до 5,0 згідно ДБН В.2.6-31:2021 ($R_q \geq 5,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ для перекриття над неопалюваним підвалом). Отже: умова (2.2) $R_{\Sigma np} \geq R_{q \min}$ виконується.

Теплотехнічний розрахунок покрівлі

1. Мембрана Ізоліт: $\delta_1 = 0,012\text{м}$; $\lambda = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;
2. Стяжка з керамзитобетону: $\delta_1 = 0,05 \text{ м}$; $\lambda = 0,14 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;
3. Пароізоляція(поліетиленова плівка): $\delta_1 = 0,0004 \text{ мм}$; $\lambda=0,20\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$;
4. Утеплювач (пінополістирол екструдований):
 $\delta_1 = 0,16\text{м}$; $\lambda = 0,032 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;
5. Гідроізоляція(рулонна бітумна): $\delta_1 = 0,003 \text{ мм}$; $\lambda = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;
6. Вирівнюючий шар: $\delta_1 = 0,015 \text{ м}$; $\lambda = 0,09 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;
7. Плита покриття (залізобетонна пустотна): $\delta_1 = 0,22 \text{ м}$;
 $\lambda = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;

Опір теплопередачі для покрівлі:

$$R=0,012/0,035+0,05/0,14+0,0004/0,20+0,16/0,032+0,003/0,17+0,015/0,09+0,22/2,04+1/23+1/8,7 = 7,153 \text{ (м} \cdot \text{°C)/ Вт.}$$

Отже, необхідний опір теплопередачі забезпечено.

Умова (2.2) $R_{\Sigma np} \geq R_{q \min}$ виконується

2.3 Оцінка теплозахисних властивостей конструкції покрівлі

Щоб визначити необхідну потужність опалювального обладнання та перейти до розрахунків складових елементів системи опалення, обов'язково потрібно встановити величину тепловтрат приміщень.

Основна частина втрат тепла припадає на зовнішні огорожувальні конструкції, і вона безпосередньо залежить як від теплотехнічних характеристик застосованих матеріалів, так і від особливостей архітектурного планування будівлі.

В умовах сталої температурної різниці між внутрішнім повітрям та зовнішнім середовищем, тепло передається крізь огороження, що відділяють опалювані зони від холодного повітря або неопалюваних частин споруди. Якщо ця різниця перевищує 5 °C, втрати підлягають розрахунку.

Потреба в теплі для будівлі позначається як Q_z , і складається з двох частин:

- основні втрати Q_r , які проходять крізь огороження;
- додаткові втрати Q_d , що враховують інфільтрацію та інші чиники.

Головні тепловтрати Q_r , Вт, визначають за формулою [5]:

$$Q_r = 1/R_0^{\phi} \cdot F \cdot (t_b - t_3)(1 + \Sigma\beta) \cdot n, \quad (2.3)$$

де F - площа конструкції, м²;

R_0^{ϕ} - приведений термічний опір покрівлі, м²·°C/Вт;

t_b - температура внутрішнього повітря, °C .

t_3 - розрахункова температура зовнішнього повітря, °C,;

$\Sigma\beta$ - додаткові втрати теплоти, що враховуються для зовнішніх вертикальних і нахилених огорожуючих конструкцій будівлі [5].

n - коефіцієнт запасу 2.3.

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнта n для різних огорожень

Найменування огороження	Значення
Перекриття горища по суцільному настилу	0,6
Зовнішні стіни	1
Вікна в зовнішніх стінах	1
Двері, які контактують з зовнішнім повітрям	1

Після обчислення загальних тепловтрат (включаючи основні та додаткові), отримане значення необхідно порівняти з допустимими нормативними рівнями. Для цього використовується поняття питомих тепловтрат, які виражаються в Вт на квадратний метр площі і враховують тривалість та суворість опалювального сезону. Нормативне значення питомих тепловтрат для багатоквартирних житлових будинків, з урахуванням кліматичних умов м. Житомира (понад 3300 °С·дн опалювального періоду), становить 61 Вт/м².

Розрахункові питомі тепловтрати:

$$q_{\text{пит}} = Q / S \quad (2.4)$$

Q - сумарні тепловтрати будівлі (основні + додаткові);

S - площа, що опалюється;

$q_{\text{пит}}$ - питомі тепловтрати, Вт/м².

$$q_{\text{пит}} = 193840,0 / 4567,5 = 42,44 \text{ Вт/м}^2.$$

Отже, отримане значення менше за норматив (61 Вт/м²), система опалення розрахована коректно.

2.4 Опалювальні прилади

Порівняння радіаторів наведено у розділі 1.3.4. На основі аналізу технічних характеристик, довговічності та енергоефективності, для багатоповерхового житлового будинку було обрано сталеві панельні радіатори KERMI Therm X2.

Дані прилади працюють за принципом послідовної теплопередачі (технологія X2), завдяки чому досягається швидкий прогрів приміщення, збільшується частка променевого тепла, а також зменшуються теплові втрати. Таке конструктивне рішення дозволяє підвищити енергоефективність системи опалення до 10–12% порівняно з класичними панельними моделями.

Запроектовано облаштування радіаторів (дві панелі + два конвектори) наступних розмірів:

KERMI Therm X2 22/500/1100,
 KERMI 22/500/1000,
 KERMI 22/500/900,
 KERMI 22/500/800,
 KERMI 22/500/700,
 KERMI 22/500/600,
 KERMI 22/500/500,
 KERMI 22/500/400.

Технічні характеристики радіаторів KERMI Therm X2 :

- холоднокатана листовая сталь з антикорозійним покриттям;
- панельний тип 22 з боковим підключенням (4×G 1/2");
- товщина передньої панелі: 1,25 мм;
- робочий тиск до 10 бар;
- максимальна температура теплоносія до 110 °С;
- максимальна температура: 110°С.
- випробувальний тиск: 13 бар;
- крок вертикальних каналів: 33,3 мм.

У санвузлах запроектовано встановлення рушникосушарок марки KERMI, які поєднують у собі функції обігріву приміщення та сушіння рушників. Прилади мають компактні розміри, сучасний зовнішній вигляд і ефективну теплову віддачу.

Для забезпечення теплового комфорту у ванній кімнаті, теплова потужність приладу визначається розрахунковим тепловим навантаженням приміщення з урахуванням додаткових тепловтрат через вентиляцію.

Вибрані моделі мають стійкість до вологи, а їхнє оздоблення забезпечує

тривалий термін служби без втрати зовнішнього вигляду.

Можливе передбачення системи водяної теплої підлоги у приміщеннях або ванних кімнат.

Тепла підлога прокладається за допомогою труб із зшитого поліетилену типу REHAU RAUTHERM S з кроком укладання 10–15 см, під'єднаних до колектора з можливістю регулювання температури кожного контуру. У разі застосування комбінованого рішення (радіатор + тепла підлога), система узгоджується через вузол змішування.

2.5 Моделювання гідравлічної системи опалення

Проектування системи опалення неможливе без урахування її гідравлічного режиму, який є основним чинником ефективного та стабільного функціонування трубопровідної мережі. Гідравлічне моделювання дозволяє забезпечити рівномірний розподіл теплоносія по всіх опалювальних приладах, дотримуючись заданих параметрів витрат і тиску в кожній ланці системи.

У розрахунках прийнята двотрубна горизонтальна система опалення з нижнім розведенням, реалізована із застосуванням полімерних трубопроводів REHAU RAUTITAN. Цей тип труб характеризується зниженим гідравлічним опором, стійкістю до високих температур і корозії, що є оптимальним рішенням для багатоквартирних житлових будівель.

Для багатоповерхових житлових будівель на етапі попереднього проектування важливо визначити розміри трубопроводів у межах циркуляційного кільця. З цією метою розраховується витрата теплоносія G (кг/год) для кожної окремої ділянки, а також приймається допустиме значення питомих гідравлічних втрат тиску на один погонний метр трубопроводу R_d (Па/м), які виникають унаслідок тертя стінками труб.

Розрахунок витрати теплоносія здійснюється за формулою:

$$G = \frac{3.6 \cdot Q}{4.187(t_g - t_o)}, \quad (2.5)$$

де : Q - теплова потужність (навантаження), Вт;

t_g - температура води на подачі, $^{\circ}\text{C}$;

t_0 - температура води на звороті, $^{\circ}\text{C}$.

c - питома теплоємність води, приблизно $4,19 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$.

Витрати на місцевих опорах визначаємо за формулою:

$$Z = \sum \xi p_d \quad (2.6)$$

де: ξ – коефіцієнт місцевого опору, які беруться з технічної документації;

p_d – динамічний тиск, Па.

Важливо врахувати втрати тиску, які виникають у місцях зміни напрямку потоку, звуження або розширення діаметра, а також на фасонних елементах. Ці втрати називають місцевими опорами.

До елементів, які створюють місцеві опори, належать:

- відводи та коліна (зміна напрямку потоку);
- трійники та хрестовини;
- вентилі, крани, зворотні клапани;
- перехідники та редукційні вставки;
- виходи на прилади (радіатори, колектори, котли).

У проєктованій системі опалення як основний елемент трубопроводної мережі використано багат шарові полімерні труби REHAU RAUTITAN 1.3.4, що відзначаються високою надійністю, довговічністю та зручністю монтажу.

Переваги застосування системи RAUTITAN у проєкті:

- гарантований строк служби понад 50 років при дотриманні температурно-технічного режиму;
- гнучкість труб, яка спрощує монтаж у складних умовах та зменшує кількість фітінгів;
- стійкість до забруднення внутрішньої поверхні та утворення накипу;
- висока хімічна стійкість до речовин, які можуть бути присутні в теплоносії;
- монтаж без пайки і різьблення мінімізує аварійні зони;
- повна сумісність з системами радіаторного опалення, теплої підлоги та колекторного розведення.

У системі передбачено застосування трубопроводів діаметром марка

показана на аркуші такому то 16, 20 та 25 мм залежно від теплового навантаження ділянки та типу підключення.

2.6 Вибір котлоагрегату

У розділі 1.3 було вибрано настінний двоконтурний газовий котел Vaillant ecoTEC pro VUW 24 CS/1-5, який забезпечує як опалення житлових приміщень, так і постачання гарячої води.

