КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплотехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР

на тему:

Підвищення енергоефективності інженерних систем 5-ти поверхового житлового будинку в м. Харків

Бабченко Віталія Володимировича

Київ 2025 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплотехніки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____Михайло КИРИЧЕНКО
«___» _____2025 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР

Підвищення енергоефективності інженерних систем 5-ти поверхового житлового будинку в м. Харків

Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач **Бабченко Віталій Володимирович**
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція»
Група зТВм-24
Керівник: **Коновалюк В.А.**
доцент, кандидат технічних наук

Рецензент
_____

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: інженерних систем і екології
Випускова кафедра: теплотехніки
Освітній вищої освіти: Магістр
Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія
Освітня програма: Теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри теплотехніки
_____ Михайло КИРИЧЕНКО
«___»_____2025 року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР

Бабченко Віталій Володимирович

1. Тема роботи «Підвищення енергоефективності інженерних систем 5-ти поверхового житлового будинку в м. Харків»,
затверджена наказом ректора КНУБА №_____ від _____ року.

2. Керівник роботи Коновалюк Вікторія Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент.

3. Термін подання студентом роботи до захисту 20.12.2025 року

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
Р. 1. Аналіз стану проблеми та нормативно-правова база
Р. 2. Характеристика об’єкта модернізації
Р. 3. Основні проектні рішення
Р. 4. Заходи з підвищення енергоефективності інженерних систем
Р. 5. Техніко-економічне обґрунтування модернізації та екологічна оцінка
Р. 6. Експлуатація і технічне обслуговування обладнання та інженерних систем

5. Графічний матеріал за розділами:
Р.3. Л1.Плани першого та типового поверхів: система опалення
Р.3. Л.2. План підвалу: система опалення. Схема ІТП
Р.3. Л.3. Аксонометричні схеми системи опалення
Р.3. Л.4. План типового поверху: система гарячого водопостачання. Аксонометрична схема ГВП
Р.3. Л.5. Плани першого та типового поверхів: система вентиляції. Розріз. Розрахункова схема вентиляційних каналів
Р.3. Л.6. Плани першого та типового поверхів: система газопостачання (1 варіант). Аксонометрична схема системи газопостачання. Розріз.

Р.3. Л.7. Плани першого та типового поверхів: система газопостачання (2 варіант). Аксонометрична схема системи газопостачання. Розріз
Р.6. Л.8. Розріз будинку: димові канали. Схеми встановлення газових приладів
Р.6. Л.9. Газорегуляторний пункт шафового типу
Р.6. Л.10. Обладнання та споруди системи газопостачання

6. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Вступ	жовтень 2025 р.
Розділ 1. Аналіз стану проблеми та нормативно-правова база	жовтень 2025 р.
Розділ 2. Характеристика об’єкта модернізації	жовтень 2025 р.
Розділ 3. Основні проектні рішення	листопад 2025 р.
Розділ 4. Заходи з підвищення енергоефективності інженерних систем	листопад 2025 р.
Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування модернізації та екологічна оцінка	листопад 2025 р.
Розділ 6. Експлуатація і технічне обслуговування обладнання та інженерних систем	грудень 2025 р.
Остаточне оформлення роботи	грудень 2025 р.
Направлення роботи для перевірки на плагіат	грудень 2025 р.
Направлення роботи на рецензування	грудень 2025 р.

8. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Коновалюк В.А.
(підпис)

Здобувач _____ Бабченко В.В.
(підпис)

ЗМІСТ

Вступ	7
Розділ 1. Аналіз стану проблеми та нормативно-правова база	11
1.1. Загальна характеристика сучасного стану житлового фонду	12
1.2. Характеристика та проблеми експлуатації інженерних систем будинку	13
1.3. Нормативні вимоги до інженерних систем будівель	18
1.4. Сучасні технології підвищення енергоефективності житлових будинків	21
Розділ 2. Характеристика об’єкта модернізації	24
2.1. Загальна архітектурно-планувальна характеристика будинку	25
2.2. Розрахункові характеристики зовнішнього і внутрішнього повітря	25
2.3. Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій і підбір товщини теплової ізоляції	26
Розділ 3. Основні проектні рішення	32
3.1. Система опалення	33
3.2. Система гарячого водопостачання	57
3.3. Система вентиляції	75
3.4. Система газопостачання	76
Розділ 4. Заходи з підвищення енергоефективності інженерних систем	99
4.1. Рекомендовані заходи модернізації системи опалення	100
4.2. Рекомендовані заходи модернізації системи гарячого водопостачання	101
4.3. Рекомендовані заходи для модернізації для системи вентиляції	102
4.4. Рекомендовані заходи для модернізації системи газопостачання	104
Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування та екологічна оцінка	107
5.1. Техніко-економічне обґрунтування модернізації	108
5.2. Екологічна оцінка ефективності проєкту	112

РОЗДІЛ 6. Експлуатація і технічне обслуговування обладнання та інженерних систем 114
6.1. Нормативно-правове регулювання експлуатації систем газопостачання 115
6.2. Організація експлуатації, технічного обслуговування та ремонту обладнання 116
6.3. Організація експлуатації інженерних мереж 121
Висновок 126
Список використаних джерел 129

Вступ

Сучасне житлове будівництво стикається з низкою складних і взаємопов'язаних викликів, серед яких пріоритетним є раціональне та ефективне використання енергетичних і матеріальних ресурсів, зниження енергоспоживання та забезпечення високого рівня комфорту проживання для мешканців. Ця проблема набуває особливої актуальності в умовах військової агресії проти України, яка призвела до часткового руйнування значної частини житлового фонду, створивши підвищений попит на реконструкцію та термінове відновлення пошкоджених будівель.

Відновлювальні роботи в таких умовах вимагають комплексного підходу, що включає не лише відновлення конструкцій і несучих елементів будівель, а й модернізацію інженерних систем з урахуванням сучасних вимог енергоефективності, безпечного використання енергоресурсів та відповідності національним і міжнародним стандартам. У цих умовах підвищення енергоефективності житлових будинків набуває ключового значення, оскільки воно дозволяє значно скоротити споживання енергетичних ресурсів, оптимізувати експлуатаційні витрати, забезпечити стабільний та комфортний мікроклімат у приміщеннях, а також підвищити загальну стійкість і надійність будівель до можливих зовнішніх впливів та ризиків.

Серед ефективних заходів з модернізації житлових будинків слід виділити комплексну термомодернізацію огороджувальних конструкцій -фасадів та покрівлі, модернізацію інженерних систем опалення, вентиляції та газопостачання, впровадження автоматизованих систем управління енергоспоживанням, а також використання енергоощадних освітлювальних приладів та побутової техніки. Реалізація цих заходів є не лише економічно доцільною, а й соціально та екологічно необхідною, оскільки забезпечує безпечні умови проживання та підвищує якість життя мешканців.

Крім того, у контексті стрімкого зростання цін на енергоносії та збільшення навантаження на енергетичну інфраструктуру України, підвищення енергоефективності житлових будинків стає критично важливим напрямом їх

реконструкції та модернізації. Комплексний підхід до енергозбереження та оптимізації ресурсоспоживання сприяє не лише економії енергоресурсів, а й виконанню зобов'язань країни щодо скорочення викидів парникових газів, що відповідає принципам сталого розвитку та сучасним міжнародним стандартам у сфері енергетики і будівництва.

За даними Державної служби статистики України та міжнародних досліджень, житловий сектор споживає близько 25–30 % загальної енергії країни, причому найбільша частка витрат припадає на опалення, гаряче водопостачання та вентиляцію. Багато старих п'ятиповерхових цегляних будинків, побудованих у XX столітті, характеризуються низькою тепловою ефективністю через відсутність сучасної теплоізоляції, застаріле опалювальне обладнання та нераціональне використання енергоресурсів.

У світовій практиці та в Україні підвищення енергоефективності житлових будинків визнається одним із пріоритетів у рамках енергетичної політики та екологічної стратегії сталого розвитку. Міжнародні дослідження показують, що модернізація систем опалення та вентиляції, утеплення фасадів, впровадження автоматизованих систем контролю енергоспоживання дозволяє знизити витрати енергії до 60–70 %, водночас підвищуючи комфорт проживання та тривалість служби будівельних конструкцій.

Актуальність теми підвищується також у контексті екологічних викликів. Зниження споживання енергії у житловому секторі сприяє зменшенню викидів парникових газів, що відповідає міжнародним зобов'язанням України щодо боротьби зі зміною клімату. Використання енергоефективних технологій та альтернативних джерел енергії (сонячні колектори, теплові насоси) дозволяє зменшити залежність від викопних енергоносіїв і підвищує екологічну безпеку міського середовища.

Енергоефективні рішення дозволяють не лише зменшити споживання тепла та електроенергії, а й підвищити комфорт проживання, покращити мікроклімат у приміщеннях та продовжити термін служби будівельних конструкцій. Серед

сучасних технологій, що застосовуються для підвищення енергоефективності, слід виділити:

- термомодернізацію фасадів та покрівлі;
- модернізацію систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання;
- модернізацію та оптимізацію систем газопостачання, що забезпечують безпечне та ефективне використання газу для опалення та гарячого водопостачання;
- використання автоматизованих систем управління енергоспоживанням;
- застосування енергоефективного освітлення та побутових приладів.

Впровадження цих заходів дозволяє значно скоротити витрати енергії та ресурсів, підвищити економічну ефективність експлуатації будинку і відповідає принципам сталого розвитку. Враховуючи міжнародні зобов'язання України щодо скорочення викидів парникових газів, тема роботи досить актуальна. У рамках національної Стратегії сталого енергетичного розвитку та Державної програми енергоефективності житлового фонду передбачено модернізацію багатоквартирних будинків, утеплення фасадів, заміну застарілих котлів та встановлення приладів обліку ресурсів.

Зв'язок роботи із сучасними дослідженнями. Проблема підвищення енергоефективності житлових будинків активно досліджується в Україні та за кордоном. Зарубіжні роботи зосереджуються на оптимізації енергетичних балансів, впровадженні автоматизованих систем управління енергоспоживанням та термомодернізації конструкцій. Вітчизняні дослідження приділяють увагу модернізації багатоповерхових будинків, утепленню фасадів і покрівель, оптимізації систем опалення, вентиляції, водопостачання та газопостачання.

Дане дослідження спирається на сучасні наукові підходи та нормативні вимоги ДБН і ДСТУ, забезпечуючи практичну реалізацію передових рішень у житловому фонді середньої поверховості м. Харків.

Кваліфікаційна робота розроблена на основі завдання випускової кафедри та затверджена наказом по університету про тему роботи, що забезпечує її

відповідність освітньо-кваліфікаційним вимогам магістерської програми та практичній значущості для модернізації житлового фонду.

Актуальність роботи: Підвищення енергоефективності житлових будинків є важливим для забезпечення економічної, екологічної, соціальної та технічної ефективності експлуатації. Зменшення енергоспоживання дозволяє скоротити витрати на опалення, гаряче водопостачання та електроенергію, а комплексна модернізація інженерних систем у типовому 5-поверховому будинку може забезпечити економію до 40–60 % річних витрат. Це сприяє зниженню викидів парникових газів відповідно до міжнародних зобов'язань України, підвищує комфорт і безпеку проживання завдяки підтримці оптимального мікроклімату, а також продовжує термін служби будівельних конструкцій та інженерного обладнання.

Мета роботи: Аналіз існуючих інженерних систем 5-поверхового житлового будинку та розробка комплексних заходів із підвищення їх енергоефективності, що забезпечують економічну, екологічну та соціальну ефективність експлуатації, підвищують комфорт проживання та надійність будівель.

Завдання роботи:

Провести аналіз існуючих інженерних систем будинку: опалення, вентиляції, водопостачання, газопостачання та електропостачання.

Визначити поточні втрати енергії та ресурсів і фактори, що зумовлюють неефективність систем.

Розробити комплекс заходів із модернізації інженерних систем, включно з утепленням конструкцій, заміною обладнання та впровадженням автоматизованих систем управління.

Виконати розрахунок економічної та енергетичної ефективності запропонованих рішень.

Оцінити вплив енергоефективних заходів на екологічну безпеку та комфорт проживання мешканців.

РОЗДІЛ 1.
АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВА БАЗА

1.1. Загальна характеристика сучасного стану житлового фонду

Житлові будівлі старого фонду становлять значну частку житлової забудови міст України та формують основу багатоквартирного житлового сектору. Переважна більшість таких будинків проєктувалася і будувалася за нормативами, що діяли на момент зведення, які не враховували сучасні вимоги щодо енергоефективності, екологічної безпеки та рівня комфорту.

Конструктивні рішення будівель старого фонду, як правило, представлені цегляними або панельними несучими стінами з недостатніми теплоізоляційними характеристиками, плоскими або неефективно утепленими покрівлями та застарілими віконними і дверними конструкціями. Фізичний знос огороджувальних конструкцій, утворення теплових містків, порушення герметичності стиків і швів призводять до значних тепловтрат та погіршення теплотехнічних показників будівель.

Інженерні системи житлових будинків старого фонду характеризуються високим рівнем морального та фізичного зносу. У більшості випадків ці системи не оснащені сучасними засобами автоматичного регулювання, балансування та обліку енергоресурсів, що унеможливлює ефективне управління споживанням енергії та призводить до її перевитрат. Використання застарілого обладнання з низькими показниками енергоефективності негативно впливає на надійність роботи систем і рівень комфорту проживання.

Суттєвою проблемою будівель старого фонду є невідповідність сучасним санітарно-гігієнічним та мікрокліматичним вимогам. Недостатній повітрообмін, нерівномірний температурний режим, підвищена вологість та погіршення якості повітря в приміщеннях сприяють зниженню комфорту проживання та можуть негативно впливати на стан здоров’я мешканців.

В умовах тривалої експлуатації та впливу зовнішніх факторів, включаючи кліматичні навантаження і наслідки військової агресії, значна частина будівель старого фонду потребує не лише відновлювальних робіт, а й комплексної реконструкції. Така реконструкція має передбачати впровадження сучасних

енергоефективних рішень, модернізацію інженерних систем, підвищення рівня безпеки експлуатації та приведення житлових будинків у відповідність до чинних нормативних вимог.

Загалом стан житлових будівель старого фонду характеризується підвищеним рівнем енергоспоживання, зниженими показниками експлуатаційної надійності та потребою у комплексній термомодернізації і технічному переоснащенні з метою підвищення енергоефективності, комфорту та довговічності житлового фонду.

1.2. Характеристика та проблеми експлуатації інженерних систем будинку

Система опалення

У п’ятиповерхових житлових будинках, побудованих понад 20 років тому, традиційно застосовуються централізовані системи теплопостачання, які відрізняються від сучасних рішень за показниками енергоефективності та можливостями регулювання.. Структура таких систем відповідає традиційним схемам централізованого теплопостачання: джерело тепла, розподільча мережа та внутрішня система опалення.

Основною технічною характеристикою застарілих систем є низький ККД котлів централізованого опалення (50–70 %), що значно поступається сучасним котлам (80–95 %). Це зумовлено застарілими конструкціями, відсутністю автоматизованого регулювання та обмеженими можливостями підтримання температурних графіків, адаптованих до зовнішніх умов.

Відсутність локальної регуляції теплового потоку на рівні квартир або зон будівлі обмежує управління розподілом тепла за фактичними потребами споживачів. Відсутність балансувальних клапанів, терморегуляторів і погодного регулювання призводить до нерівномірного теплового режиму: одні кімнати перегріваються, інші залишаються холодними, що погіршує мікроклімат і збільшує теплові втрати.

Застарілі системи рідко забезпечують адаптивне регулювання роботи теплогенераторів залежно від зовнішніх температур або змін у попиті на тепло, що знижує ефективність теплопостачання і призводить до додаткових витрат енергоресурсів. Матеріали трубопроводів (сталь, чавун) та відсутність теплоізоляції сприяють додатковим втратам, знижуючи енергоефективність будівлі.

Також відсутній автоматизований облік теплової енергії на рівні споживачів, що унеможливлює контроль витрат та оптимізацію тарифів. Відсутність регулювання відпуску тепла у стояках і на радіаторах ускладнює адаптацію системи до реальних потреб мешканців і сезонних змін.

Система гарячого водопостачання

У більшості п’ятиповерхових житлових будинків старої забудови система гарячого водопостачання (ГВП) організована централізовано, як частина внутрішньобудинкової інженерної мережі, що підключена до джерела теплової енергії (котельні або локальні теплові пункти). Вода подається по магістральних трубопроводах, проходить через стояки та розподільчі трубопроводи, а споживачі отримують гарячу воду через індивідуальні підводки до квартир. В таких системах часто використовуються сталеві або чавунні трубопроводи, що підвищує ризик корозії та втрат тепла.

Основними проблемами застарілих систем ГВП є:

1. Низька енергоефективність та значні теплові втрати – через відсутність або недостатню теплоізоляцію магістралей і стояків частина теплової енергії втрачається під час транспортування води від джерела до споживача.

2. Застаріле обладнання та відсутність регулювання – використання старих водонагрівачів чи теплообмінників без сучасних систем автоматичного регулювання температури і витрати гарячої води призводить до надмірного споживання енергії та нерівномірного постачання води.

3. Відсутність індивідуального обліку – більшість систем не оснащені лічильниками гарячої води на рівні квартир, що унеможливлює контроль фактичного споживання та стимулювання економного використання ресурсу.

4. Нерівномірний тиск та температура води – відсутність балансувальних клапанів та регулюючих пристроїв призводить до перепадів температури та тиску на різних поверхах, що знижує комфорт користування водопостачанням і може викликати гідравлічні удари в мережі.

5. Підвищений ризик аварій та втрати ресурсу – старі матеріали трубопроводів, корозія і відкладення накипу в теплообмінниках або трубах збільшують ймовірність протікання та зниження ефективності роботи системи.

Внаслідок цих проблем система ГВП старих будівель має низьку енергоефективність, високі втрати енергії та нерівномірне забезпечення споживачів гарячою водою.

Система вентиляції

У житлових будинках старої забудови вентиляція організована, як правило, природним способом через вертикальні вентиляційні канали, що забезпечують обмін повітря в приміщеннях без використання механічних вентиляторів та систем керування. Такий підхід був типовим для житлових будинків і характеризується низькою ефективністю..

Основними проблемами систем вентиляції є:

У більшості п’ятиповерхових житлових будинків, побудованих у другій половині XX століття, вентиляція організована переважно природним способом через вертикальні канали, що забезпечують пасивний повітрообмін без механічного втручання та автоматичного контролю. Такі системи характеризуються низькою ефективністю та обмеженими можливостями управління мікрокліматом.

Основні проблеми старих систем вентиляції включають:

1. Нерівномірний повітрообмін та недостатня вентиляція приміщень. Природна вентиляція не забезпечує стабільного і рівномірного повітрообміну, особливо у теплий період року. Вентиляційні канали внаслідок тривалої експлуатації можуть частково перекриватися або забруднюватися пилом, будівельними залишками та іншими відкладеннями, що знижує їх пропускну здатність. Це призводить до накопичення надмірної вологості, погіршення якості повітря та підвищує ризик розвитку грибка й плісняви.

2. Відсутність регулювання та автоматизації. Старі системи вентиляції не мають механізмів контролю швидкості повітряного потоку, температури та вологості. Неможливість адаптувати вентиляцію до фактичних потреб приміщень знижує ефективність видалення забрудненого повітря і збільшує енергетичні витрати на опалення, оскільки холодне повітря надходить безпосередньо в квартири без попереднього нагрівання.

3. Погіршення мікроклімату та комфорту проживання. Нерівномірний розподіл повітря та низька продуктивність вентиляційних каналів призводять до утворення зон з підвищеною вологістю та недостатньою вентиляцією. Це негативно впливає на здоров’я мешканців та стан будівельних конструкцій, сприяючи появі конденсату і прискореному зношенню внутрішніх оздоблювальних матеріалів.

4. Відсутність рекуперації тепла. Системи природної вентиляції не забезпечують повернення теплової енергії від витяжного повітря, що збільшує навантаження на опалювальні системи та спричиняє додаткові енергетичні витрати.

5. Технічний знос і забруднення вентиляційних каналів. Довготривала експлуатація та відсутність регулярного технічного обслуговування призводять до засмічення вентиляційних шахт, накопичення пилу та відкладень, що зменшує ефективність вентиляції та підвищує ризик аварійних ситуацій.

Система газопостачання

Система газопостачання багатоквартирних житлових будинків старого житлового фонду є важливою складовою внутрішніх інженерних мереж, включає внутрішньобудинкові газопроводи, стояки, вузли розподілу та підведення газу до газоспоживчих приладів. Експлуатація таких систем регламентується нормативними вимогами ДБН, ДСТУ, «Правилами безпеки систем газопостачання» та іншими підзаконними актами, що встановлюють порядок технічного обслуговування, контролю щільності і безпеки мереж.

Основні проблеми застарілих систем газопостачання

1. Низький рівень безпеки експлуатації внутрішньобудинкових газових мереж. У більшості п’ятиповерхових житлових будинків старого житлового фонду внутрішні газопроводи сталеві, експлуатуються тривалий час. Це сприяє виникненню корозійних дефектів у місцях з’єднань і знижує герметичність мережі. Тривала експлуатація, зміни тиску та температури підвищують ймовірність витоків газу, що становить потенційну загрозу вибуху або отруєння мешканців.

2. Відсутність сучасних засобів регулювання та контролю тиску. У багатьох старих будинках внутрішні мережі не оснащені автоматизованими редукторами тиску на рівні стояків і квартир. Це призводить до нерівномірного газопостачання та коливань тиску, що негативно впливає на ефективність роботи газових приладів та збільшує споживання палива.

3. Відсутність приладів індивідуального обліку споживання газу. Більшість старих житлових будинків не мають сучасних смарт-лічильників газу для квартир або контрольних точок усередині будинку. Відсутність обліку фактичного споживання ускладнює контроль витрат та стимулювання раціонального використання газу, що негативно впливає на енергоефективність будівлі.

4. Недотримання нормативних вимог щодо технічного обслуговування. Відповідно до чинних ДБН і правил безпеки, експлуатація та технічне обслуговування внутрішньобудинкових газових мереж повинні виконуватися

ліцензованими організаціями з регулярною перевіркою герметичності трубопроводів та стану обладнання. Недотримання цих вимог через організаційні або фінансові причини призводить до підвищення аварійності та зниження рівня безпеки системи.

5. Необхідність модернізації з урахуванням сучасних енергоефективних стандартів. Застарілі газові мережі, побудовані без автоматизованих систем контролю та безпеки, не відповідають сучасним вимогам енергоефективності та управління ресурсами. Впровадження сучасних технологій регулювання, автоматичного вимірювання тиску та витрат газу дозволяє підвищити надійність і безпеку експлуатації, забезпечити оптимальний розподіл енергоресурсів та відповідність будівель сучасним стандартам.

Загалом, перелічені проблеми внутрішньобудинкових систем газопостачання відображають типові недоліки інфраструктури старого житлового фонду і потребують комплексного технічного аналізу та модернізації для підвищення енергоефективності, безпеки експлуатації та відповідності сучасним нормативним вимогам.

1.3. Нормативні вимоги до інженерних систем будівель

Проєктування інженерних систем будівель, розробка та впровадження заходів з енергозбереження регламентується наступними документами.

Закони України

1. Закон України «Про енергетичну ефективність». Закон від 21 жовтня 2021 року № 1818 IX, який встановлює правові, економічні та організаційні засади забезпечення енергетичної ефективності у всіх секторах економіки, зокрема у будівлях. Закон України

2. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Закон від 22 червня 2017 року № 2118 VIII, що визначає правові, соціально економічні та організаційні засади діяльності з енергоефективності у будівлях, включно з

вимогами до мінімальних показників енергоспоживання та сертифікації енергоефективності.

3. Закон України «Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання». Закон від 22 червня 2017 року № 2119 VIII, що встановлює вимоги щодо встановлення та ведення приладів обліку енергоресурсів у житлових та інших будівлях. Закон України

4. Закон України «Про комерційний облік природного газу». Закон від 16 червня 2011 р. № 3533-VI, що встановлює вимоги щодо забезпечення ведення приладів комерційного обліку природного газу при постачанні споживачам.

Нормативні технічні документи

1. ДБН В.2.6 31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2021.

2. ДБН В.2.5 67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2013.

3. ДБН В.2.5 20:2018 Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2018.

4. ДБН В.2.5 23:2010 Проектування електрообладнання об’єктів цивільного призначення. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2010.

5. ДБН В.2.5 28:2018 Природне і штучне освітлення. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2018.

6. ДБН В.2.2 15:2019 Житлові будинки. Основні положення. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2019.

7. ДСТУ EN ISO 50001:2018 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2018, IDT)). – Київ: Державне підприємство «УкрНДНЦ», 2018.

8. ДСТУ B EN 13779:2011 Вентиляція громадських будівель. Вимоги до виконання систем вентиляції та кондиціонування повітря (EN 13779:2007, IDT). – Київ: Державне підприємство «УкрНДНЦ», 2011. mpk.ua

9. ДСТУ EN 15316 Енергоефективність будівель. Метод розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи – Київ: Державне підприємство «УкрНДНЦ», 2017

10. ДСТУ ISO 9869:2019 Теплоізоляція. Будівельні елементи. Натурні вимірювання теплового опору та коефіцієнта теплопередавання (ISO 9869:1994, IDT). – Київ: Державне підприємство «УкрНДНЦ», 2019.

11. ДСТУ EN 12464 1:2016 Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. – Київ: Державне підприємство «УкрНДНЦ», 2016.

Міжнародні стандарти

1. ISO 50001:2018. Energy management systems. Requirements with guidance for use. Міжнародний стандарт, який встановлює вимоги до організації систем енергетичного менеджменту, спрямованих на поліпшення енергоефективності та енергетичної продуктивності.

2. EN 15232 1:2017. Energy performance of buildings. Impact of building automation, controls and building management systems. Європейський стандарт, що визначає вплив автоматизації, керування та систем управління будівлею на енергетичну ефективність (частина першої частини серії EN 15232).

3. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Директива Європейського Союзу про енергетичну ефективність будівель, яка встановлює вимоги щодо поліпшення показників енергоспоживання будівель і є основним нормативним актом ЄС у цій сфері

Нормативно правові акти, що регулюють газопостачання:

1. Кодекс газотранспортної системи України: затв. постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 30.09.2015 № 2493 (зі змінами). Київ: НКРЕКП, 2015.

2. Кодекс газорозподільних систем: затв. постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 30.09.2015 № 2494 (зі змінами).

3. Правила постачання природного газ : затв. постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 30.09.2015 № 2496 (зі змінами).

4. Правила безпеки систем газопостачання: затв. наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 15.05.2015 № 285.

5. Правила технічної експлуатації систем газопостачання: затв. наказом Міністерства енергетики України від 21.10.2021 № 402.

1.4. Сучасні технології підвищення енергоефективності житлових будинків

Сучасне житлове будівництво та реконструкція старих багатоквартирних будинків потребує впровадження комплексних заходів з підвищення енергоефективності. Основними цілями таких заходів є зменшення споживання енергетичних ресурсів, підвищення комфорту проживання мешканців та збільшення терміну служби будівельних конструкцій і інженерних систем. На основі наукових досліджень, нормативних документів (ДБН В.2.6-31:2020, ISO 50001:2018, EN 15232:2017) та практичних рекомендацій фахівців у сфері енергоменеджменту та будівництва, до сучасних технологій належать:

1. **Комплексна термомодернізація огороджувальних конструкцій.**

До цього заходу відносяться утеплення фасадів та покрівлі, модернізація віконних і дверних блоків, герметизація швів та стиків. Утеплення дозволяє значно зменшити тепловтрати через зовнішні огороджувальні конструкції, що, за даними досліджень, може скоротити енергоспоживання будинку на 20–35 % тільки за рахунок зниження тепловтрат.

2. **Модернізація та оптимізація інженерних систем.**

Система опалення: впровадження високоефективних котлів (ККД 80–95 %), балансувальних клапанів, терморегуляторів на радіаторах, автоматизованого погодного регулювання.

Система вентиляції: заміна природної вентиляції на механічну з рекуперацією тепла, впровадження систем контролю повітрообміну та вологості.

Система гарячого водопостачання: використання сучасних нагрівачів та регулювання подачі гарячої води з урахуванням фактичного споживання.

Газопостачання: автоматизація регулювання тиску, встановлення лічильників та захисних систем.

Встановлення автоматизованих систем управління енергоспоживанням (BEMS/BMS). Використання інтелектуальних систем керування дозволяє здійснювати моніторинг та контроль споживання енергії у реальному часі, автоматично регулювати роботу опалення, вентиляції та освітлення відповідно до погодних умов та потреб мешканців. Це забезпечує значну економію електроенергії та газу, а також підвищує надійність роботи інженерних систем.

Застосування енергоощадного освітлення та побутових приладів. Використання LED-освітлення та побутової техніки високого класу енергоефективності зменшує електроспоживання будинку на 10–15 %, підвищує надійність та термін служби електромереж.

Встановлення приладів обліку енергоресурсів. Встановлення індивідуальних лічильників теплової енергії, води та газу дозволяє вести точний облік фактичного споживання, стимулює мешканців до раціонального використання ресурсів та забезпечує прозорість нарахувань тарифів.

3. Ефективність впровадження комплексних заходів.

Комплексне застосування перелічених технологій дозволяє знизити енергоспоживання на 40–60 % у п’ятиповерхових житлових будинках, значно підвищити комфорт проживання, зменшити теплові втрати та продовжити термін служби інженерних систем. Комплексна модернізація систем дозволяє оптимізувати споживання енергоресурсів і забезпечує рівномірний розподіл тепла, води та повітря в приміщеннях. Крім того, впровадження сучасних

енергоефективних рішень сприяє відповідності будівель національним та міжнародним стандартам сталого розвитку, скороченню викидів парникових газів та підвищенню економічної ефективності експлуатації житлового фонду.

Аналіз стану проблеми показав, що основними причинами високого енергоспоживання житлових будинків є застарілі інженерні системи, низька теплоізоляція та відсутність автоматизації. Водночас чинна нормативно-правова база і державні програми створюють передумови для модернізації будинків та впровадження енергоефективних технологій, що забезпечує економічну, екологічну та соціальну ефективність експлуатації житлового фонду.

Для підвищення енергоефективності інженерних систем 5-ти поверхового житлового будинку, зменшення втрат енергії та підвищення комфорту необхідно реалізувати наступне:

- термомодернізація огороджувальних конструкцій будівлі;
- модернізація та оптимізація систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання та газопостачання;
- встановлення автоматизованих систем управління енергоспоживанням;
- застосування енергоощадного освітлення та побутових приладів;
- впровадження приладів обліку енергоресурсів.

РОЗДІЛ 2.
ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1. Загальна архітектурно-планувальна характеристика будинку

Житловий будинок має наступні будівельні розміри:

довжина– 27,6 м, ширина – 15,0 м.

Висота поверхів - 3,0 м.

Кількість поверхів – 5.