Котел встановлюється в кухонному приміщенні, що допускається чинними будівельними нормами за умови дотримання нормативних вимог до вентиляції, відводу продуктів згоряння і монтажу газового обладнання.

Основні технічні характеристики котла Vaillant ecoTEC pro VUW 24 CS/1-5 у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Характеристики Vaillant ecoTEC pro VUW 24 CS/1-5

Характеристика	Показник
Максимальна теплова потужність	23.7 кВт
Мінімальна потужність	9.0 кВт
ККД	до 94%
Тип камери згорання	Закрита, турбована
Живлення	230 В
Споживана електрична потужність	85 Вт
Макс. температура води	85 °C
Максимальний робочий тиск (опалення)	3 бар
Макс. тиск в контурі ГВП	10 бар
Діаметр димохода	60/100 мм / 80/80 мм для роздільного
Підключення води / газу / опалення	G 1/2" / G 3/4"

Переваги котла Vaillant ecoTEC:

- мідний первинний теплообмінник із високою ефективністю теплообміну та антикорозійним покриттям;

- двоконтурна конструкція дозволяє одночасно забезпечувати опалення та ГВП без необхідності встановлення бойлера;
- вбудована електронна система управління з LCD-дисплеєм, що дозволяє налаштовувати параметри роботи;
- модуляційний пальник забезпечує плавне регулювання потужності, що сприяє зниженню витрат газу;
- низький рівень шуму при роботі завдяки вдосконаленому вентилятору.

Висновок до розділу 2

У другому розділі було здійснено комплексний розрахунок системи опалення для багатоквартирного житлового будинку в місті Житомир. На основі технічних даних та вимог нормативної документації розроблено конструктивне рішення щодо теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій, підібрано ефективні теплоізоляційні матеріали та виконано перевірку відповідності нормативним значенням опору теплопередачі.

Було обґрунтовано доцільність використання сталевих панельних радіаторів KERMI Therm X2, які поєднують ефективність, довговічність і зручність експлуатації. Гідравлічне моделювання дозволило підібрати оптимальні діаметри трубопроводів системи із застосуванням труб RENAУ RAUTITAN, що відповідають сучасним вимогам до енергоефективності та надійності.

Також обґрунтовано вибір газового котла Vaillant ecoTEC pro, який забезпечує високий ККД, надійність і безпечність експлуатації. Проведене порівняння з електричним опаленням підтвердило економічну доцільність газового варіанта для даного типу будівлі. Таким чином, усі проектні рішення спрямовані на досягнення енергоефективності, безпечної експлуатації системи та зниження експлуатаційних витрат мешканців.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Архітектурно-конструктивна частина і характеристика тепломеханічного рішення

Об'єктом проєктування є багатоповерховий житловий будинок, розташований у місті Житомир вул. Добровольського. Будівля має дев'ять надземних поверхів та належить до категорії цивільних житлових споруд. Основні несучі конструкції виконані з монолітного залізобетону з внутрішніми поперечними та повздовжніми стінами. Переkritтя - багатопустотні збірні залізобетонні плити. Зовнішні стіни утеплені відповідно до вимог чинних нормативних документів ДБН В.2.6-31:2021[7], що забезпечує зниження теплових втрат через огорожувальні конструкції.

Будівля обладнується автономною системою опалення з використанням індивідуального газового котла Vaillant ecoTEC pro VUW 24 CS/1-5, який встановлюється в технічному приміщенні на першому поверсі. Газові котли розташовані безпосередньо у кухнях кожної квартири. Монтаж котлів виконується на внутрішніх капітальних стінах із використанням кронштейнів заводського виробництва. Підключення до системи водопостачання здійснюється через підживлення від мережі холодної води В1, яке прокладається пластиковими трубами з умовним проходом діаметром 20 мм. Як енергоносіє використовується природний газ, підвід якого виконується від внутрішньої газової мережі будівлі з урахуванням вимог чинних будівельних і газових норм [5,6]. Установлення котлів у кухнях забезпечує компактність розміщення обладнання, спрощує доступ для обслуговування та відповідає технічним регламентам щодо безпечної експлуатації.

Система опалення передбачає двотрубну горизонтальну розводку з нижнім розташуванням магістралей. На типовому поверсі (2–9 поверхи) проєктуються аналогічні схеми розведення з індивідуальним регулюванням температури в кожній квартирі. Подача та зворотній трубопровід прокладаються в технічних

каналах під підлогою коридорів або в шахтах.

В будинку передбачено природню вентиляцію.

За результатами гідравлічного розрахунку було обґрунтовано вибір діаметрів трубопроводів системи опалення: 20×2,8 мм, 25×3,5 мм та 32×4,4 мм.

У всіх приміщеннях будівлі прокладається трубопровідна мережа системи опалення з використанням сучасних полімерних труб RENAУ RAUTITAN[14].

Монтаж труб виконується вздовж периметру приміщень з орієнтацією прокладання вздовж зовнішніх стін будівлі на відстані 50 мм. Глибина укладання трубопроводів у конструкцію підлоги становить 40 мм.

У системі опалення передбачено використання панельних радіаторів KERMI Therm X2[13], які характеризуються енергоефективною технологією послідовного потоку теплоносія. Завдяки такому принципу роботи забезпечується швидкий прогрів приміщення при зниженому споживанні енергії, що підвищує загальну ефективність системи.

3.2 Отримання об'єкту для виконання монтажних робіт

Приймання будівлі в монтаж здійснюється шляхом складання акта встановленої форми, який підписується сторонами: представником генерального підрядника (що виконує будівельні роботи) та представником спеціалізованої монтажної організації. [8].

Перед початком монтажу системи опалення необхідно переконатися в готовності будівлі до виконання відповідних робіт. Приймання об'єкта під монтаж оформлюється відповідним актом, що затверджується представником замовника (генерального підрядника) та спеціалізованої монтажної організації.

До основних вимог щодо готовності об'єкта належать:

- завершення зведення міжповерхових перекриттів і сходових маршів;
- підготовка отворів у стінах і перекриттях для прокладання труб;
- оштукатурення ділянок стін у місцях встановлення опалювальних приладів;
- нанесення позначок рівня чистої підлоги на вертикальних поверхнях;
- встановлення віконних коробок, наявність підвіконь та зовнішніх відливів;

- наявність електроживлення для підключення будівельного інструменту;
- освітленість та вільний доступ до робочих зон;
- забезпечення можливості транспортування матеріалів та устаткування в межах будівельного майданчика;
- готовність монтажних підмостків або риштувань для роботи на висоті.

Перед початком монтажних робіт замовник разом із підрядною будівельною організацією, відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва», зобов'язані розробити та погодити проєкт виконання робіт (ПВР) [18].

3.3 Вимоги та технологія монтажу системи опалення

Для забезпечення надійної та довговічної роботи системи опалення необхідно передбачити механічний захист трубопроводів, а також компенсувати їхнє лінійне розширення. Прокладку труб рекомендується здійснювати всередині будівельних конструкцій у стінах, стелі або підлозі. Зазвичай труби укладають у канали або штроби, які повинні бути вільними для можливості компенсації температурного розширення.

У місцях проходження труб через внутрішні стіни та перегородки необхідно встановлювати гільзи з негорючих матеріалів. Краї гільз мають бути врівень з поверхнею конструкцій.

Вимоги до монтажу трубопроводів

Під час монтажу трубопроводів системи опалення необхідно дотримуватися таких основних вимог [16]:

- трубопроводи повинні бути надійно закріплені до будівельних конструкцій будівлі;
- всі роз'ємні з'єднання необхідно розташовувати у відкритих або доступних для обслуговування місцях;

- вертикальні ділянки труб мають бути змонтовані без викривлень допустиме відхилення не повинно перевищувати 2 мм на 1 метр довжини.

У місцях проходження труб крізь стіни чи перегородки прокладання здійснюється у пластикових втулках із зазором 15–20 мм. Цей зазор заповнюється еластичним ущільнювальним матеріалом, що дозволяє трубі вільно видовжуватись при температурних коливаннях. У даному проєкті трубопроводи прокладаються в підлозі в гофрованій захисній оболонці, яка також сприяє компенсації теплового розширення труб.

З'єднання в системі RAUTITAN виконуються методом запресування з використанням гладких фітингів і натяжних гільз, що забезпечують герметичність без використання ущільнювачів. Процес монтажу включає такі основні етапи:

1. Спочатку трубу потрібно рівно обрізати. Для цього використовують спеціальні ножиці, які дають чистий, перпендикулярний край без задирок. Це важливо для якісного з'єднання.
2. Після обрізання на трубу насувають натяжну гільзу. Її надягають з боку, який буде запресований, при цьому гільза має зайти до упору.
3. Далі за допомогою ручного або електричного інструменту трубу розширюють. Для цього кінець труби вставляють у спеціальну насадку розширювача і декілька разів натискають на інструмент. Насадку при кожному натисканні трохи повертають, щоб розширення вийшло рівномірним по всьому колу.
4. Щойно трубу розширили, не зволікаючи вставляють у неї фітинг. Це потрібно робити швидко, поки труба не почала стискатися назад, інакше фітинг може не зайти повністю.
5. Потім беруть прес-інструмент і натискають ним на гільзу, поки вона не стане впритул до буртика фітинга. Таким чином труба щільно затискається між гільзою та фітингом, що забезпечує герметичність.

6. На завершення варто візуально перевірити, чи гільза щільно притиснута до фітинга, чи немає перекосів або зазорів. Якщо все виконано правильно з'єднання готове до експлуатації.

Радіатори KERMI Therm X2 постачаються на будівельний майданчик у заводській упаковці, яка захищає вироби від механічних пошкоджень та забруднень під час транспортування і зберігання. Кожен радіатор загорнутий у захисну плівку, а краї додатково укріплені картонними вставками.

Під час транспортування слід уникати ударів, перевертання виробів, а також складення один на одного без прокладок. Вивантаження здійснюється вручну або з використанням вантажопідіймального обладнання (на палетах).

До моменту монтажу радіатори зберігаються в сухому приміщенні, яке захищене від атмосферного впливу.

Перед установленням радіаторів проводять перевірку[16]:

- відповідності моделі та розміру згідно з проектом;
- цілісності упаковки та відсутності пошкоджень;
- комплектності (набір кріплень, заглушки, вентиляні вставки тощо).