Кількість квартир на поверсі – 4.

Конструкція зовнішніх огороджень: цегляна кладка.

Фундамент із залізобетонних блоків.

Внутрішні стіни - з повнотілої керамічної цегли товщиною 380 мм, з вапняно-піщаним розчином з обох сторін.

Перекриття із залізобетонних плит.

Покрівля плоска. Горище – наявне.

Вікна - застарілі ПВХ-вікна початку 2000-х років.

Будинок обладнаний одним входом, крім того є окремий вхід у підвал.

Підвал будинку може бути використаний як тимчасове укриття.

2.2. Розрахункові характеристики зовнішнього і внутрішнього повітря

Розрахункові характеристики внутрішнього повітря. Прийнято наступні температури внутрішнього повітря для приміщень будинку: спальня – 22 °С; загальна кімната – 22 °С; дитяча – 22 °С; кабінет – 22 °С; туалет – 22 °С; кухня – 19,5 °С; кухня-їдальня – 19,5 °С; загальний коридор – 19,5 °С; сходова клітка – 19,5 °С; передпокій квартири – 19,5 °С; ванна кімната – 25 °С, суміщений санвузол – 25 °С.

У кімнатах будинку вологісний режим нормальний, отже умова експлуатації матеріалів в огородженнях будинку Б.

Розрахункові характеристики зовнішнього повітря. Характеристики зовнішнього повітря для міста Харків:

- Географічна широта місцевості – 50 ° пн.ш.;
- Температура зовнішнього повітря для проектування систем опалення, теплопостачання – $t_з$ = - 24 °С;
- температура опалювального періоду – $t_{оп}$= -1,34 °С;
- тривалість опалювального періоду – $z_{оп}$=187 діб

Повторюваність напрямків та швидкість вітру, наведено у табл.2.1.

Таблиця 2.1.

Повторюваність за напрямками та середня швидкість вітру

Параметр	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
	січень							
Повторюваність напрямків вітру, %	7.8	6.3	10.0	15.3	16.1	14.4	18.6	11.5
Середня швидкість вітру, м/с	3.7	3.0	3.9	4.3	4.5	4.6	4.8	4.4
	липень							
Повторюваність напрямків вітру, %	14.4	10.6	11.4	10.0	10.2	7.6	18.4	17.4
Середня швидкість вітру, м/с	3.0	3.2	3.2	3.3	3.2	3.4	4.7	3.5

2.3. Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій і підбір товщини теплоізоляційного матеріалу

Оцінка теплотехнічних показників будинку

Зовнішні стіни будинку виконані з рядової керамічної цегли, яка має теплопровідність λ ≈ 0,56–0,70 Вт/(м·К). При товщині стіни 380 мм приведений опір теплопередачі стіни не відповідає нормативним значенням, він у 3,5 рази менший за сучасні норми. Наявні містки холоду - міжповерхові перекриття, балконні плити, вузли стику стін.

Перекриття над підвалом при відсутності утеплення має R ≈ 0,75–1,0 м²·К/Вт, можливе промерзання підвалу та підвищена вологість.

Без додаткової теплоізоляції перекриття на горищі температура в холодний період падає до 0…+5 °С.

Вікна - застарілі ПВХ-вікна початку 2000-х років, наявні втрати тепла через нещільності, стару фурнітуру вікон і дверей, наявні умови до утворення конвекційних потоків та протягів, недостатній рівень звукоізоляції.

Вибір теплоізоляційного матеріалу

Відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» та ДБН В.2.2-15:2019 «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення», з метою забезпечення нормативних значень приведеного опору теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій у проєкті прийнято застосування теплоізоляційного матеріалу - пінополістиролу.

Вибір пінополістиролу обґрунтований його низьким коефіцієнтом теплопровідності λ=0,035–0,040 $\frac{Вт}{м \cdot К}$, що дозволяє забезпечити необхідний тепловий опір огороджувальних конструкцій при відносно невеликій товщині теплоізоляційного шару. Матеріал характеризується стабільними теплотехнічними властивостями протягом усього нормативного терміну експлуатації, низьким водопоглинанням (не більше 2–4 % за об’ємом), достатньою механічною міцністю та стійкістю до впливу вологи. Крім того, пінополістирол має сприятливі показники паропроникності μ=30–100, що враховується при розрахунку вологісного режиму огороджувальних конструкцій відповідно до вимог чинних нормативів. Технологічність монтажу, доступність матеріалу та економічна доцільність його застосування роблять пінополістирол ефективним рішенням для термомодернізації житлових будинків старого фонду.

Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій будинку

Теплотехнічний розрахунок здійснюється для визначення опору теплопередачі зовнішніх огороджень або для встановлення необхідної товщини утеплювача.

Загальний опір теплопередачі зовнішнього огородження визначається:

$$R_{заг} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_з}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

де $\alpha_в$ – коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні зовнішніх огороджень, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$; $\sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – сума опорів теплопередачі матеріалів огородження, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$, причому δ_i - товщина і-го матеріалу зовнішнього огородження, м, λ_i – коефіцієнт теплопровідності і-го матеріалу зовнішнього огородження, $\frac{Вт}{м \cdot К}$, $\alpha_з$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

Конструктив огороджувальних конструкцій відомий, отже визначимо фактичне значення їх опору теплопередачі та порівняємо його з виконаємо мінімально-допустимим значенням опору теплопередачі. Якщо нижче наведена нерівність виконується, то огородження відповідає вимогам будівельних норм.

$$R^{факт} > R_{q\,min}$$

Місто Харків належить до I температурної зони. Тоді, мінімально-допустимих опорів теплопередачі для огороджень житлового будинку $R_{q\,min}$ дорівнюють: 4.0 $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$ - для зовнішніх стін; 6.0 $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$ - для перекрить неопалювальних горищ; 5,0 $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$ - для перекрить над підвалами; 0,9 $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$ - для вікон; 0,7 $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$ - для зовнішніх дверей

Спочатку визначимо опір теплопередачі **зовнішньої стіни,** конструкція якої показана на рисунку 1.

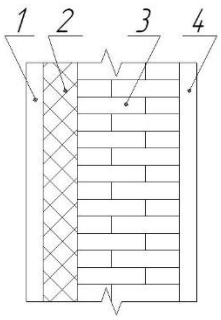


Рис. 2.1 Зовнішня стіна

Матеріали та характеристики конструктивних шарів зовнішньої стіни наведені у табл.2.2.

Таблиця 2.2.

Характеристики конструктивних шарів зовнішньої стіни

№	Матеріал	Характеристики
1	цементно-піщаний розчин	$\gamma_o = 1800 \frac{кг}{м^3}$, $\delta = 0{,}02 м$, $\lambda = 0{,}93 \frac{Вт}{м \cdot К}$
2	вироби зі спіненого пінополістиролу	$\gamma_o = 50 \frac{кг}{м^3}$, $\delta = 0{,}15 м$, $\lambda = 0{,}045 \frac{Вт}{м \cdot К}$
3	кладка цегляна з повнотілої цегли глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині	$\gamma_o = 1800 \frac{кг}{м^3}$, $\delta = 0{,}38 м$, $\lambda = 0{,}81 \frac{Вт}{м \cdot К}$
4	вапняно-піщаний розчин	$\gamma_o = 1600 \frac{кг}{м^3}$, $\delta = 0{,}02 м$, $\lambda = 0{,}81 \frac{Вт}{м \cdot К}$

Опір теплопередачі зовнішньої стіни дорівнює:

$$R_{ЗС}^{факт} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}93} + \frac{0{,}15}{0{,}045} + \frac{0{,}38}{0{,}81} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{1}{23} = 4{,}0 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

$$R_{ЗС}^{факт} = 4{,}0 \frac{м^2 \cdot К}{Вт} \quad = \quad R_{q\,min}^{ЗС} = 4{,}0 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

Отже, зовнішня стіна відповідає вимогам діючих норм. Її коефіцієнт теплопередачі $k_{ЗС} = \frac{1}{R_{ЗС}^{факт}} = \frac{1}{4{,}0} = 0{,}25 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

Матеріали та характеристики конструктивних шарів підвального перекриття наведені у табл. 2.3., а конструкція підвального перекриття наведена на рис.2

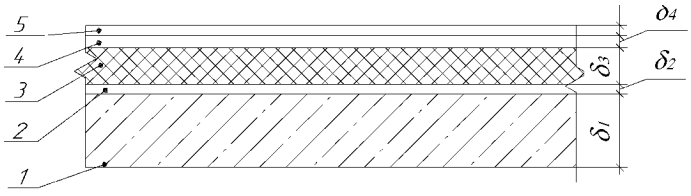


Рис. 2.2. Перекриття над підвалом

Таблиця 2.3.

Характеристики конструктивних шарів підвального перекриття

№	Матеріал	Характеристики
1	залізобетонна плита	$\gamma_{o1} = 2400 \frac{кг}{м^3}$, $\delta_1 = 0{,}20 м$, $\lambda_1 = 2{,}04 \frac{Вт}{м \cdot К}$
2	руберойд	$\gamma_{o2} = 660 \frac{кг}{м^3}$, $\delta_2 = 0{,}008 м$, $\lambda_2 = 0{,}17 \frac{Вт}{м \cdot К}$
3	пінополістирольні плити	$\gamma_{o3} = 39 \frac{кг}{м^3}$, $\delta_3 = 0{,}20 м$, $\lambda_3 = 0{,}037 \frac{Вт}{м \cdot К}$

4	цементно-піщана стяжка	$\gamma_{o4} = 1800 \frac{кг}{м^3}$, $\delta_4 = 0{,}03 м$, $\lambda_4 = 0{,}93 \frac{Вт}{м \cdot К}$
5	плитка керамічна	$\delta_5 = 0{,}01 м, \lambda_5 = 0{,}80 \frac{Вт}{м \cdot К}$

Опір теплопередачі перекриття над підвалом:

$$R_{заг}^{ПП} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}20}{2{,}04} + \frac{0{,}008}{0{,}17} + \frac{0{,}20}{0{,}037} + \frac{0{,}03}{0{,}93} + \frac{0{,}01}{0{,}80} + \frac{1}{6} = 5{,}90 \frac{м^2 \cdot К}{Вт};$$

$$R_{ПП}^{факт} = 5{,}90 \frac{м^2 \cdot К}{Вт} > R_{q\,min}^{ПП} = 5{,}00 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}.$$

Отже, перекриття над підвалом відповідає вимогам діючих норм. Його коефіцієнт теплопередачі $k_{ПП} = 1/5.90 = 0.17 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$.

Матеріали та характеристики конструктивних шарів горищного перекриття наведені у табл.5, а конструкція підвального перекриття наведена на рис.3

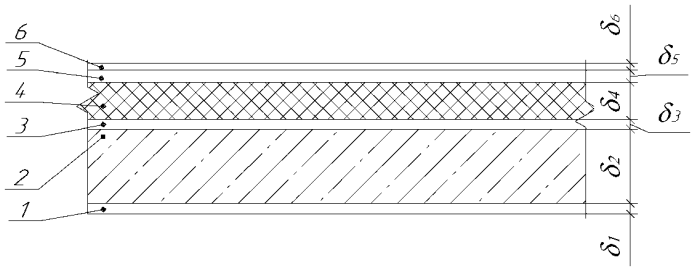


Рис. 2.3. Горищне перекриття

Опір теплопередачі горищного перекриття:

$$R_{заг}^{ГП} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}01}{0{,}81} + \frac{0{,}20}{2{,}04} + \frac{0{,}004}{0{,}17} + \frac{0{,}25}{0{,}037} + \frac{0{,}03}{0{,}93} + \frac{0{,}016}{0{,}17} + \frac{1}{12} = 7{,}24 \frac{м^2 \cdot К}{Вт};$$

$$R_{ГП}^{факт} = 7{,}24 \frac{м^2 \cdot К}{Вт} > R_{q\,min}^{ГП} = 6{,}0 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}.$$

Отже, горищне перекриття відповідає вимогам діючих норм. Його коефіцієнт теплопередачі

$$k_{ГП} = \frac{1}{R_{заг}^{ГП}} = \frac{1}{7{,}24} = 0{,}14 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Таблиця 2.4.

Характеристики конструктивних шарів горищного перекриття

№	Матеріал	Характеристики
1	вапняно-піщаний тиньк	$\gamma_{o1} = 1600 \frac{кг}{м^3}$, $\delta_1 = 0{,}01 м$, $\lambda_1 = 0{,}81 \frac{Вт}{м \cdot К}$

2	залізобетонна плита	$\gamma_{o2} = 2400 \frac{кг}{м^3}$, $\delta_2 = 0,20 м$, $\lambda_2 = 2,04 \frac{Вт}{м \cdot К}$
3	руберойд	$\gamma_{o3} = 660 \frac{кг}{м^3}, \delta_3 = 0,004 м, \lambda_3 = 0,17 \frac{Вт}{м \cdot К}$
4	пінополістирольні плити	$\gamma_{o4} = 39 \frac{кг}{м^3}$, $\delta_4 = 0,25 м$, $\lambda_4 = 0,037 \frac{Вт}{м \cdot К}$
5	цементно-піщаний розчин	$\gamma_{o5} = 1800 \frac{кг}{м^3}$, $\delta_5 = 0,03 м$, $\lambda_5 = 0,93 \frac{Вт}{м \cdot К}$
6	руберойд	$\gamma_{o6} = 660 \frac{кг}{м^3}, \delta_6 = 0,016 м, \lambda_6 = 0,17 \frac{Вт}{м \cdot К}$

У будинку проектується вікна такої конструкції: двокамерні склопакети з розмірами 4і-10-4М1-10-4і , всередині камер знаходиться 100% повітря. Опір теплопередачі для такого вікна дорівнює $R_в = 0,93 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$, що є більшим за мінімально-допустиме значення

$$R_в^{факт} = 0,93 \frac{м^2 \cdot К}{Вт} > R_{q\,min}^{в} = 0,9 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}.$$

Тоді, коефіцієнт теплопередачі вікна

$$k_B = \frac{1}{R_B} = \frac{1}{0,93} = 1,08 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Коефіцієнт теплопередачі зовнішні дверей визначається за значенням мінімально-допустимого значення опору теплопередачі:

$$k_д = \frac{1}{R_{q\,min}^{д}} = \frac{1}{0,70} = 1,43 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

РОЗДІЛ 3.
ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

3.1. Система опалення

У житловому будинку передбачено проєктне рішення щодо впровадження двотрубної системи водяного опалення, яка характеризується нижнім прокладанням магістральних трубопроводів у підвальному приміщенні та горизонтальною схемою розподілу теплоносія в межах квартир. Така конструктивна схема системи є найбільш раціональною для багатоквартирних житлових будинків, оскільки забезпечує роздільну подачу та відведення теплоносія до кожного опалювального приладу. Це створює сприятливі умови для ефективного гідравлічного балансування системи, впровадження індивідуальних засобів регулювання тепловіддачі та підвищення загальної енергоефективності опалення будівлі. Крім того, горизонтальна розводка трубопроводів у квартирах дозволяє реалізувати поквартирний облік теплової енергії та забезпечити гнучке керування тепловим режимом приміщень.

Джерелом теплоти для даного житлового будинку є опалювальна котельня, від якої теплова енергія подається до внутрішньобудинкової системи опалення. Регулювання параметрів теплоносія здійснюється в індивідуальному тепловому пункті, розташованому в підвальному приміщенні будинку, що забезпечує централізоване керування режимами теплопостачання з урахуванням фактичних експлуатаційних навантажень та кліматичних умов. В ІТП передбачається можливість регулювання температури та витрати теплоносія, що дозволяє оптимізувати роботу системи та зменшити витрати теплової енергії. Температурний графік роботи системи опалення прийнято 80/60 °С, що відповідає традиційним параметрам водяних систем опалення житлових будинків та забезпечує необхідний рівень теплового комфорту в опалювальний період.

Для коректного та технічно обґрунтованого проєктування системи опалення необхідно визначити її розрахункову теплову потужність, яка безпосередньо залежить від величини теплових втрат будівлі. Розрахунок теплових втрат виконується з урахуванням теплопередачі через огороджувальні конструкції, втрат тепла внаслідок інфільтрації зовнішнього повітря, а також кліматичних

характеристик району будівництва. Отримані значення теплових втрат є вихідними даними для обґрунтованого вибору теплотехнічного та насосного обладнання, визначення діаметрів трубопроводів і налаштування оптимальних режимів роботи системи опалення, що в цілому забезпечує її надійність, енергоефективність та відповідність чинним нормативним вимогам.

Визначення теплової потужності системи опалення

Розрахункові тепловтрати житлового будинку $Q_б$, Вт, дорівнюють сумі трансмісійних тепловтрат $Q_{зах}$ та тепловтрат, які йдуть на нагрівання повітря $Q_в$:

$$Q_{прим} = Q_{зах} + Q_{в,}$$

Величини $Q_{зах}$ та $Q_в$ визначаються для кожної кімнати будинку, яка прилягає до зовнішніх стін та в яких передбачають систему опалення.

Трансмісійні тепловтрати розраховуються для огороджувальних конструкцій, якщо різниця температури повітря з протилежних сторін огородження становить ≥ 4°С. Формула має такий вигляд, Вт:

$$Q_{зах} = k \cdot F \cdot (t_в - t_з) \cdot (1 + \Sigma\beta) \cdot n$$

де F - площа зовнішнього огороджувального елемента, м²; k - коефіцієнт теплопередачі зовнішнього огородження, Вт/(м²·К); $t_в$ - розрахункова температура внутрішнього повітря у приміщенні, °С; $t_з$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для проєктування систем опалення, °С; n - коефіцієнт, що враховує умови розташування огороджувальної конструкції відносно зовнішнього повітря. Значення коефіцієнта приймаються залежно від типу огородження: для зовнішніх стін, вікон та зовнішніх дверей - n = 1,0; для горищного перекриття - n = 0,9; для перекриття над підвалом - n = 0,6; β - коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати через зовнішні огороджувальні конструкції залежно від їх орієнтації відносно переважаючого напрямку вітру у січні. Даний коефіцієнт враховується за умови, що повторюваність вітру для відповідного напрямку становить не менше 15 %. Для міста Харків приймається

значення β = 0,05 для огороджень, орієнтованих на південний схід, південь та захід.

Результати розрахунку трансмісійних тепловтрат будинку зведено в табл.3.1.

Таблиця 3.1.

Розрахунок трансмісійних тепловтрат будинку

Назва приміщення та температура внутрішнього повітря $t_в$, °С	Назва огородження	Орієнтація огородження за сторонами світу	Геометричні розміри огородження, м		Площа огородження F, м^2	Розрахункова різниця температур $(t_в - t_з)$, °С	Поправковий коефіцієнт n	Коефіцієнт теплопередачі огороджень k, Вт/(м^2·К)	Додаткові втрати теплоти $(1+\beta)$	Тепловтрати через захищення $Q_{зах}$, Вт
			a	*b*						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перший поверх										
101	ЗС	З	4.7	3.3	15.51	47	1	0.25	1.05	191
Житлова	ЗС	Пн	3.4	3.3	11.22	47	1	0.25	1	132
кімната	В	Пн	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
$t_в$=22°С	ПП	-			10.43	47	0.6	0.17	1	50
										473
102	ЗС	Пн	3	3.3	9.9	44.5	1	0.25	1	110
Кухня	В	Пн	1.1	1.5	1.65	44.5	1	0.83	1	61
$t_в$=19.5°С	ПП	-			7.83	44.5	0.6	0.17	1	36
										207
103	ЗС	З	2.7	3.3	8.91	47	1	0.25	1.05	110
Житлова	ЗС	Пн	3.4	3.3	11.22	47	1	0.25	1	132
кімната	ЗС	С	1.2	3.3	3.96	47	1	0.25	1	47
$t_в$=22°С	В	Пн	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
	ПП	-			11.43	47	0.6	0.17	1	55
										443
104	ЗС	С	1.8	3.3	5.94	47	1	0.25	1	70
Житлова	ЗС	Пн	3.4	3.3	11.22	47	1	0.25	1	132
кімната	В	Пн	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
$t_в$=22°С	ЗС	З	3.1	3.3	10.23	47	1	0.25	1.05	126
	ПП	-			12.5	47	0.6	0.17	1	60
										487
105	ЗС	Пн	3	3.3	9.9	44.5	1	0.25	1	110
Кухня	В	Пн	1.1	1.5	1.65	44.5	1	0.83	1	61
$t_в$=19.5°С	ПП	-			7.46	44.5	0.6	0.17	1	34
										205
106	ЗС	З	3.1	3.3	10.23	47	1	0.25	1.05	126
Житлова	ЗС	Пн	5.1	3.3	16.83	47	1	0.25	1	198
кімната	ЗС	С	3	3.3	9.9	47	1	0.25	1	116
$t_в$=22°С	В	Пн	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
	ПП	-			11.95	47	0.6	0.17	1	57
										597
107	ЗС	С	3	3.3	9.9	47	1	0.25	1	116
Житлова	В	С	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
кімната	ПП	-			8	47	0.6	0.17	1	38
$t_в$=22°С										**254**
108	ЗС	С	3.6	3.3	11.88	47	1	0.25	1	140
Житлова	ЗС	Пд	3.4	3.3	11.22	47	1	0.25	1.05	138

кімната	В	С	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
$t_в$=22°С	ПП	-			10.75	47	0.6	0.17	1	52
										429
109	ЗС	С	3.0	3.3	9.9	47	1	0.25	1	116
Житлова	В	С	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
кімната	ПП	-			7.47	47	0.6	0.17	1	36
$t_в$=22°С										**252**
110	ЗС	С	3.2	3.3	10.56	47	1	0.25	1	124
Житлова	ЗС	Пд	5	3.3	16.5	47	1	0.25	1.05	204
кімната	В	С	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
$t_в$=22°С	ЗС	З	1.8	3.3	5.94	47	1	0.25	1.05	73
	ПП	-			10.45	47	0.6	0.17	1	50
										551
111	ЗС	Пд	3	3.3	9.9	44.5	1	0.25	1	110
Кухня	В	Пн	1.1	1.5	1.65	44.5	1	0.83	1	61
$t_в$=19.5°С	ПП	-			7.2	44.5	0.6	0.17	1	33
										204
112	ЗС	С	1.8	3.3	5.94	47	1	0.25	1	70
Житлова	ЗС	Пд	3.8	3.3	12.54	47	1	0.25	1.05	155
кімната	В	Пд	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1.05	104
$t_в$=22°С	ПП	-			14.63	47	0.6	0.17	1	70
										399
113	ЗС	З	1.8	3.3	5.94	47	1	0.25	1	70
Житлова	ЗС	Пд	3.8	3.3	12.54	47	1	0.25	1.05	155
кімната	В	Пд	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1.05	104
$t_в$=22°С	ПП	-			14.63	47	0.6	0.17	1	70
										399
114	ЗС	Пд	3	3.3	9.9	44.5	1	0.25	1.05	116
Кухня	В	Пд	1.1	1.5	1.65	44.5	1	0.83	1.05	64
$t_в$=19.5°С	ПП	-			7.26	44.5	0.6	0.17	1	33
										213
115	ЗС	Пд	3.2	3.3	10.56	47	1	0.25	1.05	130
Житлова	ЗС	З	2.1	3.3	6.93	47	1	0.25	1.05	85
кімната	В	Пд	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1.05	104
$t_в$=22°С	ПП	-			10.11	47	0.6	0.17	1	48
										369
116	ЗС	Пд	3.4	3.3	11.22	47	1	0.25	1	132
Житлова	ЗС	З	4.7	3.3	15.51	47	1	0.25	1.05	191
кімната	В	Пд	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1.05	104
$t_в$=22°С	ПП	-			11.48	47	0.6	0.17	1	55
										483
Типовий поверх										
201-401	ЗС	З	4.7	3	14.1	47	1	0.25	1.05	174
Житлова	ЗС	Пн	3.4	3	10.2	47	1	0.25	1	120
кімната	В	Пн	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
$t_в$=22°С										**393**
202-402	ЗС	Пн	3	3	9	44.5	1	0.25	1	100
Кухня	В	Пн	1.1	1.5	1.65	44.5	1	0.83	1	61
$t_в$=19.5°С										**161**
203-403	ЗС	З	2.7	3	8.1	47	1	0.25	1.05	100
Житлова	ЗС	Пн	3.4	3	10.2	47	1	0.25	1	120
кімната	ЗС	С	1.2	3	3.6	47	1	0.25	1	42
$t_в$=22°С	В	Пн	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
										362
204-404	ЗС	С	1.8	3	5.4	47	1	0.25	1	63
Житлова	ЗС	Пн	3.4	3	10.2	47	1	0.25	1	120
кімната	В	Пн	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
$t_в$=22°С	ЗС	З	3.1	3	9.3	47	1	0.25	1.05	115
										398
205-405	ЗС	Пн	3	3	9	44.5	1	0.25	1	100
Кухня	В	Пн	1.1	1.5	1.65	44.5	1	0.83	1	61
$t_в$=19.5°С										**161**
206-406	ЗС	З	3.1	3	9.3	47	1	0.25	1.05	115

Житлова	ЗС	Пн	5.1	3	15.3	47	1	0.25	1	180
кімната	ЗС	С	3	3	9	47	1	0.25	1	106
$t_в$=22°C	В	Пн	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
										500
207-407	ЗС	С	3	3	9	47	1	0.25	1	106
Житлова	В	С	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
кімната										**205**
$t_в$=22°C										
208-408	ЗС	С	3.6	3	10.8	47	1	0.25	1	127
Житлова	ЗС	Пд	3.4	3	10.2	47	1	0.25	1.05	126
кімната	В	С	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
$t_в$=22°C										**352**
209-409	ЗС	С	3.0	3	9	47	1	0.25	1	106
Житлова	В	С	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
кімната										**205**
$t_в$=22°C										
210-410	ЗС	С	3.2	3	9.6	47	1	0.25	1	113
Житлова	ЗС	Пд	5	3	15	47	1	0.25	1.05	185
кімната	В	С	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
$t_в$=22°C	ЗС	З	1.8	3	5.4	47	1	0.25	1.05	67
										464
211-411	ЗС	Пд	3	3	9	44.5	1	0.25	1	100
Кухня	В	Пн	1.1	1.5	1.65	44.5	1	0.83	1	61
$t_в$=19.5°C										**161**
212-412	ЗС	С	1.8	3	5.4	47	1	0.25	1	63
Житлова	ЗС	Пд	3.8	3	11.4	47	1	0.25	1.05	141
кімната	В	Пд	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1.05	104
$t_в$=22°C										**309**
213-413	ЗС	З	1.8	3	5.4	47	1	0.25	1	63
Житлова	ЗС	Пд	3.8	3	11.4	47	1	0.25	1.05	141
кімната	В	Пд	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1.05	104
$t_в$=22°C										**309**
214-414	ЗС	Пд	3	3	9	44.5	1	0.25	1.05	105
Кухня	В	Пд	1.1	1.5	1.65	44.5	1	0.83	1.05	64
$t_в$=19.5°C										**169**
215-415	ЗС	Пд	3.2	3	9.6	47	1	0.25	1.05	118
Житлова	ЗС	З	2.1	3	6.3	47	1	0.25	1.05	78
кімната	В	Пд	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1.05	104
$t_в$=22°C										**301**
216-416	ЗС	Пд	3.4	3	10.2	47	1	0.25	1	120
Житлова	ЗС	З	4.7	3	14.1	47	1	0.25	1.05	174
кімната	В	Пд	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1.05	104
$t_в$=22°C										**398**
П'ятий поверх										
501	ЗС	З	4.7	3.3	15.51	47	1	0.25	1.05	191
Житлова	ЗС	Пн	3.4	3.3	11.22	47	1	0.25	1	132
кімната	В	Пн	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
$t_в$=22°C	ПП	-			10.43	47	0.9	0.14	1	62
										484
502	ЗС	Пн	3	3.3	9.9	44.5	1	0.25	1	110
Кухня	В	Пн	1.1	1.5	1.65	44.5	1	0.83	1	61
$t_в$=19.5°C	ПП	-			7.83	44.5	0.9	0.14	1	44
										215
503	ЗС	З	2.7	3.3	8.91	47	1	0.25	1.05	110
Житлова	ЗС	Пн	3.4	3.3	11.22	47	1	0.25	1	132
кімната	ЗС	С	1.2	3.3	3.96	47	1	0.25	1	47
$t_в$=22°C	В	Пн	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
	ПП	-			11.43	47	0.9	0.14	1	68
										455

504	ЗС	С	1.8	3.3	5.94	47	1	0.25	1	70
Житлова	ЗС	Пн	3.4	3.3	11.22	47	1	0.25	1	132
кімната	В	Пн	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
$t_в$=22°С	ЗС	З	3.1	3.3	10.23	47	1	0.25	1.05	126
	ПП	-			12.5	47	0.9	0.14	1	74
										501
505	ЗС	Пн	3	3.3	9.9	44.5	1	0.25	1	110
Кухня	В	Пн	1.1	1.5	1.65	44.5	1	0.83	1	61
$t_в$=19.5°С	ПП	-			7.46	44.5	0.9	0.14	1	42
										213
506	ЗС	З	3.1	3.3	10.23	47	1	0.25	1.05	126
Житлова	ЗС	Пн	5.1	3.3	16.83	47	1	0.25	1	198
кімната	ЗС	С	3	3.3	9.9	47	1	0.25	1	116
$t_в$=22°С	В	Пн	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
	ПП	-			11.95	47	0.9	0.14	1	71
										611
507	ЗС	С	3	3.3	9.9	47	1	0.25	1	116
Житлова	В	С	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
кімната	ПП	-			8	47	0.9	0.14	1	47
$t_в$=22°С										**263**
508	ЗС	С	3.6	3.3	11.88	47	1	0.25	1	140
Житлова	ЗС	Пд	3.4	3.3	11.22	47	1	0.25	1.05	138
кімната	В	С	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
$t_в$=22°С	ПП	-			10.85	47	0.9	0.14	1	64
										442
509	ЗС	С	3.0	3.3	9.9	47	1	0.25	1	116
Житлова	В	С	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
кімната	ПП	-			7.48	47	0.9	0.14	1	44
$t_в$=22°С										**260**
510	ЗС	С	3.2	3.3	10.56	47	1	0.25	1	124
Житлова	ЗС	Пд	5	3.3	16.5	47	1	0.25	1.05	204
кімната	В	С	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1	99
$t_в$=22°С	ЗС	З	1.8	3.3	5.94	47	1	0.25	1.05	73
	ПП	-			10.45	47	0.9	0.14	1	62
										562
511	ЗС	Пд	3	3.3	9.9	44.5	1	0.25	1	110
Кухня	В	Пн	1.1	1.5	1.65	44.5	1	0.83	1	61
$t_в$=19.5°С	ПП	-			7.2	44.5	0.9	0.14	1	40
										211
512	ЗС	С	1.8	3.3	5.94	47	1	0.25	1	70
Житлова	ЗС	Пд	3.8	3.3	12.54	47	1	0.25	1.05	155
кімната	В	Пд	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1.05	104
$t_в$=22°С	ПП	-			14.63	47	0.9	0.14	1	87
										416
513	ЗС	З	1.8	3.3	5.94	47	1	0.25	1	70
Житлова	ЗС	Пд	3.8	3.3	12.54	47	1	0.25	1.05	155
кімната	В	Пд	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1.05	104
$t_в$=22°С	ПП	-			14.63	47	0.9	0.14	1	87
										416
514	ЗС	Пд	3	3.3	9.9	44.5	1	0.25	1.05	116
Кухня	В	Пд	1.1	1.5	1.65	44.5	1	0.83	1.05	64
$t_в$=19.5°С	ПП	-			7.26	44.5	0.9	0.14	1	41
										220
515	ЗС	Пд	3.2	3.3	10.56	47	1	0.25	1.05	130

Житлова	ЗС	З	2.1	3.3	6.93	47	1	0.25	1.05	85
кімната	В	Пд	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1.05	104
$t_в$=22°С	ПП	-			10.11	47	0.9	0.14	1	60
										380
516	ЗС	Пд	3.4	3.3	11.22	47	1	0.25	1	132
Житлова	ЗС	З	4.7	3.3	15.51	47	1	0.25	1.05	191
кімната	В	Пд	1.7	1.5	2.55	47	1	0.83	1.05	104
$t_в$=22°С	ПП	-			11.48	47	0.9	0.14	1	68
										496

Тепловий потік на нагрівання вентиляційного повітря

Такий тепловий потік розраховується для усіх опалювальних кімнат будинку у яких є хоча б 1 вікно, Вт:

$$Q_в = 0{,}337 \cdot F_п \cdot h \cdot (t_в - t_з),$$

де $F_п$ – площа підлоги у кімнаті, м^2; h – висота кімнати, м, $t_в$ – температура , °С, внутрішнього повітря. $t_з$ – розрахункова температура, °С, зовнішнього повітря.

Результати розрахунку як теплового потоку на нагрівання зовнішнього повітря, так і сумарних тепловтрат будинку наведено в табл.3.2.

Таблиця 3.2.

Тепловий потік на вентиляцію та сумарні тепловтрати кімнат

№ прим	$t_в$, °С	$F_п$, м^2.	h, м	$t_з$, °С	$Q_в$, Вт	$Q_{зах}$, Вт	$Q_{прим}$, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8
Перший поверх							
101	22	10.43	2.7	-25	446	473	919
102	19.5	7.83	2.7	-25	317	207	524
103	22	11.43	2.7	-25	489	443	932
104	22	12.5	2.7	-25	535	487	1022
105	19.5	7.46	2.7	-25	302	205	507
106	22	11.95	2.7	-25	511	597	1108
107	22	8	2.7	-25	342	254	596
108	22	10.75	2.7	-25	460	429	889
109	22	7.47	2.7	-25	319	252	571
110	22	10.45	2.7	-25	447	551	998
111	19.5	7.2	2.7	-25	292	204	496
112	22	14.63	2.7	-25	626	399	1025
113	22	14.63	2.7	-25	626	399	1025
114	19.5	7.26	2.7	-25	294	213	507
115	22	10.11	2.7	-25	432	369	801
116	22	11.48	2.7	-25	491	483	974
Типовий поверх							
201-401	22	10.43	2.7	-25	446	393	839
202-402	19.5	7.83	2.7	-25	317	161	478
203-403	22	11.43	2.7	-25	489	362	851
204-404	22	12.5	2.7	-25	535	398	933
205-405	19.5	7.46	2.7	-25	302	161	463
206-406	22	11.95	2.7	-25	511	500	1011
207-407	22	8	2.7	-25	342	205	547
208-408	22	10.75	2.7	-25	460	352	812
209-409	22	7.47	2.7	-25	319	205	524
210-410	22	10.45	2.7	-25	447	464	911
211-411	19.5	7.2	2.7	-25	292	161	453
212-412	22	14.63	2.7	-25	626	309	935
213-413	22	14.63	2.7	-25	626	309	935
214-414	19.5	7.26	2.7	-25	294	169	463
215-415	22	10.11	2.7	-25	432	301	733
216-416	22	11.48	2.7	-25	491	398	889
П’ятий поверх							
501	22	10.43	2.7	-25	446	484	930
502	19.5	7.83	2.7	-25	317	215	532
503	22	11.43	2.7	-25	489	455	944
504	22	12.5	2.7	-25	535	501	1036
505	19.5	7.46	2.7	-25	302	213	515

506	22	11.95	2.7	-25	511	611	1122
507	22	8	2.7	-25	342	263	605
508	22	10.75	2.7	-25	460	442	902
509	22	7.47	2.7	-25	319	260	579
510	22	10.45	2.7	-25	447	562	1009
511	19.5	7.2	2.7	-25	292	211	503
512	22	14.63	2.7	-25	626	416	1042
513	22	14.63	2.7	-25	626	416	1042
514	19.5	7.26	2.7	-25	294	220	514
515	22	10.11	2.7	-25	432	380	812
516	22	11.48	2.7	-25	491	496	987

Всього тепловтрати цілого будинку – 61293 Вт

Гідравлічний розрахунок системи водяного опалення будинку

Гідравлічний розрахунок проводиться для визначення діаметрів трубопроводів системи опалення, зокрема подавальних та зворотніх. У дарній роботі гідравлічний розрахунок буде виконуватися методом питомих втрат тиску, відповідно до якого втрати тиску у системі визначаються як сума втрат тиску по довжині та втрат тиску у місцевих опорах:

$$\Delta p_{діл} = Rl + Z, \text{ Па}$$

де *R* - питомі лінійні втрати тиску на один метр труби, Па/м; *l* - довжина ділянки, м, Z - втрат тиску у місцевих опорах, Па.

Гідравлічний розрахунок системи водяного опалення будинку проводився за допомогою програми Kan C.O.3.8 фірми Kan-therm.

Вихідні даними для розрахунку:

- розрахункові параметри теплоносія,
- тип теплоносія,
- тепловтрати приміщеннями,
- матеріали трубпроводів
- тип обладнання,
- тип опалювальних приладів.

В якості трубопроводів було запроектовано:

- магістральні трубопроводи зі сталевих електрозварювальних прямошовних труб (ДСТУ 8943:2019),
- розвідні трубопроводи зі сталевих електрозварювальних прямошовних труб (ДСТУ 8943:2019),
- внутрішньоквартирні трубопроводи з поліпропіленових армованих скловолокном труб StabiGlass системи KAN-therm PN 16.

Опалювальні прилади прийняті сталеві панельні радіатори типу RADIK KLASIK фірми Korado висотою H = 500 мм.

На вводі у кожну квартиру встановлювалося таке обладнання:

- кран кульовий DZR-латунь ВР-ВР з металевою рукояткою важеля типу 1 2206 0X фірми HERZ,
- фільтр сітчастий з двосторонньою внутрішньою різьбою, розмір комірки 0,75 мм, типу 14111 1X,
- лічильник тепла фірми GIACOMINI типу GE552 (діапазон витрати Q = 0,03-2,5 м^3/год, максимальна температура T_{max}=90^{o}C, постачається у комплекті з кульовим краном зі штуцером R250T для термодатчика та кульовими кранами R251P для підключення лічильника).

На зворотному трубопроводі на виході з квартири встановлюється кран кульовий DZR-латунь ВР-ВР з металевою рукояткою важеля типу 1 2206 0X фірми HERZ.

На підвідних трубопроводах до опалювальних приладів встановлюються термостатичні клапани прохідні нікельовані зі ступеневим попереднім налаштуванням з боку радіатора типу TS-FV 1 7523 6X фірми HERZ.

У таблиці 3.3. наведена загальна інформація про проект, у таблиці 3.4. результати гідравлічного розрахунку циркуляційних кілець.

Таблиця 3.3.

Загальна інформація про проект

Параметри теплоносіяителя:			
Тп, [°С] .....:	80.00	То, [°С]:	60.00
Тзв, [°С] .....:	58.74		
Тип носія	Вода		
Опір.гідр.[Па]:	100	Обсяг [л]:	0
Інформация о типах труб:			
ГО 10704		KANPP165	:
Гідравл .опір обладнання і джерела тепла		[Па]:	23336
Мінімальний опір ділянки з опалювальними приладами		[Па]:	1398
Повна витрата води в обладнанні		[кг/с]:	0.732
Повна ємність обладнання		[л]:	500(
Розрахункова потужність обладнання		[Вт]:	61324
Втрачена потужність		[Вт]:	4106
Запас потужності для заповнення буферної ємності		[Вт]: Необхідна	0
розрах. потужність джерела тепла взимку			0
Необхідна розрах. потужність джерела тепла літом:			0
Перегретые ...	1		3294
Нсдогр«	0	Надлишок пот., [Вт]: Нестача пот., [Вт]:	256
Пот.оп.пр.(Вт)	57058	Теплопост. оп труб, [Вт]:	7305
Приміщення неопалювані			
Пот.оп.пр.[Вт];		оТеплопост. від труб, [Вт]:	0
Перегріваючі:	1	Надлишок пот. [Вт]:	3294
Подогріваючі:	0	Нестача пот. [Вт]:	256
Розр. пот.[Вт]:	61324	Реальна пот. [Вт]:	57058

Таблиця 3.4.

Гідравлічний розрахунок циркуляційних кілець

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP
діл	тру	стояк	ділянка	[м]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]
Стояк1 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 115											
dPцк = 23389 Па dPгр = 154 Па dH = 1.85 м Lцк = 83.9 м											
П	А			0.95	50	61324	0.732	0.369	51.7	0.0	49
П	А	2		1.10	32	27007	0.323	0.366	87.2	3.5	330
П	А	2		34.60	25	11094	0.132	0.221	42.5	1.0	1497
П	В	2		0.53	32	11094	0.132	0.322	58.0	0.3	46
П	В	1		4.10	16	1308	0.016	0.182	57.4	1.8	265
П	В	1		7.40	16	801	0.010	0.111	20.7	0.5	156
П	В	1		0.60	16	801	0.010	0.111	20.2	0.3	14
П	В	1		0.30	16	801	0.010	0.111	20.2	3109.6	19275
				1 7523 6X налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.82 Kv = 0.081 м3/ч							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 16 ел. l = 1.60 м							21
О	В	1		0.20	16	801	0.010	0.110	15.3	0.3	5
О	В	1		0.30	16	801	0.010	0.110	15.3	0.3	6
О	В	1		7.40	16	801	0.010	0.110	15.3	0.5	117
О	В	1		4.00	16	1308	0.016	0.180	61.5	1.3	267
О	В	2		0.55	32	11094	0.132	0.319	61.3	0.3	49
О	А	2		20.00	25	11094	0.132	0.219	42.9	1.5	893
О	А	2		1.10	32	27007	0.323	0.361	87.3	4.0	357
О	А			0.80	50	61324	0.732	0.365	51.7	0.0	41
Стояк1 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 513											
dPцк = 24396 Па dPгр = 1160 Па dH = 13.85 м Lцк = 90.4 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											1922
П	В	1		0.85	32	9786	0.117	0.284	46.4	0.5	60
П	В	1		2.15	25	8761	0.105	0.423	129.3	1.0	367
П	В	1		0.85	25	7565	0.090	0.365	99.5	0.5	118
П	В	1		2.15	25	6630	0.079	0.320	78.7	0.5	195
П	В	1		0.85	25	5434	0.065	0.262	55.3	0.5	64
П	В	1		2.15	20	4499	0.054	0.339	115.8	1.0	306
П	В	1		0.85	20	3303	0.039	0.249	67.1	0.5	73
П	В	1		2.15	20	2368	0.028	0.179	37.5	0.5	89
П	В	1		0.85	16	1042	0.012	0.145	38.8	1.0	43
П	В	1		1.15	16	1042	0.012	0.145	38.8	4.9	96
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.046 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	1		1.05	16	1042	0.012	0.145	38.8	1.1	52
П	В	1		0.60	16	1042	0.012	0.145	38.9	0.3	26
П	В	1		0.30	16	1042	0.012	0.145	38.9	1718.2	18055
				1 7523 6X налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.73 Kv = 0.108 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 11-50 n = 14 ел. l = 1.40 м							36
О	В	1		0.20	16	1042	0.012	0.143	32.7	0.3	10
О	В	1		0.30	16	1042	0.012	0.143	32.7	0.3	13
О	В	1		0.80	16	1042	0.012	0.143	32.7	1.1	38

О	В	1		0.90	16	1042	0.012	0.143	32.6	0.4	34
О	В	1		0.60	16	1042	0.012	0.143	32.6	1.5	35
О	В	1		2.40	20	2368	0.028	0.176	40.2	0.5	104
О	В	1		0.60	20	3303	0.039	0.246	71.6	0.5	58
О	В	1		2.40	20	4499	0.054	0.335	122.9	1.5	379
О	В	1		0.60	25	5434	0.065	0.259	58.9	0.5	52
О	В	1		2.40	25	6630	0.079	0.316	83.5	0.5	225
О	В	1		0.60	25	7565	0.090	0.361	105.4	0.5	96
О	В	1		2.40	25	8761	0.105	0.418	136.7	1.5	459
О	В	1		0.60	32	9786	0.117	0.281	49.2	0.5	49
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											1340
Стояк1 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 515											
dPцк = 24390 Па dPгр = 1154 Па dH = 13.85 м Lцк = 107.9 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											3193
П	В	1		4.10	16	1326	0.016	0.184	58.9	1.8	272
П	В	1		7.40	16	812	0.010	0.113	21.5	0.5	163
П	В	1		0.60	16	812	0.010	0.113	21.0	0.3	15
П	В	1		0.30	16	812	0.010	0.113	21.0	2757.2	17556
				1 7523 6X налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.71 Kv = 0.086 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 16 ел. l = 1.60 м							22
О	В	1		0.20	16	812	0.010	0.112	15.8	0.3	5
О	В	1		0.30	16	812	0.010	0.112	15.8	0.3	7
О	В	1		7.40	16	812	0.010	0.112	15.8	0.5	120
О	В	1		4.00	16	1326	0.016	0.182	63.1	1.3	274
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											2764
Стояк1 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 413											
dPцк = 24145 Па dPгр = 910 Па dH = 10.85 м Lцк = 84.4 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											3105
П	В	1		1.15	16	935	0.011	0.130	31.8	6.4	90
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.041 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	1		1.05	16	935	0.011	0.130	31.8	1.1	43
П	В	1		0.60	16	935	0.011	0.130	31.8	0.3	22
П	В	1		0.30	16	935	0.011	0.130	31.8	2141.4	18120
				1 7523 6X налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.74 Kv = 0.097 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 20 ел. l = 2.00 м							29
О	В	1		0.20	16	935	0.011	0.129	23.1	0.3	7
О	В	1		0.30	16	935	0.011	0.129	23.0	0.3	9
О	В	1		0.80	16	935	0.011	0.129	23.0	1.1	28
О	В	1		0.90	16	935	0.011	0.129	23.0	1.4	33
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											2659
Стояк1 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 415											
dPцк = 24139 Па dPгр = 903 Па dH = 10.85 м Lцк = 101.9 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											3032
П	В	1		4.10	16	1196	0.014	0.166	49.2	1.8	227
П	В	1		7.40	16	733	0.009	0.102	15.2	0.5	115
П	В	1		0.60	16	733	0.009	0.102	14.8	0.3	10
П	В	1		0.30	16	733	0.009	0.102	14.8	3431.3	17801

				1 7523 6X налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.73 Kv = 0.077 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 14 ел. l = 1.40 м							18
O	B	1		0.20	16	733	0.009	0.101	13.5	0.3	4
O	B	1		0.30	16	733	0.009	0.101	13.5	0.3	6
O	B	1		7.40	16	733	0.009	0.101	13.5	0.5	103
O	B	1		4.00	16	1196	0.014	0.165	50.7	1.3	221
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											2601
Стояк1 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 313											
dPцк = 23895 Па dPгр = 659 Па dH = 7.85 м Lцк = 78.4 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											2726
П	B	1		1.15	16	935	0.011	0.130	31.8	6.4	90
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.041 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	B	1		1.05	16	935	0.011	0.130	31.8	1.1	43
П	B	1		0.60	16	935	0.011	0.130	31.8	0.3	22
П	B	1		0.30	16	935	0.011	0.130	31.8	2208.1	18686
				1 7523 6X налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.77 Kv = 0.096 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 20 ел. l = 2.00 м							29
O	B	1		0.20	16	935	0.011	0.129	23.1	0.3	7
O	B	1		0.30	16	935	0.011	0.129	23.1	0.3	9
O	B	1		0.80	16	935	0.011	0.129	23.1	1.1	28
O	B	1		0.90	16	935	0.011	0.129	23.0	1.4	33
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											2222
Стояк1 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 315											
dPцк = 23889 Па dPгр = 653 Па dH = 7.85 м Lцк = 95.9 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											2662
П	B	1		4.10	16	1196	0.014	0.166	49.2	1.8	227
П	B	1		7.40	16	733	0.009	0.102	15.3	0.5	116
П	B	1		0.60	16	733	0.009	0.102	14.8	0.3	10
П	B	1		0.30	16	733	0.009	0.102	14.8	3537.4	18353
				1 7523 6X налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.76 Kv = 0.076 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 14 ел. l = 1.40 м							18
O	B	1		0.20	16	733	0.009	0.101	13.5	0.3	4
O	B	1		0.30	16	733	0.009	0.101	13.5	0.3	6
O	B	1		7.40	16	733	0.009	0.101	13.5	0.5	103
O	B	1		4.00	16	1196	0.014	0.165	50.8	1.3	221
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											2170
Стояк1 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 213											
dPцк = 23645 Па dPгр = 409 Па dH = 4.85 м Lцк = 72.4 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											2467
П	B	1		1.15	16	935	0.011	0.130	31.8	6.4	90
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.041 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	B	1		1.05	16	935	0.011	0.130	31.8	1.1	43
П	B	1		0.60	16	935	0.011	0.130	31.8	0.3	22
П	B	1		0.30	16	935	0.011	0.130	31.8	2241.7	18973
				1 7523 6X налаштування 4 dn 15 мм							

				авт. 0.79 Kv = 0.095 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 20 ел. l = 2.00 м							29
О	В	1		0.20	16	935	0.011	0.129	23.1	0.3	7
О	В	1		0.30	16	935	0.011	0.129	23.1	0.3	9
О	В	1		0.80	16	935	0.011	0.129	23.1	1.1	28
О	В	1		0.90	16	935	0.011	0.129	23.1	1.4	33
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											1944
Стояк1 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 215											
dPцк = 23638 Па dPгр = 403 Па dH = 4.85 м Lцк = 89.9 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											2349
П	В	1		4.10	16	1196	0.014	0.166	49.2	1.8	227
П	В	1		7.40	16	733	0.009	0.102	15.3	0.5	116
П	В	1		0.60	16	733	0.009	0.102	14.9	0.3	10
П	В	1		0.30	16	733	0.009	0.102	14.8	3611.0	18737
				1 7523 6X налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.78 Kv = 0.075 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 14 ел. l = 1.40 м							18
О	В	1		0.20	16	733	0.009	0.101	13.5	0.3	4
О	В	1		0.30	16	733	0.009	0.101	13.5	0.3	6
О	В	1		7.40	16	733	0.009	0.101	13.5	0.5	103
О	В	1		4.00	16	1196	0.014	0.165	50.8	1.3	221
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											1849
Стояк1 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 113											
dPцк = 23395 Па dPгр = 159 Па dH = 1.85 м Lцк = 66.4 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											1982
П	В	1		1.15	16	1025	0.012	0.143	37.7	6.4	108
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.045 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	1		1.05	16	1025	0.012	0.143	37.7	1.1	51
П	В	1		0.60	16	1025	0.012	0.143	37.7	0.3	26
П	В	1		0.30	16	1025	0.012	0.143	37.7	1936.5	19701
				1 7523 6X налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.83 Kv = 0.102 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 20 ел. l = 2.00 м							35
О	В	1		0.20	16	1025	0.012	0.141	32.7	0.3	10
О	В	1		0.30	16	1025	0.012	0.141	32.7	0.3	13
О	В	1		0.80	16	1025	0.012	0.141	32.7	1.1	37
О	В	1		0.90	16	1025	0.012	0.141	32.6	1.4	44
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											1390
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 116											
dPцк = 23388 Па dPгр = 152 Па dH = 1.75 м Lцк = 41.4 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											379
П	А	2		1.35	25	15913	0.190	0.318	86.1	1.5	192
П	А	2		1.00	20	3349	0.040	0.119	19.0	42.0	316
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.148 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	2		2.05	20	3349	0.040	0.253	68.5	3.0	238
П	В	2		6.20	20	2417	0.029	0.182	38.7	0.5	248
П	В	2		3.70	16	1893	0.023	0.264	109.3	1.0	439
П	В	2		4.40	16	974	0.012	0.136	34.5	0.5	156

П	В	2		0.40	16	974	0.012	0.135	34.5	0.3	17
П	В	2		0.15	16	974	0.012	0.135	34.5	2146.5	19706
				1 7523 6X налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.83 Kv = 0.097 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 11-30 n = 20 ел. l = 2.00 м							32
О	В	2		0.10	16	974	0.012	0.134	26.2	0.3	5
О	В	2		0.30	16	974	0.012	0.134	26.2	0.3	11
О	В	2		4.40	16	974	0.012	0.134	26.2	0.5	120
О	В	2		3.70	16	1893	0.023	0.260	116.6	1.5	482
О	В	2		6.20	20	2417	0.029	0.180	41.4	0.5	265
О	В	2		1.60	20	3349	0.040	0.250	72.8	3.0	212
О	А	2		0.80	20	3349	0.040	0.117	19.3	1.3	25
О	А	2		1.15	25	15913	0.190	0.314	86.2	1.0	148
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											398
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 102											
dPцк = 23392 Па dPгр = 157 Па dH = 1.85 м Lцк = 25.6 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											1373
П	В	2		0.60	16	524	0.006	0.073	7.3	1.8	9
П	В	2		0.30	16	524	0.006	0.073	7.3	7874.5	20945
				1 7523 6X налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.89 Kv = 0.051 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 9 ел. l = 0.90 м							9
О	В	2		0.15	16	524	0.006	0.072	9.3	0.3	2
О	В	2		0.30	16	524	0.006	0.072	9.3	1.3	6
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											1048
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 108											
dPцк = 23394 Па dPгр = 158 Па dH = 1.85 м Lцк = 104.0 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											49
П	А			29.75	32	34317	0.410	0.465	139.8	3.5	4536
П	А	3		1.35	25	19625	0.234	0.392	129.9	1.5	290
П	А	3		1.00	20	4144	0.049	0.147	28.6	42.0	482
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.183 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	3		2.05	20	4144	0.049	0.313	99.9	3.0	354
П	В	3		1.00	20	3122	0.037	0.236	60.6	0.5	75
П	В	3		3.70	20	2615	0.031	0.197	44.5	0.5	174
П	В	3		5.80	16	1507	0.018	0.210	73.4	1.0	448
П	В	3		6.20	16	911	0.011	0.127	30.0	0.5	190
П	В	2		0.60	16	911	0.011	0.127	29.8	0.3	20
П	В	2		0.15	16	911	0.011	0.127	29.8	1325.9	10639
				1 7523 6X налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.45 Kv = 0.123 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 20 ел. l = 2.00 м							28
О	В	2		0.10	16	911	0.011	0.125	20.9	0.3	4
О	В	2		0.30	16	911	0.011	0.125	20.9	0.3	9
О	В	3		6.20	16	911	0.011	0.125	20.9	0.5	133
О	В	3		5.80	16	1507	0.018	0.207	78.6	1.5	488
О	В	3		3.70	20	2615	0.031	0.195	47.5	0.5	185
О	В	3		1.00	20	3122	0.037	0.233	64.6	0.5	78
О	В	3		1.80	20	4144	0.049	0.309	105.8	3.0	336

О	А	3		0.80	20	4144	0.049	0.145	29.0	1.3	37
О	А	3		1.15	25	19625	0.234	0.387	129.9	1.0	224
О	А			29.75	32	34317	0.410	0.459	139.5	4.0	4571
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											41
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 105											
dPцк = 23391 Па dPгр = 155 Па dH = 1.85 м Lцк = 72.8 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											5786
П	В	2		0.60	16	507	0.006	0.071	7.0	1.8	9
П	В	2		0.30	16	507	0.006	0.071	7.1	4935.2	12291
				1 7523 6X налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.52 Kv = 0.064 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 9 ел. l = 0.90 м							9
О	В	2		0.15	16	507	0.006	0.070	9.1	0.3	2
О	В	2		0.30	16	507	0.006	0.070	9.1	1.3	6
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											5288
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 516											
dPцк = 24415 Па dPгр = 1179 Па dH = 13.75 м Lцк = 65.5 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											571
П	А	2		3.00	25	12564	0.150	0.251	54.2	0.5	178
П	А	2		3.00	20	9507	0.114	0.337	143.7	1.0	488
П	А	2		3.00	20	6450	0.077	0.229	67.3	0.5	215
П	А	2		3.00	20	3393	0.041	0.120	19.5	0.5	62
П	А	2		1.00	20	3393	0.041	0.120	19.5	40.8	315
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.150 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	2		2.05	20	3393	0.041	0.256	70.2	3.0	244
П	В	2		6.20	20	2449	0.029	0.185	39.7	0.5	254
П	В	2		3.70	16	1917	0.023	0.267	111.9	1.0	450
П	В	2		4.40	16	987	0.012	0.137	35.3	0.5	160
П	В	2		0.40	16	987	0.012	0.137	35.4	0.3	17
П	В	2		0.15	16	987	0.012	0.137	35.4	1991.4	18763
				1 7523 6X налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.76 Kv = 0.101 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 11-30 n = 20 ел. l = 2.00 м							33
О	В	2		0.10	16	987	0.012	0.136	27.4	0.3	6
О	В	2		0.30	16	987	0.012	0.136	27.4	0.3	11
О	В	2		4.40	16	987	0.012	0.136	27.4	0.5	125
О	В	2		3.70	16	1917	0.023	0.264	119.5	1.5	494
О	В	2		6.20	20	2449	0.029	0.183	42.5	0.5	272
О	В	2		1.60	20	3393	0.041	0.253	74.8	3.0	217
О	А	2		0.80	20	3393	0.041	0.119	19.8	0.6	20
О	А	2		3.00	20	3393	0.041	0.119	19.8	0.5	63
О	А	2		3.00	20	6450	0.077	0.226	67.7	0.5	216
О	А	2		3.00	20	9507	0.114	0.333	143.9	1.5	515
О	А	2		3.00	25	12564	0.150	0.248	54.5	0.5	179
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											547
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 502											
dPцк = 24422 Па dPгр = 1186 Па dH = 13.85 м Lцк = 49.6 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											2327
П	В	2		0.60	16	532	0.006	0.074	7.4	1.8	9

П	В	2		0.30	16	532	0.006	0.074	7.4	7312.7	20038
				1 7523 6Х налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.81 Kv = 0.053 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 10 ел. l = 1.00 м							9
О	В	2		0.15	16	532	0.006	0.073	9.7	0.3	2
О	В	2		0.30	16	532	0.006	0.073	9.7	1.3	6
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											2029
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 416											
dPцк = 24159 Па dPгр = 924 Па dH = 10.75 м Lцк = 59.5 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											1452
П	А	2		1.00	15	3057	0.037	0.244	134.3	15.4	592
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.135 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	2		2.05	20	3057	0.037	0.231	58.4	3.0	201
П	В	2		6.20	16	2206	0.026	0.307	143.0	1.0	934
П	В	2		3.70	16	1728	0.021	0.240	93.3	0.5	359
П	В	2		4.40	16	889	0.011	0.124	28.3	0.5	128
П	В	2		0.40	16	889	0.011	0.124	28.1	0.3	14
П	В	2		0.15	16	889	0.011	0.124	28.1	2245.6	17167
				1 7523 6Х налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.70 Kv = 0.095 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 11-30 n = 18 ел. l = 1.80 м							26
О	В	2		0.10	16	889	0.011	0.122	19.6	0.3	4
О	В	2		0.30	16	889	0.011	0.122	19.6	0.3	8
О	В	2		4.40	16	889	0.011	0.122	19.6	0.5	90
О	В	2		3.70	16	1728	0.021	0.238	99.8	0.5	383
О	В	2		6.20	16	2206	0.026	0.303	152.5	1.5	1015
О	В	2		1.60	20	3057	0.037	0.228	62.3	3.0	179
О	А	2		0.80	15	3057	0.037	0.241	135.1	1.4	150
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											1456
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 402											
dPцк = 24166 Па dPгр = 931 Па dH = 10.85 м Lцк = 43.7 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											3179
П	В	2		0.60	16	478	0.006	0.067	6.7	1.8	8
П	В	2		0.30	16	478	0.006	0.067	6.7	8209.4	18165
				1 7523 6Х налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.74 Kv = 0.050 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 9 ел. l = 0.90 м							8
О	В	2		0.15	16	478	0.006	0.066	8.7	0.3	2
О	В	2		0.30	16	478	0.006	0.066	8.7	1.3	5
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											2799
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 316											
dPцк = 23902 Па dPгр = 666 Па dH = 7.75 м Lцк = 53.5 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											1237
П	А	2		1.00	15	3057	0.037	0.244	134.3	15.4	593
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.135 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	2		2.05	20	3057	0.037	0.231	58.4	3.0	201
П	В	2		6.20	16	2206	0.026	0.307	143.0	1.0	934
П	В	2		3.70	16	1728	0.021	0.241	93.2	0.5	359