Після цього визначають точне місце розміщення приладу відповідно до робочого креслення. Радіатори, як правило, встановлюють під вікнами на висоті 100–150 мм від підлоги.

Монтаж радіатора:

1. На стіні або конструкції роблять розмітку згідно з монтажними розмірами радіатора та відстанями до осі кронштейнів.
2. У відповідних місцях свердлять отвори та встановлюють монтажні кронштейни, які входять до комплекту або відповідають типу радіатора.
3. Радіатори навішують на змонтовані кронштейни. Прилад має стояти горизонтально, без перекосів. Перевірка виконується за допомогою рівня.
4. Підключення виконують відповідно до передбаченої схеми — з нижнім або боковим приєднанням. З'єднання герметизуються із застосуванням ущільнювальних матеріалів, рекомендованих виробником (наприклад, ущільнювальні кільця, стрічки тощо).

5. На радіатор монтують терморегулюючі головки, вентиля, крани Маєвського та заглушки, якщо це не зроблено на заводі. Термостатична арматура дає можливість регулювати тепловіддачу.
6. Після монтажу вся система, включаючи радіатори, проходить гідравлічне випробування на герметичність. Перевіряється відсутність протікань у місцях з'єднання.

Під час монтажу котлів Vaillant ecoTEC pro необхідно дотримуватися чинних будівельних норм, правил безпеки та інструкцій виробника. Для безпечної роботи потрібно забезпечити правильне підключення, вентиляцію приміщення та відведення димових газів через коаксіальний димохід (до 12 м).

Підключення труб до котла Vaillant ecoTEC pro:

1. Подача опалення (опалювальна лінія) – $G^{3/4}$ "
2. Гаряче водопостачання (ГВП) – $G^{1/2}$ "
3. Газ – $G^{3/4}$ "
4. Холодна вода (вхід ХВП) – $G^{1/2}$ "
5. Зворотний трубопровід опалення – $G^{3/4}$ "

Котли монтуються настінно за допомогою монтажної планки, яка постачається в комплекті.

Перед установкою перевіряють рівність стіни і розмічають місця під отвори згідно зі схемою з інструкції. Після фіксації планки котел навішується, а всі підключення (газ, вода, опалення) виконуються знизу корпусу.

Підключення димоходу до котла Vaillant ecoTEC pro виконується через коаксіальну трубу $\varnothing 60/100$ мм. Максимальна довжина до 12 м, з урахуванням поворотів. Димохід виводиться горизонтально через стіну або вертикально через покрівлю.

3.4 Визначення складу та обсягів монтажних робіт системи опалення

1. Доставка деталей і обладнання на місце монтажу
2. Пробивання отворів $\varnothing$ до 50 мм у стінах товщиною до 25 см для прокладання труб. Доставка деталей і обладнання на місце монтажу

3. Пробивання отворів Ø до 50 мм у стінах товщиною понад 25 см.
4. Влаштування штроб у цегляних стінах для прокладання труб (перерізом до 50 см²).
5. Прокладання трубопроводів REHAU RAUTITAN Ø20 мм..
6. Прокладання трубопроводів REHAU RAUTITAN Ø25 мм.
7. Прокладання трубопроводів REHAU RAUTITAN Ø32 мм.
8. Виконання теплоізоляції трубопроводів у неопалюваних приміщеннях.
9. Встановлення сітчастих фільтрів грубого очищення.
10. Монтаж радіаторів KERMI Therm X2 (сталеві, панельні).
11. Монтаж рушникосушок у санвузлах квартир.
12. Встановлення двоконтурних котлів Vaillant ecoTEC pro в кухнях квартир.
13. Монтаж запірно-регулюючої арматури (вентилі, терморегулятори, крани Маєвського).
14. Проведення гідравлічного випробування змонтованої системи опалення.
15. Прибирання монтажного сміття, залишків матеріалів та вивезення з об'єкта.

Визначення об'ємів робіт

1. Доставка основного та допоміжного обладнання до місця монтажу та їх складування. Одиниці вимірювання – т. Загальна вага усіх деталей 7300 кг. Приймаємо об'єм $V=7,3$ т.
2. Пробивання отворів діаметром до 50 мм в цегляних стінах товщиною до 25 см. Склад робіт: Розмічання місць пробивки. Пробивання гнізд і отворів. Одиниці вимірювання – 100 шт. Кількість отворів – 375 шт. Приймаємо $V=3,75$.
3. Пробивання отворів діаметром до 50 мм в цегляних стінах товщиною до 51 см. Склад робіт: Розмічання місць пробивки. Пробивання гнізд і отворів. Одиниці вимірювання – 100 шт. Кількість отворів – 40 шт. Приймаємо $V=0,40$.
4. Пробивання борозен у стінах і підлогах (площа перерізу до 50 см²). Склад робіт: розмічання, пробивання та зачищення борозен. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина – 372 м. Приймаємо $V = 3,72$.

5. Прокладання трубопроводів діаметром 20 мм. Склад робіт: 1. Розмітка деталей і перерізування труб. 2. Складання вузлів трубопроводу з окремих деталей і фасонних частин із підготовленням під опресування. 3. Прокладання трубопроводу з готових вузлів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина труб з діаметром 20 мм складає 1200 м. Отже, приймаємо об'єм $V=12$.
6. Прокладання трубопроводів діаметром 25 мм. Склад робіт: аналогічно пункту 5. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина – 800 м. Приймаємо $V = 8$.
7. Прокладання трубопроводів діаметром 32 мм. Склад робіт: аналогічно. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина – 350 м. Приймаємо $V = 3,5$.
8. Ізоляція трубопроводів діаметром до 25 мм. Склад робіт: 1. Встановлення ізоляції на трубопровід з підгоном за місцем. 2. Кріплення конструкції. Одиниці вимірювання – 10 м. Довжина ізоляції складає 2475 м. Приймаємо об'єм $V= 247,5$.
9. Установка фільтра на готову основу. 2. З'єднання фільтра з трубопроводом. Одиниці вимірювання – 10 шт. Кількість фільтрів - 240 шт. Отже, $V=24$.
10. Установлення радіаторів KERMI Therm X2. Склад робіт: 1. Установлення та зароблення кронштейнів зі свердлінням отворів або пристрілюванням пістолетом, а також кріпленням кронштейнів шурупами. 2. Установка радіаторів і конвекторів з приєднанням їх до трубопроводів. 3. Гідравлічне випробування сталевих радіаторів. Одиниці вимірювання в 110 кВт. Кількість радіаторів 265 шт. загальною потужністю 304751 Вт. Отже, $V=3,04751$ кВт.
11. Установлення сушарок для рушників. Монтаж сушарок із приєднанням до трубопроводів системи опалення. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість сушарок – 80 шт. Приймаємо об'єм $V = 8$.
12. Установлення котлів Vaillant ecoTEC pro. Склад робіт: монтаж кріплення, під'єднання, улаштування димоходу. Одиниці вимірювання – шт. Кількість – 80 шт. Приймаємо $V = 80$.

13. Монтаж запірно-регулювальної арматури (вентилі, крани, клапани).
Одиниці вимірювання – шт. Кількість – 1280шт. Приймаємо $V = 1280$.
14. Гідравлічне випробування трубопроводів. Склад робіт: огляд, підключення, заповнення, перевірка, злив. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів – 3475 м. Приймаємо $V = 34,75$.
15. Вивезення інструменту, обладнання та монтажного сміття з об'єкта. Одиниці вимірювання – т. Маса – 0,4 т. Приймаємо $V = 0,4$.

3.5 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань для монтажу

Доставка труб, фітингів, радіаторів, котлів та іншого обладнання системи опалення на будівельний майданчик здійснюється централізовано спеціалізованим вантажним транспортом. Для цього використовується автомобіль IVECO EuroCargo 75E16, що дозволяє безпечно перевозити великогабаритні та важкі вантажі до місця монтажу. [24]:

Технічні характеристики IVECO EuroCargo 75E16:

Вантажопідйомність – 7500 кг.

Об'єм вантажного відсіку – до 36 м³

Потужність двигуна – 160 к.с.

Максимальна швидкість – 120 км/год

Витрата палива – близько 17 л/100 км

Габарити: довжина – 8750 мм, ширина – 2500 мм, висота – 3200 мм

Маса – 6850 кг

Отвори для встановлення кронштейнів та пробивання каналів у цегляних стінах виконуються з використанням перфоратора DeWALT D25144K. Його характеристики:

Потужність – 900 Вт

Напруга – 230 В

Енергія удару – 3,0 Дж

Частота обертів – до 1450 об/хв

Частота ударів – до 5350 уд/хв

Максимальний діаметр свердління: бетон – 28 мм, дерево – 30 мм, метал – 13 мм

Тип патрона – SDS-Plus

Вага – 3,1 кг

Поршневий компресор високого тиску Arcturus 284033. Характеристики:

Продуктивність – 1960 м3/хв.

Тиск – 40 бар.

Потужність двигуна – 30 кВт.

Довжина x Ширина x Висота: 157 x 96 x 96 мм.

Маса – 655кг.

Для виконання запресованих з'єднань трубопроводів застосовується електричний REMS Power E, який забезпечує надійне та герметичне з'єднання фітінгів. Різання труб здійснюється за допомогою ножиць REMS для металопластикових труб діаметром до 35 мм.