П	В	2		4.40	16	889	0.011	0.124	28.3	0.5	129
П	В	2		0.40	16	889	0.011	0.124	28.2	0.3	14
П	В	2		0.15	16	889	0.011	0.124	28.2	2268.1	17341
				1 7523 6X налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.72 Kv = 0.094 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 11-30 n = 18 ел. l = 1.80 м							26
О	В	2		0.10	16	889	0.011	0.122	19.6	0.3	4
О	В	2		0.30	16	889	0.011	0.122	19.6	0.3	8
О	В	2		4.40	16	889	0.011	0.122	19.6	0.5	90
О	В	2		3.70	16	1728	0.021	0.238	99.8	0.5	383
О	В	2		6.20	16	2206	0.026	0.303	152.5	1.5	1014
О	В	2		1.60	20	3057	0.037	0.228	62.3	3.0	179
О	А	2		0.80	15	3057	0.037	0.241	135.1	1.4	150
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											1240
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 302											
dPцк = 23909 Па dPгр = 673 Па dH = 7.85 м Lцк = 37.7 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											2964
П	В	2		0.60	16	478	0.006	0.067	6.7	1.8	8
П	В	2		0.30	16	478	0.006	0.067	6.7	8286.9	18339
				1 7523 6X налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.76 Kv = 0.049 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 9 ел. l = 0.90 м							8
О	В	2		0.15	16	478	0.006	0.066	8.7	0.3	2
О	В	2		0.30	16	478	0.006	0.066	8.7	1.3	5
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											2583
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 216											
dPцк = 23645 Па dPгр = 409 Па dH = 4.75 м Lцк = 47.4 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											749
П	А	2		1.00	15	3057	0.037	0.244	134.3	15.4	593
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.135 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	2		2.05	20	3057	0.037	0.231	58.4	3.0	201
П	В	2		6.20	16	2206	0.026	0.307	142.9	1.0	933
П	В	2		3.70	16	1728	0.021	0.241	93.2	0.5	359
П	В	2		4.40	16	889	0.011	0.124	28.4	0.5	129
П	В	2		0.40	16	889	0.011	0.124	28.2	0.3	14
П	В	2		0.15	16	889	0.011	0.124	28.2	2365.9	18090
				1 7523 6X налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.76 Kv = 0.092 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 11-30 n = 18 ел. l = 1.80 м							26
О	В	2		0.10	16	889	0.011	0.122	19.6	0.3	4
О	В	2		0.30	16	889	0.011	0.122	19.6	0.3	8
О	В	2		4.40	16	889	0.011	0.122	19.6	0.5	90
О	В	2		3.70	16	1728	0.021	0.238	99.4	0.5	382
О	В	2		6.20	16	2206	0.026	0.304	152.1	1.5	1012
О	В	2		1.60	20	3057	0.037	0.228	62.2	3.0	179
О	А	2		0.80	15	3057	0.037	0.241	135.0	1.4	150
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											725
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 202											
dPцк = 23652 Па dPгр = 416 Па dH = 4.85 м Lцк = 31.6 м											

Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											2476
П	В	2		0.60	16	478	0.006	0.067	6.7	1.8	8
П	В	2		0.30	16	478	0.006	0.067	6.7	8624.2	19087
				1 7523 6X налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.80 Kv = 0.048 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 9 ел. l = 0.90 м							8
О	В	2		0.15	16	478	0.006	0.066	8.7	0.3	2
О	В	2		0.30	16	478	0.006	0.066	8.7	1.3	5
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											2066
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 508											
dPцк = 24403 Па dPгр = 1168 Па dH = 13.85 м Lцк = 128.0 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											4875
П	А	3		3.00	25	15481	0.185	0.309	81.6	0.5	269
П	А	3		3.00	25	11715	0.140	0.234	47.3	0.5	156
П	А	3		3.00	20	7949	0.095	0.282	101.2	1.0	343
П	А	3		3.00	20	4183	0.050	0.148	29.1	0.5	93
П	А	3		1.00	20	4183	0.050	0.148	29.1	40.8	478
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.185 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	3		2.05	20	4183	0.050	0.315	101.7	3.0	360
П	В	3		1.00	20	3144	0.038	0.237	61.5	0.5	76
П	В	3		3.70	20	2629	0.031	0.198	44.9	0.5	176
П	В	3		5.80	16	1507	0.018	0.210	73.5	1.0	448
П	В	3		6.20	16	902	0.011	0.125	29.2	0.5	185
П	В	2		0.60	16	902	0.011	0.125	29.0	0.3	20
П	В	2		0.15	16	902	0.011	0.125	29.0	1260.1	9908
				1 7523 6X налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.40 Kv = 0.127 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 20 ел. l = 2.00 м							27
О	В	2		0.10	16	902	0.011	0.124	20.2	0.3	4
О	В	2		0.30	16	902	0.011	0.124	20.2	0.3	8
О	В	3		6.20	16	902	0.011	0.124	20.2	0.5	129
О	В	3		5.80	16	1507	0.018	0.207	78.8	1.5	489
О	В	3		3.70	20	2629	0.031	0.196	48.1	0.5	187
О	В	3		1.00	20	3144	0.038	0.234	65.5	0.5	79
О	В	3		1.80	20	4183	0.050	0.312	108.0	3.0	343
О	А	3		0.80	20	4183	0.050	0.147	29.5	0.6	31
О	А	3		3.00	20	4183	0.050	0.147	29.5	0.5	94
О	А	3		3.00	20	7949	0.095	0.279	101.6	1.5	363
О	А	3		3.00	25	11715	0.140	0.231	47.6	0.5	156
О	А	3		3.00	25	15481	0.185	0.305	81.7	0.5	269
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											4837
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 505											
dPцк = 24400 Па dPгр = 1164 Па dH = 13.85 м Lцк = 96.8 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											6649
П	В	2		0.60	16	515	0.006	0.072	7.2	1.8	9
П	В	2		0.30	16	515	0.006	0.072	7.2	4498.2	11554
				1 7523 6X налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.47 Kv = 0.067 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 9 ел. l = 0.90 м							9

О	В	2		0.15	16	515	0.006	0.071	9.2	0.3	2
О	В	2		0.30	16	515	0.006	0.071	9.2	1.3	6
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											6171
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 408											
dPцк = 24149 Па dPгр = 914 Па dH = 10.85 м Lцк = 122.0 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											5643
П	А	3		1.00	20	3766	0.045	0.134	23.8	42.0	399
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.167 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	3		2.05	20	3766	0.045	0.284	84.4	3.0	296
П	В	3		1.00	20	2833	0.034	0.214	51.2	0.5	63
П	В	3		3.70	20	2370	0.028	0.179	37.5	0.5	147
П	В	3		5.80	16	1359	0.016	0.189	61.4	1.0	374
П	В	3		6.20	16	812	0.010	0.113	21.6	0.5	137
П	В	2		0.60	16	812	0.010	0.113	21.2	0.3	15
П	В	2		0.15	16	812	0.010	0.113	21.2	1628.8	10376
				1 7523 6X налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.42 Kv = 0.111 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 18 ел. l = 1.80 м							22
О	В	2		0.10	16	812	0.010	0.112	15.8	0.3	3
О	В	2		0.30	16	812	0.010	0.112	15.8	0.3	7
О	В	3		6.20	16	812	0.010	0.112	15.8	0.5	101
О	В	3		5.80	16	1359	0.016	0.187	66.0	1.5	409
О	В	3		3.70	20	2370	0.028	0.177	40.1	0.5	156
О	В	3		1.00	20	2833	0.034	0.211	54.6	0.5	66
О	В	3		1.80	20	3766	0.045	0.281	89.6	3.0	282
О	А	3		0.80	20	3766	0.045	0.132	24.2	1.3	31
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											5624
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 405											
dPцк = 24146 Па dPгр = 910 Па dH = 10.85 м Lцк = 90.8 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											6400
П	В	2		0.60	16	463	0.006	0.064	6.4	1.8	8
П	В	2		0.30	16	463	0.006	0.064	6.5	5645.4	11722
				1 7523 6X налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.48 Kv = 0.060 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 8 ел. l = 0.80 м							7
О	В	2		0.15	16	463	0.006	0.064	8.3	0.3	2
О	В	2		0.30	16	463	0.006	0.064	8.3	1.3	5
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											6003
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 308											
dPцк = 23897 Па dPгр = 661 Па dH = 7.85 м Lцк = 116.0 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											5299
П	А	3		1.00	20	3766	0.045	0.134	23.8	42.0	399
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.167 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	3		2.05	20	3766	0.045	0.284	84.4	3.0	296
П	В	3		1.00	20	2833	0.034	0.214	51.2	0.5	63
П	В	3		3.70	20	2370	0.028	0.179	37.5	0.5	147
П	В	3		5.80	16	1359	0.016	0.189	61.4	1.0	374
П	В	3		6.20	16	812	0.010	0.113	21.6	0.5	137

П	В	2		0.60	16	812	0.010	0.113	21.2	0.3	15
П	В	2		0.15	16	812	0.010	0.113	21.2	1700.0	10831
				1 7523 6Х налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.45 Kv = 0.109 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 18 ел. l = 1.80 м							22
О	В	2		0.10	16	812	0.010	0.112	15.8	0.3	3
О	В	2		0.30	16	812	0.010	0.112	15.8	0.3	7
О	В	3		6.20	16	812	0.010	0.112	15.8	0.5	101
О	В	3		5.80	16	1359	0.016	0.187	65.8	1.5	408
О	В	3		3.70	20	2370	0.028	0.177	40.1	0.5	156
О	В	3		1.00	20	2833	0.034	0.211	54.5	0.5	66
О	В	3		1.80	20	3766	0.045	0.281	89.5	3.0	281
О	А	3		0.80	20	3766	0.045	0.132	24.2	1.3	31
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											5262
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 305											
dPцк = 23893 Па dPгр = 658 Па dH = 7.85 м Lцк = 84.8 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											6056
П	В	2		0.60	16	463	0.006	0.064	6.4	1.8	8
П	В	2		0.30	16	463	0.006	0.064	6.5	5863.2	12175
				1 7523 6Х налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.50 Kv = 0.059 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 8 ел. l = 0.80 м							7
О	В	2		0.15	16	463	0.006	0.064	8.2	0.3	2
О	В	2		0.30	16	463	0.006	0.064	8.3	1.3	5
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											5640
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 208											
dPцк = 23645 Па dPгр = 410 Па dH = 4.85 м Lцк = 110.0 м											
Гідравлічний опір суміщених подаючіх ділянок:											5144
П	А	3		1.00	20	3766	0.045	0.134	23.8	42.0	399
				GE552-1.5 Qn = 1.500 м3/год dn 20 мм							
				Q = 0.167 м3/год Kv = 3.040 м3/год							
П	В	3		2.05	20	3766	0.045	0.284	84.4	3.0	296
П	В	3		1.00	20	2833	0.034	0.214	51.2	0.5	63
П	В	3		3.70	20	2370	0.028	0.179	37.5	0.5	147
П	В	3		5.80	16	1359	0.016	0.189	61.4	1.0	374
П	В	3		6.20	16	812	0.010	0.113	21.7	0.5	138
П	В	2		0.60	16	812	0.010	0.113	21.2	0.3	15
П	В	2		0.15	16	812	0.010	0.113	21.2	1709.4	10892
				1 7523 6Х налаштування 4 dn 15 мм							
				авт. 0.46 Kv = 0.109 м3/год							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 18 ел. l = 1.80 м							22
О	В	2		0.10	16	812	0.010	0.112	15.8	0.3	3
О	В	2		0.30	16	812	0.010	0.112	15.8	0.3	7
О	В	3		6.20	16	812	0.010	0.112	15.8	0.5	101
О	В	3		5.80	16	1359	0.016	0.187	65.8	1.5	408
О	В	3		3.70	20	2370	0.028	0.177	40.1	0.5	156
О	В	3		1.00	20	2833	0.034	0.211	54.4	0.5	66

О	В	3		1.80	20	3766	0.045	0.281	89.3	3.0	281
О	А	3		0.80	20	3766	0.045	0.132	24.1	1.3	31
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											5105
Стояк2 Цирк. кільце опал. пр.: в приміщенні .....: 205											
dPцк = 23635 Па dPгр = 399 Па dH = 4.85 м Lцк = 78.8 м											
Гідравлічний опір суміщених падаючих ділянок:											5901
П	В	2		0.60	16	463	0.006	0.064	6.4	1.8	8
П	В	2		0.30	16	463	0.006	0.064	6.4	5888.6	12229
				1 7523 6X налаштування 3 dn 15 мм							
				авт. 0.51 Kv = 0.059 м3/ч							
				Опалюв. прил..: RADIK 10-50 n = 6 ел. l = 0.60 м							7
О	В	2		0.15	16	463	0.006	0.064	7.8	0.3	2
О	В	2		0.30	16	463	0.006	0.064	7.8	1.3	5
Гідравлічний опір суміщених зворотних ділянок:											5483

Підбір опалювальних приладів

Опалювальні прилади повинні встановлюватися в кожному приміщенні, які мають тепловтрати. Опалювальні прилади встановлюються біля зовнішньої стіни під вікном, відстань від підлоги до опалювального приладу та від підвіконника до опалювального приладу не менше 150 мм. У житлових кімнатах та кухнях було прийнято сталеві панельні радіатори фірми Korado типу RADIK KLASIK, висотою Н = 500 мм.

Підбір опалювальних приладів здійснювався за значенням необхідної теплопередачі приладу. Вона залежить від тепловтрат приміщення $Q_{прим}$, тепловіддачі відкрито прокладених трубопроводів, які знаходяться в межах приміщення та до яких безпосередньо приєднаний прилад $Q_{тр}$, та коефіцієнта, який залежить від способу прокладання трубопроводів у приміщенні β:

$$Q_{пр} = Q_{прим} - \beta \cdot Q_{тр}\ , Вт$$

Підбір опалювальних приладів для приміщень житлового будинку було виконано допомогою програми Kan C.O.3.8 фірми Kan-therm. Результати результати наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5.

Підбір опалювальних приладів

Прим.	Тип опал. пр.	n	L	Qрас	Qтр	Qреа	Qдеф	Аоп	tп	dt
		[эл.]	[м]	[Вт]	[Вт]	[Вт]	[ВТ]		[оС]	[К]
302	2075	26	1.20	1386	1321	1336	-15	0.954	79.41	19.28
301	2075	39	1.79	2011	1948	1935	13	0.968	78.06	19.25
303	2075	28	1.29	1382	1322	1320	2	0.957	78.09	19.11
304	2075	20	0.92	1008	948	949	-1	0.941	78.14	18.82
305	2075	25	1.15	1240	1178	1193	-15	0.951	78.61	19.25
308	2075	22	1.01	1121	1061	1058	3	0.946	78.66	18.87
312	2075	22	1.01	1141	1080	1066	14	0.946	78.83	18.68
313	2075	13	0.60	699	639	628	11	0.913	78.35	17.98
316	2075	25	1.15	1256	1195	1206	-11	0.952	78.97	19.20
317	2075	28	1.29	1408	1347	1355	-8	0.957	79.13	19.25
402	2075	26	1.20	1386	1322	1329	-7	0.954	79.14	19.18
401	2075	39	1.79	2011	1948	1928	20	0.968	77.87	19.18
403	2075	28	1.29	1382	1321	1313	8	0.956	77.83	19.00
404	2075	20	0.92	1008	950	941	9	0.942	77.78	18.68
405	2075	25	1.15	1240	1179	1186	-7	0.951	78.32	19.13
408	2075	22	1.01	1121	1062	1051	11	0.947	78.34	18.74
412	2075	23	1.06	1141	1081	1096	-15	0.948	78.52	19.20
413	2075	13	0.60	699	641	622	19	0.915	77.84	17.78
416	2075	25	1.15	1256	1196	1198	-2	0.952	78.68	19.08
417	2075	28	1.29	1408	1348	1348	0	0.957	78.86	19.15
502	2075	30	1.38	1510	1488	1498	-10	0.986	78.62	19.84
501	2075	40	1.84	2191	2169	1990	179	0.989	77.52	18.16
503	2075	32	1.47	1495	1477	1466	11	0.988	77.35	19.61
504	2075	23	1.06	1084	1064	1050	14	0.981	77.12	19.38
505	2075	28	1.29	1333	1311	1300	11	0.983	77.77	19.51
508	2075	26	1.20	1216	1196	1201	-5	0.984	77.74	19.76
512	2075	26	1.20	1238	1217	1211	6	0.983	77.92	19.57
513	2075	16	0.74	755	735	727	8	0.973	76.89	19.27
516	2075	29	1.33	1364	1343	1353	-10	0.985	78.14	19.84
517	2075	31	1.43	1463	1442	1454	-12	0.986	78.35	19.88

3.2. Система гарячого водопостачання

У житловому будинку передбачається проєктування централізованої закритої системи теплопостачання, що включає також систему гарячого водопостачання з нижнім розведенням трубопроводів. Горизонтальні розвідні трубопроводи прокладаються по квартирах, а магістральні лінії проходять у підвальних приміщеннях. Водорозбірними приладами в квартирах виступають кухонні мийки, умивальники у санвузлах та ванни, які забезпечують безперебійне постачання гарячої води для побутових потреб.

Перед початком проектування виконують попереднє визначення теплових потоків на систему гарячого водопостачання, що дозволяє розрахувати необхідну теплову потужність, обґрунтувати діаметри трубопроводів, вибрати відповідне обладнання (наприклад, теплообмінники або котли) та забезпечити належний рівень комфорту мешканців при економному використанні енергоресурсів. Такий підхід відповідає сучасним нормативним вимогам щодо енергоефективності житлових будинків і дозволяє оптимізувати експлуатаційні витрати системи гарячого водопостачання.

Теплові потоки на гаряче водопостачання

Середньогодинна витрата теплоти на гаряче водопостачання, Вт, визначається за формулою:

$$Q_{hm} = 1{,}163 \cdot q_T^h \cdot \rho_t \cdot (55 - t_C) \cdot (1 + k^t)$$

де q_T^h - витрата гарячої води за добу, $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, визначається за формулою:

$$q_T^h = \frac{q_{um}^h \cdot U}{24 \cdot 1000}$$

де q_{um}^h - норма витрати гарячої води середня за добу на одного споживача, $q_{um}^h = 100 \frac{л}{добу}$;

U – кількість мешканців будинку: $U = 84$ ос., тоді

$$q_T^h = \frac{100 \cdot 84}{24 \cdot 1000} = 0{,}88 \frac{м^3}{год}$$

$\rho_t = 985{,}73$ кг/м^3– густина води при $t_г = 55$ °С; $t_c = 5$ °С – температура холодної води в опалювальний період; k^t – коефіцієнт, який враховує тепловтрати в трубопроводах системи ГВ, $k^t = 0{,}2$, тоді

$$Q_{hm} = 1{,}163 \cdot 0{,}88 \cdot 985{,}73 \cdot (55 - 5) \cdot (1 + 0{,}2) = 60516 Вт$$

Максимальна годинна витрата теплоти на гаряче водопостачання, Вт, визначається за формулою:

$$Q_{hmax} = 1{,}163 \cdot \left(q_T^h \cdot k^t + q_{hr}^h\right) \cdot \rho_t \cdot (55 - t_C)$$

де q_{hr}^h- максимальна годинна витрата гарячої води на СГВ:

$$q_{hr}^h = 0{,}005 \cdot q_{o,hr}^h \cdot \alpha_{hr}$$

де $q_{o,hr}^h$ - витрата гарячої води санітарно-технічним приладом, $q_{o,hr}^h = 200 \frac{л}{год}$; $\alpha_h = f(N \cdot P_{hr})$- величина, що залежить від загальної кількості водорозбірних приладів N, шт., на розрахунковій ділянці та ймовірності їх використання в годину найбільшого водоспоживання;

Кількість водорозбірних приладів в системі ГВ будинку визначається:

$N = n_{кв} \cdot n_{поверх} \cdot n_{буд} = 3 \cdot 4 \cdot 5 = 60$ *шт*

де $n_{кв}$ – кількість водорозбірних приладів у квартирі, шт; $n_{поверх}$ – кількість квартир на поверсі, $n_{буд}$ - кількість поверхів у будинку.

Імовірність дії водорозбірних приладів в системі ГВ:

$$p = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{3600 \cdot q_o^h \cdot N} = \frac{10 \cdot 265}{3600 \cdot 0{,}2 \cdot 88} = 0{,}04$$

$q_{hr,u}^h = 10 \frac{л}{год}$ - норма витрати гарячої води на 1 споживача за годину найбільшого водоспоживання; q_o^h - секундна витрата гарячої води водорозбірним приладом, $q_o^h = 0{,}2 \frac{л}{с}$.

$$p = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{3600 \cdot q_o^h \cdot N} = \frac{10 \cdot 83}{3600 \cdot 0{,}2 \cdot 60} = 0{,}03$$

Імовірність використання водорозбірних приладів:

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot p \cdot q_o^h}{q_{o,hr}^h} = \frac{3600 \cdot 0{,}03 \cdot 0{,}2}{200} = 0{,}11$$

За значенням $P_{hr} = 0{,}11$ та N = 60 шт вибираємо значення $\alpha_{hr} = 4{,}35$

$$q_{hr}^{h} = 0{,}005 \cdot q_{o,hr}^{h} \cdot \alpha_{hr} = 0{,}005 \cdot 200 \cdot 4{,}35 = 4{,}35 \frac{м^3}{год}$$

Тоді, $Q_{hmax} = 1{,}163 \cdot (0{,}88 \cdot 0{,}2 + 4{,}35) \cdot 985{,}73 \cdot (55 - 5) = 259429 Вт$

Гідравлічний розрахунок системи гарячого водопостачання.

Гідравлічний розрахунок системи гарячого водопостачання виконується з метою забезпечення надійного та ефективного водопостачання всіх водорозбірних приладів у будинку. Основна мета розрахунку подавальних трубопроводів полягає у визначенні таких діаметрів труб, які гарантують подачу розрахункової витрати гарячої води до найвіддаленіших та найвищих точок водозабору з необхідним тиском та температурними параметрами.

Гідравлічний розрахунок подавальних трубопроводів у режимі водорозбору

Максимальна секундна витрата гарячої води на розрахунковій ділянці:

$$q^h = 5 \cdot q_o^h \cdot \alpha,$$

деq_o^h- секундна витрата води одним приладом. Для змішувача ванни q_o^h=0,2 л/с, для змішувача мийки або умивальника q_o^h=0,09 л/с. α - коефіцієнт, який залежить від загальної кількості N водорозбірних приладів та імовірності їх дії P. $q_{hr,u}^h = 10 \frac{л}{год}$ - норма витрати гарячої води на 1 споживача за годину найбільшого водоспоживання.

Розрахункова витрата гарячої води, л/с, для визначення діаметрів подавальних трубопроводів системи гарячого водопостачання визначається з рівняння:

$$q_{cir} = q^h(1 + k_{cir})$$

де k_{cir}- коефіцієнт, який залежить від співвідношення $\frac{q^h}{q_{cir}}$. В першому наближенні приймаємо $k_{cir} = 0$, а $q_{cir} = q^h(1 + k_{cir}) = q^h(1 + 0) = q^h$.

За відомим значенням q^h з таблиць для гідравлічного розрахунку

водопроводів гарячого водопостачання визначаємо умовний діаметр водопроводу d_y, мм, швидкість води на ділянці v, м/с, та питомі втрати тиску на тертя R, Па/м. При чому, при виконанні гідравлічного розрахунку подавальних трубопроводів необхідно прагнути до максимального використання наявного напору.

Втрати тиску на окремих ділянках трубопроводів, Па, вираховують за формулою:

$$\Delta P = Rl \cdot (1 + k_l)$$

де R – питомі втрати тиску на тертя при розрахунковій витраті на ділянці, Па/м; l – довжина ділянки трубопроводу, м; k_l – коефіцієнт, що враховує співвідношення втрат тиску на ділянці на місцевих опорах і на тертя. Для закритих систем теплопостачання: для подавальних і циркуляційних розподільних трубопроводів k_l =0,2; для трубопроводів у межах теплових пунктів, а також для трубопроводів водорозбірних стояків з сушарками рушників k_l =0,5; для трубопроводів водорозбірних стояків без сушарок рушників і циркуляційних рушників k_l =0,1.

Втрати напору на ділянці, м вод. ст.6

$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g}$, ρ = 985,73 кг/м^3 густина води при 55^{o}C.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.6.

Нев'язка < 10%,

отже діаметри трубопроводів системи гарячого водопостачання підібрані вірно

Таблиця 3.6.

Гідравлічний розрахунок системи гарячого водопостачання в режимі водозабору

№ діл	N, шт	q_o^h, л/с	P_{hr}	NP	α	q^h, л/с	k^{cir}	d_y, мм	v, м/с	R, Па/м	l, м	k_l	ΔP, Па	ΔH, м
Через Ст.Т3-8														
1-2	1	0,09	0,11		0,39	0,18	0	15	1,57	9727	1,2	0,5	17509	1,81
2-3	1	0,09	0,11		0,39	0,18	0	20	0,7	1278	3	0,1	4217	0,44
3-4	2	0,09	0,11		0,39	0,18	0	20	0,7	1278	3	0,1	4217	0,44
4-5	3	0,09	0,11		0,49	0,22	0	20	0,94	1937	3	0,1	6392	0,66
5-6	4	0,09	0,11		0,58	0,26	0	20	1,01	2712	3	0,1	8950	0,93
6-7	5	0,09	0,11		0,65	0,29	0	20	1,21	3293	3	0,1	10867	1,12
7-8	20	0,2	0,11		2,12	2,12	0	50	1,14	696	2,8	0,2	2339	0,24
8-9	30	0,2	0,11		2,66	2,66	0	65	0,87	280	6,9	0,2	2318	0,24
9-10	60	0,2	0,11		4,35	4,35	0	65	1,42	751	3,9	0,2	3515	0,36
Через Ст.Т3-5														
11-12	1	0,2	0,11		0,39	0,18	0	15	1,57	9727	1,8	0,5	26263	2,72
12-13	2	0,2	0,11		0,39	0,18	0	15	1,57	9727	0,6	0,1	6420	0,66
13-14	2	0,2	0,11		0,39	0,18	0	20	0,7	1278	3	0,1	4217	0,44
14-15	4	0,2	0,11		0,58	0,26	0	20	1,01	2712	3	0,1	8950	0,93
15-16	6	0,2	0,11		0,72	0,32	0	20	1,34	4029	3	0,1	13296	0,37
20-21	8	0,2	0,11		0,84	0,38	0	25	0,91	1314	3	0,1	4336	0,45
21-22	10	0,2	0,11		0,95	0,43	0	25	1,02	1806	3	0,1	5960	0,62

Визначення тепловтрат подавальних трубопроводів та циркуляційних витрат

Втрати теплоти на ділянці, Вт:

$$Q^{ht} = q \cdot l$$

де q – втрати теплоти 1 м трубопроводу даного діаметру, Вт/м; l – довжина ділянки, м.

Втрати теплоти в системі визначаються за формулою: $Q = \sum Q^{ht}$.

Циркуляційна витрата гарячої води, л/с:

$$q_{ост}^{cir} = \beta \cdot \frac{Q^{ht}}{c \cdot \Delta t}$$

β - коефіцієнт, який враховує розрегулювання циркуляції в системі гарячого водопостачання; Q^{ht} - тепловтрати трубопроводами системи гарячого водопостачання, кВт; с - питома теплоємність води, с = 4,187 кДж/(кг·К); Δt - різниця температур в подавальних трубопроводах системи від водонагрівача до найвіддаленішої водорозбірної точки, °С.

Для систем, в яких передбачається циркуляція води по водорозбірних стояках зі змінним опором циркуляційних стояків Δt = 10°С, β = 1.

Повні тепловтрати системи ГВ Q^{ht}, Вт, визначаються за формулою:

$$Q^{ht} = \sum_{1}^{i} Q_i^{ht} + \sum_{1}^{i} Q_{cm}$$

де $\sum_{1}^{i} Q_i^{ht}$ - сума тепловтрат всіх ділянок трубопроводів; $\sum_{1}^{i} Q_{cm}$ - сума тепловтрат стояків.

Розрахунок тепловтрат на ділянках системи гарячого водопостачання зводимо в таблицю 12.

Розрахунок циркуляційних витрат на ділянках системи гарячого водопостачання зводимо в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7.

Розрахунок тепловтрат на ділянках

№ діл.	l, м	d_y, мм	q, Вт/м	Q^{ht}, Вт	ΣQ^{ht}, Вт	Примітка
1-2	1,2	15	24,1	28,92	28,92	
2-3	3	20	29,7	89,10	118,02	
3-4	3	20	29,7	89,10	207,12	
4-5	3	20	29,7	89,10	296,22	
5-6	3	20	29,7	89,10	385,32	
6-7	4,8	25	19,2	92,16	850,08	Ст. Т3-8
7-8	2,8	50	27,2	76,16	2606,54	
8-9	6,9	65	33,3	229,77	3723,01	
9-10	3,9	65	33,3	129,87	7334,28	

Таблиця 3.8.

Розрахунок циркуляційних витрат.

№ діл.	l, м	d_y, мм	q, Вт/м	Q^{ht}, Вт	ΣQ^{ht}, Вт	q^{cir}, л/с	$\frac{q^h}{q_{cir}}$	k^{cir}
1-2	1,2	15	24,1	28,92	28,92	0,018	9,8	0
2-3	3	20	29,7	89,10	118,02	0,018	9,7	0
3-4	3	20	29,7	89,10	207,12	0,018	1,0	0
4-5	3	20	29,7	89,10	296,22	0,018	12,3	0
5-6	3	20	29,7	89,10	385,32	0,018	14,5	0
6-7	4,8	25	19,2	92,16	850,08	0,020	20,2	0
7-8	2,8	50	27,2	76,16	3723,01	0,062	34,1	0
8-9	6,9	65	33,3	229,77	7334,28	0,089	29,9	0
9-10	3,9	65	33,3	129,87	3723,01	0,175	24,8	0

Оскільки коефіцієнт k^{cir} на розрахункових ділянках дорівнює нулю, то перерахунок трубопроводів системи гарячого водопостачання робити не потрібно.

Гідравлічний розрахунок подаючих і циркуляційних трубопроводів системи гарячого водопостачання в режимі циркуляції

Втрати напору на ділянках трубопроводів при розрахунку режиму циркуляції визначаються аналогічно режиму водозабору. Результати розрахунку режиму циркуляції зводяться в таблицю 3.9.

У кожному півкільці вираховується сума втрат напору.

$H^p_{под.тр}$ - втрати напору в подавальних трубопроводах системи при розрахунковому режимі, м; $H_{цир.тр}$ - втрати напору в циркуляційних трубопроводах в циркуляційному режимі, м.

Таблиця 3.9.

Гідравлічний розрахунок циркуляційних трубопроводів.

№ діл.	d_y, мм	l, м	q^{cir}, л/с	v, м/с	R, Па/м	k_l	ΔP, Па	H, м вод.ст.
Подавальне півколо								
2-3	3	20	0,018	0,07	12,78	0,1	281,16	0,029075
3-4	3	20	0,018	0,07	12,78	0,1	281,16	0,029075
4-5	3	20	0,018	0,07	12,78	0,1	281,16	0,029075
5-6	3	20	0,018	0,07	12,78	0,1	281,16	0,029075
10-11	4,8	25	0,02	0,05	3,6	0,2	108,00	0,011169
11-12	2,8	50	0,062	0,03	0,61	0,2	36,60	0,003785
12-13	6,9	65	0,089	0,03	0,3	0,2	23,40	0,002420
13-14	3,9	65	0,175	0,05	1,24	0,2	96,72	0,110002
							$\Sigma H^{cir}_{l,tot}$ =	0,243676
Циркуляційне півколо								
2-2’	15	3	0,02	0,18	117,91	0,2	424,48	0,04390
2’-7’	15	4,2	0,02	0,18	117,9	0,2	594,22	0,06145
7’ - 8’	25	2,8	0,062	0,15	34,27	0,2	115,15	0,01191
8’-9’	25	6,4	0,089	0,2	67,52	0,2	518,55	0,05362
13’-14’	40	19,7	0,175	0,16	21,56	0,2	509.68	0,05270
							$\Sigma\ H_{ц.тр.}$	0,22358

Сума втрат напору у водорозбірних і циркуляційних стояках не повинна відрізнятися в різних стояках більше ніж на 10%.

$H^{p}_{под.тр}$ =0,243676 м вод. ст., $H_{цир.тр}$ = 0,22358 м вод. ст.

Нев’язка

$$\delta = \frac{0,243676 - 0,22358}{0,243676} \cdot 100\% = 8,2\% < -10\%,$$

отже діаметри трубопроводів системи гарячого водопостачання підібрані вірно.

Розрахунок нагрівача системи гарячого водопостачання

Тепловий розрахунок нагрівача гарячого водопостачання виконується з метою визначення необхідної поверхні теплообміну, яка забезпечує задану продуктивність та підтримання нормативної температури води. Коректне визначення цієї величини є ключовим для забезпечення стабільного теплового

режиму та ефективного використання енергоресурсів у системі гарячого водопостачання.

Схема обв'язки нагрівачів в індивідуальному тепловому пункті формується з урахуванням співвідношення теплових навантажень на гаряче водопостачання та опалення будинку. Для розглянутого п'ятиповерхового житлового будинку передбачено підключення нагрівачів за одноступеневою паралельною схемою. Така схема дозволяє забезпечити одночасну подачу гарячої води до всіх квартир при мінімальних гідравлічних втратах і дає змогу регулювати тепловий потік відповідно до потреб окремих ділянок системи.

Паралельне підключення нагрівачів забезпечує рівномірний розподіл теплової енергії між водонагрівачами, зменшує ризик перегріву або недостатнього підігріву води, а також дозволяє підтримувати стабільний тиск у системі гарячого водопостачання. Водночас така схема підвищує ефективність використання теплової енергії та сприяє зниженню експлуатаційних витрат на обслуговування системи.

У процесі теплового розрахунку визначають:

необхідну теплову потужність нагрівача;

сумарну поверхню теплообміну;

параметри теплоносія (температуру, витрату);

розрахунковий тиск та втрати напору в системі.

Результати розрахунку є основою для вибору нагрівачів, проектування їх підключення та забезпечення нормативних параметрів гарячого водопостачання у будинку.

Вихідні дані для розрахунку:

Температура води, що нагрівається на вході в водонагрівач $t_c = +5^oC$;

Температура води, що нагрівається на виході з водонагрівача $t_{п1} = +60^oC$;

Температура гріючої води на вході в водонагрівач $t_{1,зл} = +70^oC$;

Температура гріючої води на виході з нагрівника $t_c = +30^oC$;

Максимальна годинна витрата теплоти на гаряче водопостачання

$Q_{hmax} = 259429$ Вт.

Витрата води, яка нагрівається:

$$G_н = \frac{Q_{hmax} \cdot 3{,}6}{c_в \cdot (t_{п1} - t_c)}$$

$$G_н = \frac{259429 \cdot 3{,}6}{4187 \cdot (60 - 5)} = 4056 кг/год$$

Витрата гріючої води, що рухається в трубах:

$$G_г = \frac{Q_{hmax} \cdot 3{,}6}{c_в \cdot (t_{1,зл} - t_{3.зл})}.$$

$$G_г = \frac{259429 \cdot 3{,}6}{4{,}19 \cdot (70 - 30)} = 5576 кг/год$$

Середня температура гріючої води

$$t^г_{сер} = \frac{70 + 30}{2} = 50\ ^oC$$

Відповідно її густина $\rho_г = 988{,}07$ кг/м^3

Середня температура води, що нагрівається:

$$t^н_{сер} = \frac{5 + 60}{2} = 32{,}5\ ^oC$$

Відповідно її густина $\rho_н = 994{,}81$ кг/м^3

Співвідношення кількості ходів для гріючої X_1 та води, яка нагрівається, X знаходиться за формулою:

$$\frac{X_1}{X_2} = \left(\frac{G_{гр}}{G_{нагр}}\right)^{0{,}636} \cdot \left(\frac{\Delta P_{гр}}{\Delta P_{нагр}}\right)^{0{,}364} \cdot \frac{1000 - t^{нагр}_{ср}}{1000 - t^{гр}_{ср}}$$

Для пластинчастого теплообмінника у більшості випадків приймається $\Delta P_{гр} = 40$кПа та $\Delta P_{нагр} = 100$кПа, тоді:

$$\frac{X_Г}{X_н} = \left(\frac{5576}{4056}\right)^{0{,}636} \cdot \left(\frac{40}{100}\right)^{0{,}364} \cdot \left(\frac{1000 - 32{,}5}{1000 - 50}\right) = 0{,}8934$$

Отримане співвідношення ходів не перевищує 2, значить для підвищення швидкості води і, отже, для ефективного теплообміну доцільна симетрична компоновка.

При розрахунку пластинчастого водопідігрівача оптимальна швидкість води в каналах приймається рівною 0,4 м с.

Приймаємо пластинчастий теплообмінник з пластинами типу 0,3р, технічні характеристики якої зведено в таблицю 3.10.

Таблиця 3.10.

Технічна характеристика пластини типу 0,3р

Показник	Значення
Габарити (довжина х ширина х товщина), мм	1370х300х1
Поверхня теплообміну, м2	0,3
Вага (маса), кг	3,2
Еквівалентний діаметр каналу, м	0,008
Площа поперечного перерізу каналу, м2	0,0011
Змочуваний периметр у поперечному перерізі каналу, м	0,66
Ширина каналу, мм	150
Зазор для проходу робочого середовища в каналі, мм	4
Приведена довжина каналу, м	1,12
Площа поперечного перерізу колектору (кутовий отвір на пластині), $м^2$	0,0045
Найбільший діаметр умовного проходу штуцера, що приєднується, мм	65
Коефіцієнт загального гідравлічного опору	$\frac{19,3}{Re^{0,25}}$
Коефіцієнт гідравлічного опору штуцера ζ	1,5
Коефіцієнти: А Б	 0,368 4,5

За оптимальною швидкістю знаходимо необхідну кількість каналів для води, нагрівається, $m_{\text{нагр}}$:

$$m_{\text{нагр}} = \frac{G_1}{\omega_{\text{опт}} f_{\text{к}} \rho_1}$$

де $f_{\text{к}}$ - живий перетин одного міжпластинчастого каналу. Для обраного типу пластини $\mathrm{f_к} = 0{,}0011\,\text{м}^2$, тоді

$$m_{нагр} = \frac{G_{г1}}{\omega_{опт} \cdot \rho_г \cdot f_к} = \frac{5576}{3600 \cdot 0{,}4 \cdot 988{,}07 \cdot 0{,}0011} = 3{,}56$$

Приймаємо 4 канали.

Компоновка водопідігрівача симетрична, тобто $m_{\text{гр}} = m_{\text{нагр}}$. Загальний живий перетин каналів в пакеті по ходу гріючої води та води, що нагрівається:

$$f_{\text{г}} = f_{\text{нагр}} = m_{\text{нагр}} \cdot f_{\text{к}},\ f_{\text{г}} = f_{\text{нагр}} = 4 \cdot 0{,}0011 = 0{,}0044\text{м}^2.$$

Фактичні швидкості гріючої води та води, що нагрівається, м/с

$$\varpi_{\text{гр}} = \frac{G_{\text{гр}}}{3600 \cdot \rho_{\text{гр}} \cdot f_{\text{г}}},\ \varpi_{\text{гр}} = \frac{5576}{3600 \cdot 988{,}07 \cdot 0{,}0044} = 0{,}356\text{м/с}$$

$$\varpi_{\text{нагр}} = \frac{G_{\text{нагр}}}{3600 \cdot \rho_{\text{нагр}} \cdot f_{\text{нагр}}},\ \varpi_{\text{нагр}} = \frac{4056}{3600 \cdot 994{,}81 \cdot 0{,}0044} = 0{,}257\text{м/с}$$

Коефіцієнт тепловіддачі α_1, Вт/(м^2 · К), від гріючої води до стінки пластини визначається як:

$$\alpha_1 = 1{,}163 \cdot A \cdot \left(23000 + 283 \cdot t_{сер}^{гр} - 0{,}63 \cdot t_{сер}^{гр\ 2}\right) \cdot \varpi_{гр}^{0{,}73}$$

$$\alpha_1 = 1{,}163 \cdot 0{,}368 \cdot \left(23000 + 283 \cdot 50 - 0{,}63 \cdot 50^2\right) \cdot 0{,}356^{0{,}73} =$$

$$7168\text{Вт/(м}^2\text{К)}$$

де А - коефіцієнт, що залежить від типу пластин, для типу вибраних пластин *A=0,368.*

Коефіцієнт теплосприйняття α_2, Вт/(м^2 ·К), від стінки пластини до води, що нагрівається приймається за формулою

$$\alpha_2 = 1{,}163 \cdot \text{А} \cdot \left(23000 + 283 \cdot t_{\text{сер}}^{\text{нагр}} - 0{,}63 \cdot t_{\text{сер}}^{\text{нагр}2}\right) \cdot \varpi_{\text{гр}}^{0{,}73}$$

$$\alpha_2 = 1{,}163 \cdot 0{,}368 \cdot \left(23000 + 283 \cdot 32{,}5 - 0{,}63 \cdot 32{,}5^2\right) \cdot 0{,}257^{0{,}73} =$$

$$5011\text{Вт/(м}^2\text{К)}$$

5. Коефіцієнт теплопередачі, Вт / (м^2 · К), визначається як:

$$K = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}}}$$

де β - коефіцієнт, що враховує зменшення коефіцієнта теплопередачі через термічний опір накипу та забруднень на пластині, залежно від якості води приймається рівним β = 0,7-0,85. $\delta_{\text{ст}}$ - товщина стінки пластини, м, приймається з табл.15 та дорівнює $\delta_{\text{ст}}$ = 1 мм = 0,001м. $\lambda_{\text{ст}}$ – коефіцієнт теплопровідності пластини теплообмінника, $\lambda_{\text{ст}}$ =16 Вт/(м·К).

$$K = \frac{0,8}{\frac{1}{7168} + \frac{1}{5011} + \frac{0,001}{16}} = 1992 м^2 \cdot К/Вт$$

Середньологарифмічна різниця температур між гріючим середовищем і середовищем, яке нагрівається:

$$\Delta t_{сер} = \frac{t_б - t_м}{ln\frac{t_б}{t_м}} = \frac{25-10}{ln\frac{25}{10}} = 16,37\ ^oC,$$

Необхідна поверхня нагріву теплообмінника, м^2, визначається за формулою:

$$F_{потр} = \frac{Q_{hmax}}{K \cdot \Delta t_{сер}} = \frac{259429}{1992 \cdot 16,37} = 7,96 м^2$$

Визначаємо кількість ходів у теплообміннику.

$$X = \frac{F_{потр} + f_{пл}}{2mf_{пл}} = \frac{7,96 + 0,3}{2 \cdot 4 \cdot 0,3} = 3,44$$

де $f_{пл}$ - поверхня нагріву однієї пластини, м^2, $f_{пл}$ = 0,3 м^2 .

Приймаємо X = 4 ходи.

Дійсна площа нагрівання всього теплообмінника визначається як.

$$F = (2mX - 1)f_{пл}$$

$$F = (2 \cdot 4 \cdot 4 - 1) \cdot 0,3 = 9,3 м^2.$$

Втрати тиску, кПа, у теплообміннику визначається за формулами:

- для води, що нагрівається:

$$\Delta P_{нагр} = \varphi \cdot Б \cdot \left(33 - 0,08 \cdot t_{сер}^{нагр}\right) \cdot \varpi_{нагр}^{1,75} \cdot X$$

- для гріючої води

$$\Delta P_{гр} = \varphi \cdot Б \cdot \left(33 - 0,08 \cdot t_{сер}^{гр}\right) \cdot \varpi_{гр}^{1,75} \cdot X$$

де ϕ - коефіцієнт, що враховує накипоутворення, який для гріючої мережевої води ϕ = 1, а для води, що нагрівається, повинен прийматися за дослідними даними, за відсутності таких даних можна приймати ϕ=1,5-2. Б - коефіцієнт, що залежить від типу пластини, приймається за табл. 3.

$$\Delta P_{нагр} = 1,5 \cdot 4,5 \cdot (33 - 0,08 \cdot 32,5) \cdot 0,257^{1,75} \cdot 4 = 76,33 кПа$$

$$\Delta P_{гр} = 1 \cdot 4,5 \cdot (33 - 0,08 \cdot 50) \cdot 0,356^{1,75} \cdot 4 = 131,16 кПа$$

В якості теплообмінника для системи гарячого водопостачання приймаємо теплообмінник розбірної конструкції (Р) з пластинами типу 0,3 р, товщиною 1 мм, на консольній рамі (виконання 1К), в корозійно-стійкому виконанні, матеріал пластин та патрубків - сталь 12Х18Н10Т (виконання 01), матеріал прокладки - гума ІРП 1225 (виконання 4). Поверхня нагрівання – 9,3 м^2. Умовне позначення такого апарату буде виглядати Р 0,3р-1-9,3-1К-01-4, його габарити 650х400х1665мм.

Підбір баку-акумулятора

Вихідними даними визначення об'єму бака-акумулятора є:

максимальна температура води в баку-акумуляторі, ^{o}C ,

мінімальна температура води на виході з бака акумулятора, ^{o}C,

середньогодинна витрата теплоти на гаряче водопостачання Q_{hm}= 60516 Вт,

- безрозмірний добовий графік споживання гарячої води.

Припустимо, що безрозмірний графік споживання гарячої води має вигляд (рис.3.2.)

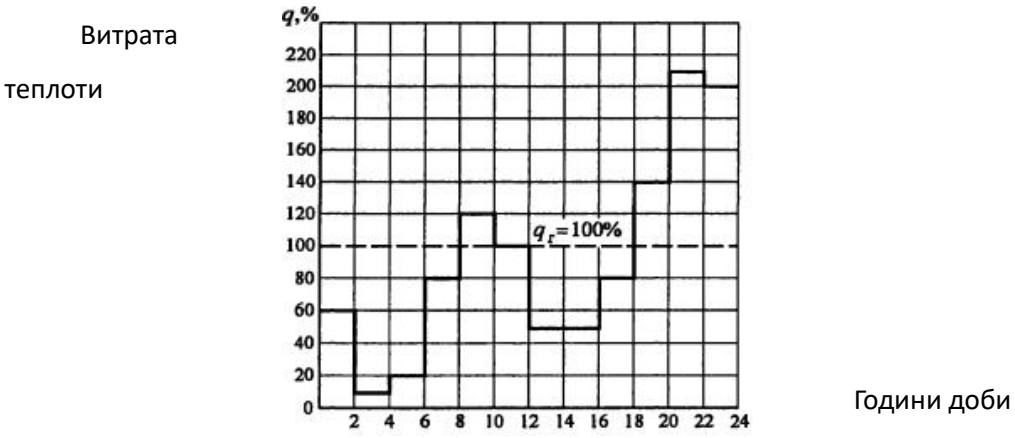


Рис. 3.2. Графік витрати теплоти за годинами доби

На основі рис.5. визначаємо витрати теплоти системою гарячого водопостачання за годинами доби та будуємо добовий графік витрати теплоти за годинами доби. Результати розрахунку зведені у табл.3.11.

Таблиця 3.11.

Розрахунок споживання та подачі теплоти системою гарячого водопостачання за добу

Період доби	Споживання (витрати) теплоти n, %, від середнього теплового потоку	$Q_T^h \cdot n/100$, Вт	$\Sigma Q_T^h \cdot n/100$, Вт	Подача теплоти, Вт	Різниця між подачею та споживанням теплоти А, Вт
0 – 2	60	36310	36310	56482	20172
2 - 4	10	6052	42361	112963	70602
4 - 6	20	12103	54464	169445	114980
6 – 8	80	48413	102877	225926	123049
8 – 10	120	72619	175496	282408	106912
10 – 12	**100**	60516	236012	338890	102877
12 – 14	50	30258	266270	395371	129101
14 – 16	50	30258	296528	451853	155324
16 - 18	80	48413	344941	508334	**163393**
18 - 20	140	84722	429664	564816	135152
20 - 22	210	127084	556747	621298	64550
22 - 24	200	121032	677779	677779	0

Добовий графік витрати (споживання) теплоти системою гарячого водопостачання наведено на рис.3.3.

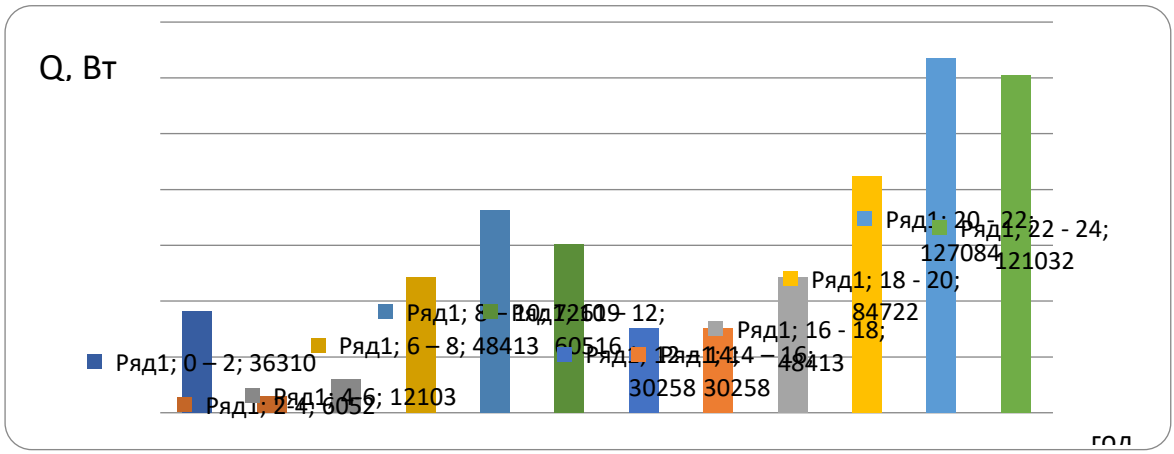


Рис. 3.3. Добовий графік витрати (споживання) теплоти системою гарячого водопостачання

Використовуючи дані добового графіка, будуємо інтегральний графік споживання та подачі теплоти, графічне зображення якого представлено на рис.3.4.

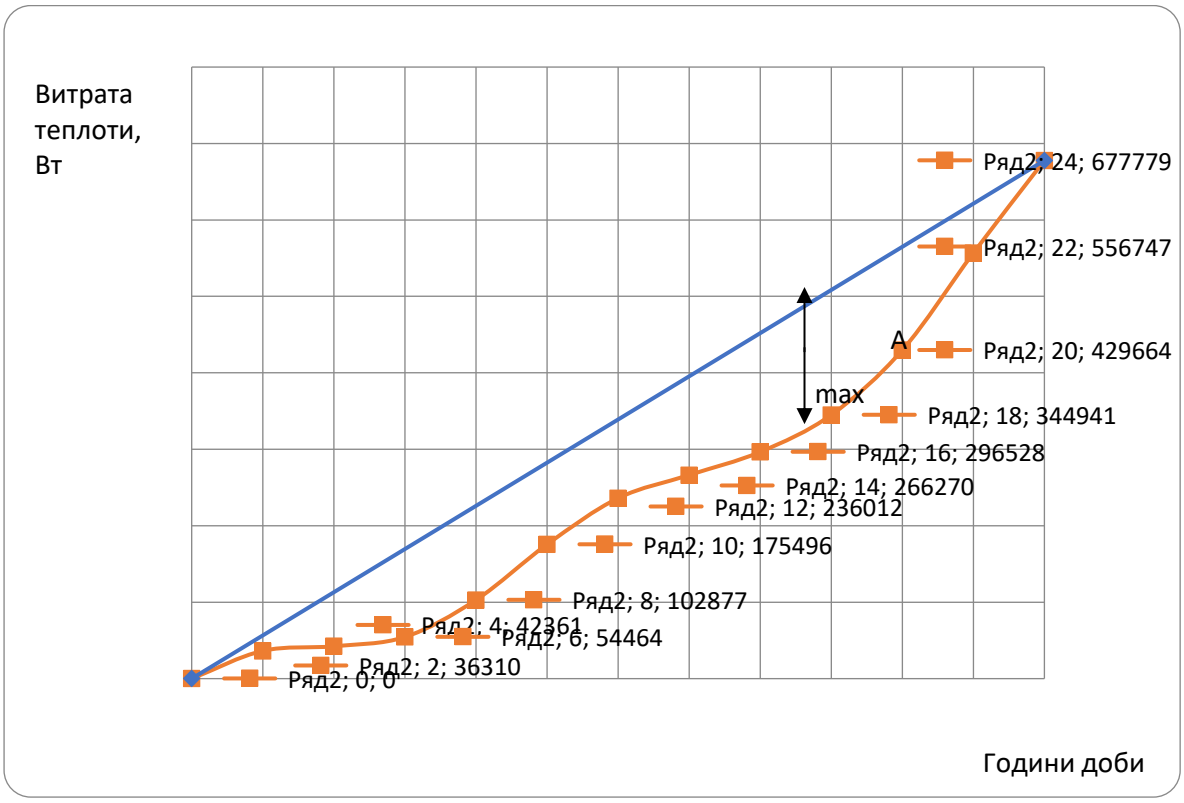


Рис. 3.4. Інтегральний графік споживання та подачі теплоти.

Об'єм баку-акумулятора визначається за формулою, м^3:

$$V_{БА}^{потр} = \frac{1{,}1 \cdot 3{,}6 \cdot A_{max}}{c \cdot \rho \cdot (t_г - t_c)},$$

де A_{max} – необхідний запас теплоти в баку акумуляторі, Вт, максимальна різниця між подачею та споживанням теплоти. с – теплоємність води, с = 4,187 кДж/(кг · град); $t_г$, t_c - відповідно температура гарячої та холодної води в баку-акумуляторі, °С. Приймається $t_г = 55^o C$, а $t_c = 5^o C$. ρ - середня густина води, кг/м^3, для значення середньої температури води 30°С ρ=995,67кг/м^3

$$V_{БА}^{потр} = \frac{1{,}1 \cdot 3{,}6 \cdot 163393}{4{,}19 \cdot 985{,}73 \cdot (55-5)} = 5{,}22 м^3$$

Приймаємо до встановлення 2 баки акумулятора з потужністю по 50% кожен.

За каталогами приймаємо 2 баки-акумулятори гарячої води ВТН-3 фірми Теплобак, об'ємом 3 м^3 кожен.

Підбір лічильника холодної води

При закритій системі теплопостачання лічильники для води необхідно встановлювати тільки на системі холодного водопостачання. Діаметр умовного проходу лічильника вибирають за середньогодинною витратою води за добу максимального водоспоживання q_T^h, яка не повинна перевищувати експлуатаційну витрату водоміра.

Для витрати гарячої води $q^h = 4{,}35 \frac{м^3}{год}$ приймаємо лічильник холодної води серії WM-2,5, який має такі характеристики:

- діаметр умовного проходу d_o = 20 мм,
- номінальну витрату - 2,5 м^3/год,
- максимальна об'ємна витрата - 5 м^3/год,
- мінімальна об'ємна витрата - 0,015 м^3/год,
- Довжина – 190 мм
- Маса – 1,6 кг

Втрати напору у водомірі при секундній витраті води, м вод.ст., визначаються за формулою:

$$H_f = S \cdot q^2$$

де q – розрахункова витрата води, л/с. $q^h = 4{,}35 \frac{м^3}{год} \div 3{,}6 = 1{,}21 л/с$

S – гідравлічний опір лічильника, м·(м^3/год).

$$H_f = 0{,}4 \cdot 1{,}21^2 = 0{,}58 \, мвод.ст.$$

Розрахунок та підбір насосного обладнання

Підвищувальні насоси

Підвищувальні насоси підбираються за розрахунковою витратою гарячої води q^h та напору.

Потрібний напір для режиму водозабору визначається як сума втрат напору, м вод.ст.:

$$H^{\text{потр}} = H_{geom} + \sum H_{l,tot} + H_f + h + H_{\text{ВП}}$$

H_{geom} - геометрична висота подачі води, м, від осі насосу до найвище розташованого санітарного приладу, м; H_{geom}= 20,2 м вод.ст. $\sum H_{l,tot}$ - сума втрат напору на розрахункових ділянках подавального трубопроводу системи гарячого водопостачання, м; H_f - втрати тиску у водомірі, м. $h = 2 мвод. ст.$ - вільний напір санітарно-технічного приладу; $H_{ВП}$ - втрати напору у трубках водонагрівача, м. $\Delta P_{нагр}$ =76,33 кПа, тоді $H_{ВП}$ =76330/9,81/985,73 = 7,89 м вод.ст.

$$H^{потр} = 20,2 + 6,24 + 0,58 + 2 + 7,89 = 36,91 мвод. ст.$$

Потрібний напір підвищувальних насосів визначається за формулою:

$$H_p = H^{потр} - H_g = 36,91 - 17,58 = 19,33 м\ вод. ст.$$

H_g - найменший гарантований напір в зовнішній водопровідній мережі. Приймається відповідно до завдання.

За H_p = 19,33 м вод. ст. та q^h =4,35 м3/год приймаємо підвищувальну установку марки CMB-SP 5-47 I-C-A-C-B-A фірми Grundfos.

Циркуляційні насоси

Напір циркуляційних насосів, м, визначається за формулою:

$$H_{ц.н.} = H_{ц.тр.} + \left(\frac{\chi \cdot q^{h,cir} + q^{cir}}{q^{cir}} \right)^2 \cdot \sum H_{l,tot}^{cir}$$

де $H_{ц.тр.}$ - втрати напору в циркуляційних трубопроводах при циркуляційному режимі, м; χ – доля залишкового водозабору. Для будинків довжиною до 60 м χ = 0,15, для будинків довжиною до 150 м χ = 0,2...0,3. $\sum H_{l,tot}^{cir}$ - втрати напору в подавальних трубопроводах при циркуляційних витратах, м.

$$H_{ц.н.} = 0,22358 + \left(\frac{0,15 \cdot 4,35 + 0,175}{0,175} \right)^2 \cdot 0,243676 = 5,62 м\ вод. ст.$$

За значеннями $H_{ц.н.}$ = 5,62 м вод. ст. та q^{cir} = 0,175 л/с = 0,63 м3/год приймаємо циркуляційний насос ALPHA3 25-60 180 фірми Grundfos.

3.3. Система вентиляції

У житлових будівлях влаштовують витяжну вентиляцію з верхньої зони приміщень кухонь, санітарних вузлів, ванних і душових кімнат. Вентиляція в житловій частині будівлі передбачаена з природним спонуканням. Для житлових будівель проектуємо витяжну вентиляції за допомогою витяжних каналів.

Витрату повітря приймаємо для кухні = 72 м^3/год; ванної = 54 м^3/год; туалету = 36 м^3/год.

Підбір решіток здійснюємо за умови, що швидкість в них становить 0,5 – 1 м/с. Результати підбору заносимо до таблиці:

Таблиця 3.12.

Підбір витяжних решіток

№ приміщення	Назва приміщення	Кількість решіток	Розрахункова витрати м^3/год	Прийнята швидкість м/с	Потрібна площа, м^2	Розмір решіток	Фактична площа живого перерізу, м^2	Дійсна швидкість, м/с
202-502	Кухня	9	72	1	0,02	ВЕНТС ОНГ 400х100	0,021	0,95
105-505	Кухня	9	72	1	0,02	ВЕНТС ОНГ 400х100	0,021	0,95
111-511	Кухня	9	72	1	0,02	ВЕНТС ОНГ 400х100	0,021	0,95
114-514	Кухня	9	72	1	0,02	ВЕНТС ОНГ 400х100	0,021	0,95
117-517	Ванна	9	54	1	0,015	ВЕНТС ОНГ 300х100	0,015	1,0
118-518	Туалет	9	36	1	0,01	ВЕНТС ОНГ 200х100	0,01	1,0
119-519	Туалет	9	36	1	0,01	ВЕНТС ОНГ 200х100	0,01	1,0
120-520	Ванна	9	54	1	0,015	ВЕНТС ОНГ 300х100	0,015	1,0
121-521	Ванна	9	54	1	0,015	ВЕНТС ОНГ 300х100	0,015	1,0
122-522	Туалет	9	36	1	0,01	ВЕНТС ОНГ 200х100	0,01	1,0
123-523	Туалет	9	36	1	0,01	ВЕНТС ОНГ 200х100	0,01	1,0
124-524	Ванна	9	54	1	0,015	ВЕНТС ОНГ 300х100	0,015	1,0

Підбір витяжних каналів здійснюємо з умови що швидкість в них становить 1 – 1,5 м/с. Результати підбору для обох секцій заносимо до таблиць

Таблиця 3.13.

Підбір витяжних каналів

№ приміщення	Назва приміщення	Номер каналу	Розрахункова витрата м³/год	Прийнята швидкість, м/с	Необхідна площа каналу м²	Розміри каналу	Фактична площа каналу, м²	Дійсна швидкість в каналі м/с
202-502	Кухня	ВК-1	504	1,5	0,093	400x250	0,1	1,40
105-505	Кухня	ВК-2	504	1,5	0,093	400x250	0,1	1,40
111-511	Кухня	ВК-3	504	1,5	0,093	400x250	0,1	1,40
114-514	Кухня	ВК-4	504	1,5	0,093	400x250	0,1	1,40
117-517	Ванна	ВК-5	378	1,5	0,070	400x200	0,08	1,31
118-518	Туалет	ВК-6	252	1,5	0,047	350x150	0,0525	1,33
119-519	Туалет	ВК-7	252	1,5	0,047	350x150	0,0525	1,33
120-520	Ванна	ВК-8	378	1,5	0,070	400x200	0,08	1,31
121-521	Ванна	ВК-9	378	1,5	0,070	400x200	0,08	1,31
122-522	Туалет	ВК-10	252	1,5	0,047	350x150	0,0525	1,33
123-523	Туалет	ВК-11	252	1,5	0,047	350x150	0,0525	1,33
124-524	Ванна	ВК-12	378	1,5	0,070	400x200	0,08	1,31

3.4. Система газопостачання

Визначення фізико-хімічних та теплотехнічних показників газу

Відомості про фізико-хімічні властивості природного газу, що подається на газорозподільну станцію м. Харків, наведено в таблиці 3.14. Для заданого компонентного складу газу визначено та узагальнено основні характеристики його складових, зокрема густину компонентів за нормальних умов, нижчу та вищу теплоту згоряння горючих компонентів. Зазначені параметри систематизовано та подано у таблиці 3.14, що використовується як вихідна база для подальших теплотехнічних і гідравлічних розрахунків систем газопостачання.