Таблиця 3.1 - Відомість потреби в механізмах та інструментах

Найменування	ГОСТ, марка	Кількість
Ключ ріжково-накидний	ГОСТ2839-80	
М12-19-22 мм		4
М12-19-22 мм		4
Плоскогубці монтажні	ГОСТ 5547-75	3
Молоток слюсарний 500 г	ГОСТ 2310-77	3
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ГОСТ 7211-72	3
Рулетка, 20 м		3
Будівельний рівень 800м	ГОСТ 7948-80	2
Висок для розмітки		2
Ящик з набором ручного інструменту		3
Будівельно-монтажний пістолет ПЦ-52-1 для кріплення кронштейнів		1
Фаскознімач RAUTITAN, до розмір 40 мм		2

ПРОДОВЖЕННЯ ТАБЛИЦІ	-	-
Перфоратора DeWALT D25144K для буріння отворів		3
Електродріль DeWalt DWD024		1
Ножиці для труб REHAU RAUTITAN до 32 мм		2
Електричний прес REMS Power E для з'єднання		4
Прес-насадки TH16–TH32 для REMS Power E		2
Роликовий труборіз		3
Ключ для монтажу радіаторної арматури		2
Викрутки універсальні		1
Комплект для пайки ізоляційних кожухів		1
Напильник плоский		1
Щітка металева і ганчірка		2
Опресувальний електронасос REMS Push 60		1

Маса інструментів:

1. Ключ гайковий 19 × 22 мм, маса 1 шт. – 0,0006 т, 4 шт. – 0,0024 т.
2. Ключ трубний, маса 1 шт. – 0,00015 т, 2 шт. – 0,00030 т.
3. Плоскогубці монтажні, маса 1 шт. – 0,0003 т, 3 шт. – 0,009 т.
4. Молоток слюсарний 500 г, маса 1 шт. – 0,0005 т, 3 шт. – 0,0015 т.
5. Зубило слюсарне 200 мм, маса 1 шт. – 0,0004 т, 3 шт. – 0,0012 т.
6. Рулетка 20 м, маса 1 шт. – 0,00035 т, 3 шт. – 0,00105 т.
7. Будівельний рівень 800 мм, маса 1 шт. – 0,0008 т, 2 шт. – 0,0016 т.
8. Висок для розмітки, маса 1 шт. – 0,0002 т, 2 шт. – 0,0004 т.
9. Ящик монтажника, маса 1 шт. – 0,002 т, 3 шт. – 0,006 т.
10. Монтажний пістолет ПЦ-52-1, маса 1 шт. – 0,0035 т, 1 шт. – 0,0035 т.
11. Фаскознімач до 40 мм, маса 1 шт. – 0,0009 т, 2 шт. – 0,0018 т.
12. Перфоратор DeWALT D25144K, маса 1 шт. – 0,0031 т, 3 шт. – 0,0093 т.
13. Електродріль DeWALT DWD024, маса 1 шт. – 0,0019 т, 1 шт. – 0,0019 т.
14. Ножиці для труб, маса 1 шт. – 0,0007 т, 2 шт. – 0,0014 т.
15. Електричний прес REMS Power E, маса 1 шт. – 0,0048 т, 4 шт. – 0,0192 т.

16. Прес-насадки ТН16–ТН32, маса 1 шт. – 0,0006 т, 2 компл. – 0,0012 т.
17. Напильник, 1шт. – 0,00017т.
18. Опресувальний насос REMS Push 60, маса 1 шт. – 0,018 т, 1 шт.– 0,018т.

3.6 Витрата матеріалів

Витрати основних та допоміжних матеріалів для системи опалення наведено у таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Відомість потреби в матеріалах

№	Найменування матеріалу	Од. вим.	К-ть	Вага од., кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
1	Котел Vaillant ecoTEC pro VUW 24	шт	90	30	2700
2	Труби REHAU RAUTITAN Ø 20x2,8	м	1200	0,115	180
3	Труби REHAU RAUTITAN Ø 25x3,5	м	950	0,23	218,5
4	Труби REHAU RAUTITAN Ø 32x4,4	м	600	0,33	198
5	Рушникосушки	шт	90	3,0	270
6	Фітинги та з'єднання REHAU	шт	1400	0,8	112
7	Фільтри	шт	270	0,6	162
8	Сталеві кронштейни до радіаторів	шт	278	1,2	333,6
9	Радіатори KERMI Therm X2	шт	278	21	5838
	KERMI 500 22/500/500		40	14,1	564
	KERMI 500 22/500/600		60	16,6	996
	KERMI 500 22/500/700		65	18,9	1228,5
	KERMI 500 22/500/800		60	21,2	1272
	KERMI 500 22/500/900		53	23,5	1245,5

Таблиця 3.3– Відомість потреби в допоміжних матеріалах

№ п. п.	Шифр ресурсу	Матеріали, деталі і напівфабрикати	Одиниці виміру	К-ть
1	2	3	4	5
1	111-0020	Азбестовий картон [КАОН-1], товщина 2 мм	т	0,005
2	130-0040	Комплект болтів з шайбами та гайками, Ø20 мм	т	0,060
3	111-0384	Фарба ґрунтувальна цинкова МА-011-1	т	0,008
4	130-0039	Болти з шайбами і гайками, Ø12 мм	т	0,004
5	142-010-2	Вода технічна для випробувань і промивання трубопроводів	м3	90
6	111-0254	Хлорне вапно	т	0,0001
7	1113-0266	Розчин соди кальцинованої для очищення	м3	1,05
8	1425-11681	Цементно-піщаний розчин М50 (готовий)	м3	0,048
9	1545-0159	Льоноволокно ущільнювальне рулонне	т	0,004
10	1630-0115	Кронштейни до радіаторів KERMI Therm X2	комп.	72
11	124-0059	Анкерні болти з гайками та шайбами	т	0,005
12	1630-0083	Підставки монтажні металеві до котлів	кг	12

3.7 Планування монтажних процесів із визначенням трудомісткості

Трудомісткість:

$$Q = N_{\text{ч}} \times V / 1,15; \quad (3.1)$$

Тривалість робочих днів :

$$T = Q / (8 \times n \times k), \quad (3.2)$$

де n – кількість працівників;

k – коефіцієнт перевиконання;

$N_{\text{ч}}$ – норма часу;

V – об'єм робіт.

1. Доставлення деталей і обладнання на місце монтажу.

Норма часу: $N_{\text{ч}}=2,1$ люд.- год.

Трудовістість $Q = (2,1 \times 7,3)/1,15 = 13,33$ (люд.-год.).

Тривалість виконання робіт $T = 13,33/8 \times 2 = 0,83$ дн.

Середній розряд робіт: 3,2.

Склад ланки: 1 водій категорії 3 і 1 монтажник 3 розряду.

2. Пробивання отворів діаметром до 50 мм в цегляних стінах товщиною до 25 см.

Норма часу: $N_{\text{ч}}=22,24$ люд.- год. [Е46-29-6].

Трудовістість $Q = (22,24 \times 3,75)/1,15 = 72,52$ (люд.-год.).

Середній розряд робіт: 3,8.

Склад ланки: 1 монтажник 4 розряду з ручним електроінструментом (перфоратор).

Тривалість роб. Днів: $T = 72,52 / (8 \times 2) = 4,53$ (днів).

3. Пробивання отворів діаметром до 50 мм в цегляних стінах товщиною до 51 см.

Норма часу: $N_{\text{ч}}=44,48$ люд.- год. [Е46-29-8].

Трудовістість $Q = (44,48 \times 0,40)/1,15 = 15,47$ (люд.-год.).

Середній розряд робіт: 3,2.

Склад ланки: 1 монтажник 3 розряду, 1 монтажник 4 розряду.

Тривалість роб. Днів: $T = 15,47 / (8 \times 2) = 0,96$ (днів).

4. Пробивання борозен в цегляних стінах та підлогах площею перерізу до 50 кв.см.

Норма часу: $N_{\text{ч}}=22,24$ люд.- год. [Е46-31-2].

Трудовістість $Q = (22,24 \times 3,72)/1,15 = 71,94$ (люд.-год.).

Середній розряд робіт: 3,8.

Склад ланки: 2 монтажників 3 розряду.

Тривалість роб. Днів: $T = 71,94 / (8 \times 2) = 4,5$ (днів).

5. Прокладання трубопроводів діаметром 20 мм, 25 мм, 32 мм.

Норма часу: $N_{\text{ч}}=48,71$ люд.- год. [Е16-14-1].

Трудовістість $Q = (48,71 \times 32)/1,15 = 1354,5$ (люд.-год.).

Середній розряд робіт: 4,0.

Склад ланки: 2 монтажники 4 розряду, 3 монтажники 3 розряду.

Тривалість роб. Днів: $T = 1354,5 / (8 \times 12) = 14,1$ (днів).

6. Ізоляція трубопроводів зовнішнім діаметром до 25 мм.

Норма часу: $N_{\text{ч}}=3,12$ люд.- год. [E26-1-2].

Трудовісткість $Q = (3,12 \times 247,5) / 1,15 = 671,48$ (люд.-год.).

Середній розряд робіт: 4,0.

Склад ланки: 4 монтажники 3 розряду, 4 монтажники 4 розряду.

Тривалість роб. Днів: $T = 671,48 / (8 \times 16) = 5,25$ (днів).

7. Установлення фільтрів для очищення води у трубопроводах.

Норма часу: $N_{\text{ч}}=12,3$ люд.- год. [E18-21-1].

Трудовісткість $Q = (12,3 \times 24) / 1,15 = 256,7$ (люд.-год.).

Середній розряд робіт: 3,8.

Склад ланки: 3 монтажники 2 розряду, 2 монтажники 3 розряду.

Тривалість роб. Днів: $T = 256,7 / (8 \times 8) = 4,0$ (днів).

8. Установлення радіаторів сталевих.

Норма часу: $N_{\text{ч}}=96,92$ люд.- год. [E18-6-2].

Трудовісткість $Q = (96,92 \times 3,04751) / 1,15 = 256,11$ (люд.-год.).

Середній розряд робіт: 3,6.

Склад ланки: 2 монтажники 3 розряду, 2 монтажники 4 розряду.

Тривалість роб. Днів: $T = 256,11 / (8 \times 4) = 8$ (днів).

9. Установлення сушарок для рушників.

Норма часу: $N_{\text{ч}}=40,67$ люд.- год. [E17-2-2].

Трудовісткість $Q = (40,67 \times 8,4) / 1,15 = 297,07$ (люд.-год.).

Середній розряд робіт: 3,3.

Склад ланки: 2 монтажники 3 розряду, 2 монтажники 4 розряду.

Тривалість роб. Днів: $T = 297,07 / (8 \times 8) = 4,64$ (днів).

10. Установлення водогрійних котлів.

Норма часу: $N_{\text{ч}}=13,92$ люд.- год. [E18-3-1].

Трудовісткість $Q = (13,92 \times 84) / 1,15 = 1016,8$ (люд.-год.).

Середній розряд робіт: 3,5.

Склад ланки: 2 монтажники 3 розряду, 2 монтажники 4 розряду, 2 монтажники 5 розряду.

Тривалість роб. Днів: $T = 1016,77 / (8 \times 12) = 10,59$ (днів).

11. Установка вентилів, засувок, клапанів зворотних, кранів на трубопроводах.

Норма часу: $N_{\text{ч}} = 1,48$ люд.- год. [E16-15-1].

Трудовістість $Q = (1,48 \times 668,59) = 990,51$ (люд.-год.).

Середній розряд робіт: 3,4.

Склад ланки: 4 монтажники 4 розряду, 4 монтажники 5 розряду.

Тривалість роб. Днів: $T = 990,51 / (8 \times 8) = 15,48$ (днів).

14. Гідравлічне випробування трубопроводів системи.

Норма часу: $N_{\text{ч}} = 8,22$ люд.- год. [E16-29-1].

Трудовістість $Q = (8,22 \times 34,75) / 1,15 = 247,91$ (люд.-год.).

Середній розряд робіт: 5,0.

Склад ланки: 2 монтажники 5 розряду і 2 монтажники 6 розряду.

Тривалість роб. Днів: $T = 247,91 / (8 \times 8) = 3,87$ (днів).

15. Вивезення деталей і обладнання та будівельного сміття з місця монтажу.

Норма часу: $N_{\text{ч}} = 2,1$ люд.- год.

Трудовістість $Q = (2,1 \times 0,4) / 1,15 = 0,73$ (люд.-год.).

Середній розряд робіт: 3,2.

Склад ланки: 1 водій категорії С і 1 монтажник 3 розряду.

Тривалість роб. Днів: $T = 0,73 / (8 \times 2) = 0,046$ (днів).

3.8 Кваліфікаційний склад бригад монтажників

Кваліфікаційні вимоги до монтажників [16]:

Монтажник 3-го розряду повинен мати повну або базову загальну середню освіту. Можливе проходження професійно-технічного навчання без обов'язкового досвіду або здобуття навичок безпосередньо на виробництві. Також допускається підвищення кваліфікації за умови наявності щонайменше одного року досвіду роботи монтажником 2-го розряду.

Монтажник 4-го розряду повинен мати загальну середню (повну або базову) освіту, закінчити профтехучилище та пройти курси підвищення кваліфікації. Необхідною умовою є річний досвід на посаді монтажника 3-го розряду.

Монтажник 5-го розряду також повинен мати середню освіту, пройти профтехпідготовку та курси підвищення кваліфікації. Досвід роботи монтажником 4-го розряду – не менше одного року.

Монтажник 6-го розряду повинен мати загальну середню освіту, закінчити професійно-технічний навчальний заклад, пройти перепідготовку або підвищення кваліфікації. Повинен мати щонайменше один рік досвіду роботи на посаді монтажника 5-го розряду. Працює з особливо складними вузлами трубопроводів та виконує найвідповідальніші монтажні роботи.

3.9 Витрата електроенергії та пального

Витрати електроенергії на роботу електроінструментів розраховуються за наступною формулою:

$$E = P \times \tau \times k, \quad (3.3)$$

де P – номінальна потужність обладнання, кВт;

τ – фактичний час роботи обладнання, год;

k – коефіцієнт використання, що враховує циклічність та нерівномірність навантаження.

Витрати електроенергії визначаються для зварювального апарата, що використовується під час монтажу окремих вузлів системи опалення. [16]

$$E = 4,5 \cdot 10 \cdot 0,6 = 27 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Витрата електроенергії перфоратором :

$$E = 0,8 \cdot 48 \cdot 0,7 = 28,56 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

Витрата електроенергії компресором :

$$E = 5,5 \cdot 20 \cdot 0,7 = 77 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

Витрата електроенергії пресом :

$$E = 0,3 \cdot 60 \cdot 0,6 = 10,8 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

Сумарні витрати електроенергії становлять

$$27 + 28,56 + 77 + 10,8 = 143,36 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів: відстань 42 км, кількість

ходок $n = 2$, витрата пального $Q = 11,5 \text{ л/100км}$.

Необхідна кількість пального для доставки труб визначається за формулою

$$Q = \frac{q \cdot 2 \cdot n \cdot L}{100} \quad (3.4)$$

$$Q = \frac{11,5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 42}{100} = 19,32(\text{л}).$$

3.10 Розрахункові техніко-економічні дані по графіку робіт

1. Загальний строк будівництва:

$$T_{\text{заг.}} = 60 \text{ дні.}$$

2. Загальна трудомісткість:

$$Q_{\text{заг.}} = 480 \text{ люд-дні.}$$

3. Середня чисельність робочих:

$$R_{\text{сер.}} = Q_{\text{заг.}} / T_{\text{заг.}} = 480 / 60 = 8 \text{ робітники.}$$

4. Максимальна чисельність робітників:

$$R_{\text{max.}} = 12 \text{ робітники.}$$

5. Надлишкова трудомісткість:

$$Q_{\text{надл.}} = 40 \text{ люд-дні.}$$

6. Коефіцієнт, що характеризує використання робітників протягом будівництва:

$$\alpha_1 = R_{\text{сер.}} / R_{\text{max.}} = 8 / 11 = 0,73$$

7. Коефіцієнт нерівномірності графіку руху робітників по працевтратам:

$$\alpha_2 = Q_{\text{надл.}} / Q_{\text{заг.}} = 40 / 480 = 0,083$$

8. Коефіцієнт, який характеризує використання часу робочих протягом будівництва:

$$\alpha_3 = T_{\text{уст.}} / T_{\text{заг.}} = 45 / 60 = 0,75$$

3.11 Підготовка до експлуатації та випробування системи опалення

Пусконаладжувальні та експлуатаційні випробування системи опалення проводяться в такій послідовності:

- візуальний контроль змонтованої системи;
- промивання трубопроводів та обладнання;
- проведення гідравлічного випробування за допомогою манометра;
- перевірка теплової ефективності роботи системи;
- випробування при максимальній температурі теплоносія.

Під час візуального огляду слід перевірити відповідність змонтованої системи вимогам проєктної документації та чинних технічних норм. Особливу увагу необхідно приділити:

- якості з'єднання трубопроводів і арматури;
- правильності встановлення радіаторів;
- наявності та стану ізоляції;
- герметичності вузлів і стиків.

Наступним кроком є очищення системи опалення шляхом її промивання, що необхідне для видалення забруднень та шламу. Для цього систему заповнюють водопровідною водою, після чого рідину швидко зливають у каналізацію через спеціально передбачений штуцер у нижній частині трубопроводу.

Під час запуску системи опалення головною метою є забезпечити роботу максимальної кількості опалювальних приладів і прогріти якомога більше приміщень.

Гідравлічне випробування проводиться з метою перевірки герметичності та механічної міцності трубопроводів, арматури й обладнання. Систему водяного опалення випробовують шляхом відключення джерела теплоносія і подальшого заповнення її водою під тиском, що становить 1,25 від робочого, але не менше ніж 0,2 МПа в нижній точці системи. Для обладнання індивідуального теплового пункту випробувальний тиск становить 1,2 МПа.[16].

Якщо під час гідравлічного випробування виявлено витік, систему слід

злити, усунути несправності й повторно провести випробування. Після завершення перевірки воду з системи потрібно злити в каналізацію. За результатами гідравлічного випробування складається відповідний акт.

Останнім етапом приймання системи опалення є теплове випробування, яке виконується для перевірки її працездатності, ефективності нагріву та рівномірності розподілу тепла по приміщеннях. Під час цього процесу систему запускають у робочому режимі з подачею теплоносія необхідної температури, наближеної до розрахункової.

Висновок до розділу 3

У третьому розділі було розглянуто організаційно-технологічні аспекти монтажу системи опалення багатоповерхового житлового будинку. Визначено обсяги основних та допоміжних робіт, обґрунтовано вибір будівельних машин, механізмів і ручного інструменту, необхідного для виконання монтажних операцій. На основі нормативних джерел розраховано трудомісткість робіт, побудовано графік виконання монтажу, визначено середню та максимальну чисельність працівників, а також витрати електроенергії та пального.

Окрему увагу приділено пусконаладжувальним та випробувальним заходам, які забезпечують якісне та безпечне введення системи в експлуатацію. Результати цього розділу є підґрунтям для організації ефективного виконання робіт у встановлені строки з дотриманням вимог діючих норм і стандартів.

Складено календарний план виконання робіт, визначено склад ланок та розряд робітників, а також побудовано графік руху робітників і графік використання машин та механізмів.

Виконано розрахунок техніко-економічних показників календарного плану, загальна трудомісткість виконання робіт, склала 480 люд-дні для монтажу системи опалення, тривалість виконання монтажних робіт 60 днів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У даному проєкті розглянуто облаштування автономної системи опалення для дев'ятиповерхового житлового будинку, а також визначено шкідливі чинники, що можуть впливати на працівників. Монтажні роботи виконує бригада, яка складається з шести спеціалістів. У процесі монтажу здійснюються такі основні операції, як укладання трубопроводів, встановлення радіаторів і монтаж котельного обладнання. Ці роботи належать до категорії Пб за рівнем фізичного навантаження, з тепловиділенням на одного працівника.

Під час виконання монтажу систем опалення будівельно-монтажний персонал, що займається встановленням інженерного обладнання, зазнає впливу низки шкідливих та небезпечних виробничих чинників:

Фізичні фактори:

- 1) використання рухомих машин і механізмів, що становлять потенційну загрозу;
- 2) наявність обертових або переміщуваних частин обладнання, здатних спричинити травму;
- 3) переміщення матеріалів, деталей або конструкцій, що може бути небезпечним при необережному поводженні;
- 4) контакт із гарячими або холодними поверхнями обладнання чи матеріалів, що може викликати опіки або переохолодження;
- 5) значні коливання температури та швидкості руху повітря в робочій зоні, що впливає на самопочуття працівників;
- 6) недостатній рівень освітлення, що ускладнює точне виконання монтажних робіт;
можливість ураження електричним струмом при контакті з відкритими провідниками або несправними елементами системи живлення;
- 7) високий рівень шуму, що перевищує допустимі норми та викликає втому чи зниження концентрації уваги;
- 8) вібрації, що передаються через інструменти або обладнання, з негативним впливом на здоров'я;

- 9) наявність гострих країв, задирок або шорстких поверхонь на інструментах, трубах та інших елементах, що створює ризик порізів або травм рук.