Таблиця 3.14

Характеристики компонентів горючого газу,

Компоненти газу	Склад газу(%об,.)	Q_H, кДж/м^3	Qв, кДж/м^3	ρ, кг/м^3
метан	94	35840	39860	0,7168
етан	3,0	63730	70420	1,3566
пропан	2,0	93370	101740	2,019
бутан	1,0	123770	133980	2,703
азот	1,0	---------	---------	1,2505

На основі заданого складу газу і густин його компонентів при н.у. за правилом змішування визначено середню густину газової суміші за формулою:

$$\rho_o = 0,01(\nu_1\rho_1+\nu_2\rho_2+\nu_3\rho_3+ \dots +\nu_n\rho_n),\ кг/м^3;$$

де, ρ_1, ρ_2, $\rho_3 \dots \rho_n$ – густина горючих і негорючих компонентів газу при н.у., кг/м^3; ν_1, ν_2, $\nu_3 \dots \nu_n$ – об'ємний вміст компонентів газу, %;

$$\rho_o = (0,7168\cdot0,94+1,3566\cdot0,03+2,019\cdot0,02+2,703\cdot0,01+1,2505\cdot0,01)=0,794 кг/м^3;$$

Визначаємо відносну густину газу за формулою:

$$\rho = \rho_0 /1,293 = 0,794/1,293 = 0,61\ ;$$

де 1,293 – густина повітря при нормальних умовах, кг/м^3; ρ_{oi}- густини горючих і негорючих компонентів газу при н.у. кг/м^3;

Нижча $Q^c_н$ і вища $Q^c_в$ теплота згорання сухого газу визначаються за формулами:

$$Q^c_н = 0,001\ (Q^c_{н1}\cdot\nu_1 + Q^c_{н2}\cdot\nu_2 + Q^c_{н3}\cdot\nu_3 + \dots + Q^c_{нn}\cdot\nu_n),\ кДж/м^3;$$

$$Q^c_в = 0,001\ (Q^c_{в1}\cdot\nu_1 + Q^c_{в2}\cdot\nu_2 + Q^c_{в3}\cdot\nu_3 + \dots + Q^c_{вn}\cdot\nu_n),\ кДж/м^3;$$

де $Q^c_{н1} \dots Q^c_{нn}$; $Q^c_{в1} \dots Q^c_{вn}$ - відповідно нижча та вища теплоти згорання горючих компонентів газу.

$$Q^c_н = (35840\times0,94+63730\times0,03+93370\times0,02+123770\times0,01)=38706,6 кДж/м^3;$$

$$Q^c_в = (39860\times0,94+70420\times0,03+101740\times0,02+133980\times0,01) = 42955,2\ кДж/м^3;$$

Число Воббе:

$W^{н}_{о} = Q^{с}_{н} / 1000 \sqrt{\rho} = 38706 / 1000 \sqrt{0,61} = 33,5$ МДж/м^3;

$W^{в}_{о} = Q^{с}_{в} / 1000 \sqrt{\rho} = 42955,2 / 1000 \sqrt{0,61} = 30,2$ МДж/м^3;

Визначення розрахункових годинних витрат газу

Підбір обладнання (Варіант 1)

В кухнях квартир встановлені газові плити ПГ-4 Плита газова HANSA FCGW64022, теплова потужність котрих становить Q_1=11,165 кВт. Підбираємо плити з максимально високим ккд і обладнані автоматикою газ-контролю.

Кількість газових конфорок	4шт
Перша конфорка	3000 Вт, 94 мм
Друга конфорка	1750 Вт, 69 мм
Третя конфорка	1750 Вт, 69 мм
Четверта конфорка	1000 Вт, 46 мм
Ширина	60см
Висота	85см
Глибина	60см

Лічильник газу ELSTER BK-G1,6M

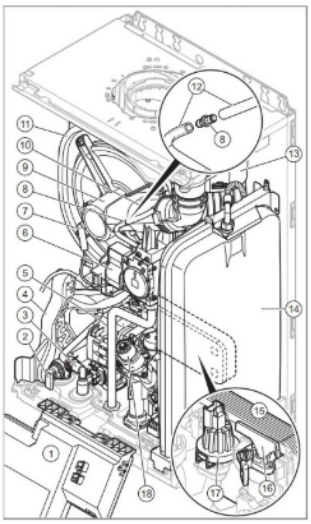
ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИЛАДУ	
Qnom, м^3/г	1,6
Qmax, м^3/г	2,5
Qmin, м^3/г	0,016
Циклічний об'єм (V), дм^3	1.2
Максимальний робочий тиск (P max), кПа	50
Диаметр штуцерів	3/4", 1" або 1 1/4"
Габаритні розміри В х Ш х Г, мм	220х197х 163
Міжосьова відстань, мм	110
Вага, кг	1,9
Гарантийный термін, років	1
Міжповірочний інтервал, років	8
Повний термін служби, років	25

Підбір обладнання (Варіант 2)

В кухнях квартир встановлені газові плити ПГ-4 Плита газова HANSA FCGW64022, теплова потужність котрих становить Q_1=11,165 кВт. Підбираємо плити з максимально високим ккд і обладнані автоматикою газ-контролю.

Кількість газових конфорок	4шт
Перша конфорка	3000 Вт, 94 мм
Друга конфорка	1750 Вт, 69 мм
Третя конфорка	1750 Вт, 69 мм
Четверта конфорка	1000 Вт, 46 мм
Ширина	60см
Висота	85см
Глибина	60см

Встановлюємо КГ Protherm Puma Condens 18/24 MKV-AS/1 - настінний конденсаційний двоконтурний газовий котел з примусовою тягою та камерою згоряння закритого типу, призначений для опалення та забезпечення ГВП квартир, приватних будинків та дач. Котел володіє простим і зрозумілим будь-якому користувачеві управлінням, при його виробництві використовувалися тільки якісні та надійні матеріали та комплектуючі, а також сучасні технології, що гарантують високу ефективність, економічність та функціональність .



1. Розподільча коробка
2. Запобіжний клапан опалення
3. Зворотній клапан
4. Сифон для конденсату
5. Насос
6. Газова арматура
7. Електрод розпалювання і контрольний електрод
8. Вставка дроселя напірної труби
9. Пальник
10. Трубка Вентурі
11. Теплообмінник
12. Напірна труба газової арматури
13. Вентилятор
14. Розширювальний бак
15. Пластинчатий теплообмінник гарячої води
16. Датчик об'ємної витрати гарячої води
17. Датчик тиску
18. Пріоритетний клапан

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Тип котла	Конденсаційний
Тип димоходу	Турбований
Кількість контурів	Двоконтурний (опалення + ГВП)
Спосіб встановлення	Настінний
Тип камери згоряння	Закрита
Тип теплообмінника	Монотермічний (роздільний)
Тип розпалювання	Електронний (автоматичний)
Керування	Електронне
Теплова потужність, кВт	24
Матеріал теплообмінника	Основний - нержавіюча сталь, вторинний - нержавіюча сталь
ККД	107.8 %
Діаметр димоходу	60/100 мм, 80/125 мм, 80/80 мм
Підключення до електромережі	230 В, 50 Гц
Споживання електроенергії	90 Вт
Об`єм розширювального бака	8 л
Продуктивність контуру ГВП	11 л/хв (при ΔT = 30 °C)
Підключення газу	1/2"
Підключення до системи ГВП	3/4"
Підключення до системи опалення	3/4"
Мін./Макс. температура опалення	30 - 75 °C
Мін./Макс. температура ГВП	35 - 55 °C
Тиск газу на вході	13 - 20 мбар
Номінальна витрата газу	2.54 м³/год
Площа обігріву, м²	240
Габаритні розміри	626 x 400 x 270 мм
Вага	25.6 кг
Країна виробник	Словаччина

Лічильник газу ELSTER BK-G4M

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИЛАДУ	
Qnom, м^3/г	4
Qmax, м^3/г	6
Qmin, м^3/г	0,016
Циклічний об'єм (V), дм^3	1.2
Максимальний робочий тиск (P max), кПа	50
Диаметр штуцерів	3/4", 1" або 1 1/4"
Габаритні розміри В х Ш х Г, мм	220х197х 163
Міжосьова відстань, мм	110
Вага, кг	1,9
Гарантийный термін, років	1
Міжповірочний інтервал, років	8
Повний термін служби, років	25

Розрахункова годинна витрата газу для окремих житлових та громадських будинків визначається за формулою:

$$Q_d^h = \sum k_{sim} \times q_{ном} \times n_i,$$

Де k_{sim} - коефіцієнт одночасності дії приладів який залежить від кількості квартир і типу газових приладів;

$q_{ном}$ - номінальна витрата газу приладом або групою приладів, м³/год; (розраховується за технічними характеристиками приладів);

n_i - число однотипних приладів або груп приладів , шт.

Номінальна витрата газу приладом визначається за залежністю:

$$q_{nom} = Q_м \times 3.6 / Q_н^c, \text{ м}^3/\text{год};$$

де $Q_м$ - номінальне теплове навантаження газового приладу, кВт,

Для заданих приладів виписуємо номінальне теплове навантаження :

- ✓ ПГ-4 : $Q_м$=9,4 кВт;
- ✓ КГ : $Q_м$=24 кВт;

Визначаємо розрахункові витрати газу даними приладами :

-ПГ-4 : $q_{пот}^{ПГ-4}$= (9,4 ×3600)/ 38706,6 =0,9 м³/год;

- КГ: $q_{пот}^{КГ}$= (24 ×3600)/ 38706,6 =2,3 м³/год.

Номінальна витрата газу в квартирі:

$$Q_d^h = q_{ном}^{ПГ-4} + q_{ном}^{КГ} = 0,9 + 2,3 = 3,2 \text{ м}^3/\text{год};$$

Номінальна витрата газу в квартирі:

$$Q_d^h = 0,235 \times 0,9 \times 20 + 0,85 \times 2,3 \times 20 = 43,3 \text{ м}^3/\text{год};$$

По номінальній витраті газу підбираємо лічильник газу типу G 4,0

1. Витрата газу:
   - ✓ min-0,04 м³/год
   - ✓ max-6,0 м³/год
   - ✓ номінальна-4,0 м³/год;
2. Максимальна витрата тиску при V_{max} = 150,0 Па
3. Робочий тиск, кПа=50 (100)
4. Діапазон температур : -20.....+50
5. Термін експлуатації - 20 років
6. Розміри, мм - 190×156×214
7. Маса, кг -1,45

Подальший розрахунок зводимо в таблицю 3.15:

Таблиця 3.15

Розрахункові витрати газу

№ ділянки	Номінал, витрата газу ΣV $м^3$/год	Кількість квартир, N, шт	Коефіцієнт k_{sim}	Розрахункова витрата газу $ΣV_р$ $м^3$/год.	Геометрична довжина $L_г$, м	Надбавка α %	Розрахункова довжина $L_р$ м	Умовний діаметр $d_у$, мм	Питома втрата тиску R, Па/м	Втрата тиску ΔP Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10-11	64	20	0,28	17,92	5,4	25	6,75	76	0,35	2,4
9-10	32	10	0,34	10,88	9,5	25	11,88	40	1,3	15,4
8-9	16	5	0,40	6,40	28,5	25	35,63	40	1,6	57,0
7-8	16	5	0,40	6,40	1,0	20	1,20	40	1,6	1,9
6-7	12,8	4	0,43	5,50	3,3	20	3,96	25	3,5	13,9
5-6	9,6	3	0,48	4,61	3,3	20	3,96	25	2,2	8,7
4-5	6,4	2	0,56	3,58	3,3	20	3,96	20	3,5	13,9
3-4	3,2	1	0,70	2,24	3,3	20	3,96	20	1,5	5,9
2-3	3,2	1	0,70	2,24	1,5	450	8,25	20	1,5	12,4
1-2	0,9	1	1,0	0,90	1,8	450	9,9	15	1,7	16,8
Всього							89,5			148,3

Конструювання і опис системи газопостачання житлового будинку

Газопостачання житлових і громадських будинків дозволяється здійснювати від мережі газопроводів низького та середнього тиску, при цьому максимальний робочий тиск на ввідних газопроводах не повинен перевищувати 3000 Па.

Основні елементи системи газопостачання будинків – це відгалуження від розподільчих газопроводів, ввідні і внутрішні газопроводи. Газопроводи, що прокладаються в середині будинку необхідно проектувати зі сталевих водогазопровідних труб, а газопроводи вводи з електрозварник.

Газові побутові прилади необхідно приєднувати до газопроводів жорсткими з'єднаннями або гнучкими шлангами.

Житлові будинки до 5 поверхів дозволяється обладнувати водонагрівачами і опалювальними пристроями при наявності відособлених димових каналів.

Газові побутові плити дозволяється встановлювати в кухнях житлових будинків висотою не менше 2,2 м, які мають вікно з кватиркою (фрамугою), витяжний вентиляційний канал. Внутрішній об'єм приміщення кухні визначає встановлення певного типу газової плити, а саме в даній роботі V = 27,0 м^3 - ПГ-4. При розміщенні в кухні газової плити і опалювального пристрою об'єм кухні повинен бути на 6,0 м^3 більше мінімально допустимого об'єму (15 м^3), а саме 21 м^3, тобто умова виконана. Для забезпечення необхідного повітрообміну в кухні передбачають наявність природної припливної - витяжної вентиляції: приплив повітря - через вікно (фрамугу) або решітку у нижній частині дверей або стіни, яка межує з сусіднім приміщенням, або щілину між дверима і підлогою площею перерізу не менше 0,02 м^2; видалення повітря - через вентиляційний канал.

Відведення продуктів спалювання від водонагрівачів і опалювальних пристроїв необхідно виконувати від кожного приладу по окремому димовідвідному каналу. Приєднання водонагрівачів і опалювальних пристроїв до димовідвідних каналів передбачають трубами з покрівельної сталі або гнучкими стальними рукавами з сумарною довжиною не більше трьох метрів і нахилом не менше 0,01 в бік приладу. На під’єднаннях можна передбачити не більше трьох поворотів.

Димовий канал слід виконувати з цегли випаленої, червоної та в деяких випадках з азбестоцементних та гончарних труб. Встановлювати на димовідвідних каналах зонти і дефлектори заборонено.

Облік газу в житлових будинках

Для визначення об’ємної виграти використаного газу в житлових та громадських будинках застосовуються об'ємні побутові газові лічильники. Як правило газовий лічильник встановлюють на вводі газопроводу в будинок (квартиру). Згідно з вимогами мінімальні відстані від лічильника повинні становити;

- 0,8 м по горизонталі у просвіті до пальників відкритого вогню;
- 0,8 м по горизонталі у просвіті до тепло ізольованих димовідвідних каналів;
- 0,6 м по горизонталі у просвіті до закритих опалювачів (водонагрівачів, котлів, печей);
- 0,5 м по горизонталі у просвіті до приладів і труб опалення;
- 0,35 м по горизонталі у просвіті до комунікацій електропостачання, зв'язку, радіомовлення;
- 1,6 м по вертикалі від підлоги до низу лічильника.

Газовий лічильник встановлюють в місцях, які виключають можливість пошкодження його при відкриванні дверей, вікон. Лічильник може бути розміщений в спеціальній шафі на зовнішніх стінах житлових будинків або окремо стоячих опорах. Шафа повинна маги природну вентиляцію. Лічильник можна розташувати в одній шафі з КБРТ.

В даній роботі використовується лічильник G 4.0, який встановлений з усіма переліченими вище вимогами.

3.4.6. Гідравлічний розрахунок газопроводів-вводів і внутрішніх газопроводів низького тиску

Гідравлічний розрахунок газопроводів проводимо методом питомих втрат тиску. Розрахункові втрати тиску для газопроводів-вводів і внутрішніх газопроводів приймаються і для житлових та громадських будинків становлять 60 даПа.

По аксонометричній схемі від першої і до останньої ділянки визначаємо довжину ділянок і проводимо розрахунок. Визначаємо типи місцевих опорів та підраховуємо їх коефіцієнти. Визначаємо еквівалентні довжини газопроводів при $\sum\xi=1$. Далі обчислюємо еквівалентні довжини при $\sum\xi$ та знаходимо розрахункові довжини ділянок і заносимо в таблицю 20.

Вираховуємо втрати тиску на ділянках і гідростатичний тиск, який виникає внаслідок різниці густин газу та повітря за формулою :

$$\Delta P_г = \pm h \times g\ (\rho_{пов} - \rho_г),\ Па.$$

де h – різниця геометричних відміток початок і кінець ділянки газопроводу, м;

$\rho_г$, $\rho_{пов}$ - густина газу і повітря, кг/м^3; g – прискорення сили тяжіння, м/с^2.

Для природного газу , при русі його в газопроводі вверх значення $\Delta P_г$ приймають із знаком (-), а при русі вниз – із знаком (+).

Сумарні втрати тиску на розрахунковій ділянці газопроводу становлять:

$$\Delta P_д = \Delta P_л + \Delta P_м \pm \Delta P_г, \text{ Па}$$

де $\Delta P_л$ - втрати тиску на тертя (лінійні).

$\Delta P_г$ = 13,2·9,81(1,21 -0,73) = 62,2 Па.

Після цього визначаємо сумарні втрати тиску на розрахунковій магістралі і перевіряємо, чи не перевищують вони допустимих:

Втрати тиску газу у підводках останнього приладу ПГ-4 = 40 Па;

Втрата тиску у газовому лічильнику G 4,0 = 150 Па;

$\Sigma\Delta P$ =148,3 + 40 + 150 – 62,2 =275,8 Па

$\Delta p_Р > \sum\Delta p$,(600>275,8) Па.

3.4.7. Розрахунок процесу горіння газу

Метою розрахунку є кількісне визначення, для заданого складу газу, повітря та продуктів горіння. Ці показники горіння розраховують за реакціями горіння компонентів горючої суміші (стехіометричні рівняння). Розраховують на 100м^3 газу і всі об’єми відносять до нормальних умов.

Якщо врахувати, що 1 кмоль газу при н.у. займає приблизно однаковий об’єм, то узагальненне рівняння має такий вигляд:

$$C_mH_n + (m+n/4)\cdot(O_2 + 3{,}76\cdot N_2) = m\cdot CO_2 + n/2\cdot H_2O + (m+n/4)\cdot 3{,}76\cdot N_2;$$

де: m,n – число атомів і водню в молекулі.

Кількість вологи, що внесено з повітрям:

$$W = d\times V_o/1000\times\rho = 10\times 10{,}06/1000\times 0{,}804 = 0{,}125 \text{ м}^3/\text{м}^3;$$

де: d – вологовміст повітря при 0°С, г/м^3; ρ – густина водяної пари при 0°С, г/м^3.

Результати розрахунків наведено у табл..22

Таблиця 3.16.

Розрахунок процесу горіння газу

	кількість компоненту	Рівняння реакції			Витрата повітря,м^3			Вихід продуктів горіння,м^3				
					O_2	N_2	Всього	CO_2	H_2O	N_2	O_2	Всього
CH_4	94	CH4+2O2=CO2+2H2O			188	706,88	894,88	94	188	706,88	….	988,88
C_2H_6	3	C2H6+3,5O2=2CO2+3H2O			10,5	39,48	33,3	9	27	39,48	…..	75,48
C_3H_8	2	C3H8+5O2=3CO2+4H2O			10	37,6	47,6	8	32	37,6	…..	77,6
C_4H_{10}	1	C4H10+6,5O2=4CO2+5H2O			6,5	24,44	30,94	5	25	24,44	….	54,44
N_2	1									1		1
Волога у повітрі												
Всього	100				215	808,4	1006,72	116	272	808,4		1196,4
Всього при α=1,5					322,5	1212,6	1510,08			1212,6	322,5	1794,6
Кількість надлишко-вого вологого повітря												
Всього при α=2,5					537,5	2021	2516,8	116	272	2021	537,5	2991

Проектування газопальникового пристрою

Цей розрахунок проводиться з метою визначення необхідних кількостей газу та повітря для роботи газовогопальникового пристрою в нормальному режимі. Для розрахунку необхідні наступні дані , приймаємо з попередніх розрахунків:

- теплова потужність пальника - $Q_{ном}$=1,9 кВт;
- нижча розрахункова теплота горіння газу - $Q_н^р$=38,7 МДж/ м^3;
- густина газу - ρ =0,794 кг/м^3;
- тиск газу на виході з мережі - $P_н$=2000 Па;
- необхідна кількість повітря для горіння газу V_0=9,81 м^3 / м^3.

Теплопродуктивність пальника:

$$Q_п = Q_{ном} * \eta = 1,9 * 0,56 = 1,06$$

Номінальна витрата газу пальника:

$$V_г = (3,6 \times Q_{ном}) / Q_н^c = 3,6 \times 1,9 / 38,7 = 0,176 \text{ м}^3/\text{год};$$

3.Теоретично необхідна кількість повітря для спалювання 1 м^3 газу:

$$V_0 = \frac{1,13 * Q_н^c}{4,187} = \frac{1,13 * 38,7}{4,187} = 10,4 \text{ м}^3 / \text{м}^3.$$

Для всієї кількості газу

$$\sum V_0 = \cdot V_0 \cdot Vp = 10,4 \times 0,176 = 1,8 \text{ м}^3/\text{год};$$

Витрата первинного повітря:

$$V_o' = \alpha' \cdot \sum Vo = 0,5 \times 0,176 = 0,35 \text{ м}^3/\text{год};$$

де α′ - коефіцієнт первинного повітря (для атмосферних пальників α′ = 0,45- 0,7.

Об'єм продуктів спалювання:

$$V_{п.с.} = V_г(1 + \alpha' V_0) \text{ м}^3/\text{год};$$

$$V_{п.с} = 0,176 \times (1 + 1,4 \times 10,4) = 4,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

де α - коефіцієнт надлишку повітря .

Швидкість виходу газу із сопла пальника:

$$W_г = \varphi \times \sqrt{(2 \cdot P_1 / \rho_г)} = 0,8 \sqrt{(2 \cdot 2000 / 0,61)} = 64,7 \text{ м/с};$$

де φ-коефіцієнт нерівномірності розподілу швидкості потоку газу по площі сопла, приймаємо 0,8,

P_1 - перепад тиску в газопроводі перед соплом, Па;

Обчислюємо площу поперечного січення сопла пальника:

$$F_c = V_г / (3600 \times W_г) = 0,176 / (3600 \times 64,7) = 0,75 \times 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Обчислюємо діаметр сопла:

$$d_c = \sqrt{\frac{Fc}{0,785}} = \sqrt{\frac{0,75 \cdot 10^{-6}}{0,785}} = 0,00095 \text{ м} = 0,95 \text{мм};$$

Обчислюємо діаметр горловини :

$$d_г = d_c \times \sqrt{(1 + V_0)} \times (1 + V_0 \times S)), \text{ м};$$

де S –коефіцієнт інжекції; ρ - густина повітря, кг/м^3;

$S = \rho_{пов} / \rho_г = 1,293 / 0,794 = 0,61$

$$d_г = 0,00095 \cdot \sqrt{(1 + \cdot 10,4) \bullet (1 + \cdot 10.4 \cdot 0,61)} = 0,015 \text{м} = 15,3 \text{ мм},$$

Конструктивні розмірі змішувача пальника:

- діаметр дифузора: $d_д$ =(2...2,2)× $d_г$ =2,1×0,0153 = 0,032 м;
- діаметр конфузора: $d_к$ =(1,5...2)× $d_г$ =1,8×0,0153 = 0,0275 м;
- довжина конфузора: $L_к$ ==(1,5...2)× $d_г$ =1,9× 0,00153 = 0,029 м;
- довжина горловини $L_г$ ==(1...1,5)× $d_г$ =1,3×0,0153=0,019 м;
- довжина дифузора $L_д$ =($d_д$ - $d_г$)/(2×tg β)=(0,032-0,0275)/(2× tg3) = 0,041м.

де β – напівкущ розкриття дифузора (β = 3,0…4,0°).

Задаюсь розміром діаметра вогневого отвору d_o, м (рекомендовано d_o =0,6…0,7)·10^{-3}=0,004м.

Визначаємо швидкість виходу газоповітряної суміші з вогневих отворів за умови стабільної роботи пальника:

W_o = (0,6...0,7)× W_{max}=0,65×1,9 =1,24 , м/с;

де w_{max} - максимальна швидкість відриву полум'я, яка залежить від типу газу, діаметру отвору і кількості первинного повітря, приймаємо при ά=0,5 і діаметру отвору 2 мм, w_{max} =1,9 м/с;

Сумарну площу вогневих отворів визначаємо за формулою:

$\sum F_c$=($V_г$ ×(1+ α′ × V_0))/(3600× w_0) =0,176×(1+0,5×10,4)/(3600×1,24) = 0,00024 м²

Знаходимо кількість вогневих отворів:

N= $\sum F_c$/(0,785× d_0 ²)= 0,00024/(0,785×(4·10^{-3})²) = 24 отворів.

d_0 - діаметр отвору , 4 мм.

Визначення висоти внутрішнього контуру полум'я, яка залежить від складу газу, коефіцієнта первинного повітря, швидкості виходу газоповітряної суміші і діаметра отвору, проводимо за формулою :

h_1=0,86×10^{-7}×k×R× d_0 ²;

де k - емпіричний коефіцієнт, який залежить від складу газу і коефіцієнта первинного повітря, R - теплова напруга поперечного перерізу видимих отворів пальника, Вт/м² , обчислюємо за формулою:

R = (0,353×10^9× $Q_н^c$ × $V_г$)/(N× d_0 ²) = (0,353×10^9×38,7× 0,176)/(24× 4²) = 0,0062×10^9

Вт/м²,

Тоді,

$$h_1 = 0{,}86 \times 10^{-7} \times 1{,}14 \times 0{,}0062 \times 10^9 \times 4^2 = 9{,}7 \text{мм};$$

Висота зовнішнього конуса полум'я визначається за формулою:

$$h_2 = 0{,}86 \times 10^{-7} \times k_1 \times R \times \sqrt{d_0^3},$$

де k_1 - емпіричний коефіцієнт, який залежить від відстані між вогневими отворами, відстань - 3 мм

$$h_2 = 0{,}86 \times 10^{-7} \times 10{,}4 \times 0{,}0062 \times 10^9 \times \sqrt{4^3} = 14{,}2 \text{ мм}.$$

Розрахунок димовідвідного тракту газового приладу

Відведення продуктів спалювання від водонагрівачів і опалювальних пристроїв необхідно виконувати від кожного приладу по окремому димовідвідному каналу. Приєднання водонагрівачів і опалювальних пристроїв до димовідвідних каналів передбачають трубами з покрівельної сталі або гнучкими стальними рукавами з сумарною довжиною не більше 3,0 м і нахилом не менше 0,01 в бік приладу. Нижче від місця приєднання димовідвідної труби від приладу до каналу, необхідно передбачати улаштування "кишені" з люком для очищення.

Димовідвідні канали слід виконувати з цегли випаленої, червоної та в деяких випадках з азбестоцементних або гончарних труб. У всіх випадках висота димовідвідного каналу над прилеглою частиною даху повинна бути не менше 0,5, а для будинків із суміщеною покрівлею - не менше 2.0 м. Встановлювати на димовідвідних каналах зонти і дефлектори заборонено .

Метою розрахунку є визначення величини розрідження перед газовим приладом.

Розрахуємо димохід , який відводить продукти горіння від газового котла, що розташований у кухні квартири на першому поверсі .У котлі спалюється природний газ, який має такі характеристики: $Q_н^p$=38,7 МДж/м³, V_0=10,4 м³/м³, номінальна витрата газу приладом $V_г$=2,3 м³ / год.

Проектуємо розміщення димовідвідних каналів у внутрішній стіні будинку, прилад з'єднюється з каналом за допомогою металевої труби. З'єднувальна труба

діаметром 125 мм має довжину 0,2 м. Висота димоходу, перерізом 140×140 мм, у внутрішній цегляній капітальній стіні має висоту 19,0 м. Димохід над покрівлею, перерізом 140×140 мм, має товщину пів цегли і висоту 0,5 м.

Тиск розрідження перед тягопереривачем водопідігрівача дорівнює 3 Па.

Вихідні дані для розрахунку:

- коефіцієнт надлишку повітря a'=2,5 ,
- температура продуктів спалювання на виході з приладу $t_{вих}$=110 ºС.
- точка роси продуктів згорання tp=46 С;

Розраховуємо об'єм продуктів горіння при a'=2,5:

$$V_{п.с.} = V_г \times (V_{пс}^{o} + (ά-1) \times V_0) = 2,16 \times (19,5 + (2,5-1,4) \times 10,4) = 84,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Далі розраховуємо охолодження газу

$$\Delta t_1 = (t_{вих} - t_{о.п.}) / ((0,384 \times V_{п.с.}) / (k \times F_в) + 0,5),$$

де $t_{о.п.}$ - температура повітря , що оточує канал, ºС, приймаємо для інженерних розрахунків 20 ºС, k- середнє значення коефіцієнта теплопередачі для стінок димоходу , віднесене до внутрішньої поверхні , Вт/(м²× ºС),

- неутеплена сталева приєднувальна труба : 4,1 Вт/(м²× ºС);
- димовий канал в цегляній поштукатуреній стіні : 2,45 Вт/(м²× ºС);
- зовнішній димовідвідний канал: 4,25 Вт/(м²× ºС).

$F_в$ - внутрішня поверхня розрахункової ділянки димоходу , м², Δt_1 - падіння температури продуктів спалювання на розрахунковій ділянці, ºС.

- *горизонтальна ділянка приєднувальної труби l=0,2:*

$F_в$=3,14×0,2×0,125=0,079 м²,

$$\Delta t_2 = \frac{110 - 20}{\frac{0.384 * 84,8}{4.1 * 0.079} + 0.5} = 1 ºC$$

температура продуктів спалювання на початку димоходу буде дорівнювати t_2=110-1=109 ºС /

- *внутрішній димохід l=29,0м:*

- $F_в$=0,14×4×29=16,24 м²,

$$\Delta t_3 = \frac{109-20}{\frac{0.384*84,8}{2.45*16,24}+0.5} = 83 \ ^oC$$

температура продуктів спалювання у кінці димоходу буде дорівнювати t_3 =109 – 83 = 26ºС.

- *зовнішній димохід l=0,5м:*

- $F_в$=0,14×4×0,5=0,28 м^2,

$$\Delta t_4 = \frac{26-(-20)}{\frac{0.384*84,8}{4.25*0.28}+0.5} = 1.6 \ ^oC$$

температура продуктів спалювання , які виходять з труби дорівнює, t_4=26-1,6=24,4 ºС . Оптимальна температура є меншою від температури точки продуктів горіння, тому димовідвідний канал потрібно утеплити.

Визначення величини природної тяги.

Δp_1=0,0345×Н×(1/(273+$t_{о.п.}$)+1/(273+$t_{п.с.}$))× $p_б$,

де $p_б$ - барометричний тиск , приймаємо 99000 Па, Н- висота ділянки ,яка створює тягу, м, $t_{п.с.}$ - середня температура продуктів спалювання на ділянці, ºС, $t_{о.п.}$ - температура оточуючого середовища , ºС.

- *вертикальна ділянка цегляна l=29 :*

$$\Delta p_2 = 0.0345*29,5\left(\frac{1}{273+20}-\frac{1}{273+67,5}\right)*99000 = 48 \ \text{Па},$$

$t_{о.п.}$=(109+24,4)/2=66,7 ºС,

Тоді загальна тяга рівна: $\Delta p_т$ = 48 Па,

Визначаємо втрати тиску на тертя.

Спочатку визначимо швидкість продуктів горіння на ділянці:

$w_{вик.}$ = $V_{п.с.}$ /(f×3600), м/с

f - площа поперечного перерізу труби, м^2, f=(0,125^2×3,14)/4=0,012 м^2.