Психофізіологічні фактори:

- 1) надмірні фізичні навантаження, пов'язані з постійним переміщенням, підйомом важких деталей та інструментів, а також тривалим перебуванням у незручному положенні під час монтажу;
- 2) нервово-психічні перевантаження, що виникають внаслідок монотонного характеру виконуваних дій, необхідності постійної концентрації уваги, роботи в обмеженому просторі, а також відповідальності за якість виконання та безпеку системи.

4.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи

Всі будівельно-монтажні роботи та експлуатація електрообладнання повинні здійснюватися з дотриманням вимог пожежної безпеки згідно з:

Законом України «Про пожежну безпеку».

НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [21].

ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [22].

ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення» [23].

Усі працівники зобов'язані проходити навчання з охорони праці на підприємстві у вигляді відповідних інструктажів. Це включає ознайомлення з правилами надання першої медичної допомоги, поведінки у надзвичайних ситуаціях та аваріях. Для працівників, які виконують суміжні професії або працюють у складі універсальних бригад, інструктаж проводиться за всіма видами робіт, що ними виконуються. Конкретні вимоги з безпеки праці передбачаються у технологічних картах, що складаються на кожен вид будівельно-монтажних робіт.

Відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009[23], перед початком монтажу системи опалення місце збирання обладнання та робоча зона повинні бути

повністю очищені від будівельного сміття та зайвих предметів. Підходи до робочих місць мають бути вільними та добре освітленими. Доступ сторонніх осіб до зони виконання робіт забороняється.

Робочі місця мають бути облаштовані з урахуванням вимог безпеки та зручності виконання монтажних робіт. Вони повинні мати достатнє освітлення, вентиляцію (за потреби), бути захищені від дії шкідливих виробничих факторів, а також забезпечені всіма необхідними засобами індивідуального захисту. Крім того, повинні бути передбачені протиаварійні заходи, зокрема вогнегасники, аптечки першої допомоги та чітка евакуаційна схема.

Електрозварювальні апарати під час експлуатації мають бути обов'язково заземлені або занулені, а в періоди простою – відключені від електромережі. Під час виконання зварювальних робіт необхідно постійно контролювати наявність справного заземлення обладнання. Проведення зварювання у підвішеному стані заборонено. Робоче місце зварювальника повинно бути обладнане відповідно до норм: мати ефективну вентиляцію, бути захищеним від дощу, снігу та поривів вітру.

Установлення систем опалення та відповідного обладнання виконується згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 [24].

Під час монтажу системи опалення та встановлення котельного обладнання необхідно дотримуватись ряду вимог, що гарантують безпеку та якість виконання робіт. Зокрема:

- монтажні роботи повинні проводитись відповідно до проєктної документації, нормативів та інструкцій виробника обладнання;
- забороняється проводити монтаж без попереднього ознайомлення з технічними характеристиками котлоагрегату та умовами його експлуатації;
- перед установкою необхідно перевірити герметичність усіх з'єднань трубопроводів, справність арматури та відсутність механічних пошкоджень;
- приміщення для котельного обладнання повинно мати відповідну вентиляцію, освітлення та вільний доступ до вузлів обслуговування;

- встановлення котла має здійснюватись на міцній, вирівняній основі з урахуванням теплових зазорів та пожежних відстаней;
- під час монтажу необхідно використовувати засоби індивідуального захисту та дотримуватись правил охорони праці.

Основні вимоги техніки безпеки при роботі ручним інструментом :

- справність інструменту;
- перевірка перед використанням;
- індивідуальні засоби захисту;
- застосування інструменту за його призначенням;
- заборона на використання несправного інструменту.

До виконання робіт із пневматичним та електричним інструментом допускаються лише працівники, які пройшли відповідне навчання, перевірку знань з охорони праці та отримали інструктаж щодо безпечного користування обладнанням. Вони повинні мати відповідну кваліфікацію та допуск до роботи з електро- і пневмоінструментом згідно з вимогами чинного законодавства.

4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормальних умов праці під час монтажу систем опалення важливо підтримувати оптимальні параметри мікроклімату в робочій зоні. Основними параметрами мікроклімату, для яких встановлено нормативні значення згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [26], є температура повітря, відносна вологість і швидкість його руху.

Таблиця 4.1 Оптимальні та допустимі значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в зоні перебування працівників.

Період року	Характеристика робіт, категорія	Температура, °C			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		оптимальна	допустима		оптимальна	допустима	оптимальна	допустима
			верхня	нижня				

Теплий	Середня, Пб	20-22	27	16	40-60	70 для 28 °С	≤0,3	0,2-0,5
--------	----------------	-------	----	----	-------	-----------------	------	---------

Згідно з вимогами санітарних норм, температура повітря в приміщеннях, де виконуються внутрішні роботи, має бути не нижче +15 °С. При зовнішніх роботах у холодну пору року необхідно передбачити місця для обігріву працівників, чергування з відпочинком, а також забезпечити працівників теплим спецодягом.

Підвищений рівень запиленості або наявність шкідливих парів вимагає застосування засобів індивідуального захисту органів дихання. Також особливу увагу слід приділяти вентиляції в місцях, де використовуються електрозварювання чи хімічні матеріали.

З метою підтримання нормативних параметрів мікроклімату на робочих місцях у проєкті передбачено низку організаційно-технічних заходів. Зокрема, обладнані тимчасові побутові приміщення для обігріву та відпочинку працівників у холодний період року, що дозволяє уникнути переохолодження.

Також передбачено використання вентиляційних пристроїв або природного провітрювання для видалення пилу, вологи та шкідливих парів з робочої зони, особливо під час зварювальних або оздоблювальних робіт.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Проведення монтажних робіт у середовищі з підвищеним рівнем запиленості може негативно впливати на самопочуття та здоров'я працівників. Повітряне середовище в зоні виконання робіт має відповідати нормативним вимогам щодо вмісту шкідливих речовин, зокрема пилу. Граничнодопустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони встановлюються для запобігання професійним захворюванням.

Під час виконання таких операцій, як свердління отворів у стінах або різання металевих труб, у повітрі можуть утворюватися аерозолі, дрібнодисперсний пил і зважені частки. Зокрема, при відсутності локального

відсмоктування чи вентиляції можлива перевищена концентрація пилу, що за санітарною нормою не повинна перевищувати:

- максимально разова ГДК – 0,5 мг/м³
- середньодобова ГДК – 0,15 мг/м³.

Таблиця 4.2 – Максимально допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони kabini проектувальника установки.

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для зменшення рівня забруднення необхідно застосовувати пиловловлювальні установки, локальні витяжки та забезпечувати працівників засобами індивідуального захисту (респіратори, окуляри, спецодяг).

4.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення робочого місця відіграє ключову роль у створенні безпечних і комфортних умов праці. Його рівень має відповідати характеру виконуваних робіт і технічним вимогам нормативних документів. Оптимальне освітлення знижує втомлюваність працівників, сприяє концентрації уваги, підвищує продуктивність праці та зменшує ризик виникнення травмонезбезпечних ситуацій. Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення у виробничих приміщеннях.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018[27] розряд зорової роботи IV, підрозряд «Г».

У разі аварійного відключення електроживлення аварійне освітлення має становити не менше 15% від основного. На об'єкті передбачено природне освітлення через світлові прорізи, що забезпечує достатній рівень освітлення в денний час. Додатково, при потребі, можливе використання мобільних джерел штучного світла. Усі заходи спрямовані на підтримання зорового комфорту та зменшення навантаження на зір працівників.

У випадках, коли природного освітлення недостатньо, передбачено

застосування загального штучного освітлення за допомогою світлодіодних джерел світла типу E27 LED 15W NW A60 "SG". Світильники розміщуються на висоті 4,5 м від рівня робочої зони. Під час експлуатації системи освітлення регулярно перевіряється стабільність напруги в електромережі, своєчасно замінюються несправні лампи, а також підтримується належний санітарний стан повітряного середовища в приміщенні для забезпечення оптимальних умов праці.

4.2.4 Виробничий шум

Тривала дія підвищених рівнів шуму негативно впливає на організм людини викликає швидке виснаження, зниження концентрації, погіршення зору, а також може призводити до порушень у роботі серцево-судинної, дихальної та травної систем.

Основним чинником виникнення шуму виступають механізовані інструменти, зокрема дрилі, відбійні молотки, шліфувальні машини тощо. Згідно з класифікацією шумів, наведеною в ДСН 3.3.6-037-99 [26], для зниження рівня шумового навантаження в приміщенні проектом передбачено впровадження колективних заходів захисту, до яких належать акустичні матеріали, архітектурно-планувальні рішення та організаційно-технічні заходи.

Таблиця 4.4 Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Під час виконання монтажу системи опалення основними джерелами шуму є ручні електроінструменти, зокрема перфоратори, дрилі, болгарки та різьбонарізальні пристрої.

Регламентування допустимих рівнів шуму на робочих місцях здійснюється

відповідно до вимог нормативного документа «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки».

Допустимі рівні звукового тиску на постійних робочих місцях у промислових приміщеннях визначаються згідно зі стандартами для октавних смуг із середньогометричними частотами.

Для зниження шуму необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (навушники, беруші), застосовувати інструменти з низьким рівнем шуму, проводити монтаж у звукоізованих зонах або з використанням шумопоглинальних матеріалів.

Під час аналізу шумових характеристик інструментів, що застосовуються при монтажі систем опалення, встановлено, що на середньогометричних частотах у діапазоні 63–125 Гц рівень звукового тиску перевищує встановлені нормативами допустимі значення для відповідних умов праці.

4.2.5 Виробничі вібрації

У процесі монтажу систем опалення працівники можуть піддаватись дії локальної або загальної вібрації, що виникає при роботі з електроінструментом, таким як перфоратори, дрилі, болгарки, труборізи, прес-машини тощо.

Вібрації нормуються згідно Державних санітарних норм виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99[26].

Тривала дія вібрації може викликати розвиток професійних захворювань, порушення роботи серцево-судинної системи, опорно-рухового апарату, нервової системи. Найбільш небезпечним є вплив локальної вібрації на кисті рук при роботі з ручним електроінструментом.

Для зниження вібрації від робочого інструменту необхідно:

- використовувати сучасні інструменти з антивібраційною системою або амортизуючими накладками на рукоятках;
- стежити за технічним станом обладнання своєчасно проводити обслуговування, заміну зношених частин, уникати роботи з розбалансованим або несправним інструментом;

- обмежувати час безперервної роботи з віброінструментом, дотримуючись регламентованих перерв;
- застосовувати засоби індивідуального захисту антивібраційні рукавиці, прокладки;
- організовувати робочі місця з урахуванням ергономіки, щоб зменшити навантаження на руки та суглоби працівника.

4.2.6 Заходи технічного забезпечення пожежної безпеки

Пожежна безпека житлових і промислових споруд встановлюється на підставі чинних Правил пожежної безпеки в Україні. Ступінь пожежної та вибухонебезпечної небезпеки матеріалів і речовин визначають відповідно до ДСТУ 8829:2019[28], який також використовується для класифікації приміщень за показниками вибухо- та пожежонебезпечності.

У проєкті розглянуто двотрубну водяну систему опалення з нижнім розведенням, яка працює від центрального теплопостачання. Як основні елементи використовуються радіатори та полімерні трубопроводи, що забезпечують ефективний розподіл тепла між приміщеннями будинку.

Джерела потенційної пожежної небезпеки (наприклад, насосне обладнання, вузли обліку) розміщено в окремих приміщеннях, які належать до категорій з найнижчою пожежною навантагою (категорія Д).

Для визначення рівня пожежної та вибухопожежної небезпеки приміщень, у яких розміщується обладнання системи опалення, використовувалась класифікація згідно з ДСТУ 8829:2019[28]. У відповідності до цієї класифікації, всі приміщення поділяються на категорії від А до Д, залежно від властивостей речовин і матеріалів, що перебувають у них, а також від характеристик технологічного процесу.

В нашому випадку, зважаючи на те, що в складі системи опалення використовуються негорючі теплоносії, а всі елементи системи (трубопроводи, арматура, обладнання) не створюють вибухопожежонебезпечного середовища, приміщення тепlopункту відноситься до категорії Д, як таке, де

використовуються негорючі речовини, а пожежна небезпека відсутня або мінімальна.

Оцінку категорії приміщення наведено на підставі таблиці 4.5 в якій подано характеристику кожної категорії згідно з чинними нормативами.

Таблиця 4.5 Оцінку категорії приміщення за вибухопожежною небезпекою

Категорія	Характеристика середовища	Приклад приміщень
А	Приміщення з вибухонебезпечними газами або парами речовин з низькою температурою спалаху (до 28 °С)	Фарбувальні камери з ЛФМ, склади легкозаймистих рідин
Б	Приміщення з пилом або речовинами, що можуть утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям	Млини, елеватори, деревообробні цехи
В1–В4	Приміщення з горючими рідинами (t спалаху понад 28 °С), твердими горючими речовинами, матеріалами, пластмасами	Складські, виробничі приміщення, майстерні
Г	Приміщення, в яких горючі речовини використовуються як паливо, наприклад для нагріву, плавлення	Котельні, топкові, сушильні цехи
Д	Приміщення з негорючими речовинами, в яких відсутні горючі матеріали в технологічному процесі	Компресорні, насосні з водою, машинні зали з вентиляцією

Висновок до розділу 4

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці під час монтажу системи опалення дев'ятиповерхового житлового будинку. Було проаналізовано

потенційні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, охарактеризовано мікроклімат робочої зони, умови освітлення, рівень шуму, вібраційні та психофізіологічні навантаження.

Також визначено організаційно-технічні заходи безпеки, вимоги до електробезпеки, виробничої санітарії, забезпечення комфортних умов праці, а також правила користування інструментами та засобами індивідуального захисту. Усі технічні рішення відповідають чинним нормативним документам, зокрема вимогам ДБН, правил охорони праці та гігієни праці, що забезпечує безпечне та ефективне виконання монтажних робіт на об'єкті.

Висновки

У даній бакалаврській дипломній роботі було розроблено проєкт системи опалення для дев'ятиповерхового житлового будинку в місті Житомир, який відповідає вимогам сучасного житлового будівництва та нормативним документам. Основною метою проєкту було забезпечення комфортного теплового режиму в приміщеннях за рахунок ефективної, надійної та енергоощадної системи опалення.

У ході проєктування обґрунтовано вибір джерела теплопостачання – автономного котла Vaillant ecoTEC pro, теплообмінного обладнання – сталевих радіаторів KERMI Therm X2, а також трубопроводів із металополімерних труб REHAU RAUTITAN. Враховано кліматичні умови регіону, будівельні характеристики об'єкта та потреби споживачів у теплі. Система спроектована як двотрубна з нижнім розведенням, що є оптимальним рішенням для багатоквартирного житла.

Також у роботі були проведені розрахунки теплових навантажень, гідравлічні та конструктивні розрахунки, підібрано обладнання згідно технічних параметрів, визначено обсяги та послідовність монтажних робіт. В організаційно-технологічному розділі подано календарний графік виконання, склад бригад, обґрунтовано вибір механізмів, обладнання, інструментів, визначено трудомісткість та витрати ресурсів.

Окрема увага приділена питанням охорони праці, промислової санітарії, електробезпеки, а також дотриманню вимог ДБН щодо організації робочих місць. Запропоновано заходи для створення безпечних та комфортних умов праці на будівельному майданчику.

Узагальнюючи, можна зробити висновок, що розроблена система опалення повністю відповідає сучасним вимогам до енергоефективності, надійності та експлуатаційної зручності, а також забезпечує безпечні умови для монтажу й експлуатації. Проєкт може бути використаний як базовий зразок для реалізації аналогічних об'єктів житлового будівництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Законі України “Про енергетичну ефективність будівель” URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
2. «Про енергозбереження» Закон України від 01.07.1994р № 75/94-ВР від 01.07.94 Оновлення (редакція) від 20.09.2019 URI: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80#Text>
3. Методика визначення енергетичної ефективності будівель. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово- комунального господарства України 11 липня 2018 року № 169 Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text>
4. ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення
5. ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування"
6. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель.
7. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. Київ, 2022 21с.
8. Ратушняк Г.С. Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання: навч. посіб. для вузів / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. - Вінниця : УНІВЕРСУМ, 2004. - 136 с. - ISBN 966-641-089-3
9. Ратушняк Г.С. Ієрархічна класифікація факторів впливу на підвищення енергоефективності теплоізоляційної оболонки будівель / Г.С.Ратушняк, В. В. Панкевич // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - Вінниця: ВНТУ, 2019. - № 2. - С. 204-209.
10. ДСТУ Б В. 2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» Київ, 2014 р. 142 с.
11. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010 р. 128 с.
12. Газовий котел Vaillant ecoTEC pro [Електронний ресурс]: URL: <https://vencon.ua>
13. KERMI Therm X2 - сталеві панельні радіатори [Електронний ресурс]: URL: <https://kermi.com.ua>

14. Труби та фітинги REHAU RAUTITAN для систем опалення [Електронний ресурс]: URL: <https://rehau.feko.ua>
15. ДБН А.3.1-5-2016 Організація будівельного виробництва. К., 2016. 49 с.
16. Кінаш Р.І. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт/ Р.І. Кінаш, С.С Жуковський. - Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1999. 448 с.
17. Панкевич О. Д. Організація будівництва: навчальний посібник/ Панкевич О.Д. - Вінниця: ВНТУ, 2007. 86 с.
18. ДСТУ Б А.2.4 – 8: 2009 Умовні позначення елементів санітарно-технічних систем. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 13 с.
19. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу. К. : НДІБВ, 2007.
20. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіон України, 2013. 97 с.
21. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : Міністерство внутрішніх справ України, 2014.
22. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. К. : Мінрегіон України, 2016.
23. ДБН А.3.2-2:2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві.
24. ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013. Настанова з монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем. К. : ДП "Міськбудпроект", Полтава, 2013.
25. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. К. : МОЗ України, 1999.
26. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. К. : МОЗ України, 1999.
27. ДБН В.2.5-28:2018. Природне та штучне освітлення. К. : Мінрегіон України, 2019.
28. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. К. : ТК 25, 2019.
29. Панкевич О.Д, Сметанський В.Л. Підвищення енергоефективності житлових будівель за рахунок використання інноваційних утеплювачів. [Електронний ресурс] URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all->

ДОДАТКИ

Додаток А
Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Затверджено:
Зав. кафедри ІСБ
к.т.н., проф. Ратушняк І.С.
"13" 08 2025р

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи:

«СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ
БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ»

Розробив
ст. гр. СМ-216

Сметанський В.Л.

Керівник
к.т.н., доцент

Панкевич О.Д.

Вінниця 2025

Технічне завдання

1. Призначення розробки та місце застосування.

Розробка спрямована на проєктування ефективної системи водяного опалення для багатоповерхової житлової будівлі з метою створення сприятливого мікроклімату, підтримання температурного режиму та забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов у житлових приміщеннях.

2. Основа для виконання робіт.

Підставою для виконання є затверджене завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу наказом № 97 від «20» березня 2025 року, архітектурно-планувальна документація будівлі, характеристика кліматичних умов району будівництва та затверджені містобудівні обмеження.

3. Мета та призначення розробки.

Головною метою проєкту є розробка технічно обґрунтованого і сучасного рішення щодо системи опалення багатоповерхового житлового будинку з урахуванням вимог енергоефективності, що включає використання регульованих елементів автоматики, мінімізацію тепловтрат та скорочення річного енергоспоживання. Система повинна забезпечувати температуру $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$ у житлових кімнатах і $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ на кухнях.

4. Джерела розробки

Базовими джерелами є наявні типові рішення щодо інженерних систем опалення, робочі креслення споруди, а також чинні нормативно-методичні документи з проєктування та будівництва.

У розробці використано сучасні інженерні рішення, нормативні документи, типові конструктивні елементи та креслення, що застосовуються у проєктуванні опалювальних систем в житлових будинках.

5. Технічні вимоги.

Проект відповідає вимогам таких нормативів:

- ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення;
- ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування;
- ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі»;
- ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель;
- ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель;
- ДБН В.2.5-20:2018 Газопостачання

6. Вимоги по стандартизації та уніфікації.