Приймаємо коефіцієнт тертя .табл.2, рівним 0,02, густину продуктів спалювання -1,3 кг/м^3. Середню температуру продуктів спалювання у трубі визначаємо:

$$t_{сер.}=(110+109)/2=109,5\ ^{o}C\ ,$$

Втрати тиску $\Delta p_{тр.}$ розраховуємо за формулою:

$$\Delta p_{тр.}=\lambda\times(l/d)\times(\ w_{вик.}{}^{2}/2)\times\rho_{вик.}\times(273+\ t_{сер.})/273.$$

де λ- коефіцієнт тертя, l - довжина розрахункової ділянки ,м, d – діаметр розрахункової ділянки, м, $w_{вик.}$ -швидкість продуктів спалювання , м/с, $\rho_{вик.}$- густина продуктів спалювання, кг/м^{3,} $t_{сер.}$- середня температура газів на розрахунковій ділянці, ºС,

- в приєднувальній сталевій трубі:

$$\Delta p_{тр.1}=0,02*\frac{0,2}{0,125}*\frac{1.9^{2}}{2}*1.3*\frac{273+109,5}{273}=0.1\ \text{Па}$$

$$w_{вик.}=\ V_{п.с.}/(f\times3600)=84,6/(0,\ 012\times3600)=1,9\ м/с,$$

f - площа поперечного перерізу труби, м^2, f=(0,125^2×3,14)/4=0,012 м^2.

- в димоході:

$w_{вик.}$=84,8/(0,0196×3600)=1,2м/с,

f=0,14×0,14=0,0196 м^2,

$t_{сер.}$=(109+24,4)/2=66,7 ºС,

Приймаємо коефіцієнт тертя рівним 0,04, еквівалентний діаметр визначаємо з формули

$$d_{екв.}=(4\times\ f)/P=(4\times0,0196)/(2\times0,28)=0,14\ м,$$

тоді $\Delta p_{тр.2}=0,04*\frac{29,5}{0,14}*\frac{1,2^{2}}{2}*1.3*\frac{273+66,7}{273}=9,7\ \text{Па}$

Втрати тиску у місцевих опорах визначаємо з формули:

$$\Delta p_{м.о.}=\sum\xi\times(\ w_{вик.}{}^{2}/2)\times\rho_{вик.}\times(273+\ t_{сер.})/273,$$

∑ξ- сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці.

- у приєднувальній трубі :

на даній ділянці є наступні місцеві опори ,які мають такі значення:

- вхід у з'єднювальну трубу із тягопереривача - ξ =0,5,
- раптове розширення потоку при вході у цегляний димохід і повороті на 90º ξ=1,2,

$$\sum\xi=1{,}7,\text{ тоді } \Delta p_{м.о.1} = 1{,}7 * \frac{1.9^2}{2} * 1.3 * \frac{273+109{,}5}{273} = 5{,}5 \text{ Па.}$$

- *у димоході:*

Тут враховуємо один коефіцієнт місцевого опору , а саме коефіцієнт виходу з димоходу ξ =1,5,

$$\Delta p_{м.о.2} = 1{,}5 * \frac{1{,}5^2}{2} * 1.3 * \frac{273+66{,}7}{273} = 7 \text{ Па.}$$

Визначаємо розрідження перед газовим приладом за формулою:

$$p_р = \Delta p_т - (\Delta p_{тр.} + \Delta p_{м.о.}) = 48-(0{,}1+9{,}7+5{,}5+7) = 25{,}7 \text{ Па.}$$

Розрідження перевищує мінімально необхідне , це значить, що димохід забезпечить нормальну роботу водонагрівачі. Для регулювання величини тяги користуємося тягопереривачем.

Підбір шафового газорегуляторного пункту

Обґрунтування розташування шафових регуляторних пунктів (ШРП) поблизу житлового будинку або житлової групи базується на необхідності забезпечення стабільного та безпечного газопостачання для всіх споживачів, зокрема сучасних газовикористовуючих приладів, що мають підвищені вимоги до тиску та якості газу. Розташування ШРП у безпосередній близькості до споживачів дозволяє:

1. Регулювання тиску газу – ШРП забезпечує поетапне зниження та стабілізацію тиску газу з магістральних трубопроводів до параметрів, необхідних для безпечної та ефективної роботи побутових котлів, колонок, конденсаційних котлів та іншого газового обладнання. Це особливо важливо для сучасних приладів, чутливих до перепадів тиску та коливань витрати газу.

2. Зменшення гідравлічних втрат у мережі – розташування регуляторного пункту ближче до житлових будинків дозволяє зменшити протяжність розподільчих мереж низького тиску, що знижує втрати газу, підвищує енергоефективність газопостачання та сприяє підтриманню стабільного тиску у стояках та приладах споживачів.

3. Підвищення надійності та безпеки системи – локалізація ШРП біля житлової групи забезпечує швидкий доступ обслуговуючого персоналу у випадку аварійних ситуацій, дозволяє оперативно проводити технічне обслуговування та регулювання обладнання, що суттєво знижує ризик аварій та нештатних ситуацій у газопостачанні.

4. Можливість поетапної модернізації мережі – наявність локальних ШРП дозволяє впроваджувати зональні або поетапні системи обліку та контролю газу, встановлювати додаткові пристрої захисту та автоматизації без повного перепланування магістральних мереж.

Підбираємо шафовий газорегулювальний пункт типу ШГРП-01.02.360.1020 виробництва ТОВ "Італгаз" яке має дві лінії, складається з регуляторів тиску Dival 500 BP , фильтрів та манометрів.

Рис.3.5. Вид ШГРП-01.02.360.1020

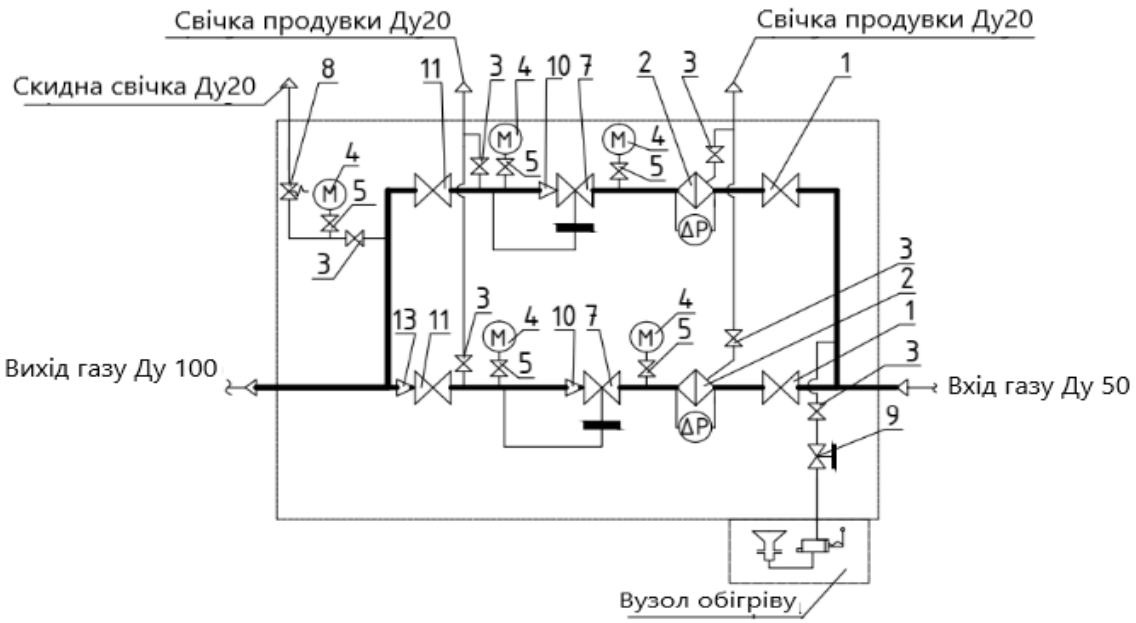


Рис. 3.6. Схема ШГРП-01.02.360.1020 виробництва ТОВ "Італгаз":

1 - кран кульовий фланцевий Ду50; 2 - фільтр газовий ФГ-16-50С/125 з ДПД; 3 - кран кульовий штуцерний Ду20; 4 – манометр; 5 - кран кульовий під манометр Ду15 зі скидним пристроєм; 7 - регулятор тиску газу Dival500 BP; 8 - клапан запобіжно-скидний КПС-Н-1; 9 - редуктор тиску газу на обігрів, 10 - перехід Ду50/Ду80; 11 - кран кульовий фланцевий Ду80; 12 - кран кульовий штуцерний Ду15; 13 - перехід Ду80×Ду100

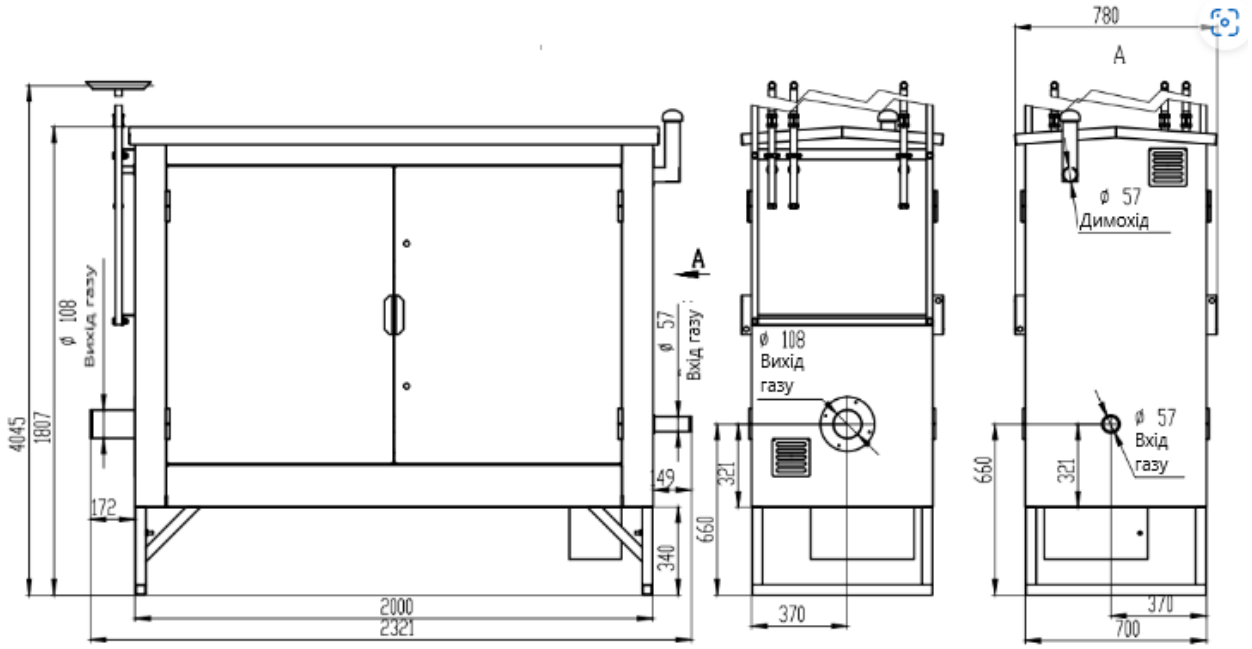


Рис. 3.7. Габаритні розміри ШГРП-01.02.360.1020

Газовий регулятор тиску Pietro Fiorentini DIVAL 500 BP

Регулятор тиску Pietro Fiorentini DIVAL 500 BP це пристрій прямої дії, з мембранним керуванням та протидією пружини, призначений для низьких, середніх та високих тисків.

Регулятор тиску газу DIVAL 500 BP спроектований і сконструйований для роботи тільки з одним внутрішнім відбором імпульсу як на регуляторі, так і на відсікаючому клапаніклапані. Регулятор і відсікач підготовлені для приєднання зовнішнього відбору імпульсу, щоб мати можливість більшою мірою використовувати їхню пропускну здатність.

Рис. 3.8. Вид регулятора тиску Pietro Fiorentini DIVAL 500 BP

Особливими характеристиками регулятора газу DIVAL 500 BP є:

• велика стабільність тиску, що регулюється;

• можливість регулювання регульованого тиску;

• відсікач за максимальним тиском;

• відсікач мінімального тиску;

• вбудований скидний клапан.

• для застосування у побутовій, промисловій та хімічній сфері;

• придатний для природного газу, зрідженого газу та некорозійних газових компонентів;

Технічні характеристики регулятора тиску газу DIVAL 500 BP:

• Пропускна здатність: 180 м³/год

• проектний тиск PS: до 10 бар;

• діапазон вхідного тиску bpu: 0,5/10 бар;

• діапазон вихідного тиску Wh: 15/110 мбар;

• клас точності AC: до 5;

• клас тиску закриття SG: до 10;

• проектна температура (газу): -20 0C +60 0C;

• температура довкілля: -30 0C +60 0C;

• температура ніколи не повинна опускатися нижче - 20°C, не повинна містити рідин і повинні бути вжиті всі заходи, щоб не допустити падіння температури потоку газу нижче - 20°C

Спосіб встановлення газового регулятора DIVAL 500 BP:

У будь-якому положенні у приміщеннях чи захищених середовищах.

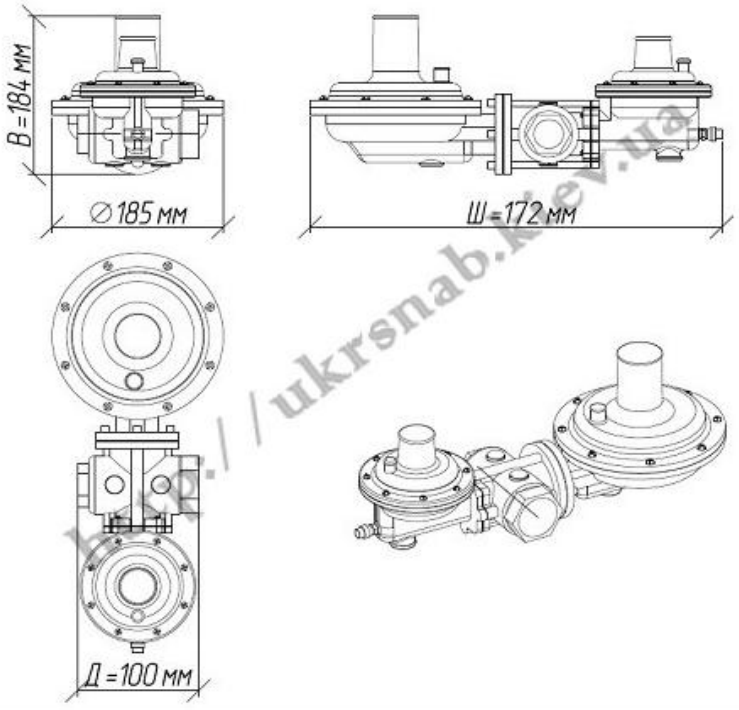


Рис. 3.9. Габаритні розміри PT Pietro Fiorentini DIVAL 500 BP

РОЗДІЛ 4.
ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

4.1. Рекомендовані заходи модернізації системи опалення

Модернізація систем опалення включає комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності роботи систем теплопостачання, зменшення експлуатаційних витрат та підвищення комфорту проживання. Основні заходи модернізації включають:

1. Модернізація огороджувальних конструкцій. Утеплення фасадів, покрівлі, перекриттів над підвалом та заміна вікон на енергоефективні знижує теплові втрати будівлі. Оптимізація теплоізоляції дозволяє зменшити розрахункове теплове навантаження на систему опалення та скоротити витрати енергії на 30–50 %, що підтверджується дослідженнями в сфері реконструкції житлових будинків.

2. Встановлення двотрубних систем водяного опалення з горизонтальним розподілом та терморегуляторами на радіаторах для точного підтримання заданої температури в приміщеннях.

3. Гідравлічне балансування та регулювання тепловіддачі. Встановлення балансувальних клапанів та регуляторів потоків у стояках дозволяє рівномірно розподіляти теплоносій між опалювальними приладами та зменшувати дисбаланс температур у будинку. Автоматичне погодозалежне регулювання температури теплоносія сприяє адаптації системи до змін зовнішніх кліматичних умов та знижує витрати енергоресурсів.

4. Встановлення індивідуальних лічильників теплової енергії стимулює економне споживання та забезпечує прозорість розрахунків для мешканців.

5. Використання високоефективних джерел тепла. Заміна застарілих котлів центрального опалення на сучасні котли з високим ККД (80–95 %) дозволяє ефективно використовувати енергію палива та зменшити викиди CO_2. Впровадження котлів із модуляцією потужності та автоматичним регулюванням режимів роботи під зовнішню температуру, що знижує надлишкові теплові втрати та оптимізує споживання енергії.

6. Індивідуальне опалення. Перехід від централізованого опалення на індивідуальні системи для квартир або блоків, що дозволяє мешканцям контролювати власне теплопостачання.

7. Впровадження автоматизованих систем управління. Використання систем автоматичного контролю температури приміщень, програматорів та дистанційного керування роботою котлів підвищує ефективність роботи системи та забезпечує комфортний мікроклімат.

4.2. Рекомендовані заходи модернізації системи гарячого водопостачання

Для підвищення ефективності ГВП рекомендується комплексна модернізація:

1. Впровадження сучасних високоефективних котлів і теплообмінників. Для модернізації систем гарячого водопостачання житлових будинків доцільно замінити застарілі котли та теплообмінники на сучасні високоефективні моделі з ККД 85–95 % та автоматичним регулюванням режимів роботи. Це забезпечує стабільну подачу гарячої води з оптимальною температурою, знижує енергоспоживання та теплові втрати, підвищує надійність системи та рівномірність нагріву води у всіх точках водорозбору.

2. Теплоізоляція магістральних трубопроводів та стояків.

3. Встановлення балансувальних клапанів та регулюючих пристроїв на стояках.

4. Інтеграція автоматизованих систем контролю та обліку споживання гарячої води.

5. Модернізація розподільчих мереж з урахуванням потреб споживачів та оптимізації теплових втрат.

Реалізація цих заходів дозволить забезпечити стабільну температуру та тиск гарячої води у приміщеннях, зменшити енергоспоживання та підвищити комфорт користування, що відповідає сучасним стандартам енергоефективності житлових будівель.

4.3. Рекомендовані заходи для модернізації для системи вентиляції

Для підвищення ефективності системи вентиляції рекомендовано:

1. Впровадження механічних або припливно-витяжних систем із можливістю регулювання повітряного потоку.

2. Впровадження рекуператорів для відновлення теплової енергії та підвищення енергоефективності систем опалення та вентиляції. Одним із ключових заходів модернізації є інтеграція рекуператорів у вентиляційні системи, що дозволяє здійснювати повернення теплової енергії з витяжного повітря у припливне, зменшуючи потребу в додатковому нагріванні свіжого повітря. Застосування рекуперaційних установок може забезпечувати економію до 20–40 % енергії, витраченої на опалення та підігрів води, залежно від кліматичних умов, характеристик будівлі та ефективності системи. Крім економічного ефекту, використання рекуператорів забезпечує підвищення комфорту проживання за рахунок підтримки оптимальної температури та вологості повітря, зменшення протягів і поліпшення якості внутрішнього повітряного середовища, що підтверджується сучасними дослідженнями у сфері інженерних систем житлових будівель.

2. Автоматизацію управління вентиляційними системами з урахуванням температури, вологості та концентрації CO_2 у приміщеннях. Сучасні системи вентиляції житлових будинків значно підвищують ефективність енергоспоживання та якість внутрішнього мікроклімату при впровадженні автоматизованого управління режимами роботи. Автоматизація передбачає використання датчиків температури, відносної вологості та концентрації вуглекислого газу (CO_2) для регулювання швидкості подачі та витяжки повітря в реальному часі, відповідно до фактичних потреб приміщень. Застосування автоматизованих систем управління вентиляцією дозволяє підтримувати оптимальний мікроклімат у квартирах, зменшувати енергетичні витрати на підігрів або охолодження припливного повітря, а також запобігати накопиченню вологи та підвищенню рівня CO_2, що може негативно впливати на здоров’я мешканців. Крім цього, інтеграція автоматизованих контролерів з центральними

системами управління будівлею (BMS) забезпечує погодне регулювання роботи вентиляції, адаптацію до змін зовнішніх кліматичних умов і оптимізацію роботи енергоефективних рекуператорів. Практичне застосування таких систем дозволяє досягти економії енергії до 15–25 % порівняно з ручним або постійним режимом роботи вентиляційних установок, що підтверджується сучасними дослідженнями та стандартами.

3. Очищення та модернізаці3 існуючих вентиляційних каналів для забезпечення рівномірного повітрообміну. Ефективність систем вентиляції значною мірою залежить від стану повітропроводів та їх здатності забезпечувати рівномірний повітрообмін у всіх приміщеннях будинку. Застарілі вентиляційні канали часто забруднені пилом, будівельними залишками або мають часткові перекриття, що призводить до нерівномірного розподілу повітря, накопичення вологи, погіршення якості повітря та підвищення ризику розвитку мікроорганізмів і плісняви. Модернізаційні заходи передбачають механічне очищення каналів від пилу та забруднень, герметизацію стиків та заміну або реконструкцію пошкоджених ділянок. У деяких випадках доцільне встановлення внутрішніх направляючих та дифузорів, що забезпечують рівномірний розподіл припливного і витяжного повітря. Завдяки очищенню та модернізації вентиляційних каналів підвищується ефективність роботи системи, зменшуються енергетичні втрати та забезпечується належний повітрообмін у всіх квартирах. Це не лише покращує мікроклімат і комфорт проживання, а й підвищує енергоефективність будинку в цілому, зменшуючи потребу в додатковому підігріві або охолодженні повітря.

Реалізація цих заходів дозволяє підвищити якість повітря в приміщеннях, зменшити енергоспоживання та підвищити комфорт і безпеку проживання мешканців, що відповідає сучасним стандартам енергоефективності та здорового мікроклімату у житлових будинках.

4.4. Рекомендовані заходи для модернізації системи газопостачання

1. Комплексне технічне обслуговування та модернізація внутрішніх газових мереж. Планові огляди та ремонти внутрішньобудинкових газопроводів відповідно до Правил безпеки систем газопостачання, включаючи перевірку герметичності, стану фасонних частин, фітингів і з'єднань, а також заміну зношених ділянок сучасними матеріалами з підвищеною корозійною стійкістю. Це знижує ризик аварій і підвищує загальну безпеку системи.

2. Встановлення автоматизованих засобів регулювання тиску та контролю параметрів газу. Впровадження автоматичних редукторів тиску, датчиків контролю та систем віддаленого моніторингу забезпечує стабільне і рівномірне газопостачання, зменшує коливання тиску та підвищує ефективність роботи приладів.

3. Установка індивідуальних та групових лічильників газу

Оснащення квартир і загальних вузлів обліку сучасними лічильниками з віддаленим зчитуванням даних дозволяє контролювати фактичне споживання, стимулює раціональне використання газу та підвищує прозорість нарахувань.

4. Впровадження систем захисту та автоматичного відключення

Монтаж аварійних клапанів, датчиків загазованості та систем відключення подачі газу у випадку аварії підвищує безпеку експлуатації та мінімізує наслідки аварій, що регламентується нормативними документами.

5. Покращення антикорозійного захисту. Заміна сталевих трубопроводів на поліетиленові з підвищеною корозійною стійкістю та застосування антикорозійних покриттів підвищує довговічність мережі та зменшує ризик втрат газу.

6. Уточнення зон відповідальності та експлуатаційних обов'язків. Документальне закріплення меж відповідальності між газорозподільними підприємствами та балансоутримувачами забезпечує своєчасне технічне обслуговування, ремонт та модернізацію мереж, що є обов'язковою умовою ефективного управління.

7. Навчання та організація доступу технічного персоналу. Забезпечення безперешкодного доступу для газорозподільних компаній та ліцензованих сервісних організацій для обслуговування, перевірок і контролю дотримання технічних вимог підтримує безпечну і ефективну експлуатацію системи.

Реалізація заходів з підвищення енергоефективності включає комплексну термомодернізацію огороджувальних конструкцій, модернізацію систем опалення, вентиляції, газопостачання та гарячого водопостачання, впровадження автоматизованих систем управління енергоспоживанням, а також застосування енергоощадних освітлювальних приладів і побутової техніки. Такий комплексний підхід дозволяє значно скоротити споживання енергоресурсів, підвищити економічну ефективність експлуатації будівель та відповідати сучасним вимогам сталого розвитку.

Сучасна модернізація систем газопостачання житлових будинків передбачає комплекс технічних і організаційних заходів - від заміни матеріалів труб і встановлення сучасних засобів обліку до впровадження автоматизованих контролюючих систем та гарантій безпеки експлуатації. Це не лише підвищує енергоефективність та надійність мереж, а й знижує ризики аварійних ситуацій відповідно до чинних нормативних вимог і кращих практик у сфері житлово-комунального господарства.

Таблиця 4.1.

Заходи з модернізації інженерних систем

Заходи модернізації	Технічна характеристика	Очікуваний ефект
Утеплення фасадів, покрівлі, перекриттів над підвалом	Теплоізоляційні матеріали $\lambda \leq 0{,}04$ Вт/(м·К), заміна вікон на енергоефективні	Зменшення тепловтрат на 30–50 %, скорочення теплового навантаження
Встановлення терморегуляторів на радіаторах	Дозволяє регулювати тепловіддачу для кожного приміщення	Скорочення надлишкового опалення, економія 10–15 % теплової енергії
Встановлення балансувальних клапанів	Гідравлічне балансування стояків і магістралей	Рівномірний розподіл теплоносія, зменшення дисбалансу температур
Модернізація системи циркуляції теплоносія	Встановлення насосів з частотним регулюванням	Оптимізація витрат електроенергії на циркуляцію до 20 %
Автоматизоване погодозалежне керування	Інтеграція контролерів котлів з датчиками зовнішньої температури	Оптимізація роботи котлів, економія до 10 % енергії
Встановлення індивідуальних лічильників тепла	Лічильники з дистанційним зняттям показників	Контроль споживання, стимулювання економного використання
Інтеграція рекуператорів у вентиляцію	Пластинчасті або роторні рекуператори тепла	Зменшення теплових втрат на вентиляцію до 40 %
Автоматизація вентиляції	Регулювання по температурі, вологості та CO_2	Оптимальний повітрообмін, покращення мікроклімату
Регулярне технічне обслуговування	ТО котлів, радіаторів, трубопроводів	Підвищення надійності, продовження ресурсу обладнання
Очищення та модернізація вентиляційних каналів	Герметизація та заміна пошкоджених ділянок	Рівномірний повітрообмін, зниження ризику утворення грибка і плісняви
Модернізація розподільчих мереж ГВП	Оптимізація діаметрів труб, зональне регулювання	Зменшення теплових втрат, підвищення комфорту
Заміну старих котлів на конденсаційні газові	ККД 90–95 %, модуляція потужності, погодозалежне регулювання	Зменшення споживання газу до 25–35 %, скорочення витрат на паливо

РОЗДІЛ 5.
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА

5.1. Техніко-економічне обґрунтування модернізації

Вихідні дані

Техніко-економічний розрахунок виконується з метою визначення основних технічних та економічних показників ефективності заходів з модернізації системи опалення квартир.

Розрахунок передбачає оцінку переходу від централізованої системи теплопостачання до індивідуального опалення на основі сучасних конденсаційних газових котлів, що встановлюються безпосередньо в кожній квартирі, а також впровадження комплексу заходів з утеплення зовнішніх огороджувальних конструкцій будівлі. Зазначений підхід дозволяє проаналізувати вплив модернізації на рівень енергоспоживання, експлуатаційні витрати та економічну доцільність інвестицій у довгостроковій перспективі.

Важлива умова: розрахунок окупності включає лише інвестиції в систему опалення (котли, мережі). Вартість утеплення розраховується довідково (як супутній проєкт або грант). Розрахунок виконується для 5-поверхового будинку на 20 квартир.

Розрахунок вартості утеплення фасаду

Площа фасаду розраховується за формулою:

$$F_ф = 2 \times (L + W) \times H$$

де *L, W, H* - довжина, ширина та висота будівлі.

Розрахунок: 2 × (27.0 + 15.0) × 17.0 = 1428 м²

Вартість утеплення (C_ins) включає матеріали та роботи:

$$C_ins = S_facade \times Price_m2 + Extra$$

де Extra - витрати на цоколь та відливи.

Розрахунок: 1428 × 1400 + 150000 = 2 149 200,00 грн

Ця сума не включена в графік окупності системи опалення.

Детальний розрахунок капітальних інвестицій в опалення (CAPEX)

Капітальні витрати (C_total) складаються з вартості основного обладнання та витрат на матеріали і монтаж для кожної квартири.

Таблиця 5.1

Капітальні витрати на опалення

Найменування	**Од.**	**Ціна за одиницю, грн**	**Сума, грн**
Основне обладнання			
Котел Protherm Puma Condens (20 шт)	шт	47 700,00	954 000,00
Димохід (20 шт)	шт	3 000,00	60 000,00
Термоголовки Danfoss (6 шт/кварт.)	шт	998,00	119 760,00
Витрати на 1 квартиру (монтаж)			
Труби PPR та ізоляція	компл	4 000,00	80 000,00
Фітинги (муфти, кутники)	компл	3 000,00	60 000,00
Запірна арматура та фільтри	компл	3 000,00	60 000,00
Проєкт газифікації	послуга	10 000,00	200 000,00
Монтажні роботи (бригада)	послуга	15 000,00	300 000,00
Всього інвестиції (capex)			**1 833 760,00**

Розрахунок експлуатаційних витрат (OPEX)

Річний обсяг споживання газу (V_gas):

$$V_gas = Q_new / Q_calorific$$

де Q_new - теплова енергія (з урахуванням утеплення).

Розрахунок: 105.1 / 0.0079 = 13,304 м³

Річні витрати на індивідуальне опалення (C_ind):

$$C_ind = V_gas \times Tarif_gas + N_apts \times Service$$

де Service - вартість річного ТО котла.

Розрахунок: 121 105,00 грн/рік

Розрахунок терміну окупності

Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів виконується з урахуванням чинного тарифу на теплопостачання для населення, який на даний момент є фіксованим та частково субсидується державою у зв'язку із запровадженням воєнного стану. Водночас слід враховувати, що зазначений тариф має тимчасовий характер і не відображає повної економічно обґрунтованої вартості теплової енергії.

Після завершення воєнного стану та скасування механізмів державного регулювання і субсидування очікується поетапне приведення тарифів на теплопостачання до економічно обґрунтованого рівня, що потенційно супроводжуватиметься їх істотним зростанням. У цьому контексті впровадження енергоефективних заходів набуває особливої економічної доцільності, оскільки дозволяє знизити залежність споживачів від зростання тарифів, скоротити експлуатаційні витрати та підвищити фінансову стійкість системи теплопостачання житлового будинку у довгостроковій перспективі.

Термін окупності (PP) розраховується за формулою:

$$PP = CAPEX_Heating / (Cost_Old - Cost_New)$$

1. Для тарифу населення (1238.88 грн/Гкал):

Економія = 115 644,97 грн/рік.

Окупність = 1 833 760,00 / 115 644,97 = 15.9 років.

Другий розрахунок терміну окупності системи опалення виконується із застосуванням тарифу на теплопостачання, встановленого для інших категорій споживачів, за винятком населення. Доцільність такого підходу зумовлена високою ймовірністю перегляду чинної тарифної політики після завершення

воєнних дій та скасування державних механізмів цінового регулювання і субсидування. За цих умов очікується поетапне приведення тарифів на теплову енергію для населення до економічно обґрунтованого рівня, який наближений до тарифів, що застосовуються для інших споживачів.

Виконання розрахунку строку окупності за альтернативним тарифом дозволяє врахувати можливі сценарії розвитку ринку теплопостачання та зміни економічних умов експлуатації житлового будинку. Такий підхід підвищує достовірність оцінки економічної ефективності запропонованих енергоефективних заходів, забезпечує більш реалістичне прогнозування експлуатаційних витрат у довгостроковій перспективі та дозволяє обґрунтувати доцільність інвестицій у модернізацію системи опалення з урахуванням потенційного зростання вартості теплової енергії.

2. Для повного тарифу (3883.56 грн/Гкал):

Економія = 621 043,32 грн/рік.

Окупність = 1 833 760,00 / 621 043,32 = 3.0 років.

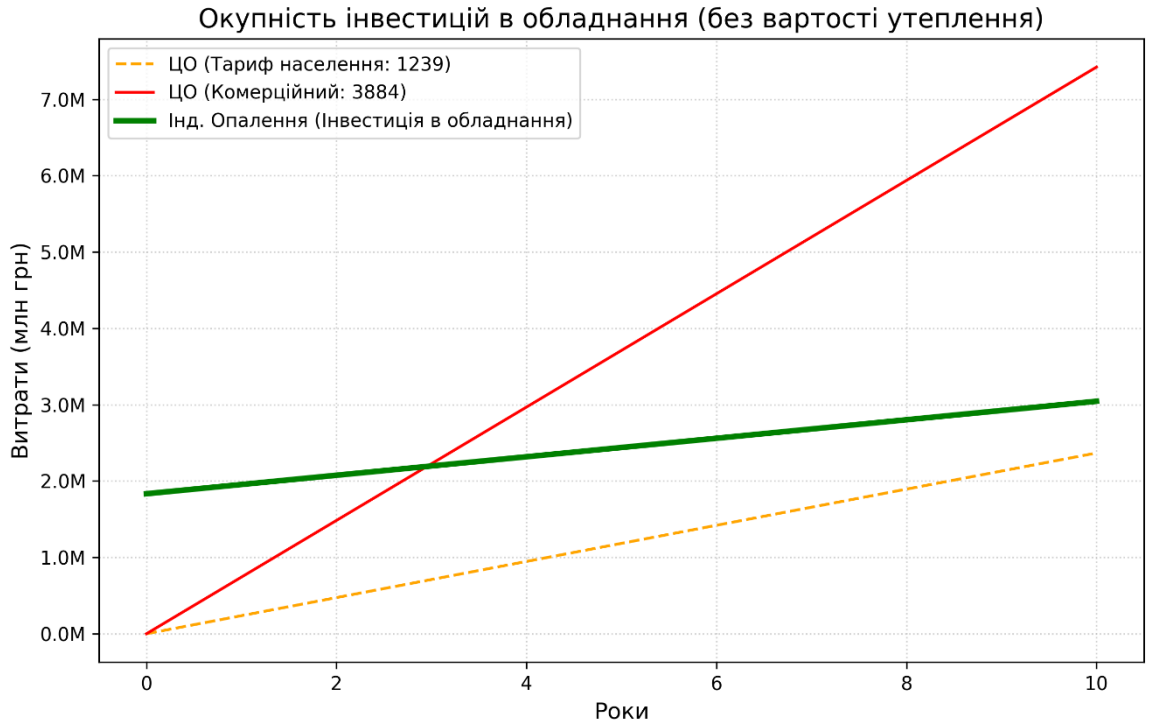


Рис. 5.1 - Графік окупності інвестицій в обладнання

5.2. Екологічна оцінка ефективності проєкту

Обґрунтування необхідності скорочення викидів

Актуальність впровадження енергоефективних заходів у житловому фонді обумовлена необхідністю декарбонізації економіки України та виконання зобов'язань в рамках Паризької кліматичної угоди. Житловий сектор є одним з найбільших споживачів енергоресурсів, а застарілі системи централізованого опалення характеризуються значними втратами енергії та надмірними викидами парникових газів (CO_2). Метою цього розділу є кількісна оцінка зниження вуглецевого сліду при переході багатоквартирного будинку на індивідуальне опалення з одночасною термомодернізацією огороджувальних конструкцій.

Методика розрахунку емісії CO_2

Розрахунок валових викидів діоксиду вуглецю базується на визначенні обсягів спалювання первинного палива (природного газу) до та після впровадження енергоефективних заходів. Емісія розраховується за формулою:

$$E = V_{gas} \times K_{ef}$$

де E - річні викиди CO_2 (кг/рік); V_gas - річний обсяг споживання природного газу ($м^3$); K_ef - коефіцієнт емісії CO_2 при спалюванні природного газу. Для розрахунку прийнято K_ef = 1.87 кг/$м^3$.

Розрахунок енергетичного балансу та емісії

1. Базовий сценарій (Існуючий стан).

Характеризується високими тепловтратами будівлі та неефективною системою доставки теплоносія. Розрахунок споживання первинного палива враховує ККД котельні та втрати в тепломережах.

Корисний попит на тепло (Q_heat): 191.1 Гкал/рік.

Втрати в тепломережах: 18.0 %.

Необхідна генерація (Q_gen): 233.0 Гкал/рік.

ККД існуючої котельні: 82.0 %. • Споживання газу (V_base): 35 526 $м^3$/рік.

Проєктний сценарій (після модернізації).

Передбачає утеплення фасаду (зниження тепловтрат на 45%) та встановлення конденсаційних котлів з високим коефіцієнтом корисної дії безпосередньо у споживачів (відсутність мережевих втрат).

Знижений попит на тепло: 105.1 Гкал/рік.

Споживання газу (V_proj): 13 304 м³/рік.

Результати та аналіз екологічного ефекту

Показник	Базовий сценарій	Проєктний сценарій	Відхилення
Споживання газу, м³/рік	35 526	13 304	-22 221
Емісія CO_2, кг/рік	66 433	24 879	-41 554

Внаслідок реалізації проєкту річний обсяг викидів парникових газів зменшиться на 41.55 тони CO_2, що становить 62.5% від базового рівня. Таке суттєве зниження досягається завдяки синергетичному ефекту від термомодернізації огороджувальних конструкцій та децентралізації системи теплопостачання.

Для наочності оцінки екологічного ефекту, отримане скорочення викидів еквівалентне річній абсорбційній здатності лісового масиву з 1888 дерев.

РОЗДІЛ 6.
ЕКСПЛУАТАЦІЯ І ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

6.1. Нормативно-правове регулювання експлуатації систем газопостачання

Безпечна та ефективна експлуатація систем газопостачання житлових будинків в Україні регламентується жорсткою системою нормативних актів. Впровадження індивідуального опалення покладає на власника квартири нові обов'язки, перетворюючи його з пасивного споживача послуги на власника міні-котельні.

Експлуатація здійснюється відповідно до вимог:

- Кодекс газорозподільних систем (Затверджено постановою НКРЕКП № 2494 від 30.09.2015). Документ визначає межі балансової належності та експлуатаційної відповідальності сторін.
- НПАОП 0.00-1.76-15 «Правила безпеки систем газопостачання». Основний документ з техніки безпеки.
- ДБН В.2.5-20:2018 «Газопостачання».
- Технічні регламенти приладів, що працюють на газоподібному паливі (відповідність стандартам ЄС).

Розмежування відповідальності

Критично важливим аспектом є розуміння меж відповідальності:

- Оператор ГРМ (Облгаз): Відповідає за зовнішні мережі до вимикаючого пристрою на вводі в будинок (або до першого запірного крана на стояку, залежно від договору).
- Власник квартири: Несе повну відповідальність за безпечну експлуатацію газового обладнання (котла, плити), лічильника та внутрішніх газопроводів після лічильника.
- Спеціалізована організація: Суб'єкт господарювання, що має дозвіл Держпраці на виконання робіт підвищеної небезпеки, з яким власник уклав договір на технічне обслуговування (ТО).

Важливо: Згідно з чинним законодавством, відсутність договору на ТО або акту перевірки димовентиляційних каналів (ДВК) є законною підставою для відключення квартири від газопостачання.

6.2. Організація експлуатації, технічного обслуговування та ремонту обладнання

Технічні особливості експлуатації конденсаційних котлів

У проєкті застосовано настінні газові конденсаційні котли (на прикладі Protherm Puma Condens 24/28 MKV-AS/1). Це високотехнологічне обладнання, принцип роботи якого суттєво відрізняється від традиційних атмосферних або турбованих котлів.

Принцип конденсації та вимоги до теплоносія

Традиційні котли викидають димові гази з температурою 110-140 °C, втрачаючи енергію водяної пари, що утворюється при згорянні метану ($CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$). Конденсаційні котли охолоджують димові гази до температури нижче «точки роси» (приблизно 57 °C для природного газу), перетворюючи пару назад у рідину. При цьому виділяється прихована теплота пароутворення, що дозволяє досягти умовного ККД 107-108% (за нижчою теплотою згоряння).

Експлуатаційні вимоги для досягнення конденсації:

- Температурний режим: Максимальна ефективність досягається при температурі зворотної магістралі $T < 50°C$. Оптимальним графіком є 50/30°C. При роботі в режимі 80/60°C (сильні морози) котел працює як звичайний, з ККД 97-98%.
- Якість теплоносія: Теплообмінник котла Protherm виконаний з нержавіючої сталі, що робить його стійким до корозії. Однак, вода в системі повинна бути підготовленою: жорсткість не більше 3,0 мг-екв/л, pH в межах 6.5–8.5. Забороняється використання антифризів на основі етиленгліколю, якщо це прямо не дозволено виробником.

Система приготування газоповітряної суміші

Котел оснащений пальником з попереднім змішуванням (Premix). Вентилятор зі змінною частотою обертання подає точно дозовану кількість повітря, яке змішується з газом у трубці Вентурі до потрапляння в камеру згоряння.

Особливості експлуатації пальника:

- Автоматика постійно контролює співвідношення газ/повітря.
- Це забезпечує повне згоряння газу навіть при зміні його тиску в магістралі або зміні калорійності.
- Знижується рівень викидів оксидів азоту (NOx) та чадного газу (CO), що робить котел екологічно безпечним для встановлення в квартирах.

Пусконалагоджувальні роботи (ПНР) та введення в експлуатацію

Перший пуск котла - це найважливіший етап, який визначає подальшу надійність системи. ПНР виконується виключно сертифікованим інженером сервісного центру.

Етапи ПНР:

1. Гідравлічні випробування: Система опалення заповнюється водою до тиску 1.5 бар. Проводиться розповітрення через автоматичний відвідник повітря на насосі та крани Маєвського на радіаторах.
2. Перевірка газової лінії: Перевірка статичного та динамічного тиску газу на вході в газовий клапан. Для України номінальний тиск становить 20 мбар.
3. Електричні вимірювання: Перевірка наявності заземлення (опір контуру заземлення < 4 Ом) та фазування підключення.
4. Налаштування параметрів: Обмеження максимальної потужності опалення відповідно до площі квартири. Це запобігає «тактуванню» (частому вмиканню/вимиканню).
5. Газовий аналіз: За допомогою газоаналізатора перевіряється вміст CO_2 у відхідних газах (норм. значення 9.0% ± 0.2%).

Регламент технічного обслуговування (ТО)

Згідно з інструкцією виробника, ТО проводиться щорічно. Ігнорування ТО призводить до перевитрати газу (до 15-20%) та ризику аварій.

Обслуговування гідравлічної частини

- Чистка фільтрів: Очищення фільтра грубої очистки («косого» фільтра) на зворотній лінії опалення. Забитий фільтр призводить до поганої циркуляції та перегріву теплообмінника.
- Розширювальний бак: Критичний пункт. Інженер повинен перекрити крани, злити воду з котла та перевірити тиск повітря в баку. Він має становити 0.8-1.0 бар.
- Перевірка насоса: Перевірка на відсутність шумів, вібрацій та блокування валу.

Обслуговування камери згоряння та теплообмінника

- Демонтаж пальника: Від'єднання газової трубки, електродів, зняття кришки камери.
- Механічна чистка: Використовується спеціальний пластиковий шпатель або щітка.
- Хімічна промивка: Нанесення спеціальних реагентів для розчинення мінеральних відкладень.
- Чистка сифона: Демонтаж сифона конденсату, видалення осаду. Це критично важливо, оскільки забитий сифон призводить до заповнення камери згоряння конденсатом.

Обслуговування електродів

- Очищення від нагару (використовується дрібнозерниста шкурка).
- Перевірка геометричного положення (відстань до пальника 3-4 мм).
- Заміна ущільнювальних прокладок пальника (обов'язково при кожному розкритті камери).

Експлуатація газових плит

Газові плити є джерелом підвищеної небезпеки через наявність відкритого вогню та відсутність автоматичного відведення продуктів згоряння назовні.

Правила безпечної експлуатації:

- Вентиляція: Експлуатація плити дозволяється виключно при працюючій природній вентиляції. Необхідно забезпечити приплив повітря (мікропровітрювання вікна або стіновий клапан).
- Система газ-контролю: Сучасні плити обладнані термопарами. Якщо полум'я згасає, клапан перекриває подачу газу. Користувачеві заборонено фіксувати ручки кранів у натиснутому положенні, якщо система газ-контролю вийшла з ладу.
- Гнучкий шланг: Термін служби рукава обмежений (зазвичай 10-15 років). Заборонено приховувати шланг у стіни.

Типові несправності та дії користувача

Сучасні котли мають систему самодіагностики. Коди помилок відображаються на дисплеї.

Таблиця 6.1

Типові коди помилок та дії користувача

Код (Protherm)	Опис несправності	Можлива причина	Дії користувача
F.10 / F.11	КЗ або обрив датчика	Несправність датчика NTC	Звернутися до сервісу.
F.20	Перегрів	Заповітрення, клин насоса, закриті крани	Перевірити крани, натиснути RESET. Якщо повторюється - сервіс.
F.22 / F.24	Нестача води (тиск)	Тиск < 0.6 бар	Підживити систему до 1.5 бар. Шукати витік.
F.28 / F.29	Невдалий розпал	Немає газу, проблема з електродом/платою	Перевірити газ (плита). Натиснути RESET.
F.33	Помилка димовидалення	Замерз оголовок димоходу	Обережно видалити лід з оголовка.

Вимоги до системи димовидалення

Для котлів із закритою камерою згоряння використовується коаксіальна система «труба в трубі» (60/100 мм).

Особливості експлуатації:

- Ухил: Димохід конденсаційного котла монтується з ухилом до котла (мінімум 3°, або 5 см на метр). Це дозволяє конденсату стікати назад у котел і видалятися через сифон.
- Обледеніння: У сильні морози (нижче -15°C) водяна пара на виході може замерзати. Профілактика: використання «антильодових» насадок.

Заходи безпеки та дії в аварійних ситуаціях

Основним ризиком при експлуатації є витік природного газу (метан) або накопичення чадного газу (CO).

Дії при запаху газу:

6. Не вмикати і не вимикати електроприлади.
7. Перекрити газовий кран.
8. Відкрити вікна.
9. Вийти з приміщення та зателефонувати 104.

Симптоми отруєння чадним газом: головний біль, запаморочення, нудота. Необхідно негайно вийти на свіже повітря.

Економічна доцільність регулярного сервісу

Забруднення теплообмінника накипом товщиною всього 1 мм знижує теплопередачу на 10-15%. При середньому споживанні 1000 м³ газу за сезон, перевитрата 15% становить 150 м³. У грошовому еквіваленті: 150 м³ × 7.90 грн ≈ 1185 грн. Вартість річного ТО становить близько 800-1000 грн. Таким чином, технічне обслуговування фактично окупає себе за рахунок економії палива.

Надійна експлуатація системи індивідуального опалення базується на використанні сучасного обладнання з багаторівневими системами захисту, суворому дотриманні правил експлуатації та регулярному фаховому

обслуговуванні. Запропоновані заходи дозволяють гарантувати безпечну роботу обладнання протягом нормативного терміну служби (15 років).

6.3. Організація експлуатації інженерних мереж

Експлуатація інженерних мереж здійснюється за системою планово-попереджувальних ремонтів (ППР), яка включає:

Технічний огляд (щоденний, щотижневий) – візуальний контроль стану обладнання.

Профілактичне обслуговування – дрібний ремонт, регулювання, змащування, що проводиться без зупинки системи.

Поточний ремонт – заміна зношених деталей, усунення дрібних дефектів для відновлення працездатності.

Капітальний ремонт – повна заміна ділянок мереж або вузлів, що вичерпали свій ресурс.

Експлуатація підземних газопроводів низького тиску

Газопостачання житлового будинку здійснюється від міської розподільчої мережі низького тиску. Основною метою експлуатації підземних газопроводів є запобігання витокам газу, які можуть призвести до вибухів та пожеж, а також захист труб від корозії.

Технічний нагляд та обхід трас

Обхід трас підземних газопроводів виконується бригадою у складі двох слюсарів. Періодичність обходу встановлюється графіком підприємства газового господарства, але не рідше 1 разу на 3 місяці для газопроводів, що експлуатуються до 25 років.

Під час обходу виконуються наступні роботи:

Огляд зовнішніх ознак витоку газу (пожовтіння рослинності, поява бульбашок у калюжах, запах одоранту).

Перевірка на загазованість усіх підвалів, колодязів, шахт та інших підземних споруд, розташованих на відстані до 15 метрів по обидва боки від газопроводу.

Перевірка стану кришок газових колодязів та коверів (пристроїв для доступу до труби).

Контроль відсутності проведення несанкціонованих земляних робіт у охоронній зоні газопроводу (2 метри від осі).

Захист від електрохімічної корозії

Сталеві підземні газопроводи піддаються ґрунтовій корозії та впливу блукаючих струмів (від електротранспорту). Для захисту використовується катодна поляризація. Експлуатаційний персонал зобов'язаний двічі на рік проводити вимірювання різниці потенціалів «труба-земля». Захисний потенціал повинен знаходитися в межах від -0.85 В до -3.5 В.

Експлуатація зовнішніх мереж водопостачання та водовідведення

Надійність водопостачання залежить від стану вводу водопроводу та запірної арматури у колодязях. Основними несправностями є: порушення герметичності стиків, корозія труб, несправність засувок.

Обслуговування водопровідних колодязів

Огляд колодязів проводиться не рідше 1 разу на 2 місяці. При цьому перевіряється:

Відсутність води в колодязі (наявність води свідчить про витік або проникнення ґрунтових вод).

Цілісність скоб для спуску.

Стан запірної арматури (засувок). Необхідно двічі на рік проводити повне закриття і відкриття засувок («розходжування») для запобігання «прикипанню».

Таблиця 6.2

Характерні несправності запірної арматури водопровідних мереж

Несправність	Причина	Спосіб усунення
Протікання через сальник	Знос сальникової набивки	Підтягнути грундбуксу або замінити набивку.
Засувка не тримає воду	Потрапляння сміття під клин, знос кілець	Промити засувку шляхом опускання/піднімання клину.
Руйнування фланцевої прокладки	Старіння гуми, перетяжка болтів	Замінити прокладку (пароніт, гума).

Технічне обслуговування вводу теплової мережі (до реконструкції)

Хоча проектом передбачається перехід на індивідуальне опалення, експлуатація існуючого вводу до моменту фізичного відключення повинна відповідати «Правилам технічної експлуатації теплових установок і мереж». Критично важливим є проведення гідравлічних випробувань на щільність та міцність (опресування).

Випробування проводяться тиском 1.25 від робочого, але не менше 1.6 МПа. Час витримки – не менше 10 хвилин. Падіння тиску не допускається.

Підготовка системи до опалювального сезону

Щорічно перед початком опалювального сезону необхідно виконувати комплекс робіт:

Промивка системи. З часом у радіаторах накопичується шлам (продукти корозії, осад). Промивка здійснюється гідропневматичним способом (сумішшю води та стисненого повітря) до повного освітлення води.

Перевірка тиску в розширювальному баку котла (норма 0.8-1.0 бар).

Очищення сітчастих фільтрів («грязьовиків») на зворотній лінії перед котлом.

Перевірка працездатності термостатичних головок на радіаторах (вільний хід штока клапана).

Гідравлічне балансування

Для забезпечення рівномірного прогріву всіх радіаторів, особливо у віддалених кімнатах, проводиться балансування системи за допомогою передналаштування (presetting) термостатичних клапанів Danfoss RA-N. Забороняється самовільна зміна налаштувань балансувальних клапанів мешканцями, оскільки це призведе до розбалансування всього контуру квартири.

Експлуатація систем вентиляції та димовидалення

Надійна робота природної витяжної вентиляції є критичною умовою безпечної експлуатації газових приладів. При переході на герметичні металопластикові вікна порушується природний приплив повітря, що може призвести до «перекидання тяги» (зворотної тяги) і надходження чадного газу в приміщення.

Регламентні роботи з обслуговування ДВК (димовентиляційних каналів):

Періодична перевірка тяги: для вентканалів – 1 раз на рік; для димоходів газових приладів – 2 рази на рік (перед початком опалювального сезону та в середині).

Прочищення каналів: виконується пічниками за допомогою щітки (йоржа) на мотузці з гирею. Мета – видалення павутиння, сміття, пташиних гнізд.

Перевірка оголовків труб на даху: усунення руйнувань цегляної кладки, що можуть перекрити канал.

Розроблено комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення надійної експлуатації запроєктованої системи індивідуального газового опалення та суміжних інженерних мереж. На основі аналізу нормативно-правової бази («Кодекс газорозподільних систем», НПАОП 0.00-1.76-15) визначено межі балансової належності та експлуатаційної відповідальності, що підтверджує зміну статусу абонента з пасивного споживача послуг на власника об’єкта підвищеної небезпеки.

Техніко-економічний аналіз експлуатації конденсаційного обладнання довів, що досягнення паспортних показників енергоефективності (ККД 107–108%) можливе виключно за умови дотримання низькотемпературного графіка системи опалення (50/30 °С) та суворого контролю фізико-хімічних параметрів теплоносія. Обґрунтовано, що ігнорування вимог водопідготовки та регламентних робіт призводить до утворення накипу на теплообмінних поверхнях, що спричиняє перевитрату палива до 15–20% та нівелює економічний ефект від модернізації.

Розроблена стратегія технічного обслуговування базується на переході від реактивних ремонтів до системи планово-попереджувальних робіт (ППР). Доведено, що щорічне фахове діагностування автоматики безпеки, гідравлічне балансування системи та обслуговування пальникових пристроїв є економічно доцільним та необхідним для підтримання робочого ресурсу обладнання.

Окрему увагу приділено питанням безпеки життєдіяльності. Встановлено критичну залежність між безпечною експлуатацією газових приладів та станом системи вентиляції в умовах використання герметичних віконних конструкцій. Визначено регламент експлуатації зовнішніх мереж, що включає моніторинг стану електрохімічного захисту газопроводів від корозії та регулярну ревізію запірної арматури водопровідних вводів, що в сукупності гарантує безаварійне функціонування інженерної інфраструктури об'єкта протягом нормативного терміну служби.

Висновок

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було проаналізовано сучасний стан житлового фонду України, нормативно-правові вимоги та технічні характеристики інженерних систем багатоповерхових житлових будинків, що дозволило визначити основні проблеми їх експлуатації та шляхи підвищення енергоефективності.

У першому розділі роботи було здійснено аналіз стану проблеми та нормативно-правової бази, що регламентує проектування, експлуатацію та модернізацію житлових будівель. Було встановлено, що значна частина житлового фонду складається з будинків п’ятиповерхової забудови, побудованих у другій половині XX століття, які характеризуються низькою енергоефективністю, застарілими інженерними системами опалення, гарячого водопостачання, вентиляції та газопостачання. Проведений аналіз нормативних документів (ДБН, ДСТУ, законодавчих актів та державних програм) показав, що існує достатня законодавча база для проведення енергоефективних заходів, однак її реалізація в практичній експлуатації житлового фонду часто залишається неповною.

Другий розділ присвячено характеристиці об’єкта модернізації, де на прикладі конкретного житлового будинку було виконано детальний опис архітектурно-планувальних рішень, розрахунок температурних режимів внутрішнього і зовнішнього повітря та теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій. Було визначено необхідну товщину теплоізоляції фасадів, покрівлі та перекриттів, що дозволяє значно зменшити тепловтрати та підвищити енергоефективність будівлі.

У третьому розділі було детально розглянуто проектні рішення для всіх ключових інженерних систем:

- Система опалення передбачає використання двотрубної закритої системи з індивідуальними тепловими пунктами та можливістю погодозалежного керування, що забезпечує рівномірний розподіл теплової енергії і підвищує комфорт для мешканців.

- Система гарячого водопостачання спроектована з нижнім розведенням магістральних трубопроводів, з урахуванням оптимальної теплової потужності підігрівників та гідравлічного балансування стояків.

- Система вентиляції включає природну та частково механізовану схему, з урахуванням повітрообміну, контролю вологості та CO_2, що забезпечує санітарно-гігієнічні стандарти повітряного середовища.

- Система газопостачання аналізувалася з точки зору надійності, безпеки та можливості модернізації для інтеграції високоефективних котлів.

У четвертому розділі були розроблені рекомендації щодо модернізації інженерних систем. Для систем опалення запропоновано впровадження конденсаційних котлів з погодозалежним регулюванням, терморегуляторів на радіаторах, балансувальних клапанів та автоматизованих систем керування. Для ГВП рекомендовано застосування сучасних нагрівачів, теплоізоляцію магістральних трубопроводів, балансувальні пристрої та автоматизовані лічильники. Для вентиляційних систем - інтеграцію рекуператорів тепла, автоматизоване управління по температурі, вологості та CO_2, очищення і модернізацію каналів. Для газопостачання - заміну старих трубопроводів, встановлення газових регуляторів і запобіжних пристроїв, системи моніторингу подачі газу. Реалізація цих заходів дозволяє знизити енергоспоживання, підвищити надійність та безпеку систем, а також покращити комфорт проживання.

У п’ятому розділі проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів. Розрахунки показали, що модернізація систем опалення та ГВП за рахунок встановлення високоефективного обладнання та оптимізації роботи систем забезпечує значну економію енергоресурсів і скорочує експлуатаційні витрати. Проведено оцінку окупності інвестицій у різних сценаріях тарифів на теплопостачання, що підтверджує доцільність інвестицій навіть у разі підвищення вартості енергії. Екологічна оцінка показала, що зниження споживання енергії на 25–40 % суттєво скорочує викиди парникових газів та покращує екологічний стан навколишнього середовища.

У шостому розділі розглянуто питання організації експлуатації та технічного обслуговування інженерних систем, зокрема систем газопостачання, опалення, ГВП та вентиляції. Було визначено нормативні вимоги до ТО, періодичність обслуговування та основні заходи щодо забезпечення надійної та безпечної експлуатації систем.

Таким чином, виконане дослідження демонструє комплексний підхід до модернізації інженерних систем багатоповерхових житлових будинків. Впровадження запропонованих заходів дозволяє значно підвищити енергоефективність будівлі, забезпечити економію енергоресурсів, поліпшити мікроклімат приміщень, підвищити комфорт проживання та скоротити експлуатаційні витрати. Робота має практичну цінність для реалізації енергоефективних програм у житловому секторі та створює основу для подальших досліджень у сфері модернізації житлових будинків із використанням сучасних технологій.

Список використаної літератури

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 42 с.
2. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. – 78 с.
3. ДБН В.2.2-15:2019. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Зі Зміною № 1. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2019. – 64 с.
4. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 27 с.
5. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Прийнято наказом ДП «Український науково- дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 10.06.2022 р. № 201, чинний з 01.03.2023 р
6. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 21 с.
7. Глушко Ю. Ю. Опалення: навчальний посібник. – К.: Ресурсний центр ГУРТ, 2019 – 133с.
8. Ярушоветц Р. Гідравліка – серце водяного опалення. Навчальний посібник. – Відень: Herz Armaturen Ges.m.b.H., 2022 р. – 316 с.
9. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель. Навчальний посібник. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
10. Єнін П. М., Шишко Г. Г., Предун К. М. Газопостачання населених пунктів і об’єктів природним газом: навчальний посібник. — Київ: Логос, 2002. — 198 с.
11. Слободян Н. М. Організація та технологія проектування систем теплогазопостачання та вентиляції / Н. М. Слободян, О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська. - Вінниця : ВНТУ, 2017. - 102 с.
12. Інженерне обладнання населених місць: підручник / М. О. Шульга, І. Л. Деркач, О. О. Алексахін. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 259 с.

13. Сашко В.О., Терещенко В.М. Труби та арматура: навчальний посібник. – Київ: Ресурсний центр ГУРТ, 2019. – 102 с. –

14. Жуковський С.С., Кінаш Р.І. Технологія заготівельних та монтажних робіт: навчальний посібник. - – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 1999. – 448 с.

15. Возняк О. Т., Савченко О. О., Миронюк Х. В. та ін. Теплогазопостачання та вентиляція: навчальний посібник. Львів: Львівська політехніка, 2013. 276 с.

16. Довбуш О. М., Возняк О. Т., Жуковський С. С. Системи обігрівання та вентиляції. Технології заготівельних і монтажних робіт. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2005. 276 с.

17. Пономарчук І. А., Анохіна К. В. Опалення. Практикум. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2018. 184 с.

18. Пономарчук І. А., Колесник К. В. Опалення. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2016. 212 с.

19. Ратушняк Г. С., Анохіна К. В. Будівельна теплофізика. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2017. 248 с.

20. Джеджула В. В. Вентиляція та кондиціювання громадських об’єктів. Вінниця: ВНТУ, 2015. 192 с.

21. Слободян Н. М., Панкевич О. Д., Ободянська О. І. Організація та технологія проектування систем теплогазопостачання та вентиляції. Вінниця: ВНТУ, 2014. 224 с.

22. Коновалюк В. А., Москвітіна А. С., Шишина М. Є. Опалення, вентиляція, охолодження та газопостачання житлового будинку: методичні вказівки. Київ: КНУБА, 2024. 96 с.

23. Гавриляк А. І. Основи технічної експлуатації будівель та інженерних систем: навч. посібник. Львів: Львівська політехніка, 2009. 292 с.

24. Колишко Ю. Безпека експлуатації інженерних систем і мереж. Львів: Вид-во ЛП, 2019. 109 с. – Посібник з нормативними вимогами безпечної експлуатації інженерних мереж у будівлях.