Під час проєктування рекомендовано використовувати серійно вироблені елементи й обладнання, які забезпечують легкість монтажу, уніфікацію та простоту обслуговування системи.

7. Вимоги до надійності

Відповідно до ДСТУ 3004-95 система, повинна мати:

- середня наробка до відмови — не менше 5 років;
- строк служби — від 20 років;
- підтвердження відповідності — під час приймальних випробувань.

8. Ергономічні вимоги.

- конструкція та розміщення елементів керування мають бути зручними для персоналу впродовж робочої зміни;
- системи управління повинні бути зручними для експлуатації персоналом;
- температурні параметри регулюються на рівні користувача або автоматично.

9. Експлуатаційні та ремонтні вимоги

Передбачено проведення сезонного, регламентованого та поточного обслуговування обладнання, що має бути синхронізоване з технічними графіками виробника. огляду, перевірки та заміни.

10. Порядок розробки, випробування, приймання

1. Розробка здійснюється відповідно до положень ДБН В.2.5-67:2013
2. Основні етапи включають: створення та погодження принципів і

монтажних схем, формування програми випробувань, узагальнення результатів.

3. Ремонтна документація готується за окремим технічним завданням
4. Приймання виконується комісією у складі представників замовника, виконавця та виробника, яку очолює представник замовника.
5. Усі випробування проходять згідно з попередньо узгодженими умовами та графіками.
6. Замовнику передається повний комплект технічної документації, креслень та інструкцій з експлуатації.
7. Технічне завдання може коригуватись і доповнюватись у процесі розробки проєкту.

Додаток Б Висновок про перевірку БКР на плагіат

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Енергоефективна система опалення багатоповерхового житлового будинку

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
Підрозділ кафедра Інженерних систем у будівництві

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 1320%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☐ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Ратушняк Г.С., к.т.н., професор каф. ІСБ
(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)

Ободянська О.І., к.т.н., доцент каф. ІСБ
(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку:

(підпис)

к.т.н., доцент каф. ІСБ Слободян Н.М.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

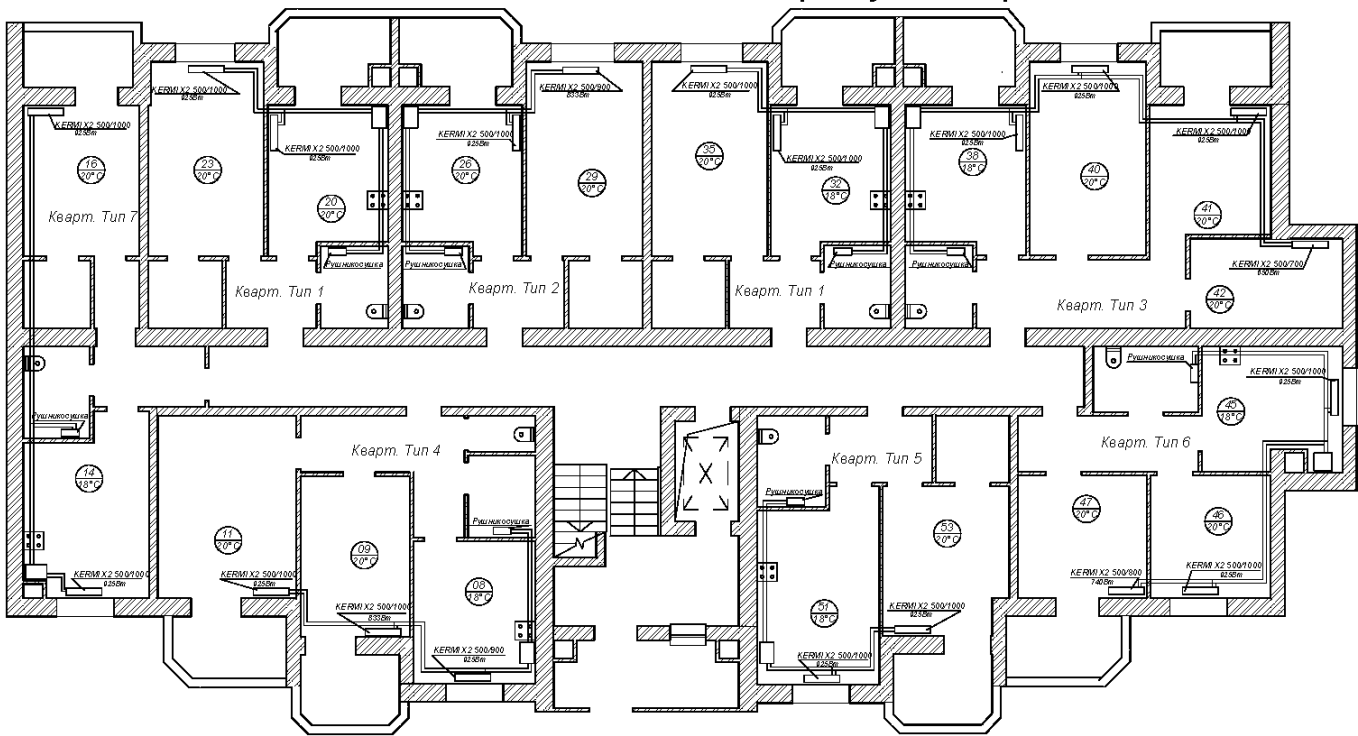
Керівник (підпис)

Панкевич О.Д., к.т.н., доцент каф. ІСБ
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач (підпис)

Сметанський В.Л.
(прізвище, ініціали)

План системи опалення на першому поверсі

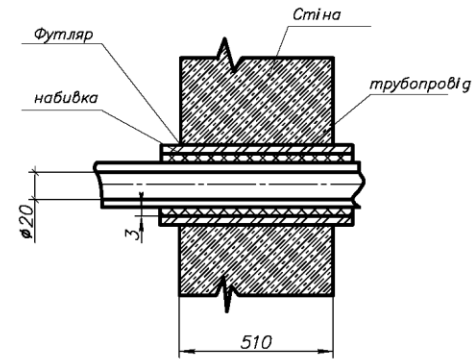


Експлікація приміщень на першому поверсі

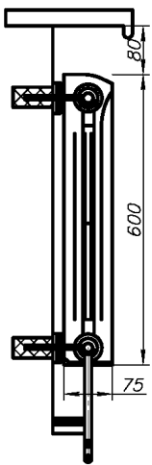
№ прим.	Найменування	$T_{вн}, ^\circ C$	Площа, m^2
08	Кухня	+18	12,09
09	Житлова кімната	+20	12,31
11	Житлова кімната	+20	23,08
14	Кухня	+18	14,63
16	Житлова кімната	+20	15,16
20	Кухня	+18	11,99
23	Житлова кімната	+20	15,78
26	Кухня	+18	11,99
29	Житлова кімната	+20	11,77
32	Кухня	+18	11,99
35	Житлова кімната	+20	15,72
38	Кухня	+18	11,99
40	Житлова кімната	+20	15,76
41	Житлова кімната	+20	15,71
42	Житлова кімната	+20	9,51
45	Кухня	+18	11,59
46	Житлова кімната	+20	10,29
47	Житлова кімната	+20	11,06
51	Кухня	+18	15,47
53	Житлова кімната	+20	15,97

				08-13.31ПІ.284.01.000.ПЗ		
				Система опалення базатоповархового житлового будинку		
Изм.	Колуч.	Лист	Надп.	Поп.	Дата	
Розробив	Савицький					
Перевірив	Панченко О.Д.					
Рецензент						
Ніконтр.	Слободан Н.М.					
Затвердив	Равицький Г.С.					
				Система опалення		Стар.
						Лист
						Листов
				П		4
						4
				План системи опалення на першому поверсі експлікація приміщень		ВНТУ, СМ-215

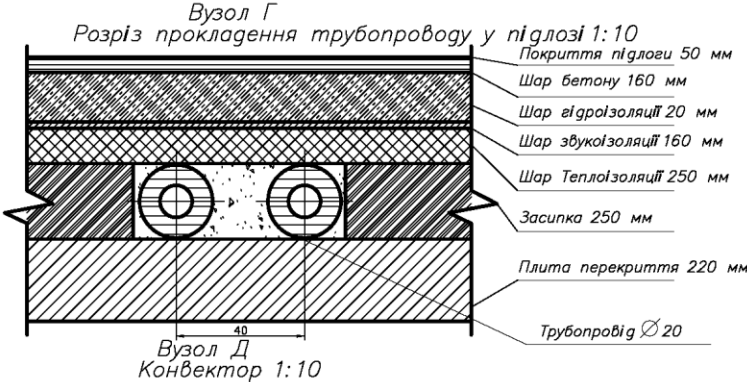
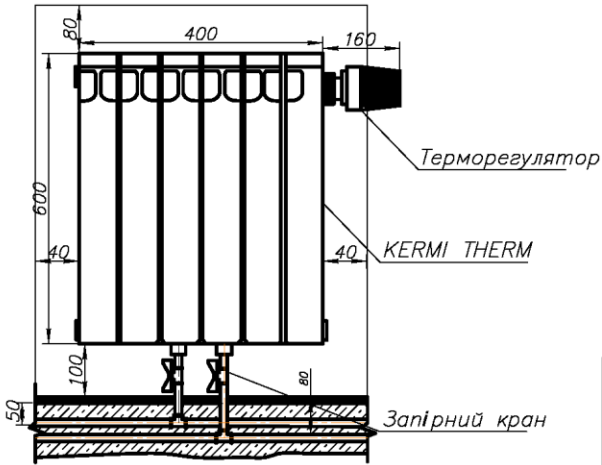
Вузол А
Розріз проходження трубопроводу через стіни 1:20



Вузол Б
Рагіатор 1:10



Рагіатор 1:10



Вузол Д
Конвектор 1:10

08-13.ЗПІ.284.04.000ПЗ					
Система опалення					
багатоповверхового житлового					
будинку					
ЗМ	Кіляч	Лист	Народ	Підпис	Дата
Виконав	Опалювач	В.П.			
Перевірив	Левченко	О.Д.			
Система опалення				Старий	Лист
				п	4
				Листів	
				5	
Н.Контр.	Скоробит	Н.М.		Вузли, плани першого та	
Затверд.	Ратукіна	Г.С.		типового поверху	
				ВНТУ, СМ-21Б	

